

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗ
ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

ΣΥΓΓΡΑΦΗ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

«BANDWIDTH ALLOCATION»
« ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΥΡΟΥΣ ΖΩΝΗΣ»

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΡΙΚΑΝΙΑΔΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΑΜ:7819

ΕΞΑΜΗΝΟ: 9

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΔΡ. ΒΑΣΙΛΗΣ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ ΙΟΥΛΙΟΣ 2005



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΓΙΑΤΙ ΤΟ BANDWIDTH ΕΙΝΑΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ;

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
BANDWIDTH.....	1-3
Ο ΔΡΟΜΟΣ ΓΙΑ ΑΥΞΗΣΗ ΤΟΥ BANDWIDTH.....	3-4
ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΟΧΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.....	4-5
ΤΟ BANDWIDTH ΑΥΞΑΝΕΤΑΙ ΟΧΡΟΝΟΣ ΟΧΙ.....	5
ΘΑ ΓΙΝΕΙ ΤΟ INTERNET ΑΡΚΕΤΑ ΓΡΗΓΟΡΟ;.....	5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΜΙΑ ΣΥΝΤΟΜΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΗΝ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
ΤΗΛΕΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ.....	6
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΜΕ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ.....	6-7

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΣΚΕΦΤΟΜΕΝΟΙ ΓΙΑ ΤΟ BANDWIDTH

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
ΑΠΟ ΠΟΥ ΗΡΘΕ ΤΟ ΟΝΟΜΑ BANDWIDTH [ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ]....	8-10
ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ BANDWIDTH.....	11
ΤΥΠΟΙ BANDWIDTH ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΤΑ MEDIA.....	11-12
ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ Ή ΨΗΦΙΑΚΟ-ΠΩΣ ΚΑΙ ΓΙΑΤΙ ΜΕΤΑΤΡΕΠΕΤΑΙ ΤΟ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟ;.....	12-13
ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ.....	13-15
ΠΩΣ ΔΟΥΛΕΥΟΥΝ ΤΑ ΠΑΚΕΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	15

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΚΟΙΤΩΝΤΑΣ ΤΟ BANDWIDTH

ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ BANDWIDTH.....	15-16
ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ BANDWIDTH.....	16
ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ	16
SIGNAL TO NOISE RATIO (SNR).....	16-17
ΒΙΝΤΕΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ BANDWIDTH.....	17
ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ BANDWIDTH.....	17-19
BITS ΚΑΙ BAUD.....	19
ΠΩΣ ΨΗΦΙΑΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΕΡΟΝΤΑΙ ΜΕ ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΚΑΝΑΛΙΑ.	19
ΣΥΓΚΡΙΝΟΝΤΑΣ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ ΜΕ ΨΗΦΙΑΚΟ BANDWIDTH.....	19-20
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΕ ΤΟ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ BANDWIDTH.....	20-21
ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟ.....	21-22
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΕ ΤΟ ΨΗΦΙΑΚΟ BANDWIDTH.....	22-24

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΑΠΟΣΗΜΕΙΟ ΣΕ ΣΗΜΕΙΟ BANDWIDTH-POINT ΤΟ POINT BANDWIDTH

ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΩΝ.....	25
ΔΗΜΟΣΙΟ ΜΕΤΑΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ(PSTN).	25-26

ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΟ BANDWIDTH.....	26-29
ISDN ΚΑΙ ΓΡΑΜΜΕΣ POTS.....	29-31
PACKET-SWITCHED ΜΕΤΑΔΟΣΕΙΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	31-32
FRAME RELAY ΚΑΙ ΜΙΣΘΩΜΕΝΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ.....	32-33
ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΓΡΑΜΜΩΝ ΣΥΝΔΡΟΜΗΤΩΝ.....	33-35
ΚΥΨΕΛΟΕΙΔΕΙΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ.....	35
ΠΡΟΗΓΜΕΝΟ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ ΚΙΝΗΤΟ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (AMPS). .35	
ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ FDMA..	35-36
MTSO ΚΑΙ ΚΥΨΕΛΟΕΙΔΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	36-38
ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΚΥΨΕΛΟΕΙΔΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ.....	38-39
ΚΥΨΕΛΟΕΙΔΕΣ ΜΕΤΑΔΟΣΕΙΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	39-42
ΜΗΠΕΡ-BOMBΗΤΕΣ.....	42-43
ΜΗΧΑΝΕΣ FAX.....	43-44

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΤΟ BANDWIDTH ΚΑΙ ΤΟ INTERNET

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	44
ΣΥΓΧΥΣΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ (TRNASMITTING CONFUSION).....	44-45
ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΟΥ BANDWIDTH ΣΤΟ INTERNET.....	45-46
ΑΡΓΟΙ ΤΥΠΟΙ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	46-47
ΑΡΓΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ.....	47-48
ΓΡΗΓΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	48
ΓΡΗΓΟΡΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ.....	48
ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΤΟ INTERNET.....	48-50
ΔΥΣΧΕΡΕΙΕΣ (BOTTLENECKS).....	50-52
ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗΣ.....	52-53
ΠΩΣ ΘΑ ΑΥΞΗΘΕΙ Η ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ;.....	53-54
ISP ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΜΦΟΡΗΣΕΙΣ.....	54-55
ΑΛΛΕΣ ΔΥΣΧΕΡΕΙΕΣ (BOTTLENECKS).....	55-56
ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΦΩΝΗΣ ΓΙΑ ΝΑ ΦΤΑΣΟΥΝ ΤΟ INTERNET.....	56-59
ΠΟΣΟ ΘΑ ΚΟΣΤΙΣΕΙ;.....	59
ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ RSVP.....	59
PEERING.....	60
ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΡΑΔΙΟΦΩΝΙΚΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ.....	60-62
ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΟΥ BANDWIDTH.....	63-63

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΓΙΑ

ΠΑΡΟΧΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ BANDWITH

INTEGRATED SERVICES ΚΑΙ DIFFERENTIATED SERVICES ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ.....	63
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	63
INTEGRATED SERVICES.....	63-64
DIFFERENTIATED SERVICES.....	64-65
Η ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	65-67
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ(INTEGRATED) –RSVP.....	67-68

ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ(DIFFERENTIATED).....	68-69
ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΤΕΣ ΠΑΚΕΤΩΝ.....	69-70
ΕΛΕΓΚΤΕΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ.....	70-71
ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΣΤΗ DIFFERENTIATED ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ... 71-72	
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΒΑΣΗ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΩΝ	
ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ BELLMAN-FORD ΚΑΙ DIJKSRA.....	72-74
ΤΕΧΝΙΚΗ MPLS.....	74-77
ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΙ INTEGRATED/RSVP/DIFFERENTIATED/CONSTRAINED	
BASED ROUTING/MPLS.....	77-78
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	78-86
ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΠΟΔΟΧΗΣ.....	86-87
ΔΙΚΤΥΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ.....	87
ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΕΣ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ.....	87
ΜΟΝΟΠΑΤΙΑ.....	87-88
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΛΑΣΕΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ.....	88
ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ.....	88
ΕΥΡΕΣΗ ΕΝΟΣ ΣΥΝΟΛΟΥ ΑΠΟΔΕΚΤΗ.....	88-91
ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΩΘΗΣΗ ΠΑΚΕΤΩΝ.....	91
ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΠΟΔΟΧΗΣ.....	91-92
ΠΑΡΟΧΗ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ.....	92
ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ ΜΕΤΑΞΥ ΚΛΑΣΕΩΝ.....	92
ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ.....	93-94
ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ-ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΧΡΟΝΟΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΠΑΚΕΤΩΝ	
ΣΤΟΥΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΕΣ: FIFO ΚΑΙ FAIR ΟΥΡΕΣ.....	94-97
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΠΟΔΟΧΗΣ.....	97-98
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	98-99

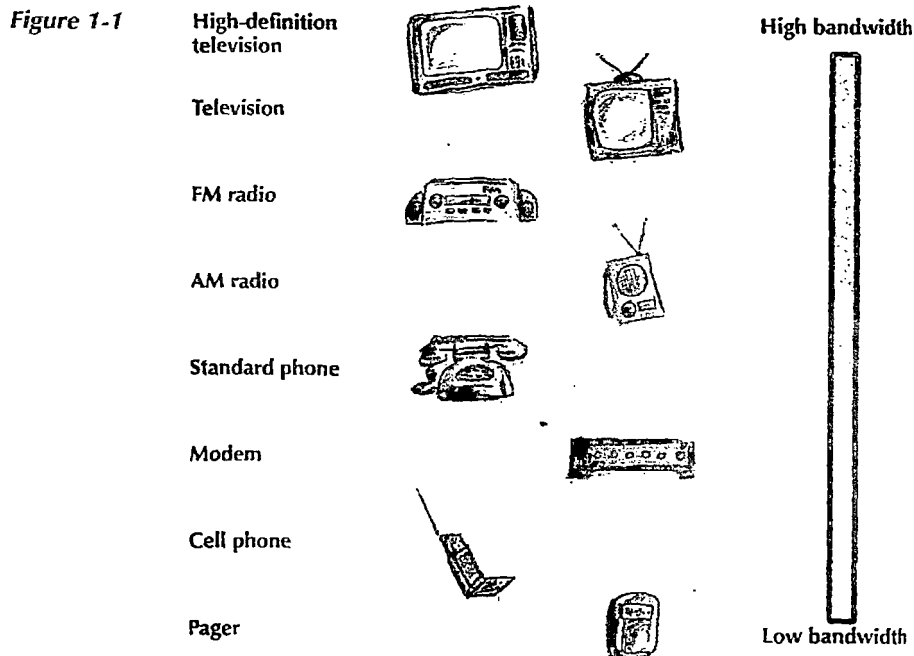
Κεφάλαιο 1 Γιατί το Bandwidth είναι σημαντικό

Η κοινωνία μας επαναστατεί γύρω από την ιδέα του Bandwidth. Η δύναμη και τα κέρδη των τηλεφωνικών εταιριών, εκφωνητών τηλεόρασης, εταιριών καλωδιακής και προμηθευτές βοήθειας Internet κυρίως βρίσκονται στην ικανότητά τους να ελέγχουν ή προσπαθούν να ελέγξουν τον τρόπο με τον οποίο το Bandwidth χρησιμοποιείται.

Οι κυβερνήσεις θεωρούν το Bandwidth μεγάλης σημασίας. Η κοιμισιόν ομοσπονδιακών τηλεπικοινωνιών και άλλες δημόσιες κοιμισιόν έχουν καλεστεί συγκεκριμένα να ρυθμίσουν το Bandwidth μέσω τηλεπικοινωνιακών μέσων. Συχνά τα πιο σημαντικά θέματα είναι σε λεπτομέρειες που ίσως δεν μπορούν να γίνουν αντιληπτά όταν θάβονται βαθειά στην νομοθεσία ακόμα κι αν πιο ευρείς ανυσηχίες θέτονται ανοικτά.

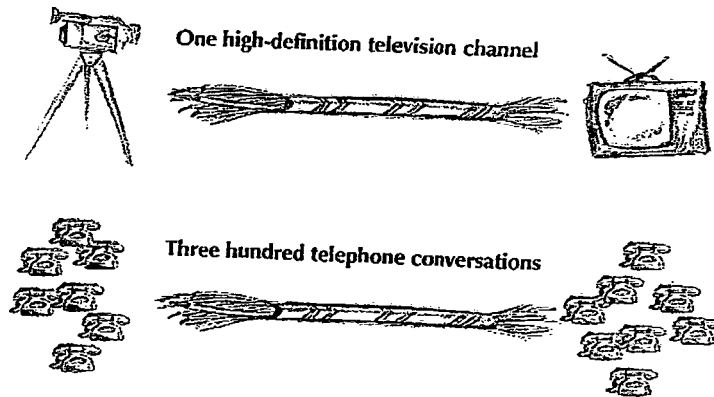
Τι σημαίνει το Bandwidth. Το Bandwidth είναι ένα μέτρο του πόση πληροφορία μπορεί να περάσει από ένα μέρος σε ένα άλλο σε συγκεκριμένο χρόνο. Αυτή η ποσότητα πληροφορίας μπορεί να πάρει πολλές μορφές, μια τηλεφωνική συνομιλία, ένα CD-ROM στον υπολογιστή στέλνει πληροφορίες όχι μακρύτερα από την οθόνη. Όμως ο όρος αναφέρεται στο χώρο της μετάδοσης του μέσου ή της συσκευής όπως στην ερώτηση "πόσο bandwidth θα μας δώσει η σύνδεση του μόντεμ;". Όσο περισσότερες πληροφορίες θέλεις να στείλεις σε έναν ορισμένο χρόνο ή όσο γρηγορότερα θέλεις να τις στείλεις τόσο περισσότερο bandwidth χρειάζεσαι. Έτσι αυτή η μάλλον απλή τεχνική ικανότητα έχει μακριές ικανότητες.

Ας πάρουμε ένα απλό ακουστικό παράδειγμα. Παρόλο που οι τηλ. Κλήσεις είναι αρκετά ευάκουστες δεν είναι πουθένα τόσο καθαρές όσο όταν τις ακούμε στο ράδιο. Και αυτό γιατί στο ράδιο ο εκφωνητής χρησιμοποιεί 6 φορές πιο πολύ bandwidth από 1 τηλ. Κλήση. Το επιπλέον bandwidth φέρνει υψηλότερες ψηλές συχνότητες, χαμηλότερες χαμηλές και λιγότερο θόρυβο.



Γιατί οι ταινίες από ένα CD-ROM συνήθως δείχνουν μικρές και θολές σε σχέση με της τηλεόρασης; Η απάντηση είναι ότι το CD-ROM προσφέρει μόνο ένα μικρό μέρος του bandwidth της τηλεόρασης. Για να προβάλλουμε ένα υψηλής ποιότητας κανάλι τηλεόρασης απαιτεί bandwidth περίπου 300 τηλεφωνικών κλήσεων.

Video requires far more bandwidth than audio.



Figure

Γιατί πρέπει να καταλάβουμε το bandwidth. Φια ένα πράγμα όπως είδαμε, άμεσα επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε το περιεχόμενο. Φαντάσου τι θα γίνει αν το bandwidth μιας τηλεόρασης ξαφνικά μειωθεί κατά 200 το αποτέλεσμα θα είναι εικονικά μη παρακολουθήσιμο. Στις μέρες μας δεν χρειάζεται να το φανταστείς, απλά ρίξε μια ματιά σε κάποιο από τα άθλια βίντεο που κατεβάζεις από μια χαμηλή bandwidth σύνδεση στο Internet.

Το bandwidth είναι η ζωή κάθε επιχείρησης. Φαντάσου να προσπαθείς να δουλέψεις χωρίς τηλέφωνο, φαξ ή e-mail. Τώρα πρόβαλε το μερικά χρόνια και θα καταλάβεις ότι οι αποφάσεις της εταιρείας σου γύρω από το bandwidth θα παίξουν σημαντικό ρόλο στην επιτυχία ή αποτυχία της. Θα συνδεθείς στον υπόλοιπο ηλεκτρονικό κόσμο κάθε λεπτό της ημέρας με μεγάλης ταχύτητα σύνδεση ή θα μείνεις με μια μέτρια σύνδεση; Όταν κάνεις τηλεσυζητήσεις τα πρόσωπα και οι φωνές ξεχωρίζουν δύσκολα ή είναι τόσο καθαρές σαν να βρίσκονται μέσα στο δωμάτιο; Οι απαντήσεις είναι θέμα bandwidth.

Σήμερα οι περισσότερες ελεύθερες δραστηριότητες εξαρτώνται από το bandwidth. Θα βλέπουμε ταινίες και αθλητικά στο σπίτι σε μεγάλες υψηλής ακρίβειας οθόνες σε κανάλια τα οποία χρειάζονται περισσότερο bandwidth από ότι έχουμε σήμερα. Μπορεί στο Internet οι συνδέσεις μας να μας επιτρέπουν να βλέπουμε πλήρης οθόνης βίντεο ή ακόμα θα περιμένουμε. Οι απαντήσεις είναι στο bandwidth.

Το να καταλάβουμε τα βασικά του bandwidth δεν είναι κάτι δύσκολο. Το πρόβλημα είναι να διαχωρίσουμε το hype από τα γεγονότα. Σήμερα πολλά άρθρα και ανακοινώσεις γύρω από το bandwidth είναι γεμάτα λάθη, παρεξηγήσεις και παραπλανητικά σχόλια. Συχνά δεν μπορείς να καταλάβεις αν κάποιος το κάνει προσπαθώντας να παραπλανήσει ή είναι μπερδεμένος. Οι βιομηχανίες τεχνολογίας δεν βοηθούν συνεχώς ρίχνοντας ανακριβή ή απλουϊκά νουμερά και θέματα. Για παράδειγμα, η αποκαλούμενη 10-megabit Ethernet σύνδεση ποτέ δεν μεταφέρει πληροφορίες σε 10 megabits/δευτ., δεν πλησιάζει καν. Και θα δούμε επίσης γιατί η ψηφιακή δεν είναι πάντα καλύτερη από την αναλογική όπως κάποιοι θέλουν να πιστεύουμε.

Η προσπάθεια να ελέγχουμε το Bandwidth. Γιατί τόσες εταιρείες στην έκδοση, προώθηση, computing και τηλεπικοινωνίες συγχωνεύονται, κάνουν συμμαχίες και προσπαθούν για δημόσια εμφάνιση; Κάνουν ελιγμούς για να ελέγξουν το bandwidth. Σε ένα επίπεδο αυτές οι εταιρείες, θέλουν απλά να πουλήσουν συνδέσεις όπως οι τηλεφωνικές εταιρείες τώρα πωλούν τις υπηρεσίες τους χωρίς να επηρεάζουν τι ακούσ ή λες στο τηλέφωνο. Αλλά σε άλλο επίπεδο αυτές οι εταιρείες θέλουν να ελέγξουν το κείμενο σαν εκδότες, θέλουν να παράγουν και να πληρωθούν για τις πληροφορίες που βλέπεις και ακούς.

Στο παρελθόν οι εταιρείες που προμήθευαν τις συνδέσεις ήταν σπινίως οι ίδιες με αυτές που προμήθευαν τις πληροφορίες. Σήμερα αυτοί οι ρόλοι είναι θολοί. Οι κύριοι παίχτες τώρα δρουν περισσότερο όπως οι εταιρείες στην καλωδιακή τηλεόραση. Οι καλωδιακές εταιρείες ελέγχουν και τις συνδέσεις και το περιεχόμενο, διαλέγοντας κανάλια που μπορείς να λάβουμε με βάση τη δημοτικότητα και στα οποία κανάλια συμβαίνει να έχουν επενδύσει. Όταν συνδυάζουμε έλεγχο της γραμμής με πληροφορίες που τρέχουν μέσω σύνδεσης, το αποτέλεσμα είναι να έχουμε δύναμη που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αυξήσουμε κέρδη ή ακόμα να χειριστούμε τη δημόσια γνώμη.

Το Internet αλλάζει τους κανόνες. Το Internet και συγκεκριμένα το www προσφέρουν ένα δρόμο στο να προσπεράσεις την παραδοσιακή έκδοση και διανομή. Για πρώτη φορά η ικανότητα να έχεις πρόσβαση στο bandwidth δεν είναι το αποκλειστικό προνόμιο των μεγάλων εταιρειών ή των πρακτόρων της κυβέρνησης. Στο Internet εικονικά οποιοσδήποτε θέλει μπορεί να εκδώσει κείμενο για όποιον άλλο θέλει να το δει. Σήμερα στο Internet κάθε σελίδα είναι εύκολη στην πρόσβαση σαν οποιαδήποτε άλλη και τυπικά κοστίζει το ίδιο για να τη δεις, τίποτα.

Εξαρτώμενο από το ποιος υπερέχει στον έλεγχο του bandwidth η φύση του Internet μπορεί να αλλάξει αρκετά. Οι προμηθευτές Internet μπορεί να το κάνουν ευκολότερα και γρηγορότερα για σένα να έχεις πρόσβαση σε σελίδες που αναπτύσσονται από την "θεία σου". Τα πράγματα ήδη αλλάζουν. Η τιμή αρχίζει να διαφέρει ανάλογα με τη φύση των πληροφοριών που θέλουμε και παρόλο που πρέπει να κοιτάζουμε σε διαφήμιση για να το έχουμε.

Πληροφορημένες αποφάσεις είναι στη καρδιά μιας δημοκρατικής χώρας. Πόσο καλά πληροφορημένοι θα γίνουμε; Αυτό εξαρτάται όχι μόνο από όλους εμάς σαν πηγές πληροφοριών και καταναλωτές πληροφοριών αλλά και ποιος ελέγχει το bandwidth και πως γίνεται διαθέσιμο σε μας.

Μια περιορισμένη πηγή. Το bandwidth θα είναι πάντα μια περιορισμένη πηγή. Αυτό είναι από καιρό προφανές για τις εκφωνήσεις όπως στην τηλεόραση και το ράδιο πανω από κύματα αέρα. Οι διαθέσιμες συχνότητες δεν είναι άπειρες και 2 σταθμοί δεν μπορούν να έχουν την ίδια συχνότητα στην ίδια περιοχή χωρίς παρεμβολή. Αυτοί οι περιορισμοί οδηγούν απευθείας σε κυβερνητικούς κανονισμούς.

Το bandwidth που έρχεται από καλώδια τηλεφώνου, καλωδιακή τηλεόραση, τοπικά δίκτυα μπορεί να φαίνονται λιγότερο περιορισμένα, γιατί τα καλώδια μπορούν να προστεθούν ή αντικατασταθούν από μεγαλύτερης χωρητικότητας συνδέσεις. Αλλά το υψηλό κόστος να βάλουμε καινούργια καλώδια ή οπτικές ίνες και η δυσκολία να προσεγγίσουμε νέα χωρητικότητα με τα παλιά συστήματα έχει λειτουργικούς περιορισμούς στο διαθέσιμο bandwidth για χρόνια ή και δεκαετίες.

Ο δρόμος για αύξηση του bandwidth. Επειδή το bandwidth είναι τόσο πολύτιμο υπάρχουν πολλά κίνητρα να το αυξήσουμε. Και όπως περιμένουμε οι περισσότεροι από

τους παίχτες στην κοινωνία πληροφοριών από εκδότες προγραμμάτων μέχρι σχεδιαστές υπολογιστών και εταιρείες τηλεπικοινωνιών, προσπαθούν σκληρά να πετυχούν αυτό. Ακόμα και τα διαθέσιμα επικοινωνιακά μέσα, τεχνικά κόλπα βοηθούν. Η έγχρωμη τηλεόραση για παράδειγμα χρησιμοποιούσε το bandwidth που ήταν κανονικά σχεδιασμένο για ασπρόμαυρη τηλεόραση και η ψηφιακή συμπίεση βοήθησε τα βιντεοτηλέφωνα να λαμβάνουν έγχρωμες εικόνες πάνω από γραμμές που άρχικα ήταν για φωνητική επικοινωνία.

Άλλα κάθε φορά που τα έξυπνα κόλπα τελείωναν, ένα νέο επικοινωνιακό μονοπάτι με μεγαλύτερο bandwidth προτεινόταν σαν καινούργιο δεδομένο. Η υψηλής ευκρίνειας τηλεόραση για παράδειγμα πρόκειται να αντικαταστήσει το τωρινό σύστημα αλλά όπως κάθε καινούργιο δεδομένο δεν θα είναι φθινό. Η υψηλής ευκρίνειας τηλεόραση απαιτεί νέο λειτουργικό και λογισμικό, νέους μεταφορείς, νέα television sets και νέα VCR, καθώς και νέο πρόγραμμα που να συμβαδίζει με το νέο σύστημα.

Στο παρελθόν, η βελτίωση μερικές φορές ήταν τόσο αναγκαία που το νέο δεδομένο πήρε τα ηνία γρήγορα όπως έγινε με το cd που αντικατέστησε το βινύλιο. Για την υψηλής ευκρίνειας τηλεόραση όμως, διαφωνίες για το κόστος, τεχνολογία και bandwidth, έχουν καθυστερήσει την διάδοση για πάνω από μια δεκαετία.

Όμως δεν βιάζονται όλοι να αυξήσουν το bandwidth. Μερικές εταιρείες βγάζουν τόσα πολλά χρήματα από το τωρινό τους bandwidth που είναι διστακτικοί να αναπτύξουν μεγαλύτερες bandwidth προσφορές σε χαμηλότερη τιμή. Άλλες εταιρείες προσπαθούν να καθυστερήσουν τις βελτιώσεις του bandwidth μέχρι να έχουν τις δικές τους προσφορές έτοιμες. Και κάποιες εταιρείες συμπεριφέρονται σαν τις εταιρείες του τηλέγραφου που προσπαθούν να αγνοήσουν την εισαγωγή και χρήση του τηλεφώνου.

Πτώση κόστους, οι κανόνες αλλάζουν. Το συνολικό κόστος του bandwidth έχει πέσει σημαντικά με τα χρόνια. Πολλοί άνθρωποι που ζουν σε παλιές μέρες των τηλεπικοινωνιών βιάζονται να τελειώσουν τα υπεραστικά τηλέφωνα περισσότερο από 3 ευρώ το λεπτό όπως έκαναν το 1945, αντι για λιγότερο από 15 σεντς που είναι σήμερα. Το bandwidth έχει ιστορία σε μειωμένες τιμές και αυτή η ιστορία είναι σίγουρο ότι θα συνεχιστεί. Όμως η τιμή του bandwidth είναι πολύ αβέβαιη. Για το ίδιο bandwidth κάποιιοι δεν πληρώνουν τίποτα και άλλοι πολλά. Κυβερνητικοί κανονισμοί ενισχύουν αυτές τις αδικίες για το συμφέρον για μεγαλύτερες παροχές για κάτοικους αστικών περιοχών.

Τα τείχη πέφτουν. Καθώς το κόστος του bandwidth πέφτει, πέφτουν και τα τείχη στην έκδοση και διανομή πληροφοριών. 40 χρόνια πριν, μόνο λίγοι παραγωγοί μπορούσαν να πάρουν προγράμματα στην τηλεόραση και μεγάλοι εκδότες έλεγχαν τη ποσότητα των βιβλίων στα βιβλιοπωλεία. Τώρα, νέα δίκτυα τηλεόρασης και καλωδιακών καναλιών μπλέκονται εβδομαδιαία για να πάρουν το πλεονέκτημα των καλωδιακών συστημάτων και το Internet επιτρέπει ένα τεράστιο νέο γκρουπ από 'προμηθευτές πληροφοριών' να εκδώσουν ιστοσελίδες με πολύ μικρό κόστος. Χαμηλότερο κόστος σημαίνει ότι πολύ περισσότερες προοπτικές που δεν υποστηρίζονταν τώρα υποστηρίζονται από παραδοσιακούς εκδότες.

Ποσότητα όχι ποιότητα. Το bandwidth είναι απλά ένα μέτρο της αξίας της ποσότητας πληροφοριών. Δεν ξεχωρίζει μεταξύ υψηλής και χαμηλής ποιότητας πληροφοριών. Και το bandwidth δεν μετράει το μέγεθος των πληροφοριών που απορροφάται. Ένα junk mail και ένα προσωπικό γράμμα χρησιμοποιούν το ίδιο bandwidth είτε σε χαρτί είτε σε ηλεκτρονική μορφή και κάθε μεσο τώρα έχει το

αντίστοιχό του σε junk mail. Επιπλέον, κάθε μέσο φαίνεται να έχει τους δικούς του junkies ανθρώπους που τρέχουν αδιάκοπα μέσω καλωδιακών πληροφοριών ή είναι κολλημένοι σε chats. Κάποιος ενθουσιασμός φαίνεται να είναι βασισμένος μόνο σε νουβέλες των media όπως οι ηλεκτρονικές παροχές που ψάχνουν τις 'χειρότερες σελίδες στο Internet'.

Το Bandwidth αυξάνεται, ο χρόνος όχι. Παρόλο που το Bandwidth αυξάνει, ο χρόνος όχι. Ποιο το όφελος να αυξήσουμε το Bandwidth για να έχουμε περισσότερες πληροφορίες στο σπίτι μας και στο γραφείο όταν δεν μπορούμε να ανταποκριθούμε με το τι φτάνει ήδη; Μπορούμε να βρούμε χρόνο να προσέξουμε σε μια νέα μορφή του Bandwidth όπως τα CD-ROMs ή το Internet, μόνο για να προσέξουμε λιγότερο σε μια παλιότερη μορφή όπως η τηλεόραση. Και τα παλιότερα μέσα επεκτείνονται. Αρκετά κανάλια έδωσαν τη σκυτάλη σε 300 κανάλια καλωδιακών συστημάτων τηλεόρασης και απευθείας με δορυφόρους.

Οι προτείνοντες υποστηρίζουν ότι μεγαλύτερο bandwidth μπορεί να σώσει χρόνο. Οι τηλεπικοινωνίες από το σπίτι μπορούν να ελαχιστοποιήσουν το χρόνο που ξοδεύετε στην κίνηση και η τηλεφωνική συζήτηση μπορεί να γλιτώσει ταξίδι σε άλλη πόλη. Όμως η τεχνολογία κοστίζει και μπορεί να διαλυθεί την πιο ακατάλληλη στιγμή. Και αν έχεις γραφείο στο σπίτι δεν μπορείς εντελώς να αφήσεις το γραφείο σου. Μπορούν οι νέες τεχνολογίες που αυξάνουν το bandwidth να γλιτώσουν περισσότερο χρόνο από ότι καταναλώνουν; Οι τηλεφωνικές συζητήσεις μπορεί να εξαλείφουν ένα ταξίδι όμως αν δεν μπορείς να δράσεις πολύ αποτελεσματικά πάνω σε μια τέτοια σύνδεση το συνολικό κέρδος θα είναι μηδαμινό.

Θα γίνει το Internet ποτέ αρκετά γρήγορο; Για εκατομμύρια χρήστες η πιο πολυπόθητη βελτίωση bandwidth είναι στο Internet. Πολλοί χρήστες έχουν επικεντρωθεί στο να αυξήσουν την ταχύτητα σε ένα τομέα που έχουν τον έλεγχο στο τελικό link από τον διακομιστή στο σπίτι ή το γραφείο, αναβαθμίζοντας μόντεμ ή άλλες συνδέσεις. Δυστυχώς, αυτό είναι ακόμα ένα μπερδεμένο bandwidth. Το 'τελικό μίλι', η σύνδεση που τελικά φτάνει στο σπίτι σου ή στην εταιρεία είναι ένα από τα πολλά σημεία που οι πληροφορίες του Internet περνάνε έτσι μια γρήγορη τελική σύνδεση δεν επιταχύνει τα πάντα. Η χρήση του Internet αυξάνει δραματικά και σε αριθμό χρηστών και στην ποικιλία διαθέσιμων πληροφοριών, έτσι ώστε κάποιοι πιστεύουν ότι το Internet θα αρχίσει να καταρρέει, δεν θα γίνει ποτέ αρκετά γρήγορο γιατί η ραχοκοκκαλιά, το κύριο κιβώτιο που περιέχει τις μεγαλύτερες πληροφορίες δεν θα είναι ικανό να επεκταθεί αρκετά γρήγορα για να ανταπεξέλθει των αναγκών. Το bandwidth του Internet είναι η πιο ενδιαφέρουσα και πολύπλοκη μορφή bandwidth σήμερα.

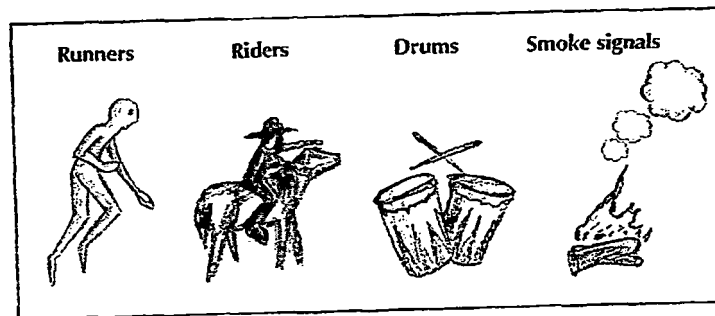
Κεφάλαιο 2

Μια σύντομη αναφορά στην ιστορία των επικοινωνιών

Η ιστορία του bandwidth είναι μια συνεχής αναζήτηση που συνεχίζεται και σήμερα. Οι άνθρωποι πάντα ήθελαν να επικοινωνούν με περισσότερες πληροφορίες σε λιγότερο χρόνο και το παράδοξο είναι ότι ποτέ δεν μένουν εντελώς ευχαριστημένοι. Όσο περισσότερες πληροφορίες μπορούμε να δώσουμε και να πάρουμε τόσο περισσότερες θέλουμε.

Τηλεπικοινωνίες. Στέλνοντας πληροφορίες σε μακρινές αποστάσεις είναι μια πρόκληση για την ιστορία του ανθρώπου. Δρομείς και καβαλάρηδες ήταν κάποτε η μοναδική πρακτική μέθοδος για να επικοινωνήσουμε με λεπτομερείς πληροφορίες. Δεν υπήρχε έλλειψη προσπάθειας όμως καπνοί σαν σημάδια ή φωτιες που μπορούσαν να περιέχουν κάποιο κείμενο είχαν δοκιμαστεί χιλιάδες χρόνια πριν όμως το γυμνό μάτι δεν μπορούσε να δει αρκετά μακριά ώστε να του είναι χρήσιμο.

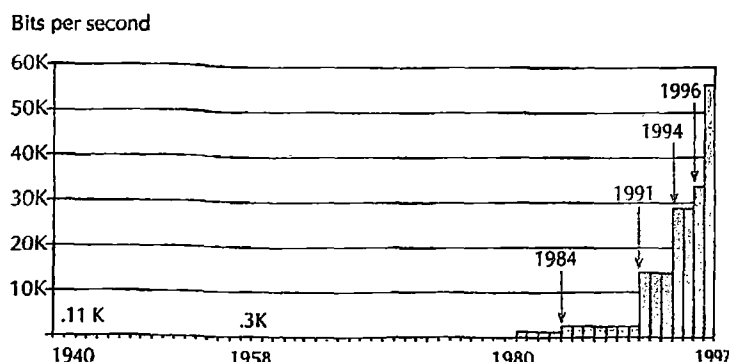
Figure 2-1 *Early methods of sending information over long distances were limited and slow.*



Επικοινωνία με υπολογιστές. Παρόλο που ο τηλεγράφος (οπτικός και ηλεκτρονικός) και τα φαξ είναι μορφές ψηφιακής επικοινωνίας η πραγματική εξέλιξη πληροφοριών επικοινωνίας άρχισε με τους ψηφιακούς υπολογιστές. Το πρωταρχικό μέτρο του ψηφιακού bandwidth είναι bits per second, εν συντομία bps. Τα kilobits per second, ή thousands per seconds είναι τα Kbps. Mega ή millions of bits είναι τα Mbps και Gbps είναι giga ή billions of bits per seconds.

Το 1964 το υπουργείο ανταλλαγής πληροφοριών και κωδικών της Αμερικής, κωδικοποίησε, επιτρέποντας όλους τους αγγλικούς χαρακτήρες να αναπαριστώνται από 7 bits πληροφοριών. Το Carterfone του 1966, ένα ακουστικό μόντεμ που μπορούσε να μεταφέρει πληροφορίες πάνω από συγκεκριμένο τηλεφωνικό κέντρο παριστάνοντας άλλο σταθμό. Μετά από μεγάλη μάχη, έσπασε το μονοπώλιο της Bell σε εξοπλισμό που μπορούσε να συνδεθεί σε τηλ. γραμμή δείχνοντας το δρόμο σε γρήγορη ανάπτυξη ή γρηγορότερα μόντεμ και φτηνότερα όπως δείχνει ο πίνακας. Σαν αποτέλεσμα 1200 bps μόντεμς έφτασαν το 1980 και μεγαλύτερες ταχύτητες ακολούθησαν, 2400 bps το 1984, 14.4 Kbps το 1991, 28.8 Kbps το 1994, 33.6 Kbps το 1996 και 56 Kbps το 1997 μέχρι σήμερα.

Figure 2-3 *Modem speeds over dial-up phone lines have increased rapidly.*



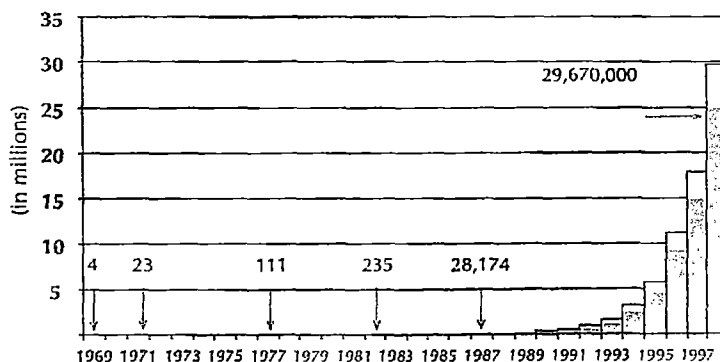
Για μια στανταρ τηλεφωνική σύνδεση 33.6 Kbps είναι κοντά στο όριο ταχύτητας από τον διακόπτη και τα καλώδια σήματος, όχι όμως από τα χάλκινα τηλεφωνικά καλώδια. Όμως τα 56άρια μόντεμ, που μπορούν να λάβουν δεδομένα με μέγιστη ταχύτητα 53 Kbps όμως χρησιμοποιούν 33.6Kbps για μετάδοση άρχισαν να εμφανίζονται το 1997. Κερδίζουν την επιπλέον ταχύτητα από την αποφυγή αναλογικής σε ψηφιακή αλλαγή από την συσκευή που στέλνει δεδομένα σε αυτά.

Η ISDN ορίσθηκε το 1984 και βγήκε στην Αμερική το 1992, τρέχει με 128 Kbps στις ίδιες χάλκινες γραμμές. Υψηλότερες ταχύτητες από συνηθισμένα τηλέφωνα και γραμμές καλωδιακής τηλεόρασης, υπόσχονται ταχύτητες πάνω από 1000 Kbps.

Δίκτυα υπολογιστών: Όλες οι προηγούμενες μέθοδοι για δεδομένα επικοινωνιών σχεδιάστηκαν για ένα υπολογιστή στον άλλο, περισσότερο σαν ένα άτομο να καλεί κάποιο άλλο μέσω τηλεφώνου. Όμως η επικοινωνία δεδομένων γίνεται πιο χρήσιμη και δυνατή όταν πολλοί υπολογιστές συνδέονται μαζί για να φτιάξουν ένα δίκτυο από ότι ο καθένας να κάνει μια απευθείας σύνδεση με τον άλλο.

Το 1964, το αμερικάνικο υπουργείο άμυνας έφτιαξε ένα δίκτυο το ARPANET, τον πρόγονο του Internet, για να συνδέσει το μικρό αριθμό των ισχυρών υπολογιστών που βρίσκονταν σε σημαντικές θέσεις έρευνας γύρω από τη χώρα. Άλλα δίκτυα έγιναν στη δεκαετία του 1980 αλλά το Internet τα απορρόφησε γίνοντας το "δίκτυο των δικτύων". Το Internet έγινε ευρύτερα γνωστό στα μέσα της δεκαετίας του 1990 και σήμερα οι υπολογιστές και οι χρήστες αυτών το χρησιμοποιούν για να επικοινωνούν μεταξύ τους. Ο πίνακας δείχνει την τεράστια αύξηση ατομικών υπολογιστών (Personal Computers) με τα χρόνια.

2-4 From 1969 to 1998 the number of host computers connected to the Internet grew from 4 individual hosts to almost 30 million.



Τέλος αυτή η μικρή ιστορική αναδρομή δείχνει την σημασία των επικοινωνιών στη κοινωνία. Το κίνητρο για να αυξηθεί το bandwidth, για να στέλνουμε γρηγορότερα και μακρύτερα, προωθεί κάθε νέα καινοτομία. Ακόμη μέχρι νωρίς αυτού του αιώνα, επιχειρήσεις και κυβερνήσεις ήταν οι κύριοι χρήστες ιδιωτικών παροχών μηνυμάτων όπως ο τηλεγράφος και το τηλέφωνο. Σήμερα άτομα που χρησιμοποιούν παροχές επικοινωνίας και πληροφοριών στο σπίτι και σε μικρά γραφεία είναι το ίδιο κινητήρια δύναμη για την ανάπτυξη του bandwidth και του Internet όπως και τα μεγαλύτερα κέντρα.

Κεφάλαιο 3 Σκεφτόμενοι για το bandwidth

Το Bandwidth είναι ένα μέτρο των πληροφοριών που πλέουν από ένα μέρος σε ένα άλλο σε κάποιο χρονικό διάστημα. Είναι το ολικό μέγεθος των πληροφοριών που κινείται σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Γι' αυτό είναι σημαντικό να σκεφτούμε το "πλάτος" του επικοινωνιακού καναλιού. Ένα πλατύ, αργά κινούμενο ποτάμι συχνά μετακινεί περισσότερο νερό από ένα τρεχούμενο, γιατί το πλάτος του ποταμιού σημαίνει ότι περισσότερο νερό ρέει κάθε χρονική στιγμή. Στον κόσμο των ηλεκτρονικών, τα σήματα τυπικά ταξιδεύουν με την ίδια μεγάλη ταχύτητα. (συνήθως με 186000/δευτ. ή την ταχύτητα του φώτος), έτσι αποστάσεις και ταχύτητες ενδιαφέρουν λιγότερο από το 'πλάτος', πόσες πληροφορίες μπορούν να ταξιδέψουν ταυτόχρονα.

Για μικρές αποστάσεις ή μικρές πληροφορίες η συνέπεια του Bandwidth μπορεί να είναι απαρατήρητη. Αλλά όσο η απόσταση και το μέγεθος των πληροφοριών αυξάνει, το Bandwidth γίνεται σημαντικότερο. Και με έκπληξη η καλύτερη λύση ίσως να μην είναι η ηλεκτρονική.

Από που ήρθε το όνομα Bandwidth; Ο όρος βγαλμένος από το ράδιο, όπου το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο απεικονιζόταν και διαιρούνταν σε 'συχνότητες' όπως FM, AM και διάφορες άλλες μικρού κύματος. Οι συχνότητες αυτές και τα κανάλια μέσα τους έχουν ένα "πλάτος" που εκφράζεται σε πολλαπλούς κύκλους/δευτ. Μέσα σε όρια, όσο πλατύτερη η συχνότητα τόσο μεγαλύτερες πληροφορίες έστελνε. Ο κύριος λόγος που τα AM ακούγονται πολύ χειρότερα από τα FM είναι το bandwidth. Κάθε στάθμος FM





παίρνει 200 kilohertz (200 κύκλους/δευτ) bandwidth, ενώ ο AM μόνο 10. Η διαφορά είναι εμφανής.

Για να δούμε πόσο σημαντικό είναι το “πλατος”, ας φανταστούμε ότι είναι στην αρμοδιότητα μας να στείλουμε ένα τεράστιο μέγεθος δεδομένων από τη Νέα Υόρκη στο Λονδίνο. Οι πληροφορίες πρέπει να φτάσουν το συντομότερο δυνατό, αλλά μιας και είναι εκεί δεν χρειάζονται επιπλέον αλλαγές και αναβαθμίσεις. Αν το κάνουμε ηλεκτρονικά η καλύτερη λύση είναι ίσως είναι μια από τις T1 ευρωπαϊκές τηλεφωνικές γραμμές που εκτείνονται κάτω από τον ατλαντικό ωκεανό. Με χρόνο μετάδοσης 2048 megabits/δευτ είμαστε ικανοί να μεταφέρουμε τα περιεχόμενα ενός cd μέσα σε 42 λεπτά.

Όμως αν η βάση δεδομένων είναι τεράστια η ηλεκτρονική λύση μπορεί να νικηθεί. Ένα Concorde μπορεί να κάνει το ταξίδι σε 3 ώρες και 50 λεπτά κουβαλώντας 1300 μαζί με επιβάτες 650 κιλά βάρος ή περίπου 32500 CD-ROMs. Αυτό μεταφράζεται ως περίπου 12.5 gigabits/δευτ σχεδόν 6100 φορές γρηγορότερα από την ηλεκτρονική μέθοδο. Για μια μεγάλη μεταφορά δεδομένων ένα Boeing 747 το κάνει ακόμα καλύτερα. Παρόλο που παίρνει πάνω από 7 ώρες να διασχίσει τον Ατλαντικό έχει φορτίο 124150 κιλά πολύ πιο ικανοποιητικό σε σχέση με τη χαμηλή ταχύτητά του. Ο χρόνος παράδοσης 1312 gigabits/δευτ είναι πάνω από 64000 φορές γρηγορότερος από τα καλώδια. Πιο αργό αλλά ‘καλύτερο’ κερδίζει τον αγώνα.

Ένα μεγάλο βιτιοφόρο πλοίο ‘πλατύτερο’ ακόμα, παίρνει 8 μέρες να διασχίσει τον Ατλαντικό, 27 φορές περισσότερο από το 747. Αλλά το πλοίο μπορεί να έχει 2.2 δισεκατομμύρια CD-ROMs, πολλά χρόνια αξίας από τις πωλήσεις CDs στην Αμερική. Έτσι το πλοίο κερδίζει το υπερατλαντικό βραβείο δεδομένων μεταφέροντας 17526 gigabits/δευτ πάνω από 8.4 εκατομμύρια φορές γρηγορότερα από την ηλεκτρονική μέθοδο.

“Wider” Can Be Faster

	Transmission Method	Transfer Rate
	European T1 (1 CD-ROM)	2.048 Mbps
	Concorde (32,500 CD-ROMs)	12.54 Gbps (12,246 Mbps)
	Boeing 747 (6,207,500 CD-ROMs)	1,311.65 Gbps (1,280,913 Mbps)
	Container ship (2,240,000,000 CD-ROMs)	17,256.29 Gbps (16,651,852 Mbps)

Τα συγκεκριμένα παραδείγματα εδώ είναι λίγο ακραία. Για ένα πραγμα, ίσως να μην υπάρχουν αρκετά διαφορετικά CD-ROMs για να γεμίσουν ένα 747. Για το Concorde, το 747 και το πλοίο, ας υποθέσουμε ότι προγραμματίστηκαν για την εξυπηρέτηση μας και βγάλαμε έξω το χρόνο που χρειάζονται για να φορτώσουν και να ξεφορτώσουν. Τέλος υπάρχει θέμα ρουτίνας. Η ηλεκτρονική επικοινωνία δεν είναι περιορισμένη από συνθήκες όπως εάν μπορεί το Concorde να προσγειωθεί, πόσο παίρνει

να βάλει τα δεδομένα σε δίσκους ή πόσο παίρνει να πάρει τους δίσκους από το πλοίο σε κάποια τοποθεσία μακριά από το λιμάνι. Όμως τα παραδείγματα αυτά δείχνουν πως μπορούμε να εμπορεύσουμε ταχύτητα διανομής για χωρητικότητα δεδομένων όταν ψάχνουμε για το μεγαλύτερο δυνατόν bandwidth.

Η κατάσταση αλλάζει εντελώς όταν η αξία των δεδομένων εξαρτάται από τη νεότητα της, εάν η πληροφορία θα είναι άχρηστη μετά από λίγες μέρες ή πρέπει να αναβαθμίζεται συχνά, το πλοίο είναι άχρηστο. Αν τα δεδομένα πρέπει να αναβαθμίζονται ενδιάμεσα, ένα 28.8 Kbps μόντεμ θα είναι πολύ καλύτερο από ένα Concorde. Ένα ακραίο παράδειγμα, ας μιλήσουμε για τη βιντεοσυζήτηση. Αρκετά δεδομένα πρέπει να μεταφερθούν για να αναβαθμίσουν την εικόνα της οθόνης κάθε φορά που ένας χαμογελάει. Και το γεγονός ότι η αξία των πληροφοριών εξαρτάται συχνά από το χρόνο είναι ο λόγος που τόσες πολλές από τις επιχειρήσεις σήμερα επικοινωνούνε μέσω ηλεκτρονικών μέσων παρά με ένα γράμμα.

Ακόμα, σε πολλές περιπτώσεις μια ολονύχτια παροχή διανομής με ένα αντιγραφικό CD-ROM ή DAT μπορεί να είναι καλύτερη της ηλεκτρονικής σε ταχύτητα, εξυπηρέτηση και κόστος. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι μια T1 σύνδεση κοστίζει περίπου 1000 ευρώ το μήνα και σε κάποιον στην Νέα Υόρκη και σε έναν στο Λονδίνο, τότε στέλνοντας 100 GB θα πάρει περίπου 6 μέρες και κοστίζει 400 ευρώ να τα μεταφέρεις. Στέλνοντας το ίδιο μέγεθος δεδομένων σε αντιγραφικό CD-ROM μέσω Express θα μας κοστίζει τα μισά περίπου και μόνο σε 2 μέρες. Και αν πρέπει να φτάσει το συντομότερο δυνατόν με κούριερ σε ένα Concorde θα πάρει 4 ώρες αλλά θα κοστίζει 5000 ευρώ. Ο επόμενος πίνακας συγκρίνει το κόστος και το χρόνο που απαιτείται για να στείλουμε διάφορα μεγέθη δεδομένων από Νέα Υόρκη στο Λονδίνο μέσω κάποιων κοινών μεθόδων. Οι αριθμοί είναι υποχρεωτικά πρόχειροι αλλά δίνουν μια ιδέα για το πώς κόστος και χρόνος πέφτουν.

Comparing Costs and Times to Transfer Data

<i>Amount of Data</i>	<i>T1 (via Internet)</i>	<i>Concorde</i>	<i>FedEx Priority</i>	<i>FedEx Economy</i>
1 MB (1.4 MB floppy disk)	\$0.004 (5 seconds)	\$5,400 (4 hours)	\$41.45 (2 days)	\$28.50 (7 days)
100 MB (100 MB Zip disk)	\$0.32 (7 minutes)	\$5,400 (4 hours)	\$41.45 (2 days)	\$28.50 (7 days)
1 GB (2 650 MB CD-ROM discs)	\$4.19 (91 minutes)	\$5,400 (4 hours)	\$41.45 (2 days)	\$28.50 (7 days)
10 GB (16 650 MB CD-ROM discs)	\$41.67 (15 hours)	\$5,400 (4 hours)	\$63 (2 days)	\$59.75 (7 days)
100 GB (150 650 MB CD-ROM discs)	\$419.44 (6.3 days)	\$5,400 (4 hours)	\$200 (2 days)	\$183 (7 days)

Για κάποια χρόνια τα νέα γκρουπ του Internet διανέμονταν στην Αυστραλία σε κασσέτες από την Αμερική αεροπορικά παρά με κάποιο απευθείας μέσο. Αυτή η

πρακτική γλίτωσε υπεράστικο τηλεφωνικό κόστος και μερικοί χρήστες συνειδητοποίησαν ότι μερικά Usenet δεν έρχονταν μέσω καλωδίου. Το ίδιο, βιντεοκασετες και φίλμ χωρίς άμεση χρονική αξία ακόμα στέλνονται σε τηλεοπτικούς σταθμούς και θέατρα με κούριερ παρά με πιο ακριβές και γρήγορες μεθόδους όπως δορυφόροι, μικροκύματα ή μακρινών αποστάσεων καλώδια.

Κρατάμε στο μυαλό μας ότι το bandwidth έχει μόνο νόημα όταν το κάνουμε να στέλνουμε πληροφορίες. Δεν μπορούμε να στείλουμε πραγματικά αγαθά, όμως μπορούμε να στείλουμε οδηγίες πώς γίνονται. Ολονύχτιες υπηρεσίες μπορεί να διαθέτουν φαξ και email για να στέλνουν κείμενα, όμως όταν εμπλέκονται αληθινά αντικείμενα, παραδοσιακές υπηρεσίες, το ταχυδρομείο, ολονύχτιες υπηρεσίες ακόμα και το πλοίο έχουν μια θέση. Όμως σήμερα που έχουμε υπολογιστές που ελέγχουν τόνους και βιομηχανικές μηχανές είναι φουτουριστικό να φανταστούμε να στέλνουμε οδηγίες για το πώς να φτιαχτεί ένα αντικείμενο μέσω ηλεκτρονικών μέσων.

Αναλογίες Bandwidth. Το Bandwidth συχνά συγκρίνεται μια μεσιτεία ακινήτων (real estate). Παρόλο που η σύγκριση δεν είναι ακριβής υπάρχουν αρκετές ομοιότητες ειδικά για το Bandwidth στο ραδιοφωνικό φάσμα. Όχι μόνο είναι μια ακριβής πηγή, η αξία του εξαρτάται πολύ από την τοποθεσία. Το Bandwidth σε συχνότητες που χρησιμοποιούνται ευρέως, στην τηλεόραση, στο ράδιο, στο κυτταρικό τηλέφωνο (κινητό τηλέφωνο), είναι πολύ πιο χρήσιμο από το Bandwidth σε περισσότερες συχνότητες. Και η κυβέρνηση ανακτά επεκτάσεις του φάσματος.

Υπάρχει ακόμα ένα εξαιρετικό σύνορο. Υψηλές συχνότητες. Όσο η τεχνολογία έκανε χρήσιμες όλο και πιο μεγάλες συχνότητες το μέγεθος του χρησιμοποιήσιμου φάσματος μίκρυνε σε εξαιρετικό σημείο. Έτσι μεγαλύτερες συχνότητες όπως οι συχνότητες μικροκυμάτων που χρησιμοποιούνται ραδιοφωνικούς δορυφόρους, μοιάζουν με τα σύνορα του Old West. Αυτά τα μέρη έχουν πλατύτερο bandwidth από τα παλιότερα, χαμηλότερης συχνότητας φάσμα, όπως ακριβώς ο μέσος κλήρος στην Αμερική είναι μεγαλύτερος από τον κλήρο στη ανατολή.

Τύποι του bandwidth. Το bandwidth σαν έννοια ενός μέσου που μεταφέρει πληροφορίες έρχεται σε πολλές διαφορετικές μορφές. Ο πιο προφανής τρόπος να το κατηγοριοποιήσουμε είναι με τα media.

- Ραδιοφωνικό φάσμα (στον αέρα). Το Bandwidth στο αποκαλούμενο ραδιοφωνικό φάσμα είναι το πιο περιορισμένο και καλά ελεγχόμενο, για να εμποδίζει παρεμβολές μεταξύ 2 σημάτων. Οι καλύτερες γνωστές χρήσεις είναι για μιας διαδρομής εκπομπής από ράδιο και τηλεόραση είτε από εδάφους ή δορυφορικούς μεταδότες. Όμως το ραδιοφωνικό φάσμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για 2 δρόμων μεταφορές όπως τα κυτταρικά τηλέφωνα.

- Τηλεφωνικές γραμμές. Οι τηλεφωνικές γραμμές, ζευγάρια από χάλκινο καλώδιο, τρέχουν από διακόπτες της τηλεφωνικής εταιρείας σε κάθε τηλέφωνο. Μεταξύ των διακοπών της εταιρείας, το καλώδιο είναι τώρα είτε coaxial είτε οπτική ίνα και μεταφέρει πληροφορίες σε ψηφιακή μορφή. Το Coaxial καλώδιο μπορεί να μεταφέρει μερικές εκατοντάδες ταυτόχρονες συνομιλίες σε συνδυασμό με το οπτικό που μπορεί να μεταφέρει δεκάδες χιλιάδες.

- Καλωδιακή τηλεόραση. Χρησιμοποιούν coaxial καλώδιο για να μεταφέρουν πολλαπλά κανάλια στα σπίτια. Το καλώδιο συχνά περνάει από

τηλεφωνικούς πόλους ή υπόγεια, αλλά οποιοσδήποτε συνδρομητής καλωδιακής τηλεόρασης στην περιοχή τυπικά λαμβάνει ειδικά σήματα. Αυτό άρχισε να αλλάζει όταν κωδικοί πληρώνονται με το έργο και νέα ψηφιακά κουτιά επιτρέπουν να διαλέξουμε τι θέλουμε να δούμε και υπηρεσίες Internet άρχισαν να διανέμονται από συνδέσεις καλωδιακής τηλεόρασης.

- Ευρείας περιοχής δίκτυα. Οργανισμοί με παραπάνω από μια τοποθεσίες και ομάδες οργανισμών που χρειάζονται να μοιράζονται πληροφορίες συνέχεια χρησιμοποιούν WAN για να διανύσουν μίλια μεταξύ sites ή ηπειρών. Τα WAN τυπικά χρησιμοποιούν μεγάλων ταχυτήτων γραμμές για να ενώνουν sites μαζί. Το Internet μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα σούπερ WAN, το δίκτυο των δικτύων.

- Τοπικής περιοχής δίκτυα. Σε ένα LAN, coaxial, οπτικής ίνας ή twisted-pair καλωδίων, συνδέουν ένα οργανισμό από υπολογιστές έτσι ώστε οι πληροφορίες όπως email και αρχεία να περνάνε μεταξύ των μηχανών.

- Πάκετα μέσων. Μια βιντεοκασέτα, ένα CD-ROM, μια δισκέτα και ένα βιβλίο, όλα περιέχουν πληροφορίες. Παρόλο που μπορεί να φαίνονται αδρανή, μπορούμε να σκεφτούμε να έχουν bandwidth γιατί πάντα υπάρχει μια αξιολόγηση πόσες πληροφορίες παραλαμβάνονται από το πακέτο. Για παράδειγμα, ένα 52X CD-ROM μπορεί να λάβει πληροφορίες που περιέχονται σε CD-ROM με ρυθμό 7800 kilobytes/δευτ. Ένα VHS μπορεί να λάβει τις πληροφορίες της κασέτας σε ένα bandwidth χαμηλότερο από της τηλεόρασης.

Αναλογικό ή ψηφιακό; Οι πληροφορίες μπορεί να είναι αναλογικές ή ψηφιακές. Αναλογικές πληροφορίες παίρνουν το όνομά τους από το ότι δουλεύουν με αναλογικούς τρόπους στον πραγματικό κόσμο, όπου πολλά από τα πράγματα που ζούμε διαφέρουν σε συνεχιζόμενα παρά σε ασυνεχή άλματα. Στον πραγματικό κόσμο, ένας δυνατότερος ήχος αποτελείται από πλατύτερες κινήσεις δονητικών κυττάρων αέρα σε ένα ηχητικό κύμα. Σε ένα αναλογικό δίσκο αυτό ηχογραφείται σαν πλατύτερη ράβδωση και στην αναλογική κασέτα σαν ένα ισχυρότερο μαγνητικό πεδίο.

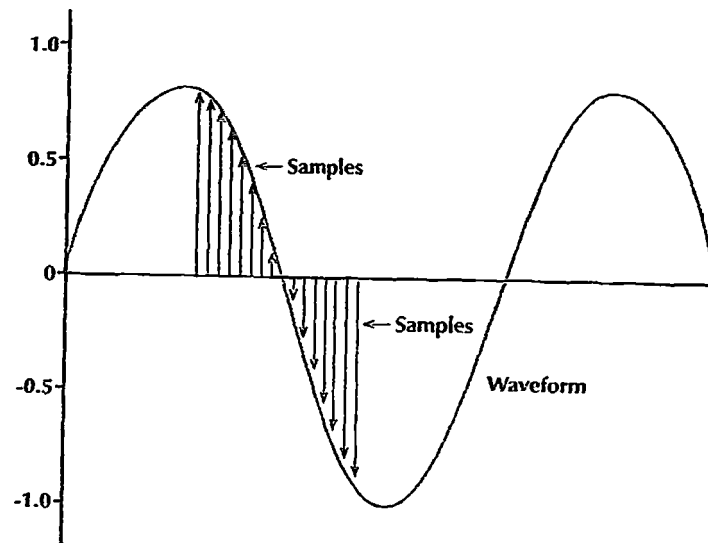
Ο ψηφιακός κόσμος κάνει όλες τις αναπαραστάσεις του κόσμου με ασυνεχείς δυαδικούς αριθμούς (bits), 0 και 1, ανοικτό και κλειστό. Συνδυάζοντας και μεταχειρίζοντας αυτά τα bits τυπικά σε 8 bits κατά σειρά που λεγονται bytes, οι υπολογιστές μπορούν να αναπαράγουν τα πάντα. Και επειδή οι περισσότεροι υπολογιστές δουλεύουν μόνο με ψηφιακές πληροφορίες, ολόένα και μεγαλύτερο μέγεθος πληροφοριών βγαίνει σε ψηφιακή μορφή.

Πώς και γιατί το αναλογικό μετατρέπεται σε ψηφιακό. Ο λόγος είναι απλός, είναι η μόνη μορφή που οι υπολογιστές, και ένα αυξανόμενο μέρος συσκευών όπως τα DVD και τα CD, μπορούν να καταλάβουν. Για να μετατρέψουμε ένα αναλογικό σήμα, μια ακουστική ηχομορφή, ένα αναλογικό σε ψηφιακό δείγμα κυκλώματος παίρνει γρήγορα δείγματα του αναλογικού σήματος. Κάθε δείγμα μετατρέπεται σε αριθμό που αποθηκεύεται σε ψηφιακή μορφή. Αλλά αντιθέτως με ένα αναλογικό σήμα, ένα ψηφιακό είναι περιορισμένο σε κάποιο αριθμό ασυνεχών βημάτων που σχετίζονται με το μέγεθος του χώρου αποθήκευσης που χωράει.

Αυτός ο αριθμός εξαρτάται από το σύστημα. Για παράδειγμα, σε μια 8 bit ψηφιακή ακουστική ηχογράφηση, ο πιο δυνατός ήχος μπορεί να γραφεί σαν ένα 11111111, ο πιο

χαμηλός σαν 00000000, με μόνο 254 ασυνεχή βήματα ενδιάμεσα. Ένα 16 bit σύστημα χρησιμοποιώντας την ίδια τεχνική προσφέρει 65536 βήματα και θεωρητικά πιο γλυκό ήχο. Και στις 2 περιπτώσεις η διαδικασία μπορεί απλά να αντιστραφεί για να ξαναδημιουργήσει το πρωτότυπο αναλογικό σήμα για αναπαραγωγή.

Analog to digital sampling and conversion.



Οι ψηφιακές πληροφορίες δεν είναι καλύτερες από τις αναλογικές. Παρόλο το θόρυβο οι πληροφορίες σε ψηφιακή μορφή δεν είναι αναγκαστικά καλύτερες από τις ίδιες σε αναλογική. Βασικά μπορεί να γίνει ένα σχόλιο ότι η αναλογική πάντα περιέχει περισσότερες πληροφορίες από ότι η αντίστοιχη ψηφιακή, γιατί η διαδικασία δειγματοσ από ορισμού σπάει ένα αναλογικό σήμα σε κομμάτια και μπορούμε πάντα να φανταστούμε μικρότερα. Όμως αναλογικά συστήματα όπως το βινύλιο συχνά βγάζουν θόρυβο που τα ψηφιακά συστήματα αποφεύγουν.

Όταν οι άνθρωποι κρίνουν το ψηφιακό με το αναλογικό και τάσσονται υπέρ του ενός ή του άλλου, γενικά συγκρίνουν υψηλά και χαμηλά παραδείγματα bandwidth. CD με μεγάλο ψηφιακό bandwidth ακουστικού σήματος, ακούγονται καλύτερα από τις αναλογικές κασσέτες. Αλλά μια ψηφιακή κυτταρική κλήση είναι τυπικά χαμηλότερης ποιότητας από της αναλογικής, γιατί το ψηφιακό σήμα χρησιμοποιεί μόνο το μισό bandwidth από την αναλογική. Παρόμοια, ψηφιακές κάμερες δημιουργούν χαμηλότερης ποιότητας εικόνα από ότι οι αναλογικές. Και αυτό γιατί η ανάλυση του φιλμ περιέχει περισσότερες πληροφορίες από της ψηφιακής, έτσι το αναλογικό φιλμ έχει μεγαλύτερο bandwidth και συνεπώς καλύτερης ποιότητας εικόνα. Οι ψηφιακές κάμερες, ειδικά οι ακριβές είναι βελτιωμένες, όμως οι εικόνες στις αναλογικές κάμερες είναι πιθανόν να παραμείνουν ανώτερες για πολλά χρόνια.

Τα πλεονεκτήματα της ψηφιακής. Τα ψηφιακά σήματα έχουν αρκετά πλεονεκτήματα εκτός από το ότι οι υπολογιστές μπορούν να τα επεξεργαστούν. Οι ψηφιακές πληροφορίες είναι εύκολο να αποθηκευτούν, χειριστούν και μεταφερθούν. Για να μεταφερθούν τα δεδομένα πρέπει να γίνει διπλό αντίγραφο. Τα αναλογικά σήματα δεν μπορούν να το κάνουν τέλεια, γιατί η διαδικασία αντιγραφής πάντα προσθέτει το λιγότερο λίγη παραμόρφωση. Τα ψηφιακά σήματα είναι πιο ανθεκτικά στη παραμόρφωση και συνήθως μπορούν να αντιγραφούν τέλεια. Και τα ψηφιακά σήματα

μπορούν να αναμειχθούν εύκολα, έτσι ο σκληρός δίσκος ή το Internet μπορούν να μεταφέρουν email, ιστοσελίδες, φωνητικές συνομιλίες και βίντεο τον ίδιο χρόνο. Τα αναλογικά σήματα συνήθως απαιτούν μια συγκεκριμένη συσκευή ηχογράφησης για κάθε τύπο σήματος.

Υπάρχει ακόμα ένα ψηφιακό πλεονέκτημα. Ένα μεγάλου bandwidth αναλογικό σήμα, όπως ένα τηλεοπτικό πρόγραμμα είναι εικονικά αδύνατο να μεταφερθεί πάνω από χαμηλού bandwidth σύνδεση, όπως ένα ράδιο ή τηλεφωνική γραμμή. Όμως, όταν πληροφορίες έχουν μετατραπεί σε ψηφιακή μορφή, μπορούν να ταξιδέψουν σε κάθε ψηφιακή σύνδεση. Ένα πλήρες σήμα βίντεο μπορεί να ταξιδέψει πάνω από μια χαμηλού bandwidth σύνδεσης αν και αργά. Ενός λεπτού βίντεο ίσως πάρει 1 ώρα να σταλεί αλλά όταν φτάσει θα δείχνει τόσο καλά σαν να είχε σταλεί από υψηλού bandwidth γραμμή.

Αλλά περιμένοντας 1 ώρα για ενός λεπτού βίντεο δεν είναι και ότι καλύτερο για κάποιον. Ένα ακουστικό live είναι μια συγκεκριμένη περίπτωση real-time σύνδεσης που απαιτεί γραμμή υψηλού bandwidth. Ένας στόχος των αποκαλούμενων σούπερ πληροφοριών είναι να έχουν αρκετό bandwidth ώστε τα πάντα, συμπεριλαμβμένου πλήρης κίνηση βίντεο, μπορεί να χειριστεί σε πραγματικό χρόνο. Είμαστε πολύ μακριά ακόμα από αυτό το στόχο σήμερα, όμως πολύ από την ανάπτυξη σε προσωπικούς υπολογιστές (PC) και ανώτερες τεχνολογίες διαδικτύου τα επόμενα χρόνια θα δουλεύουν σε αληθινού χρόνου ακουστικά και βίντεο.

Υπάρχει ακόμα ένα πλεονέκτημα στο ψηφιακό σήμα και έχει τεράστιες διακλαδώσεις για το bandwidth σήμερα. Τα αναλογικά σήματα είναι πολύ ύποπτα για παρεμβολές το ένα με το άλλο, σαν κάποιος που προσπάθησε να ρυθμιστεί με ένα μακρινό ραδιοφωνικό ή τηλεοπτικό σταθμό. Γι αυτό το λόγο, αναλογικά σήματα διαχωρίζονται το ένα με το άλλο όσο μπορούν, όπως οι ηλεκτρομαγνητικές συχνότητες έδωσαν το όνομα στο bandwidth. Είναι πολύ δύσκολο για παράδειγμα, να αναμειξουμε 2 αναλογικές συνομιλίες σε ένα μέρος του φάσματος και κάπως να τα διαχωρήσουμε στην άλλη άκρη.

Επειδή όμως είναι 1 και 0, τα ψηφιακά σήματα μπορούν να αναμειχθούν μαζί και να μεταφερθούν με ποικίλους τρόπους, όσο μια επιπλέον πληροφορία δίνεται έτσι ώστε τα σήματα να τοποθετούνται μαζί όταν τα λαμβάνουμε στο τέλος. Η συνέπεια αυτού είναι ότι τα διαχωρισμένα μηνύματα μπορούν να ταξιδέψουν εικονικά την ίδια απόσταση από το ίδιο μέσο και να φτάσουν σε μια τοποθεσία ή πολλές διαφορετικές όπου μπορούν να αποκωδικοποιηθούν εύκολα. Καταλαβαίνοντας αυτό το μοίρασμα δεδομένων είναι αναγκαίο για να καταλάβουμε τον τρόπο που τα δίκτυα και πιο συγκεκριμένα το Internet, δουλεύουν.

Το τηλεφωνικό δίκτυο είναι γνωστό και σαν “circuit-switched”, γιατί η κλήση πραγματοποιεί ένα ολόκληρο κύκλο από την αρχή στο τέλος. Πάνω σε μια κανονική γραμμή, η κλήση μας ανήκει σε μια γραμμή που είναι για αυτήν, παρόλο που στη πραγματικότητα είναι πιο περίπλοκο έτσι κανενός άλλου οι πληροφορίες δεν μπορούν να εισχωρήσουν.

Όμως οι ψηφιακές επικοινωνίες είναι τυπικά “packet-switched”. Στο τέλος της μετάδοσης οι πληροφορίες σπάνε σε μικρά “πακέτα” που περιέχουν όχι μόνο τα δεδομένα που θέλουμε να στείλουμε άλλα και πληροφορίες για τα ίδια τα πακέτα, που πρέπει να πάνε και πώς τα βάζουμε μαζί ξανά στο τέλος της παραλαβής. Όταν είναι εκτός δικτύου είναι δουλειά του δικτύου να τα στείλει στη σωστή διεύθυνση. Όμως το κλειδί είναι ότι τα πακέτα που στέλνουμε ταξιδεύουν με εκατομμύρια άλλα. Στο σχέδιο

δεν ελέγχουμε πλέον το σωλήνα πληροφοριών για ένα περιορισμένο χρονικό διάστημα, αντίθετα, μοιράζονται ένα πολύ μεγαλύτερο σωλήνα με εκατομμύρια άλλους. Αυτό μπορεί να είναι αρκετά αποτελεσματικό, γιατί όταν τα δεδομένα δεν τρέχουν μέσα στο σύστημα, άλλοι μπορούν να το χρησιμοποιήσουν στέλνοντας τις πληροφορίες τους.

Όμως μπορεί να δημιουργήσει και προβλήματα. Αν ο καθένας θέλει να κατεβάσει εικόνες του πλανήτη Άρη με τη μια, αυτή η υπερβολή δεδομένων μπορεί να τους κρασάρει όλους και να χρειάζεται να περιμένουν. Επιπλέον, οι πληροφορίες για το που να στείλουμε τα πακέτα και πώς να τα ξανασυγκεντρώσουμε ξοδεύει κάποιο από το bandwidth. Παρόλα αυτά τα προβλήματα τα packet-switched δίκτυα, συμπεριλαμβμένου και του Internet, είναι καθαρά το κύμα του μέλλοντος.

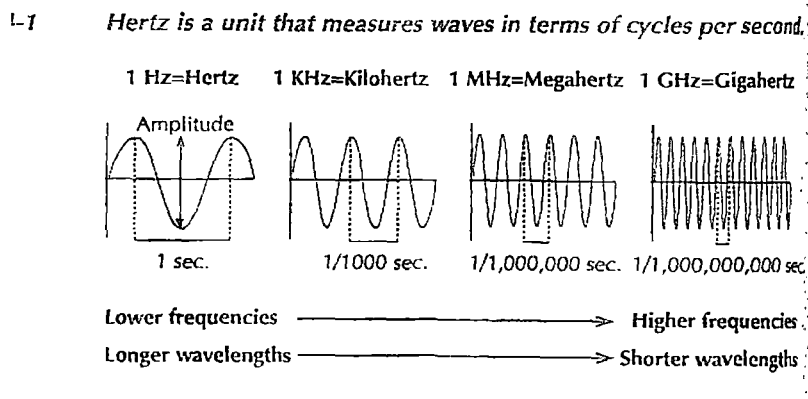
Πώς δουλεύουν τα πακέτα. Ένα πακέτο είναι η μικρότερη μονάδα δεδομένων που φτιάχνει όλες τις επικοινωνίες στο Internet. Για παράδειγμα, όταν στέλνουμε ένα e-mail, σπάει σε πακέτα και μετά κάθε πακέτο στέλνεται ξεχωριστά στην τοποθεσία, όπου όλα τα πακέτα ξανασυγκεντρώνονται στο αρχικό e-mail.

Παρόλο που οι λεπτομέρειες ποικίλουν ανάμεσα στα πρωτόκολλα των δικτύων, κάθε πακέτο αποτελείται το λιγότερο από 2 μέρη. Τα δεδομένα και την κεφαλή. Η κεφαλή του πακέτου περιλαμβάνει πληροφορίες που χρειάζονται για μεταφορά και ξανασυγκέντρωση στο τέλος της παραλαβής, πληροφορίες όπως το μήκος του πακέτου, η διεύθυνση της τοποθεσίας και η διεύθυνση της πηγής. Οι συσκευές δικτύου κοιτάνε στην διεύθυνση τοποθεσίας και πηγής και στέλνουν το πακέτο. Παρόλο που όλα τα πακέτα που σχηματίζουν το e-mail είναι πιθανό να πάρουν την ίδια πορεία μέσα στο Internet, αλλά αυτό δεν είναι υποχρεωτικό, και τα χωρισμένα πακέτα μπορούν να σταλούν με διαφορετικούς τρόπους εφόσον όλα φτάνουν στη τοποθεσία για επανασυγκέντρωση.

Κεφάλαιο 4

Κοιτώντας στο Bandwidth

Αναλογικό Bandwidth. Το αναλογικό Bandwidth συχνά ορίζεται σαν συχνότητα που μετριέται σε hertz ή Hz, μια μονάδα που πήρε το όνομά της από τον Heinrich Hertz, που ήταν ο πρώτος που ανίχνευσε και έφτιαξε ραδιοφωνικά κύματα. Το Hz είναι μια μονάδα που μετράει κύματα σε κύκλους/δευτ.



Μια τηλεφωνική κλήση παραδίδει ήχο μεταξύ 200 και 3200 Hz. Η απόσταση μεταξύ 200 και 3200 είναι 3000, έτσι μια τηλεφωνική κλήση έχει bandwidth 3000 Hz ή 3 kHz. Αυτός ο πίνακας είναι ο ακριβής αριθμός που εξαρτάται από το τηλεφωνικό

σύστημα και τα συγκεκριμένα κομμάτια του τηλεφώνου σε ερώτηση, περιλαμβανομένου του mouthpiece και του ακουστικού του τηλεφώνου.

Ακουστική ποιότητα και αναλογικό Bandwidth. Ένα τηλέφωνο δεν μπορεί να στείλει υψηλής ακρίβειας ήχο γιατί 3 kHz αλλά δεν είναι αρκετά Bandwidth και επιπλέον ένα τηλεφωνικό σήμα υποφέρει από παραμορφώσεις σε συνδυασμό με το χαμηλό Bandwidth. Ένα AM ράδιο ακούγεται καλύτερα από μια τηλεφωνική κλήση γιατί έχει περίπου 5 kHz bandwidth. Ένα Fm σήμα με 15 kHz ακούγεται ακόμα καλύτερα και ικανοποιεί τις ελάχιστες απαιτήσεις για υψηλή ποιότητα.

Για ραδιοφωνικές εκπομπές, αυτά τα bandwidth υπερεπιβάλλονται σε μια συχνότητα carrier. Όταν συντονιστούμε σε ένα AM σταθμό, σε μια συχνότητα 710 kHz, για παράδειγμα, ο δέκτης τραβάει σε σήμα που ο σταθμός μεταφέρει από 705 σε 715 kHz. Το ράδιο μας ανιχνεύει τη συχνότητα και αφαιρεί τη διαφορά μεταξύ της συχνότητας και του σήματος για να έχει ένα 5 kHz ακουστικό σήμα.

Ακουστική ποιότητα και δυναμική απόσταση. Ένα CD έχει bandwidth περίπου 20 kHz. Δεν έχει πολύ περισσότερο bandwidth από ένα FM ράδιο, αρχικά γιατί μόνο νέοι άνθρωποι μπορούν να ακούσουν πάνω από 15 kHz. Όμως το CD μπορεί να ακούγεται καλύτερα και η κύρια βελτίωσή του σε ακουστική ποιότητα είναι η δυναμική απόσταση, η απόσταση από τους δυνατότερους στους πιο μαλακούς ήχους που το μέσο μπορεί να παράγει. Η δυναμική απόσταση του σήματος μετράει τη διαφορά μεταξύ του υψηλότερου δυνατού σήματος και του χαμηλότερου ανιχνεύσιμου σήματος, όσο μεγαλύτερη η απόσταση τόσο καλύτερα.

Ένα κοντινό θέμα με το προηγούμενο είναι το SNR(signal-to-noise-ratio). Το SNR μετράει τη σχέση του επιθυμητού σήματος με το θόρυβο που όλα τα επικοινωνιακά κανάλια έχουν. Μπορούμε να ακούσουμε αυτό το θόρυβο όταν ακούμε ένα μακρινό AM σταθμό ή όταν μιλάμε σε ένα κυτταρικό τηλέφωνο στις άκρες της περιοχής κάλυψης και μπορούμε να το δούμε όταν κοιτάμε σε μια χιονισμένη εικόνα στην τηλεόραση. Το SNR μετράει θόρυβο συγγενικό με ένα επίπεδο σήματος που συνήθως δεν είναι ένα υψηλό επίπεδο. Μαζί με τη δυναμική απόσταση το SNR, όσο μεγαλύτερο το μέτρημα τόσο μεγαλύτερη η ποιότητα.

Η δυναμική απόσταση και το SNR μετριούνται σε Ντεσιμπέλ (dB), που σημαίνει 1/10 του κτύπου, παίρνοντας το όνομα από τον Alexander Graham Bell.

Το παράδειγμα στον επόμενο πίνακα δείχνει τη δυναμική απόσταση σε διαφορετικά μέσα και πώς σχετίζονται με το bandwidth του μέσου. Όπως βλέπουμε στα παραδείγματα, bandwidth και δυναμική απόσταση γενικά σχετίζονται το ένα με το άλλο και μια βελτίωση σε ένα από αυτά ή στο SNR, μπορούν να βελτιώσουν την ποιότητα.

The Bandwidths and Dynamic Ranges
of Common Audio Media

	<i>Bandwidth</i>	<i>Dynamic Range</i>
Telephone call	3 kHz	30 dB
AM radio	5 kHz	40 dB
FM radio, cassette	15 kHz	55 dB
Hi-fi audio tracks, VHS cassette	18 kHz	80 dB
Audio CD	20 kHz	96 dB

Για να έχει την καλύτερη ποιότητα, ένα αναλογικό μέσο πρέπει να έχει και πλατύ bandwidth και μεγάλη δυναμική απόσταση. Παρόλο που τα δύο αυτά κριτήρια πάνε μαζί, υπάρχουν κάποιες εξαιρέσεις. Ένα ραντάρ που στέλνει και λαμβάνει είναι ένα σύστημα που χρειάζεται μόνο ένα πολύ στενό bandwidth, μόνο τόσο πλατύ για να βλέπει τον ήχο που το σύστημα στέλνει έξω και τους επιστρεφόμενους ήχους, με τη δυναμική απόσταση να ανιχνεύει πολύ χαμηλούς ήχους.

Βιντεομετρήσεις bandwidth. Το βίντεο bandwidth είναι πιο πολύπλοκο θέμα από το ακουστικό, γιατί υπάρχουν 3 συνήθεις τρόποι να παραθέσουμε αναλογικό bandwidth, το bandwidth καναλιού, το bandwidth βίντεο σήματος και τον αριθμό της ανάλυσης. Το πρώτο περιγράφει το bandwidth σε ένα κανάλι τηλεόρασης, που είναι 6 MHz για το NTSC τηλεοπτικό σύστημα. Τα 6 MHz περιλαμβάνουν τον ήχο, το βίντεο και κάποια περιθώρια για να χωρίσουμε τα κανάλια. Αυτή η μέθοδος ορισμού του αναλογικού βίντεο bandwidth δουλεύει μόνο για βίντεο εκπομπής, όχι για γράψιμο όπως βρίσκουμε σε βιντεοκασέτες ή λέιζερ δίσκους. Ένας δεύτερος τρόπος να ορίσουμε το βίντεο bandwidth είναι από το βίντεο σήμα, που έχει bandwidth 4.2 MHz. Στην αγορά, η συνήθης απαίτηση για βίντεο bandwidth είναι ο αριθμός των γραμμών της ανάλυσης σε μια οριζόντια γραμμή ανίχνευσης και αυτός είναι ο τρίτος τρόπος για να παραθέσουμε αναλογικό βίντεο bandwidth.

Όπως με τα ακουστικά σήματα, το SNR επίσης επηρεάζει την ποιότητα, δεν ανταποκρίνεται ακριβώς με το bandwidth. Μια αύξηση στο bandwidth δεν σημαίνει υποχρεωτικά ότι θα αυξηθεί το SNR.

Παρόλο που το SNR δεν κολλάει ακριβώς με το bandwidth όπως μετρείται είτε με το σήμα βίντεο ή με οριζόντιες γραμμές, είναι ξεκαθαρισμένο ότι η ποιότητα εξαρτάται. Η ποιότητα εικόνας της τηλεόρασης είναι καλύτερη από της βιντεοκασέτας και η ποιότητα εικόνας του λέιζερ δίσκου ακόμα καλύτερη. Όσο μεγαλύτερο το σήμα του bandwidth ή πιο πολλές γραμμές της οριζόντιας ανάλυσης, τόσο μεγαλύτερη η ποιότητα εικόνας.

	Video Signal Bandwidth	Horizontal Lines	SNR
VHS videotape	2 MHz	230 lines	43 dB
Broadcast TV	4.5 MHz	330 lines	50 dB
Laserdisc	5 MHz	400 lines	47 dB

Ψηφιακή μέτρηση bandwidth. Όχι όπως στο αναλογικό bandwidth, που μετράει το μέγεθος του φάσματος που κάθε σήμα καλύπτει, το ψηφιακό bandwidth είναι ένα μέτρο που το μέγεθος των πληροφοριών κάθε σήμα κουβαλάει. Το ψηφιακό bandwidth μετρείται σε bits/δευτ. όσο περισσότερα bits/δευτ. τόσο περισσότερες οι πληροφορίες. Κάθε bit παριστάνεται με 0 ή 1 σε δυαδικούς αριθμούς. Επειδή τα ψηφιακά σήματα έχουν πολλά bits, ο συνήθης τρόπος να μετρήσουμε ένα ψηφιακό bandwidth είναι τα kilobits ή megabits/δευτ. Μερικές πολύ υψηλού Bandwidth επικοινωνίες μετριοούνται σε gigabits. Ας κοιτάξουμε στον παρακάτω πίνακα για μερικές από τις συνήθεις μετρήσεις.

measurements.

Measurements of Digital Bandwidth

<i>Bandwidth Measurement</i>	<i>Exact Measurement</i>	<i>Vernacular Measurement</i>
bps (bits per second)	1 bps	1 bps
Bps (bytes per second)	8 bps	1 Bps
Kbps (kilobits per second)	1024 bps	about 1 thousand bps
KBps (kilobytes per second)	8192 bps	about 8 thousand bps
Mbps (megabits per second)	1,048,576 bps	about 1 million bps
MBps (megabytes per second)	8,388,608 bps	about 8 million bps
Gbps (gigabits per second)	1,073,741,824 bps	about 1 billion bps

Στο ψηφιακό bandwidth, τα bits/δευτ. μπορούν πλήρως να περιγράψουν τις δυνατότητες ενός ψηφιακού σήματος. Ο ένας αριθμός μας λέει πότε το σύστημα μπορεί να χειριστεί ή όχι ένα συγκεκριμένου είδους ψηφιακό σήμα. Επειδή όμως το bandwidth μπορεί να εκφραστεί με πολλούς τρόπους είναι μερικές φορές λίγο παραπλανητικό.

Bits εναντίον Bytes. Ένα bit δεν δίνει πολλές πληροφορίες, έτσι ένας υπολογιστής χρησιμοποιεί πολλά γκρούπ μαζί. Ένας χαρακτήρας κωδικοποιείται από 8 bit στη σειρά ή ένα byte. Τα γράμμα Α για παράδειγμα κωδικοποιείται σαν 01000001. Οι περισσότεροι υπολογιστές αποθηκεύουν και μεταφέρουν δεδομένα σε αυτό το κωδικό που λέγεται ASCII.

Το περιεχόμενο των πληροφοριών ενός byte είναι ακόμα περιορισμένο, έτσι οι πληροφορίες μετριούνται συχνά σε kilobytes, megabytes or gigabytes. Υπάρχει μεγαλύτερη συγχύση γυρω από τα multipliers. Ενώ kilo κανονικά σημαίνει 1000 ένα kilobyte δεν είναι ακριβώς 1000 bytes, γιατί το μετρητικό σύστημα του υπολογιστή βασίζεται στον αριθμό 2 όχι στον 10. Η δύναμη του 2 κοντά στο 1000 είναι 2 επί τον εαυτό του 10 φορές ή 1024. Ενώ η τεχνική βιβλιογραφία γενικά χρησιμοποιεί 1024 σαν το πολλαπλάσιο του kilo, κοινή γραφή χρησιμοποιεί το 1000. Το ίδιο mega είναι 1024 εοι 1024 ή 1048576 παρά 1 εκατομμύριο ακριβώς.

Ακόμα πιο μπερδεμένο είναι το γεγονός ότι παρόλο που οι επικοινωνίες δεδομένων μετριούνται συνήθως σε bits/δευτ. άλλες μετρήσεις ψηφιακού bandwidth χρησιμοποιούν bytes, έτσι πότε το βλέπουμε σε bytes και πότε σε bits. Συχνά το άτομο επί των πωλήσεων που παραθέτει αυτά τα νουμερα δεν ξέρει αν είναι bits ή bytes.

Measurements of Digital Storage

<i>Storage Measurement</i>	<i>Exact Measurement</i>	<i>Vernacular Measurement</i>
b (bit)	1 bit	1 bit
B (byte)	8 bits	1 byte
KB, or K (kilobytes)	1024 bytes	about 1 thousand bytes
MB (megabytes)	1024 kilobytes or 1,048,576 bytes	about 1 thousand kilobytes or 1 million bytes
GB (gigabytes)	1024 megabytes, 1,048,576 kilobytes, or 1,073,741,824 bytes	about 1 thousand megabytes; 1 million kilobytes, or 1 billion bytes (In British usage, a gigabyte is a milliard bytes.)
TB (terabytes)	1024 gigabytes, 1,048,576 megabytes, 1,073,741,824 kilobytes, or 1,099,511,627,776 bytes	about 1 thousand gigabytes, 1 million megabytes, 1 billion kilobytes, or 1 trillion bytes (In British usage, a terabyte is 1 billion bytes.)

Bits ανά δευτερόλεπτο και Baud. Το Baud είναι όρος για τον τηλεγράφο του 19ου αιώνα που περιγράφει τη ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων που χρησιμοποιείται για να περιγράψει το bandwidth στα πρώτα μόντεμ. Μιλώντας αυστηρά, ένα baud είναι ένα γεγονός σήματος ή αλλαγή το δευτερόλεπτο, ένα σύμβολο στην επικοινωνιακή θεωρία. Για ένα 300 baud μόντεμ, ένα baud, ένα σήμα ανταποκρίνεται σε 1 bit ανά δευτερόλεπτο. σε μεγαλύτερες ταχύτητες, ένα σήμα κωδικοποιεί 2,4 ή περισσότερα bit. Ένα 2400 bps μόντεμ τρέχει στα 600 baud γιατί στέλνει 600 γεγονότα/δευτ., κάθε γεγονός κωδικοποιεί 4 bit. Ο όρος baud προέρχεται από τον J.M Emile Baudot που ανέπτυξε έναν 5 bit κώδικα, τον Baudot κώδικα, για την αλφάβητο, έναν πρόγονο του ASCII.

Πώς τα ψηφιακά σήματα μεταφέρονται με αναλογικά κανάλια. Ψηφιακά σήματα μπορούν να μεταφέρονται με αναλογικά κανάλια. Ένα μόντεμ μετατρέπει ψηφιακά σήματα έτσι ώστε να μπορούν να ταξιδεύουν πάνω σε μια τηλεφωνική γραμμή. Το όνομα μόντεμ σημαίνει παραλλαγή/αποδιαμόρφωση. Ένα μόντεμ παραλλάσει ένα αναλογικό σήμα με ψηφιακές πληροφορίες όταν στέλνει και αποδιαμορφώνει το αναλογικό σήμα για να βγάλει τις ψηφιακές πληροφορίες όταν τις λαμβάνει. Τα ψηφιακά σήματα μπορούν να τοποθετηθούν και στο ράδιο και στην τηλεόραση ή να μεταφερθούν μέσω καλωδίων καλωδιακής τηλεόρασης.

Συγκρίνοντας αναλογικό και ψηφιακό Bandwidth. Δεν υπάρχει απλός τρόπος να συγκρίνουμε ψηφιακό με αναλογικό Bandwidth για ένα επικοινωνιακό κανάλι. Στα πρώτα μόντεμ μέχρι 300 bps, το ψηφιακό σήμα στέλνονταν σαν σειρές από τόνους πάνω σε τηλεφωνική γραμμή. Όταν κωδικοποιούνται σαν τόνοι το αναλογικό bandwidth ή η συχνότητα απόστασης απευθείας περιορίζει το ψηφιακό bandwidth. Αλλά σε όλα τα πρόσφατα μόντεμ τα ψηφιακά σήματα χρησιμοποιούν όχι μόνο συχνότητα αλλά και ποικίλα κόλπα για να κωδικοποιήσουν δεδομένα, όπως αλλάζοντας το φάρδος και τη φάση του σήματος. Εν συντομία δεν υπάρχει πλέον μια απευθείας επικοινωνιακή ταχύτητα πάνω από αυτό το κανάλι.

Μετατρέποντας αναλογικά σήματα σε ψηφιακά με δείγμα. Τα κανάλια σχεδιάζονται ειδικά για ψηφιακές επικοινωνίες, γενικά δεν έχουν τα απαραίτητα χαρακτηριστικά για να κουβαλήσουν υψηλής ποιότητας αναλογικά σήματα. Το αναλογικό σήμα πρέπει πρώτα να γίνει ψηφιακό για μεταφορά. Ψηφιακωδικοποίηση, γνωστή και σαν δειγματοληψία, είναι μια διαδικασία μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό, ηχογραφώντας την κατάσταση της αναλογικής κυματομορφής, παίρνοντας δείγμα, σε τακτικές περιόδους. Μερικοί τύποι επικοινωνιών αλλάξαν από αναλογικοί σε ψηφιακοί χωρίς οι περισσότεροι χρήστες να το καταλάβουν. Οι περισσότερες τηλεφωνικές κλήσεις είναι αναλογικές μόνο μεταξύ της τηλεφωνικής εταιρείας και του τηλεφώνου, αυτό το μέρος της σύνδεσης λέγεται τοπική σπείρα. Πάντοτε η τηλεφωνική κλήση μεταφέρεται σε ψηφιακή μορφή. Μόνο οι τοπικές κλήσεις που βρίσκονται σε παλιότερες τηλεφωνικές εταιρείες παραμένουν αναλογικές, κάτι που τείνει να εκκλείψει με τον καιρό καθώς οι ψηφιακές τεχνολογίες ‘κατατροπώνουν’ σιγά σιγά τα αναλογικά επικοινωνιακά μέσα .

Η ποιότητα της μετατροπής από αναλογικό σε ψηφιακό εξαρτάται από το ρυθμό δειγματοληψίας και το βάθος της δειγματοληψίας. Ο ρυθμός δειγματοληψίας μετράει πόσο συχνά η αναλογική κυματομορφή μετατρέπεται σε ψηφιακή. Για να αιχμαλωτίσουμε μια αναλογική κυματομορφή, η δειγματοληψία πρέπει να είναι το λιγότερο διπλάσια από την υψηλότερη συχνότητα που ενδιαφερόμαστε. Έτσι για να αιχμαλωτίσουμε 20 kHz τόνο, η δειγματοληψία πρέπει να γίνει στα 40. Κάθε κύμα πρέπει να έχει το λιγότερο 2 σημεία δεδομένων. Το βάθος της δειγματοληψίας είναι ένας αριθμός από bits που χαρακτηρίζει ένα δείγμα. Όσο υψηλότερος ο ρυθμός δειγματοληψίας και μεγαλύτερο το βάθος του bit τόσο υψηλότερη η ποιότητα και το κόστος, με περισσότερα bits για αποθήκευση και διανομή.

Προβλήματα με το αναλογικό Bandwidth. Οι επικοινωνίες δεν είναι ποτέ τέλειες. Πολλές από τις μηχανικές προσπάθειες πηγαίνουν στο να βλέπουμε προβλήματα που μπαίνουν στο σήμα. Αυτή η συζήτηση έρχεται αντιμέτωπη με το πρόβλημα που προκύπτει από αναλογικά σήματα, ακόμα και όταν όλα δουλεύουν σωστά. Θόρυβος, παραμόρφωση, κρασάρισμα, διακοπές, παρεμβολές, κακή απόδοση ήχου είναι τα προβλήματα που μπορούμε να συναντήσουμε.

- Θόρυβος. Υπάρχουν πολλές πηγές θορύβου όταν κάτι πέφτει σε ένα αναλογικό σήμα, όπως φτωχές επαφές σε διακόπτες, λάθος συστατικά, σκόνη στα καλώδια ή ζώα που τρώνε καλώδια. Αυτό μπορεί να κάνει ένα ακουστικό σήμα άχρηστο. Αυτές οι συνθήκες μπορούν επηρεάσουν ψηφιακά κανάλια.

Ο θόρυβος είναι έμφυτος σε όλα τα αναλογικά συστήματα. Κάθε φορά που ένα αναλογικό σήμα αντιγράφεται, το επίπεδο του θορύβου μεγαλώνει. Κάθε φορά που μια τηλεφωνική κλήση μεταφέρεται, μέσω ενός ενισχυτή αναμετάδοσης, ο πίσω θόρυβος ανεβαίνει λιγάκι. Όταν το τηλεφωνικό σύστημα ήταν όλο αναλογικό, μπορούσαμε να πούμε αν μια κλήση ήταν υπεραστική ή όχι από το θόρυβο από πίσω γιατί μεγάλης απόστασης κλήσεις περνάνε από περισσότερους ενισχυτές από μια τοπική και έτσι κάνει περισσότερο θόρυβο. Σήμερα σχεδόν όλες οι υπεραστικές κλήσεις αναπαράγονται σε ψηφιακή μορφή έτσι ο θόρυβος εξαφανίστηκε.

Όταν μια ταινία ή φιλμ αντιγράφεται, το επίπεδο του θορύβου ανεβαίνει, δημιουργώντας θόρυβο στις κασσέτες, περισσότερο χρώμα στα φιλμ. Το αρχικό επαγγελματικό Dolby σύστημα μείωσης θορύβου για στούντιο ηχογράφησης ήταν ιδιαίτερα σημαντικό γιατί του επέτρεπε επιτυχημένες ταινίες για να επεξεργαστούν τον

ήχο. Επιπλέον με την αύξηση του θορύβου από πίσω, η δυναμική απόσταση αλλάζει λίγο με κάθε κόπια. Για φωτογραφικές κόπιες, το κοντράστ ανεβαίνει, γι' αυτό παλιές ταινίες έχουν συνήθως μεγάλο κοντράστ. Οι νέες εικόνες κίνησης εκτυπώνονται με ειδικές χαμηλού κοντράστ μηχανές που είναι κατασκευασμένες να μειώνουν το κοντράστ.

- Κρασάρισμα και παρεμβολές. Αναλογικής αποθήκευσης μέσα έχουν προβλήματα με παρεμβολές στο σήμα. Ασυνέχειες και σκόνη στην μαγνητική ταινία μπορούν να δημιουργήσουν εξωτερικές διαφοροποιήσεις, όπου το σήμα απλά εξαφανίζεται για μια στιγμή. Με το χρόνο, ένα στρώμα μαγνητικής ταινίας μπορεί να τυπωθεί στο επόμενο παράγοντας ένα αχνό ήχο, εξαρτώμενο από ποιο στρώμα εκτυπώνει. Φυσικές γρατζουνιές στη βινεοκασέτα εμφανίζονται σαν γραμμές στην οθόνη. Γρατζουνιές μαρκάρουν την μουσική πάνω στο βινύλιο. Σκόνη και γρατζουνιές είναι συνεχές πρόβλημα στα φωτογραφικά φιλμ.

- Παραμόρφωση. Η παραμόρφωση είναι συχνή στα αναλογικά συστήματα. Κανένας ηλεκτρονικός κύκλος δεν μπορεί να συντηρήσει ένα σήμα ακριβώς, όμως για πολλούς κύκλους η προστεθόμενη παραμόρφωση δεν είναι αντιληπτή. Όμως αν ένα αναλογικό σήμα περάσει από εκατοντάδες κύκλους πριν φτάσει στην τοποθεσία, η παραμόρφωση το χτίζει. Σε όλες τις συσκευές το επίπεδο παραμόρφωσης εξαρτάται από το επίπεδο σήματος. Πολύ δυνατά σήματα παραμορφώνουν την ακοή όταν αυξάνουμε την ένταση πολύ δυνατά.

- Διακοπές. Ένα αναλογικό σήμα δεν μπορεί να διακοπεί χωρίς να δημιουργήσει δυσκολία. Εάν ένα ραδιοφωνικό πρόγραμμα σταματήσει στη μέση και επανέλθει αργότερα, ο μόνος τρόπος να επαναφέρουμε τελείως το πρόγραμμα είναι να κολλήσουμε τα μονοπάτια μαζί. Γενικά, επειδή ένα αναλογικό σήμα είναι κανονικά συγχρονικό, μια διακοπή σε ένα αναλογικό σήμα προκαλεί καθυστέρηση. Συγχρονικό σημαίνει ότι οτιδήποτε στέλνουμε πρέπει να σταλεί σε πραγματικό χρόνο, ένα μισάωρο τηλεοπτικό σώου στέλνεται σε μισή ώρα και απαιτεί αναλογικό bandwidth ικανό να χειριστεί το σήμα.

- Crosstalk και παρεμβολές. Αυτά συμβαίνουν όταν άλλα σήματα τρέχουν μέσα στο επιθυμητό σήμα. Δεν υπάρχει καθαρή διαχώρηση στους όρους, όμως Crosstalk συνήθως σημαίνει διαρροή σήματος μέσω ενός καλώδιου και παρεμβολή σημαίνει συνήθως διαρροή μέσω αέρα, όπως διαρροή μεταξύ 2 ραδιοφωνικών σταθμών.

- Κακή απόδοση ήχου και flutter. Αυτό είναι παραμορφώσεις που γίνονται από μη σίγουρες ταχύτητες κατά τη διάρκεια της ηχογράφησης και το παίξιμο από την αρχή της μαγνητικής κασέτας ή των φωτογραφικών δίσκων. Κακή απόδοση ήχου τυπικά περιγράφει χαμηλότερου pitch διαφοροποιήσεις ενώ το flutter υψηλότερου.

Πλεονεκτήματα αναλογικού. Αυτά τα προβλήματα με το αναλογικό σήμα περιγράφουν μόνο προβλήματα που είναι αναπάντεχα όταν όλα δουλεύουν σωστά. Όταν όλα πάνε στραβα, είναι ένα τίμημα των μηχανών που τα αναλογικά σήματα δουλεύουν, λιγότερο επιζούμε να μας έχουν στείλει γύρω από τον κόσμο ή από το φεγγάρι στη γη. Είναι εντυπωσιακό ότι κάτι σαν ένα φωνόγραφο όχι μόνο μπορεί να αναπαράγει όμορφη μουσική, αλλά να το κάνει τόσο καλά που αρκετοί βασικά προτιμούν το βινύλιο από το CD, πιστεύοντας ότι το βινύλιο κρατά πληροφορίες που συχνά χάνονται από ψηφιακές διαδικασίες δειγματοληψίας.

Πλεονεκτήματα μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό. Σε ένα ψηφιακό βασίλειο το σήμα χειρίζεται πολύ πιο διαφορετικά από το αναλογικό. Τα περισσότερα ακουστικά και βίντεο σήματα αρχίζουν πρώτα σε αναλογική μορφή και αυτό το σημα

μπορεί να μην ελευθερωθεί από αναλογικά προβλήματα. Όμως αν το σήμα αρχίσει σαν αναλογικό, άμεση μετατροπή σε ψηφιακό θα εμποδίσει πολλά αναλογικά προβλήματα. Μερικά σήματα ξεκινούν από το βασίλειο, για παράδειγμα, πληροφορίες που αναπαράγονται σε υπολογιστή και animation υπολογιστή. Στο τέλος, το ψηφιακό σήμα μετατρέπεται πάλι σε αναλογικό για να το ακούσουμε ή να το δούμε, ξανά με ένα αναλογικό μονοπάτι να είναι κοντό και εύκολο στη χρήση. Ο στόχος για να κρατήσουμε την ποιότητα είναι να κρατήσουμε τα αναλογικά μέρη σε ένα ελάχιστο ποσοστό και στα 2 τέλη.

Προβλήματα με το ψηφιακό Bandwidth. Όταν ένα σήμα ψηφικοποιείται τα πολλά αναλογικά προβλήματα φεύγουν και αντικαθιστούνται από νέα μοναδικά στο ψηφιακό κόσμο. Κάποια προβλήματα είναι στην τεχνολογία, κάτι σαν τον αναλογικό θόρυβο και προβλήματα παραμόρφωσης. Λάθη διορθώσεων και ψηφιακός θόρυβος πέφτουν σε αυτή την κατηγορία. Άλλα προβλήματα είναι η συμπίεση, το κόστος και η πολιτική.

- Θόρυβος και λάθη διορθώσεων σε ψηφιακά σήματα. Τα Ψηφιακής επικοινωνίας κανάλια λειτουργούν με πολύ μικρό SNR αν μετρηθούν με αναλογικά δεδομένα. Σε μια 28.8 Kbps σύνδεση ο αποτελεσματικός SNR ρυθμός θορύβου μεταξύ των δεδομένων και του θορύβου είναι ελάχιστα, μόνο 2 ή 3 ντεσιμπέλ. Για ψηφιακά δεδομένα, το SNR δεν επηρεάζει ποιοτικά την ποιότητα του σήματος, όσο τα αρχικά δεδομένα μπορούν να επανέλθουν. Όμως, για ένα κανάλι καθορισμένης χωρητικότητας όπως μια τηλεφωνική γραμμή, το μεγαλύτερο bandwidth μπορεί να γίνει με το μικρότερο δυνατό SNR.

Ψηφιακά συστήματα μπορούν συνήθως να διορθώσουν λάθη στην επικοινωνία. Η κανονική μέθοδος είναι ο υπολογιστής να υπολογίζει ένα αριθμό βάσεων στην ψηφιακή πληροφορία, το checksum, και μετά να στέλνει τις πληροφορίες μαζί με τον υπολογισμένο αριθμό. Ο υπολογιστής που το λαμβάνει παίρνει τις πληροφορίες, κάνει το ίδιο checksum υπολογισμό ανεξάρτητα και συγκρίνει τα αποτελέσματά του με του υπολογιστή που τα έστειλε. Σε περίπτωση αντίφασης ζητάει να ξανασταλούν οι πληροφορίες.

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται από πολλά πρωτόκολλα διόρθωσης λαθών, περιλαμβανομένου κάποια όπως τα Xmodem και Zmodem. Όμως αυτές οι πρώιμες μέθοδοι ελέγχου λαθών ήταν αναποτελεσματικές γιατί και η απαίτηση για να επαναποστολή και επανάληψη πληροφοριών έπρεπε να αλλάξουν το μονοπάτι δεδομένων που υπήρχε. Οι περισσότερες ψηφιακές επικοινωνίες έχουν πολλά διαφορετικά βήματα και τα προβλήματα, αν υπάρχουν τυπικά συμβαίνουν σε ένα ή 2 βήματα. Έτσι σε ένα μόντεμ, ο έλεγχος λάθους γίνεται ανεξάρτητα σε κάθε επίπεδο και οποιοδήποτε πρόβλημα λύνεται σε αυτό το στάδιο, χωρίς να εμπλέκεται όλο το μονοπάτι.

Οι υπολογιστές που πιστεύουμε ότι στέλνουν και λαμβάνουν μονάδες ίσως να μην εμπλέκονται καθόλου στη διόρθωση λάθους. Όπου απαιτείται για πρώιμες μεθόδους υπολογισμού λάθους ένας υπολογιστής να κάνει τη δουλειά διαλογής δεδομένων, τα νέα μόντεμ σε κάθε τέλος της σύνδεσης κάνουν τον έλεγχο σφάλματος και επαναμεταφοράς αν είναι απαραίτητο.

Αυτό επιταχύνει τη διαδικασία σε κάθε τέλος όταν η επαναμεταφορά είναι αναγκαία. Κάθε πληροφορία υπολογισμού λάθους παίρνει χρόνο και επομένως bandwidth, μειώνοντας το ολικό throughput του συστήματος. Το να κάνουμε υπολογισμό λάθους μπορεί να αποφευχθεί αν ο ρυθμός μεταφοράς δεδομένων

χαμηλώσει ώστε να κάνει τα σήματα πιο καθαρά. Το κόλπο είναι να στείλουμε δεδομένα με τέτοιο τρόπο ώστε το ολικό throughput να είναι το μεγαλύτερο δυνατό. Σε πρόσφατα πρωτόκολα μόντεμ όπως το V.32bis και το V.34, το μόντεμ τεστάρει την ποιότητα γραμμής και προσομοιώνει τις ταχύτητες πάνω και κάτω για το μέγιστο throughput.

Ο ενδιάμεσος έλεγχος λάθους δουλεύει μόνο όταν η συσκευή λήψης μπορεί να απαιτήσει από το δέκτη να επαναλάβει τις πληροφορίες. Αν τα επικοινωνιακά κανάλια δεν είναι ενδιάμεσα, η διόρθωση λάθους γίνεται στέλνοντας μειωμένες πληροφορίες έτσι ώστε ο λαμβάνων να μπορεί να υπολογίσει τις διορθωμένες πληροφορίες ακόμα και αν δεν φτάσουν όλες. Αυτή η μέθοδος λέγεται Εμπρόσθια Διόρθωση Λάθους (Forward Error Correction), γιατί τα μειωμένα δεδομένα, οι πληροφορίες διόρθωσης λάθους, στέλνονται πρώτα από κάθε πρόβλημα.

- Συμπίεση και ποιότητα. Άλλα προβλήματα προκύπτουν από τους περιορισμούς στο ψηφιακό bandwidth. Επειδή το bandwidth κοστίζει χρήματα, ο μόνος πρακτικός τρόπος να στείλουμε μεγάλο bandwidth πληροφορίες, όπως βίντεο και ήχο, απαιτεί να συμπίεσουμε την πηγή δεδομένων, έτσι μειώνουμε τον αριθμό των bits που στέλνονται μέσω του καναλιού. Όμως η συμπίεση μπορεί να συμβιβάσει την ποιότητα του σήματος αρκετά ή εξαρτώμενου από τον τύπο και το μέγεθος της συμπίεσης πολύ σοβαρά.
- Έξοδα ψηφιακής μετάδοσης. Η ψηφιακή μετάδοση έχει επιπλέον προβλήματα με το κόστος της. Μερικές συσκευές ψηφιακού σήματος είναι νέες και ακριβές, όπως κάποιος που έχει ψωνίσει τελευταία μπορεί να καταλάβει. Όμως ένα από τα σίγουρα είναι ότι το κόστος των συσκευών υπολογιστών και ψηφιακού bandwidth θα σταματήσει κάποια στιγμή να ανεβαίνει δυσανάλογα ως προς άλλους παράγοντες. Το κόστος υψηλής ταχύτητας ψηφιακής σύνδεσης έχει πέσει τα τελευταία χρόνια και θα συνεχίσει να πέφτει όσο το κόστος των ηλεκτρονικών συσκευών που χρησιμοποιούνται από τηλεφωνικές εταιρείες πέφτει και όσο η ζήτηση για υψηλών ταχυτήτων γραμμές αυξάνει.
- Πολιτικά και κοινωνικά προβλήματα. Μερικά από τα προβλήματα που αντιμετωπίζει το ψηφιακό bandwidth είναι περισσότερο πολιτικά και κοινωνικά απ' ότι τεχνικά και αυτά τα προβλήματα μπορούν να οδηγήσουν σε υψηλότερο κόστος για ψηφιακές πληροφορίες από ότι είναι λογικό. Οι πολλές ομάδες που αναπτύσσουν ψηφιακές συσκευές δεν συμφωνούν πάντα στο πώς θα χειριστούν πληροφορίες, και αυτή η διαφωνία έχει αποτέλεσμα στην ανάπτυξη της συχνά ακριβής μετάφρασης και μετατροπής συστημάτων. Οι υπολογιστές είναι πολύ πιο δύσκολο να συναρμολογηθούν και χρησιμοποιηθούν από ότι τα ραδιόφωνα και οι τηλεοράσεις και αυτό οδηγεί σε μεγαλύτερο κόστος για στήσιμο και συντήρηση.

Οφέλη ψηφιακού bandwidth: Αν και υπάρχουν μερικά κολλώδη προβλήματα με το ψηφιακό bandwidth, τα πλεονεκτήματά του είναι σημαντικά. Λόγω εκείνων των πλεονεκτημάτων, τα ψηφιακά συστήματα αντικαθιστούν αναλογικά σε ισχύ πολλές.

- Bandwidth εμπορικών συναλλαγών με το χρόνο: Το ψηφιακό bandwidth είναι σε ένα ελαστικό αίσθησης, μπορείτε εύκολα να ανταλλάξουμε το

χρόνο για το bandwidth. Οποιοδήποτε ψηφιακό σήμα, Εντούτοις μεγάλος, μπορέστε να σταλεί σε οποιοδήποτε bandwidth, εφ' όσον δεν είναι σύγχρονο (δηλαδή δεν είναι απαραίτητο να σταλεί στον πραγματικό χρόνο). Η τηλεοπτική σύσκεψη πρέπει να είναι σύγχρονη, αλλά ένας τηλεοπτικός συνδετήρας για αργότερα να δει δεν είναι χρόνος εξαρτώμενος. Ένα μονόωρο ψηφιακό βίντεο να πάρει τις ημέρες ή ακόμα και τις εβδομάδες στην ώθηση μέσω ενός στενού σωλήνα bandwidth, αλλά θα πάρει μέσω άθικτου. Δεν πειράζει εάν το ψηφιακό bandwidth είναι στενό ή ευρύ, μόλις αποθηκευτεί ένα σήμα με ψηφιακή μορφή, μπορεί να σταλεί σε έναν πιο αργό ή γρηγορότερο ρυθμό για να εκμεταλλευθεί πλήρως το bandwidth που είναι διαθέσιμο. Επιπλέον, οποιαδήποτε διακοπή στο σήμα ρυθμίζεται εύκολα, μόλις σταλούν τα υπόλοιπα κομμάτια, η λαμβάνουσα συσκευή μπορεί να τα συναρμολογήσει τέλεια και αυτόματα.

- Ανακάτεμα (intermixing): Εκτιμώντας ότι τα αναλογικά σήματα απαιτούν γενικά ένα συγκεκριμένο κύκλωμα ή μια μερίδα του φάσματος για κάθε τύπο σήματος, το ψηφιακό σήμα μπορεί να ανακατευτεί. Επειδή όλα τα ψηφιακά σήματα αποτελούνται από τα κομμάτια, αυτό που μπορεί να μετατραπεί στο ψηφιακό σήμα, μπορεί να διαβιβαστεί και να αποθηκευτεί ψηφιακά, και ένας υπολογιστής ή άλλη ηλεκτρονική συσκευή θα κάνει την εργασία της ανάπλασης των ψηφιακών κομματιών ως ακριβές αντίγραφο του αρχικού. Παραδείγματος χάριν, για τη χρησιμοποίηση μιας ψηφιακής σύνδεσης στο Internet, μπορούμε να μεταφορτώσουμε τα ακουστικά και τηλεοπτικά αρχεία ακριβώς στον ίδιο χρόνο απ' ότι όταν λαμβάνουμε το κείμενο-βασισμένο ηλεκτρονικό ταχυδρομείο. Αυτό το γεγονός επιτρέπει στις ψηφιακές συνδέσεις για να διαβιβάσει πολλούς τύπους στοιχείων και ψηφιακών υπολογιστών για να χειριστεί εκείνους τους διαφορετικούς τύπους στοιχείων, κάτι που δεν είναι δυνατό στον αναλογικό κόσμο, όπου οι συσκευές μετάδοσης και αναπαραγωγής ήχου είναι γενικά ενός σκοπού. Το απλό γεγονός είναι ότι επειδή οι ψηφιακές πληροφορίες μπορούν όλες να μειωθούν μηδενίζει και αυτοί, είναι πολύ πιο εύκαμπτο για να εργαστεί με τα περισσότερα στοιχεία σε ψηφιακή μορφή.

Τελικά, οι όροι που περιβάλλουν το bandwidth επιστρέφονται για από πολλές απόψεις. Δεδομένου ότι έχουμε δει, το αναλογικό bandwidth μπορεί να είναι ιδιαίτερα συγγέοντα, επειδή εκεί συχνά διάφοροι διαφορετικοί τρόποι έναν ιδιαίτερο τύπο bandwidth. Το ψηφιακό bandwidth μπορεί να είναι ευκολότερο να κυριαρχήσει μόλις καταλάβουμε το γεγονός ότι υπάρχουν οκτώ bit σε μια ψηφιολέξη και ότι το ψηφιακό bandwidth εκφράζεται σε bit ανά δευτερόλεπτο, εκτιμώντας ότι η ψηφιακή αποθήκευση μιλιέται γενικά από την άποψη των ψηφιολέξεων.

Κεφάλαιο 5

Από σημείο σε σημείο bandwidth Point-to-Point Bandwidth

Επικοινωνίες καλωδιώσεων: Η καλωδίωση όρου αναφέρεται στο γεγονός ότι αυτή η υπηρεσία διαβιβάζει τα στοιχεία πέρα από τα καλώδια που συνδέουν ένα σημείο με άλλο.

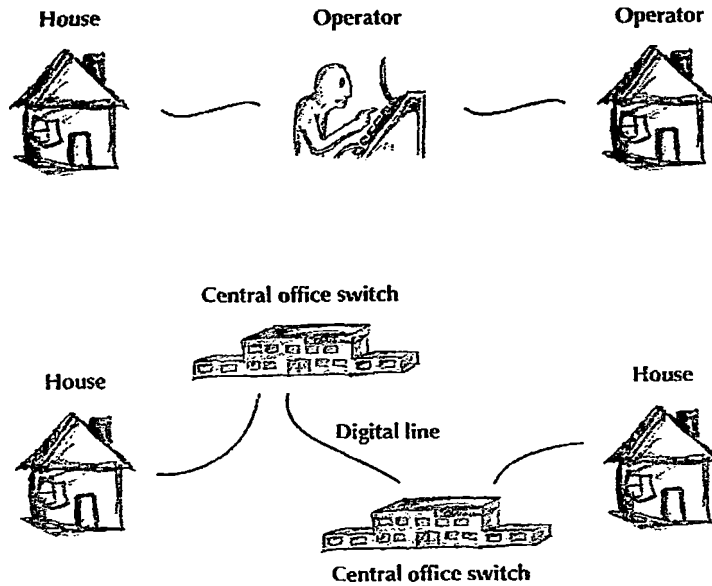
Δημόσιο μεταστρεφόμενο τηλεφωνικό δίκτυο (Public Switched Telephone Network PSTN): Το μεγαλύτερο μέρος της ακόλουθης συζήτησης για τα τηλεφωνικά συστήματα εξετάζει το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο (PSTN). Ακολουθεί μια επεξήγηση των εννοιών που αποτελούν το PSTN:

- Κοινό (Public): Σημαίνει ότι καθένας μπορεί να χρησιμοποιήσει το σύστημα. Όχι όλο το τηλέφωνο είναι στο PSTN, μερικά τηλέφωνα λειτουργούν στα κλειστά τηλεφωνικά συστήματα που δεν είναι προσιτάς στο κοινό, όπως τα ασφαλή στρατιωτικά τηλεφωνικά συστήματα ή τα εταιρικά συστήματα στοιχείων.
- Μεταστρεφόμενο (Switched): Σημαίνει ότι το σύστημα ενεργοποιεί το σημείο για να δείξει, μεταφορά μιας κλήσης σε άλλη. Μόλις συνδέω, το ολόκληρο κανάλι αφιερώνεται στη συνομιλία ή τα στοιχεία, εκτός από τα ηχητικά σήματα ή τους κρότους μιας αναμονής κλήσης. Η τεχνική λειτουργεί καλά για τη φωνή, αλλά χαρακτηριστικά σπαταλά το bandwidth για τα στοιχεία.
- Τηλέφωνο (Telephone): Σημαίνει ακριβώς ότι λέει, αν και πρέπει τώρα να θεωρηθεί ως συμπερίληψη και συσκευών όπως τα μόντεμ και οι μηχανές fax.
- Δίκτυο (Network): Σημαίνει ότι όλα τα τηλέφωνα είναι προσιτά το ένα στο άλλο.

Τα πρώιμα τηλεφωνικά συστήματα επέτυχαν τις από σημείο σε σημείο συνδέσεις σε έναν απλό, άμεσο τρόπο. Όταν τοποθετήσαμε μια κλήση, ένας χειριστής πήρε ένα ζευγάρι των καλωδίων που συνδέθηκε άμεσα με το τηλέφωνό μας και το σύνδεσε με έναν γρύλο που συνδέθηκε με το τηλέφωνο που καλούσαμε, όπως φαίνεται στον πίνακα. Η σύνδεση δεν θα μπορούσε να είναι αμεσότερη. Μερικά τοπικά τηλεφωνικά συστήματα συνδέουν ακόμα δύο τηλέφωνα άμεσα με μια καθαρώς αναλογική πορεία, αλλά σήμερα τα περισσότερα τηλεφωνήματα περνούν από μια πιο σύνθετη διαδρομή, όπου το σήμα είναι ψηφιακό για την μεγαλύτερη μέρος της απόστασης.

The changing paths of telephone connections.

F



Ένα τηλέφωνο στην τηλεφωνική γραμμή του συνδέεται μέσω ενός ζευγαριού των καλωδίων χαλκού, ο τοπικός βρόχος ή βρόχος συνδρομητών, άμεσα στο κεντρικό γραφείο της τοπικής τηλεφωνικής επιχείρησης. Ένα τοπικό loop αφιερώνεται σε έναν απλό τηλεφωνικό πελάτη εκτός από στις καταστάσεις γραμμών συμβαλλόμενων μερών, όπου διάφοροι πελάτες μοιράζονται έναν ενιαίο τοπικό βρόχο, κυρίως αγροτικές περιοχές πανδοχείων. Κατά συνέπεια, σε ένα χαρακτηριστικό τηλεφώνημα, θα υπάρξουν δύο αναλογικοί τοπικοί βρόχοι, ένας σε κάθε τέλος της κλήσης.

Τα τοπικά τρεξίματα βρόχων πέρα από τους τηλεφωνικούς πόλους ή υπόγεια και είναι το πιο μεταβλητό μέρος του τηλεφωνικού συστήματος. Τα καλώδια χαλκού μπορούν να είναι παλαιά και στη φτωχή φυσική κατάσταση, πρόκληση του θορύβου στη γραμμή. Αν και οι τηλεφωνικές επιχειρήσεις εγκαθιστούν περισσότερα καλώδια όλη την ώρα, μερικές γειτονιές μπορούν προσωρινά να μην έχουν αρκετά ζευγάρια χαλκού για να ικανοποιήσουν την αυξανόμενη ζήτηση για μόντεμ, μηχανές fax και πρόσθετες γραμμές φωνής.

Τηλεφωνικό bandwidth: Όπως και σε οποιοδήποτε κανάλι επικοινωνιών που περνά από πολλά βήματα, το τηλεφωνικό bandwidth περιορίζεται από το πιο αργό βήμα. Το περιοριστικό βήμα μπορεί να είναι μια φυσική σύνδεση, όπως το καλώδιο ή ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας.

Αντίθετο στην ευρέως κρατημένη πεποίθηση, ο πανταχού παρών τοπικός βρόχος καλωδίων χαλκού που τρέχει σε κάθε σπίτι και γραφείο δεν είναι ένας σημαντικός περιορισμός bandwidth σήμερα για τους περισσότερους τηλεφωνικούς συνδρομητές. Ένας τοπικός βρόχος καλωδίων χαλκού μπορεί να χειριστεί μέχρι διάφορα megabits ανά δευτερόλεπτο, ένα πολύ υψηλότερο bandwidth από αυτό επιτυγχάνει ή απαιτεί σε κοινή χρήση του ως τηλεφωνική γραμμή φωνή-βαθμού. Εάν είμαστε μέσα σε δύο μίλια από το κεντρικό γραφείο, το καλώδιο χαλκού μπορεί να φέρει 6 Mbps, αρκετό bandwidth για την ψηφιακή τηλεόραση. Περίπου οι μισοί από όλους τους τηλεφωνικούς συνδρομητές ζουν μέσα σε μια ακτίνα δύο μιλίων ενός κεντρικού γραφείου. Εάν είμαστε μέσα σε τρία

μίλια, το καλώδιο χαλκού μπορεί να ξεπεράσει 1,5 Mbps, ποσοστό μιας σύνδεσης μεγάλου T1.

Υπάρχουν, εντούτοις, πολλές προειδοποιήσεις. Το καλώδιο και οτιδήποτε που αποτελεί εξοπλισμό πρέπει να είναι σε καλή κατάσταση. Αυτές οι ρυθμοαποδόσεις (throughputs) megabit ανά δευτερόλεπτο θα είναι διαθέσιμες μόνο με τα νέα είδη εξοπλισμού και δασμολογίων. Τα όρια απόστασης δεν είναι ακριβή. Κάθε τοπικός βρόχος θα πρέπει να δοκιμαστεί για την απόδοση και οι ρυθμοαποδόσεις μπορούν να μειωθούν με την απόσταση. Εγκαίρως, η εγκατάσταση των επαναληπτών μπορεί να δώσει το υψηλό bandwidth στους συνδρομητές πέρα από τα κανονικά όρια απόστασης.

Η διεπαφή (interface) κεντρικών γραφείων θέτει τα όρια του bandwidth για τις συνηθισμένες τηλεφωνικές γραμμές. Κλήσεις θεμάτων "Plain old telephone service" (POTS) σε ένα ακουστικό φίλτρο που περιορίζει εκείνο το αναλογικό bandwidth σε 4 kHz. Και ότι οι περιορισμοί περιορίζουν τα σύγχρονα μόντεμ, τα οποία μετατρέπουν στην ουσία τα ψηφιακά σήματα σε ήχο και τα στέλνουν πίσω ξανά. Τα πρόωρα σήματα 300-BPS μόντεμ χρησιμοποιούσαν απλά τόνους διαφορετικής συχνότητας για να κωδικοποιήσουν τα δεδομένα. Τα σήματα των σύγχρονων μόντεμ χρησιμοποιούν πιο σύνθετες διαμορφώσεις για να επιτύχουν υψηλότερες ταχύτητες. Αλλά αυτά είναι θεωρητικά και πρακτικά όρια.

Η διεπαφή κεντρικών γραφείων ψηφιοποιεί το εισερχόμενο αναλογικό σήμα μιας κλήσης POTS σε ένα ρεύμα δεδομένων 56 Kbps και προσθέτει 8 Kbps των πληροφοριών ελέγχου για ένα συνολικό ρεύμα δεδομένων 64Kbps που πηγαίνει στις γραμμές τηλεφωνικών κορμών. Αλλά αν και εκείνα τα 56Kbps είναι ένα θεωρητικό μέγιστο, οι αναπόφευκτες απώλειες στη μετατροπή του ανάλογου στα ψηφιακά σήματα σημαίνουν ότι η ρυθμοαπόδοση των μόντεμ δεν μπορεί κανονικά να φθάσει σε 56Kbps όταν περιλαμβάνεται ένας αναλογικός τοπικός βρόχος.

Η πιθανή ρυθμοαπόδοση των μόντεμ εξαρτάται από την τεχνική διαμόρφωση, το όριο έχει κινηθεί τα τελευταία χρόνια από 14,4 Kbps προς 28,8 Kbps προς 33,6 Kbps και πέρα, όπως φαίνεται στον πίνακα προτύπων και ρυθμοαποδόσεων των μόντεμ κατωτέρω. Τα μόντεμ και στις δύο άκρες της σύνδεσης πρέπει να υποστηρίζουν μια αμοιβαία αποδεκτή ρυθμοαπόδοση, ένα 33,6 Kbps μόντεμ που συνδέεται με ένα 14,4Kbps μόντεμ "θα πέσει πίσω" σε 14,4 Kbps. Η πραγματική ρυθμοαπόδοση πραγματοποιημένη εξαρτάται από την ποιότητα του συγκεκριμένου τοπικού βρόχου, συχνά ένα κανονικό 33,6 Kbps μόντεμ θα λειτουργήσει σε μόνο 24 ή 21,6 Kbps πέρα από μια ιδιαίτερη σύνδεση.

Modem Standards and Throughputs

Throughput	ITU Standard
300 bps	V.21
1200 bps	V.22
2400 bps	V.22 bis
9600 bps	V.32 (also supports 4800 bps)
14.4 Kbps	V.32 bis (also supports 12 Kbps, 9600 bps, and 7200 bps)
28.8 Kbps	V.34 (also supports 26.4 Kbps, 24 Kbps, 21.6 Kbps, 19.2 Kbps, 16.8 Kbps, 14.4 Kbps, 12 Kbps, 9600 bps, 7200 bps, 4800 bps, and 2400 bps)
33.6 Kbps	V.34 bis (also supports 31.2 Kbps, 28.8 Kbps, 26.4 Kbps, 24 Kbps, 21.6 Kbps, 19.2 Kbps, 16.8 Kbps, 14.4 Kbps, 12 Kbps, 9600 bps, 7200 bps, 4800 bps, and 2400 bps)
56 Kbps	V.90 (older versions, not entirely compatible, were called K56flex and X2)

Επειδή η μετατροπή μεταξύ του αναλογικού και ψηφιακού σήματος παίρνει έναν τέτοιο υψηλό φόρο στο bandwidth, η εξάλειψη των μετατροπών μπορεί να βελτιώσει το bandwidth. Νέα πρωτόκολλα για μόντεμ που αναπτύσσονται από τις εταιρείες Lucent Technologies, Rockwell και 3Com κάτω από τη ρουμπρίκα "56K" κάνουν ακριβώς αυτό. Συνδεόμαστε με το μόντεμ μας στον αναλογικό τοπικό βρόχο μας και το κεντρικό γραφείο μετατρέπει το σήμα σε ψηφιακή μορφή, το σήμα παραμένει έπειτα ψηφιακό, όλο το σήμα παραμένει ψηφιακό σε όλη τη διαδρομή του μέχρι έναν φορέα παροχής υπηρεσιών Internet ή σε άλλη υπηρεσία απευθείας σύνδεση και δεν υποβάλλεται ποτέ σε μια άλλη αναλογική μετατροπή. Το κλειδί είναι ότι τα μόντεμ του προμηθευτή πρέπει να έχουν μια ψηφιακή σύνδεση στην τηλεφωνική επιχείρηση, μικρότεροι ISP που έχουν μόνο τις τυποποιημένες αναλογικές συνδέσεις για τα μόντεμ τους πρέπει να αναβαθμιστούν.

Σε αυτά τα πρωτόκολλα, η downstream (η προς τα κάτω) σύνδεση σε μας από την απευθείας υπηρεσία τρέχει σε ένα θεωρητικό μέγιστο 56 Kbps, τα πρωτόκολλα είναι ασύμμετρα, με την upstream (προς τα πάνω σύνδεση) σύνδεση από εμάς από την απευθείας υπηρεσία που τρέχει σε ένα μέγιστο 33,6 Kbps. Μια ασύμμετρη εργασία πρωτοκόλλου δουλεύει καλά για λειτουργίες όπως το Web browsing, όπου η υπηρεσία σε απευθείας σύνδεση μας στέλνει πολύ περισσότερες πληροφορίες σε ιστοσελίδες απ' ό,τι στέλνουμε (κλικάρουμε με το ποντίκι και πραγματοποιούμε κάποια πληκτρολόγηση). Αλλά ένα ασύμμετρο πρωτόκολλο δεν λειτουργεί τόσο καλά για λειτουργίες όπως η συνεδρίαση μέσω βίντεο (Videoconferencing).

Οι εταιρείες Lucent και Rockwell συνδύασαν τα πρωτόκολλά τους και δημιούργησαν το πρωτόκολλο K56flex, και η εταιρεία 3Com δημιούργησε το πρωτόκολλο X2. Τα δύο αυτά πρωτόκολλα είναι αμοιβαία αποκλειστικά, τα οποία ανάγκασαν αρχικά τους φορείς παροχής υπηρεσιών Internet να αποφασίσουν μεταξύ της υποστήριξης του ενός ή άλλου ή να πληρώσουν δύο φορές πιο πολλά χρήματα για τον εξοπλισμό για να υποστηρίξουν και τα δύο πρωτόκολλα. Το Δεκέμβριο του 1997, ένας συμβιβασμός επιτεύχθηκε μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων, και το αποτέλεσμα του συμβιβασμού που ονομάστηκε V.90 που επικυρώνεται επίσημα από τη διεθνή ένωση

τηλεπικοινωνιών (International Telecommunication Union-ITU), το σώμα των προτύπων τηλεπικοινωνιών. Σήμερα τα μόντεμ V.92 αντικαθιστούν τα μόντεμ V.90.

Αυτά τα "56K" μόντεμ έχουν αποδειχθεί χρήσιμα αλλά ταυτόχρονα οι δυνατότητές τους έχουν περιοριστεί. Η ασύμμετρη φύση τους εξασφαλίζει ότι η εξερχόμενη ρυθμοαπόδοση δεν είναι ποτέ υψηλότερη από 33,6 Kbps. Οι εισερχόμενες ρυθμοαποδόσεις δεν έφθασαν ποτέ σε 56 Kbps καθένα, εν μέρει λόγω των κανονισμών σχετικά με τα επίπεδα δύναμης μετάδοσης που περιορίζουν το θεωρητικό μέγιστο σε 53 Kbps και εν μέρει επειδή η υψηλή ρυθμοαπόδοση απαιτεί έναν πολύ καθαρό τοπικό βρόχο. Και επειδή αυτά τα πρωτόκολλα στηρίζονται στην αποφυγή μιας αναλογικής σε ψηφιακό μετατροπής, τα μόντεμ δεν μπορούν να υπερβούν 33,6 Kbps σε καθεμία κατεύθυνση όταν καλούν δύο άτομα το ένα το άλλο πέρα από τους αναλογικούς τοπικούς βρόχους. Κατά γενική ομολογία, η person-to-person επικοινωνία των μόντεμ δεν είναι μια σημαντική πτυχή των τηλεπικοινωνιών σήμερα, αλλά μερικές επιχειρήσεις διατηρούν τις dial-up συνδέσεις για τους διακινούμενους υπαλλήλους.

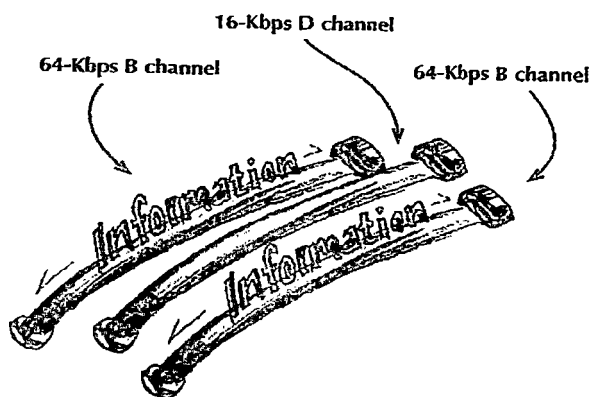
Ένας τρόπος να αποκτηθεί το γρηγορότερο bandwidth συνδυάζει δύο τηλεφωνικές γραμμές για να συμπεριφερθούν ως μια εικονική γραμμή. Παραδείγματος χάριν, δύο "56K" συνδέσεις πρέπει να παράγουν 112 Kbps. Μέχρι πρόσφατα, η σύνδεση των αναλογικών μόντεμ γινόταν σπάνια, δεν υπάρχουν πλέον σήμερα πρότυπα για τέτοια σύνδεση σήμερα. Η ύπαρξη "56K" μόντεμ δεν φθάνει ποτέ σε 56 Kbps στην εισερχόμενη κυκλοφορία και ποτέ καλύτερα από 33,6 Kbps στην εξερχόμενη κυκλοφορία. Είναι ασφαλές να ειπωθεί ότι οι αξιώσεις 112 Kbps είναι παραπλανητικές, στην καλύτερη περίπτωση. Δεύτερον, τέτοια προϊόντα απαιτούν δύο τηλεφωνικές γραμμές, έτσι μπορούμε να διπλασιάσουμε το χρηματικό ποσό που πληρώνουμε στην τηλεφωνική επιχείρηση για τις τηλεφωνικές γραμμές μας κάθε μήνα. Επιπλέον, αν και μπορούμε να είμαστε σε θέση να συνδέσουμε κάθε γραμμή με τον ίδιο απολογισμό Internet για τώρα, οι φορείς παροχής υπηρεσιών Internet θα αντιδράσουν αναμφισβήτητα με τον περιορισμό εκείνης της πρόσβασης εκτός αν καταβάλλουμε μια πρόσθετη αμοιβή. Μόλις προσθέσουμε αυτή την πρόσθετη επιβάρυνση και τις αμοιβές τους στο κόστος ενός δεύτερου μόντεμ, το γενικό κόστος θα είναι χαμηλότερο από τις καλύτερες εναλλακτικές λύσεις, όπως το πλήρως ψηφιακό ISDN;

ISDN: Η ISDN (ψηφιακά δίκτυα ενοποιημένων υπηρεσιών) έχει έρθει για αρκετές δεκαετίες, ως τμήμα ενός γενικού σχεδίου για να κινήσει το τηλεφωνικό σύστημα από τον αναλογικό κόσμο προς ένα εξολοκλήρου ψηφιακό δίκτυο. Εν ολίγοις, το ISDN καθιστά τον τοπικό βρόχο ψηφιακό. Η ISDN τρέχει στο ίδιο ζευγάρι των καλωδίων όπως και οι αναλογικές χρήσεις υπηρεσιών POTS, η τηλεφωνική επιχείρηση κάνει απλά μια αλλαγή στο κεντρικό γραφείο έτσι ώστε η γραμμή ISDN να παρακάμπτει την μετατροπή από αναλογική σε ψηφιακή που είναι απαραίτητη για την υπηρεσία POTS.

Από μια τεχνική σκοπιά, η ISDN μπορεί να είναι απλούστερη και φτηνότερη και να αξίζει να υποστηριχτεί απ' ότι μια υπηρεσία POTS επειδή είναι ήδη ψηφιακή, αν και ο υπάρχων εξοπλισμός πρέπει μερικές φορές να αντικατασταθεί για να υποστηρίξει την ISDN και τα ούτε υπάρχοντα καλώδια μπορούν να μην είναι αρκετά καθαρά. Από μια πρακτική σκοπιά μάρκετινγκ, οι τηλεφωνικές επιχειρήσεις υποστηρίζουν ότι πρέπει να χρεώσουν περισσότερο για την ISDN επειδή προσφέρει πρόσθετα χαρακτηριστικά γνωρίσματα και επειδή η ISDN είναι ακριβότερη τόσο σαν υπηρεσία όσο και στον τρόπο υποστήριξη της από τους προμηθευτές της, εν μέρει επειδή είναι νέα και εν μέρει λόγω της έλλειψης πλήρους τυποποίησης για το υλικό ISDN.

Η τυποποιημένη σύνδεση ISDN, η ISDN BRI (βασική διεπαφή ποσοστού-Basic Rate Interface), έχει πραγματικά τρία ψηφιακά κανάλια σε ένα ζευγάρι των καλωδίων, όπως φαίνεται στην εικόνα κατωτέρω. BRI έχει δύο κανάλια B (bearer-φορέας) 64 Kbps το καθένα, συν ένα D (delta-δέλτα) κανάλι 16 Kbps, συχνά περιγραφόμενος ως "2B+D". Κάποιος εξοπλισμός επιχείρησης περιορίζει τα κανάλια B σε 56 Kbps, ο οποίος προκαλεί κάποια σύγχυση επειδή σημαίνει ότι οι ρυθμοαποδόσεις ISDN μπορούν να είναι 56 Kbps, 64 Kbps, 112 Kbps ή 128 Kbps, ανάλογα με τη θέση και τον αριθμό καναλιών χρησιμοποιούμενων. Όλα τα κανάλια είναι ψηφιακά. Το κανάλι D προορίζεται να υποστηρίξει την κλήση των πληροφοριών, παραδείγματος χάριν, οι οδηγίες σχηματισμού στέλνονται χωριστά στο κανάλι D, σε αντίθεση με την πρακτική POTS, τους οποίους μπορούμε να ακούσουμε κατά τη διάρκεια μιας κλήσης. Μια κλήση ISDN θέλει μόνο μερικά δευτερόλεπτα για να οργανωθεί, υπό τον όρο ότι η κλήση θα γίνει από ή σε ένα άλλο τηλέφωνο ISDN. Το κανάλι D μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την αποστολή των ψηφιακών δεδομένων, αν και αυτό είναι συνήθως περιορισμένο στις πολύ μικρές ποσότητες δεδομένων, όπως τα μαγνητικά στοιχεία λωρίδων όσον αφορά το πίσω μέρος μιας πιστωτικής κάρτας. Τέτοια χρήση καναλιών D δεν παρεμποδίζει τη φωνή ή τα δεδομένα όσον αφορά τα κανάλια B.

ISDN bandwidth includes two 64-Kbps bearer channels and a 16-Kbps data channel.



Τα κανάλια B είναι μορφοματικές δομικές μονάδες. Εάν θέλουμε περισσότερο bandwidth από ένα ενιαίο κανάλι 64 Kbps B, μπορούμε να συνδέσουμε δύο κανάλια B μαζί για ένα κανάλι 128 Kbps, υπό τον όρο ότι το υλικό ISDN επιτρέπει τέτοια σύνδεση. Για ακόμα υψηλότερο bandwidth, περισσότερα κανάλια B μπορούν να συνδυαστούν, είτε από τις πολλαπλάσιες γραμμές ISDN είτε από υψηλότερης ταχύτητας συνδέσεις όπως η T1.

Εάν το τελικό υλικό ISDN είναι κατάλληλα εξοπλισμένο, κάθε κανάλι ISDN B μπορεί να συμπεριφερθεί όπως μια συμβατική τηλεφωνική γραμμή, συνδέουμε απλά στα συνηθισμένα τηλέφωνα ακριβώς όπως μια γραμμή POTS. Έτσι δύο κανάλια B της ISDN μπορούν να χρησιμεύσουν για να διπλασιάσουν τον αριθμό από τις τηλεφωνικές γραμμές όταν ο αριθμός ζευγαριών καλωδίων χαλκού είναι μικρός. Οι γραμμές POTS έχουν ένα σημαντικό πλεονέκτημα απέναντι στις γραμμές ISDN που αφορούν στην υπηρεσία φωνής: Ο τερματικός εξοπλισμός ISDN εξαρτάται από την εξωτερική δύναμη. Μια γραμμή POTS είναι χαρακτηριστικά λειτουργική ακόμα και όταν υπάρχουν εναλλαγές στην τάση εναλλασσόμενου ρεύματος, οι οποίες είναι πρακτικές για να καλέσουμε την

Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού για να καταγράψει τις διακοπές-εναλλαγές της τάσης του ρεύματος. Κατά συνέπεια πολύ λίγες επιχειρήσεις εγκαθιστούν μόνο την υπηρεσία ISDN κάτι που στις μέρες μας αλλάζει ραγδαία.

Επειδή τα χαρακτηριστικά γραμμών ISDN καθορίζονται ακριβέστερα απ' ότι των POTS, μια γραμμή ISDN μπορεί να φέρει υψηλότερο ποιοτικό ήχο απ' ότι οι γραμμές POTS. Πολλά ραδιοπρογράμματα χρησιμοποιούν τις γραμμές ISDN για τους voice relays, όποτε είναι διαθέσιμες. Μια ολόκληρη κατηγορία επαγγελματικού ακουστικού εξοπλισμού σχεδιάζεται γύρω από την τεχνολογία της ISDN. Ομοίως, κάποιος τηλεφωνικός εξοπλισμός γραφείων σχεδιάζεται γύρω από την ISDN για να εκμεταλλευθεί την ακουστική ποιότητα και τα γρήγορα χαρακτηριστικά γνωρίσματα μετατροπής καναλιών D, μη διαθέσιμων στις γραμμές POTS.

Ένα χρήσιμο χαρακτηριστικό γνώρισμα των συνδέσεων ISDN είναι ότι μπορούν να μεταστρέψουν γρήγορα μεταξύ της φωνής και της χρήσης στοιχείων. Παραδείγματος χάριν, ας υποθέσουμε ότι έχουμε μια δικάναλη σύνδεση ISDN 128 Kbps στον προμηθευτή Internet μας. Εάν μια κλήση μπαίνει ενώ συνδεόμαστε, το υλικό ISDN μας μπορεί να διαμορφωθεί για να ρίξει τη σύνδεση με το Internet κάτω στο κανάλι 64 Kbps και να μας αφήσει να πάρουμε την κλήση φωνής. Κατόπιν, όταν κλείνουμε το τηλέφωνο από την κλήση φωνής, το υλικό ISDN φέρνει το δεύτερο κανάλι 64 Kbps πίσω στη χρήση για τη σύνδεση με το Internet.

Packet-Switched μεταδόσεις στοιχείων: Τόσο οι γραμμές POTS όσο και οι γραμμές ISDN σχεδιάστηκαν για συνεχείς μεταδόσεις φωνής, μη bursty μεταδόσεις δεδομένων. Αν και οι τηλεφωνικές γραμμές POTS είναι αναλογικές και οι τηλεφωνικές γραμμές ISDN είναι ψηφιακές, και οι δύο σχεδιάστηκαν για τις συνομιλίες φωνής παρά για δεδομένα, ακόμα κι αν το ISDN χρησιμοποιείται συνήθως για τα δεδομένα σήμερα. Αυτό σημαίνει ότι και οι δύο έχουν τα σοβαρά μειονεκτήματα για τα στοιχεία. Και οι δύο είναι circuit-switched συνδέσεις με σκοπό να μείνουν σε ισχύ εφ' όσον αναμένουμε να στείλουμε και να λάβουμε τα στοιχεία, παρά να μας στέλνουν πραγματικά και λαμβάνουμε τα στοιχεία.

Οι περισσότερες συνδέσεις δεδομένων είναι εγγενώς "bursty": στέλνουμε ή λαμβάνουμε κάποιες με ηλεκτρονικό ταχυδρομείο ή πληροφορίες ιστοσελίδας με μια έκρηξη. Κατόπιν μπορούμε να ξοδέσουμε πολύ χρόνο να διαβάσουμε τις πληροφορίες πριν απαντήσουμε στο ταχυδρομείο ή πηγαίνουμε προς μια άλλη ιστοσελίδα. Ακόμα κατά τη διάρκεια όλη την ώρα διαβάζουμε και σκεφτόμαστε, η γραμμή POTS ή η γραμμή ISDN παραμένει σε ισχύ, προκειμένου να δοκιμάσει μια γραμμή μέσω του κεντρικού γραφείου σε μια προσωρινή σύνδεση σταθμών Internet ακόμα κι αν εκεί δεν υπάρχει κανένα δεδομένο που ταξιδεύει στη γραμμή.

Αυτή η ρωγμή Internet, η "κακή χρήση" ενός συνεχούς καναλιού φωνής για να φέρει τα bursty δεδομένα, έχει τεράστιες συνέπειες για τον καθένα που χρησιμοποιεί το τηλεφωνικό σύστημα. Τα bursty δεδομένα πρέπει να μεταφερθούν κατάλληλα σε ένα packet-switched κανάλι επικοινωνιών, το οποίο μοιράζεται από τους πολλαπλούς χρήστες.

Με πολλαπλούς χρήστες, οι εκρήξεις των στοιχείων και του ήρεμου μέσου όρου περιόδου έξω στατιστικά. Το χαρακτηριστικό δίκτυο τοπικής ή ευρείας περιοχής χρησιμοποιεί ένα πρωτόκολλο πακέτων, όπως πολλά ασύρματα πρωτόκολλα. Εκτός από να χρησιμοποιήσουμε ένα κανάλι επικοινωνιών αποτελεσματικότερα για τα ψηφιακά στοιχεία, οι συνδέσεις πακέτων μας αφήνουν χαρακτηριστικά να συνδεθούμε με το

δίκτυο συνεχώς. Με "πάντα ανοικτή" τη σύνδεση, στέλνουμε και λαμβάνουμε τις πληροφορίες όποτε προκύπτει η περίπτωση, δεν είναι απαραίτητο να πραγματοποιήσουμε κλήση μ' ένα μόντεμ πρώτα. Δεν είναι απαραίτητο να ελέγξουμε εάν οποιαδήποτε μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου περιμένουν, ο υπολογιστής θα μας τα παρουσιάσει πάντα.

Για μια σημαντική εφαρμογή, οι circuit-switched συνδέσεις έχουν ένα πλεονέκτημα σε αντίθεση με τις packet-switched. Επειδή παίρνουμε το πλήρες bandwidth μιας circuit-switched σύνδεσης, πληροφορίες όπως η φωνή και το βίντεο που απαιτούν έναν σταθερό, συνεχές ρεύμα των δεδομένων που μπορεί να ταξιδέψει χωρίς διάσπαση, τουλάχιστον όσο η συγκεκριμένη σύνδεση συνεχίζει να λειτουργεί. Τα σύνθετα δίκτυα δεδομένων όπως το Internet αναμιγνύουν συχνά circuit-switched με τα packet-switched τμήματα, έτσι το πραγματικό διαθέσιμο bandwidth είναι σύνθετο και μεταβαλλόμενο. Προηγμένα packet-switched κανάλια επικοινωνιών, συμπεριλαμβανομένων των προτάσεων για τα ειδικά πρωτόκολλα Internet, μπορούν να θέσουν εγγυημένα το εγγυημένο bandwidth για συγκεκριμένες λειτουργίες όπως η φωνή και το βίντεο.

Για ένα δεδομένο bandwidth ψηφιακών στοιχείων, οι packet-switched συνδέσεις είναι συνήθως φτηνότερες από circuit-switched, αλλά κοστίζουν, όπως και σε άλλες διακρίσεις μεταξύ των packet-switched και circuit-switched συνδέσεων, που εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, και επομένως καμία απόλυτη γενίκευση δεν είναι δυνατή. Παραδείγματος χάριν, σε μερικές εγκαταστάσεις, οι πολλαπλοί χρήστες μπορούν να μοιραστούν μια circuit-switched σύνδεση, οπότε σ' αυτή την περίπτωση η σύνδεση παίρνει μερικές από τις ιδιότητες μιας σύνδεσης πακέτων ή η circuit-switched σύνδεση μπορεί να καθιερωθεί σε τακτά χρονικά διαστήματα. Μπορούμε να οργανώσουμε ένα circuit-switched δίκτυο δεδομένων που στέλνει και λαμβάνει μετά από απαίτηση, εάν είμαστε πρόθυμοι να μείνουμε συνδεδεμένοι συνεχώς.

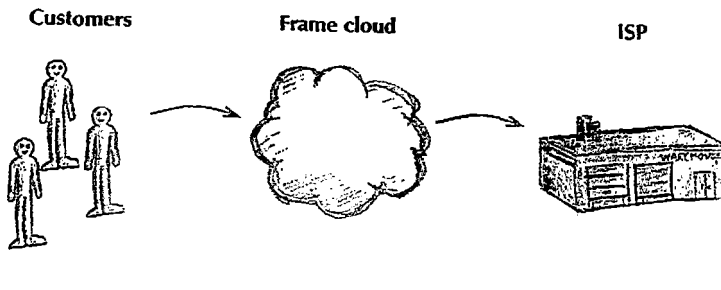
Δεδομένου αυτών που περιγράψαμε και είδαμε με την γραμμή-υπηρεσία ISDN, η αντικατάσταση του αναλογικού βρόχου με έναν ψηφιακό τοπικό βρόχο βελτιώνει το bandwidth. Τα ίδια καλώδια χαλκού χρησιμοποιούνται ακόμα, εκτός από το ότι φέρνουν τα ψηφιακά σήματα. Αλλά η ISDN πάσχει ακόμα καθώς είναι κι' αυτή ένα circuit-switched δίκτυο, όπως οι παλαιότερες ψηφιακές υπηρεσίες "μεταστρεφόμενων (switched) 56" και οι "μεταστρεφόμενου (switched) T1".

Frame relay και μισθωμένες γραμμές: Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι packet-switched που προσφέρουν τις ψηφιακές υπηρεσίες στις ρυθμοαποδόσεις που κυμαίνονται γενικά από 56 Kbps σε 1,5 Mbps (T1). Αρχικά έρχεται το frame relay, η οποία είναι μια οικονομική λύση στην ανάγκη για bursty δεδομένα. Δεύτερον, εάν χρειαζόμαστε ένα εγγυημένο ποσό bandwidth, μπορούμε να πάρουμε μια από σημείο σε σημείο (point-to-point) μισθωμένη γραμμή. Η διαφορά μεταξύ αυτών των υπηρεσιών, όπως και για τόσα πολλά άλλα σχετικά με bandwidth ζητήματα, είναι μία bandwidth εναντίον κόστους. Είναι εύκολο να απεικονιστεί μια από σημείο σε σημείο μισθωμένη γραμμή: Ένα καλώδιο ταξιδεύει ουσιαστικά από το σπίτι ή το γραφείο σας στην τηλεφωνική επιχείρηση και έπειτα έξω στο φορέα παροχής υπηρεσιών Internet σας. Δεν μοιράζεστε ότι σύνδεση με καθεμία και είστε έτσι εγγυημένοι το πλήρες bandwidth της σύνδεσης, όποιος καθορίζεται από το πώς η τηλεφωνική επιχείρηση διαμορφώνει τον εξοπλισμό της, οι ρυθμοαποδόσεις μπορούν να κυμανθούν από 56 Kbps ως 1,5 Mbps.

Οι συνδέσεις frame relay, που απεικονίζονται στον πίνακα κατωτέρω, είναι κάπως πιο περίπλοκες. Ας σκεφτούμε τη σύνδεση που ταξιδεύει από τη θέση μας σε ένα

"σύννεφο" που διατηρείται από την τηλεφωνική επιχείρηση. Όλες οι συνδέσεις frame relay ολοκληρώνονται σε εκείνο το σύννεφο. Κατόπιν, άλλες συνδέσεις οδηγούνται από το σύννεφο στο φορέα παροχής υπηρεσιών Internet (ISP). Έτσι, αν και δεν έχουμε τα καλώδια που πηγαίνουν άμεσα από μας στο φορέα παροχής υπηρεσιών Internet σας, έχουμε μια εικονική σύνδεση, που ονομάζεται Μόνιμο Εικονικό Κύκλωμα (Permanent Virtual Circuit-PVC), αυτό το κάνει να φαίνεται σαν έχουμε εκείνη την μισθωμένη γραμμή.

The Frame Relay Cloud.



Ο λόγος για το σύννεφο είναι ότι οι περισσότερες packet-switched συνδέσεις δεν χρησιμοποιούνται πλήρως τις περισσότερες φορές, επισημαίνοντας ότι υπάρχει επιπρόσθετο διαθέσιμο bandwidth. Με τα frame relay, η τηλεφωνική επιχείρηση μπορεί να εκμεταλλευθεί εκείνο το επιπρόσθετο bandwidth και να πωλήσει περισσότερες συνδέσεις χωρίς προσθήκη άλλου επιπρόσθετου bandwidth. Ως εκ τούτου, η αξία των συνδέσεων frame relay είναι χαμηλότερη απ' ό,τι για τις από σημείο σε σημείο μισθωμένες γραμμές.

Υπάρχει, φυσικά, μια σύλληψη. Οι συνδέσεις frame relay έχουν αυτό που καλείται δεσμευμένο ποσοστό πληροφοριών (Committed Information Rate-CIR), το οποίο είναι το ποσοστό που η τηλεφωνική επιχείρηση εγγυάται. Παραδείγματος χάριν, μια σύνδεση frame relay 56 Kbps μπορεί να έχει ένα CIR 48 Kbps. Εντούτοις, εάν απαιτείται περισσότερο bandwidth για την έκρηξη στοιχείων, και εάν το ολόκληρο δίκτυο frame relay (το σύννεφο) έχει περισσότερο bandwidth διαθέσιμο, το πρόσθετο bandwidth παρέχεται μέχρι το ονομαστικό ποσοστό, 56 Kbps σε αυτήν την περίπτωση. Είναι ακόμα και δυνατό να υπάρξει ένα μηδενικό CIR, όμως σ' αυτό το σημείο θα πρέπει να στηριχθούμε εξολοκλήρου σε οποιοδήποτε bandwidth υπάρχει και είναι διαθέσιμο. Ψηφιακή Υπηρεσία Γραμμών Συνδρομητών(Digital Subscriber Line Service-DSL): Μια επίκαιρη τεχνολογία σε αυτόν τον τομέα είναι η DSL. Η DSL έρχεται σε διάφορες παραλλαγές, καθεμία με διαφορετικά αρχικά, έτσι είναι μερικές φορές γνωστή γενικά και ως XDSL. Η πιο κοινή, που συναντάμε στις μέρες μας, είναι η επονομαζόμενη ADSL (Ασύμμετρη Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητών-Asymmetric Digital Subscriber Line), η οποία παρέχει πολύ περισσότερη εισερχόμενη ρυθμοαπόδοση παρά εξερχόμενη, παρόμοια με τα 56K μόντεμ. Οι εισερχόμενες ADSL ρυθμοαποδόσεις μπορούν να κυμανθούν υψηλά ως και 1,5 Mbps, ενώ οι εξερχόμενες ρυθμοαποδόσεις μπορούν να κυμανθούν υψηλά ως και 512 Kbps. Οι ρυθμοαποδόσεις και στις δύο κατευθύνσεις εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της απόστασής μας από το κεντρικό γραφείο, την ποιότητα του τοπικού βρόχου μας και φυσικά πόσα είμαστε πρόθυμοι να ξοδέσουμε.

Ο κύριος υποψήφιος για την καταναλωτική αγορά εμφανίζεται να είναι μια τεχνολογία αποκαλούμενη καθολική ADSL ή DSL LITE. Με βάση την τεχνολογία της εταιρείας AWARE INC, η DSL LITE παρέχει μια ασύμμετρη σύνδεση με βάση τις προηγούμενες αναφερθείσες ρυθμοαποδόσεις μέχρι και 1,5 Mbps για εισερχόμενες και μέχρι και 512 Kbps για εξερχόμενες. Η DSL LITE είναι "προσαρμοσμένη σε ποσοστιαία κλίμακα", που σημαίνει ότι οι ρυθμοαποδόσεις μπορούν να ποικίλουν δυναμικά για να προσαρμοστούν στις τοπικές συνθήκες. Η ποσοστό-προσαρμοστική φύση της DSL LITE της επιτρέπει να λειτουργήσει καλά στις καταναλωτικές καταστάσεις, δεδομένου ότι η απόσταση μειώνει το bandwidth παρά τη δημιουργία μιας κατάστασης όπου η σύνδεση είτε λειτουργεί σε μια υψηλή ρυθμοαπόδοση ή δεν λειτουργεί καθόλου.

Ένα σημαντικό γεγονός για την τεχνολογία DSL LITE είναι ότι τρέχει στα ζευγάρια καλωδίων χαλκού που υπάρχουν ήδη στα σπίτια τώρα και απαιτείται απλά μόνο ένα ειδικό μόντεμ και να μπορεί να υποστηριχθεί από την τηλεφωνική επιχείρηση. Πέρα από εκείνο το τυποποιημένο ζευγάρι των καλωδίων χαλκού, η DSL LITE παρέχει ταυτόχρονη υπηρεσία φωνής και σταθερή πρόσβαση στο Internet, δεν υπάρχει καμία ανάγκη να κάνουμε dial-up για να στείλουμε ή να λάβουμε τα μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Αυτό το "πάντοτε online" σύστημα της DSL είναι πιθανόν ένα από τα σημαντικότερα μέρη της τεχνολογίας για τις διαλογικές επικοινωνίες (interactive communications), επειδή, για πρώτη φορά, ο υπολογιστής μας μπορεί "να ειδοποιήσει" για να μας προειδοποιήσει για μια εισερχόμενη σύνδεση.

Οι προηγούμενες τεχνολογίες DSL απαιτήσαν έναν "θραύστη (splitter)" για να το επιτύχουν αυτό, ο θραύστης διέσπασε χώρια την κλήση φωνής από τα δεδομένα αλλά ήταν ακριβή η εγκατάστασή του, επειδή απαιτούσε μια επίσκεψη service (σε βιομηχανικούς όρους ονομάζεται "truck roll") από την τηλεφωνική επιχείρηση. Επειδή η DSL LITE μπορεί να χρησιμοποιήσει 500 kHz του φάσματος, το πρωτόκολλο αποφεύγει μόνο τη μερίδα φωνής από 0 έως 4 του σήματος για τα δεδομένα, εξαλείφοντας την ανάγκη για έναν θραύστη (splitter) και την εξουσιοδοτημένη επίσκεψη για service. Όταν το σήμα φθάνει στο κεντρικό γραφείο, το ειδικό υλικό DSL χωρίζει το σήμα φωνής από το σήμα δεδομένων και τα τροφοδοτεί στα υπάρχοντα δίκτυα φωνής και δεδομένων της τηλεφωνικής επιχείρησης, αντίστοιχα.

Εκτός από το όφελος για τον καταναλωτή, αυτό το πρότυπο έχει μεγάλα πλεονεκτήματα για τις τηλεφωνικές επιχειρήσεις από την άποψη του κόστους. Δεδομένου του τι έχουμε δει, είναι φανερό πόσο σπάταλο είναι να σταλούν τα δεδομένα μέσω ενός circuit-switched δικτύου όπως το δίκτυο φωνής. Με τη χρησιμοποίηση του δικτύου φωνής μόνο για τις κλήσεις φωνής και την αποστολή των δεδομένων μέσω ενός packet-switched δικτύου, οι τηλεφωνικές επιχειρήσεις κάνουν πιο αποδοτικότερη χρήση των υποδομών τους, η οποία είναι η στροφή που επιτρέπει σ' αυτούς να χρεώσουν πολύ χαμηλότερες τιμές από τις ειδάλως αναμενόμενες. Επιπλέον, οι τηλεφωνικές επιχειρήσεις έπρεπε να εγκαταστήσουν πρόσθετα ζευγάρια καλωδίων χαλκού τα οποία θα στήριζαν την απαιτούμενη χωρητικότητα έτσι ώστε να παρέχουν στους ανθρώπους δεύτερες τηλεφωνικές γραμμές για μόντεμ και μηχανές fax που έχουν γίνει πλέον στις μέρες μας τόσο δημοφιλείς. Ο συνδυασμός της φωνής και των δεδομένων όσον αφορά ένα ενιαίο ζευγάρι καλωδίων μπορεί να επιτρέψει στις τηλεφωνικές επιχειρήσεις για να ανακτήσουν μερικώς από το χαλκό αυτό που εγκαταστάθηκε σε προηγούμενες περιόδους και να το χρησιμοποιήσουν για νέους πελάτες, ελαχιστοποιώντας την ανάγκη να εγκατασταθούν περισσότερα καλώδια. Η τιμολόγηση για την υπηρεσία DSL LITE

προβλέπεται να κυμαίνεται γύρω στα \$40 ή περίπου 40 Ευρώ σε μηνιαία βάση. Εντούτοις, αυτό μπορεί να είναι για τις πιο αργές ρυθμοαποδόσεις και μπορεί ή δεν μπορεί να περιλαμβάνει την υπηρεσία Internet όπως γίνεται με τη σύνδεση. Μερικοί άνθρωποι πιστεύουν ότι η DSL LITE θα λύσει μόνο ένα μέρος του γενικού προβλήματος bandwidth με την παροχή πολύ περισσότερου bandwidth από το φορέα παροχής υπηρεσιών Internet στο χρήστη. Ακόμα υπάρχουν πολλές άλλες πιθανές δυσχέρειες (bottlenecks) στην κυκλοφορία στο Internet. Εκτός εάν ο φορέας παροχής υπηρεσιών Internet χρεώνει πολύ περισσότερο τους χρήστες στις γρηγορότερες συνδέσεις χρήσης ή βασίζει το ποσοστό στο πόσα δεδομένα μεταφέρονται πραγματικά, δεν θα είναι σε θέση να αντέξει οικονομικά ώστε να μπορεί εξαγοράσει ένα ικανοποιητικό ποσό bandwidth στο Internet. Θα φαινόταν σαν σύζευξη δύο μανικών πυρκαγιάς μαζί με μια τυποποιημένη μάνικα κήπων και θα αναρωτιόμασταν γιατί βγαίνει τόσο λίγο νερό .

Κυψελοειδείς επικοινωνίες (Κινητή Τηλεπικοινωνία): Το κυψελοειδές τηλέφωνο είναι η γρηγορότερη αυξανόμενη “μερίδα” του τηλεφωνικού συστήματος τα τελευταία χρόνια. Τα προηγούμενα συστήματα ραδιοτηλεφώνων δεν ήταν δημοφιλή επειδή μόνο μερικές συχνότητες ήταν διαθέσιμες, με μια ενιαία συσκευή αποστολής σημάτων και έναν δέκτη για μια ολόκληρη περιοχή, κατά συνέπεια μια λιγότερο από χούφτα κλήσεις θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί συγχρόνως. Τα κυψελοειδή τηλέφωνα λύνουν τη συμφόρηση που επιβάλλεται από τις περιορισμένες ραδιοσυχνότητες με το να επαναχρησιμοποιήσουν τις ίδιες συχνότητες επανειλημμένως έτσι ώστε πολλές χιλιάδες κλήσεις να μπορούν να πραγματοποιηθούν συγχρόνως.

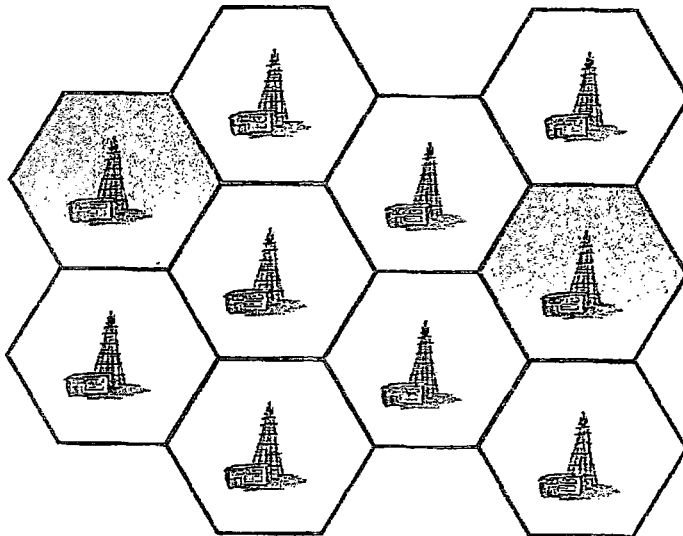
Το πιο κοινό κυψελοειδές σύστημα είναι το Προηγμένο Αναλογικό Κινητό Τηλεφωνικό Σύστημα (Advanced Mobile Phone System-AMPS). Το AMPS ορίζει ένα ζευγάρι 30 kHz FM αναλογικών καναλιών για κάθε κλήση, ένα κανάλι για το κυτταρικό τηλέφωνο (κινητό) που διαβιβάζει και άλλο ένα γι’ αυτό που λαμβάνει. Το bandwidth του τηλεφωνήματος είναι 3 kHz, λίγο λιγότερο από ένα τηλεφώνημα POTS. Τουλάχιστον ένας προμηθευτής χρησιμοποιεί μια στενή έκδοση ζωνών AMPS που εκτελεί τη συμπίεση συχνότητας, μειώνοντας το bandwidth των καναλιών στα 15 kHz και διπλασιάζοντας τον αριθμό των διαθέσιμων καναλιών. Λίγοι άνθρωποι μπορούν να ακούσουν-καταλάβουν τη διαφορά.

Στην κυψελοειδή ορολογία, ένα καλωδιακό POTS τηλέφωνο είναι ένα τηλέφωνο καλωδιώσεων. Όπως μπορούμε να δούμε στον πίνακα συχνοτήτων μετάδοσης και λήψης για τις ζώνες A και B (Band A και Band B) κατωτέρω, δύο σύνολα ζωνών συχνότητας πραγματοποιούν τις κλήσεις. Η δεύτερη ανάθεση συχνότητας προστέθηκε μετά από την αρχική προδιαγραφή για να επιτρέψει περισσότερα κανάλια. Η ζώνη A (Band A) είναι για το μεταφορέα καλωδιώσεων, ζώνη B (Band B) για το μεταφορέα μη-καλωδιώσεων. Επειδή τα κανάλια χωρίζονται από τη συχνότητα, η τεχνολογία AMPS περιγράφεται μερικές φορές ως πολλαπλάσια πρόσβαση τμήματος συχνότητας (Frequency Division Multiple Access-FDMA).

Με 30 kHz ανά κανάλι, κάθε κυψελοειδή κέντρο έχει 416 ζευγάρια διαθέσιμα, ένα ή δύο κανάλια, για οποιοδήποτε κυτταρικό-κινητό τηλέφωνο, χρησιμοποιούνται για να διαχειριστούν τις κλήσεις, τον προσδιορισμό των κυτταρικών-κινητών τηλεφώνων και την ανάθεση καναλιού για χρήση ώστε να πραγματοποιηθεί μια ιδιαίτερη κλήση, αντί της μεταφοράς ενός τηλεφωνήματος. Για να υποστηρίξουν χιλιάδες κλήσεις ταυτόχρονα, κάθε γεωγραφική περιοχή διαιρείται σε διαμορφωμένους εξαγωνικούς τομείς-κόμβους.

Κάθε τομέας-κόμβος περιέχει έναν σταθμό βάσεων, μια συσκευή 100 Watt συσκευή αποστολής και λήψης, η οποία βρίσκεται σε κάποια υψηλή θέση, όπως ένας πύργος, ένα κτήριο ή μια κορυφή υψώματος. Οι σταθμοί βάσεων σε μια περιοχή συνδέονται με και ελέγχονται από το Γραφείο Μετατροπής Κινητών Τηλεφώνων του Κυψελοειδούς Προμηθευτή (Mobile Telephone Switching Office-MTSO).

As you move in and out of a cell, your phone switches from one tower to the next.



Η εξαγωνική μορφή τομέων-κόμβων είναι εξιδανικευμένη για την επίπεδη έκταση, η μορφή μπορεί να ποικίλει κάποιες φορές και να μην είναι εξαγωνική έτσι ώστε να μπορεί να καλύψει ο τομέας-κόμβος και διάφορες απομακρυσμένες περιοχές, η ένταση του σταθμού βάσεων τότε, είναι μια από τις περιπτώσεις που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και πάνω από 100 Watt. Στις συχνότητες που χρησιμοποιούνται με κυτταρικά-κινητά τηλέφωνα, μεταξύ 824 και 894 MHz, το σήμα ταξιδεύει όπως και η οπτική μας επαφή. Ακριβώς όπως ένα τηλεφωνικό σύστημα καλωδιώσεων, τα κυψελοειδή τηλεφωνικά συστήματα είναι ακριβά για να υποδομηθούν και να λειτουργήσουν, οι κυψελοειδής ιστοί εγκαθίστανται εκεί όπου δικαιολογείται η οικοδόμησή τους, κατά πρώτο λόγο πάντοτε από τον αριθμό των χρηστών της κυτταρικής-κινητής τηλεπικοινωνίας. Κατά συνέπεια ολόκληρες πόλεις και οι εγκατεστημένες περιοχές μεταξύ των πόλεων εξυπηρετούνται σωστά, αλλά όχι και η αραιά εγκατεστημένη χώρα(“άγωνα γραμμή” κτλ).

Παρά ταύτα οι απομακρυσμένες-αραιοκατοικημένες περιοχές με τη σωστή έρευνα και υποδομή από τις εταιρείες κυτταρικής-κινητής τηλεπικοινωνίας μπορούν να εξυπηρετηθούν σωστά. Λόγω της τοπικής γεωγραφίας, η κάλυψη μπορεί να είναι ακανόνιστη, σε βαθιές κοιλάδες και μερικές φορές συμβαίνει και σε περιοχές μέσα σε μια πόλη. Η εμβέλεια ενός κυψελοειδούς τηλεφώνου εξαρτάται από τη δύναμη της συσκευής αποστολής σημάτων του, η υψηλή δύναμη δεν είναι δυνατή στα μικροσκοπικά τηλέφωνα που πολλοί χρήστες απαιτούν. Το MTSO κατευθύνει όλη τη δραστηριότητα κλήσης. Όταν ένα κυψελοειδές τηλέφωνο αρχίζει μια κλήση, στέλνει ένα αίτημα στο κανάλι ελέγχου για ένα ζευγάρι καναλιών, το οποίο ορίζεται από το MTSO.

Εάν μία κυψελοειδής τηλεφωνική επικοινωνία “κινείται” από το ένα κυτταρικό-κινητό τηλέφωνο προς ένα άλλο, το MTSO ακολουθεί τη θέση του σήματος που εκπέμπουν τα δύο τηλέφωνα που πραγματοποιούν την κλήση μέσω των παρακείμενων σταθμών και μεταφέρει τον έλεγχο της πραγματοποιούμενης κλήσης από τον έναν σταθμό βάσης σ’ έναν άλλο. Ο χρήστης θα δει συχνά μια ασήμαντη συνοπτική διακοπή σήματος κατά τη διάρκεια της μεταφοράς.

Λόγω της παρέμβασης αυτής (interference), μια συγκεκριμένη συχνότητα δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από δύο παρακείμενα “κύτταρα”, έτσι γίνεται κατανοητό ότι μόνο το ένα τέταρτο των ζευγαριών καναλιών είναι διαθέσιμο για ένα συγκεκριμένο κυτταρικό-κινητό τηλέφωνο. Επειδή ένα πολύ ισχυρό σήμα μπόρεσε να εκτείνει δύο κυτταρικά-κινητά τηλέφωνα και να προκαλέσει την παρέμβαση, το MTSO ρυθμίζει τη δύναμη συσκευών αποστολής σημάτων του κυψελοειδούς τηλεφώνου από 6,3 milliwatts σε 0,6 watt για ένα απλό κυτταρικό-κινητό τηλέφωνο ή 4 Watt για τα τηλέφωνα αυτοκινήτων. Η πολύ υψηλότερη δύναμη 100 Watt του σταθμού βάσεων επιτρέπει στο κυψελοειδές τηλέφωνο να έχει μια πολύ μικρή κεραία, ενώ η μεγάλη λαμβάνουσα κεραία στο σταθμό βάσεων μπορεί να πάρει το χαμηλό σήμα δύναμης από το κυψελοειδές τηλέφωνο.

Η κυψελοειδής τηλεφωνική χρήση είναι απαγορευμένη στα επιβατηγά αεροσκάφη επειδή η συσκευή αποστολής σημάτων μέσα στο τηλέφωνο να παρεμποδίσει τον εξοπλισμό των αεροσκαφών. Αρκετά, εκτός από το ζήτημα ασφάλειας, μια κυψελοειδής κλήση που πραγματοποιείται από ένα υψηλό ύψος τείνει να συγχύσει το κυψελοειδές σύστημα, “ενεργοποιώντας” πολλούς τομείς-κόμβους ταυτόχρονα. Το ίδιο φαινόμενο μπορεί να εμφανιστεί όταν γίνονται οι κλήσεις από τις κορυφές των βουνών που αγνοούν πολλοί τομείς-κόμβοι.

Το κυψελοειδές σχέδιο προσδιορίζει στο σύστημα την χωρητικότητά του, καθώς ο ρυθμός αύξησης της κυκλοφορίας κλήσεων μεγαλώνει, ο προμηθευτής παροχών κυψελοειδών επικοινωνιών μπορεί να χωρίσει τους τομείς-κόμβους σε όλο και μικρότερες μονάδες, επαναχρησιμοποιώντας τις ίδιες συχνότητες επανειλημμένως στις μικρότερες περιοχές. Τα ραδιοσυστήματα δεν λειτουργούν τέλεια, εντούτοις, ποικίλα προβλήματα περιπλέκουν τη διαδικασία στους κυτταρικούς-κινητούς τομείς-κόμβους. Εντούτοις, τα κυψελοειδή τηλεφωνικά συστήματα έχουν αποδειχθεί πρακτικά για τις συνομιλίες φωνής.

Στην αρχή του 1997, υπήρξαν περίπου 80 εκατομμύρια ασύρματοι τηλεφωνικοί χρήστες παγκοσμίως. Ο αριθμός κυψελοειδών τηλεφωνικών συνδρομητών αυξάνεται περίπου 30 τοις εκατό ετησίως.

Ψηφιακά κυψελοειδή συστήματα: Διάφορες ψηφιακές κυψελοειδείς τηλεφωνικές τεχνολογίες αυξάνουν τον αριθμό διαθέσιμων καναλιών σύμφωνα με το AMPS. Φυσικά, οι προμηθευτές κυψελοειδών επικοινωνιών θα μπορούσαν να αυξήσουν τον αποτελεσματικό αριθμό καναλιών με τη μείωση των μεγεθών κυτταρικών-κινητών τομέων-κόμβων, αλλά αυτό είναι ακριβότερο και έχει κάποια όρια. Η αύξηση του αριθμού καναλιών μπορεί να γίνει από την ημέρα που θα μειθούν οι κυτταρικοί-κυψελοειδής τομείς-κόμβοι. Λόγω της περιορισμένης χωρητικότητας των καναλιών, όλοι οι κυψελοειδείς προμηθευτές καταργούν σταδιακά το αναλογικό σύστημα AMPS, αν και η διαδικασία μπορεί να πάρει έτη και πολλά νέα τηλέφωνα AMPS φτιάχνονται ακόμα και πωλούνται. Μερικοί προμηθευτές κυψελοειδών επικοινωνιών χρεώνουν χαμηλότερα για τις ψηφιακές υπηρεσίες έτσι ώστε να ενθαρρύνουν τους χρήστες της κυτταρικής-

κινητής επικοινωνίας να μεταπηδήσουν στην ψηφιακή κυψελοειδή υπηρεσία υψηλότερης ικανότητας και χωρητικότητας. Επειδή πολλές περιοχές δεν έχουν την ψηφιακή υπηρεσία ακόμα, μερικά κυψελοειδή-κυτταρικά τηλέφωνα σχεδιάζονται με διπλό σύστημα λειτουργίας, χρησιμοποιώντας ψηφιακή όπου είναι δυνατόν και αναλογική επικοινωνία όταν χρειάζεται (dual-mode ή dual band).

Τα ψηφιακά κυψελοειδή συστήματα λειτουργούν με τον ίδιο βασικό τρόπο με τα AMPS, εκτός από το ότι οι πληροφορίες φωνής διαβιβάζονται ψηφιακά. Το MTSS ορίζει τα ψηφιακά καθώς και τα αναλογικά κανάλια για να αποτρέψει όπως απαιτείται την παρέμβαση(interference), ακριβώς όπως γίνεται σε ένα εξολοκλήρου αναλογικό σύστημα.

Ψηφιακές κυψελοειδείς τεχνολογίες: Η κυψελοειδής βιομηχανία έχει υιοθετήσει διάφορες ψηφιακές τεχνολογίες:

- Η Πολλαπλάσια Πρόσβαση Χρονικού Τμήματος (Time Division Multiple Access-TDMA) εγκαθίσταται από το ραδιόφωνο AT&T στη Βόρεια Αμερική.
- Η Πολλαπλάσια Πρόσβαση Τμήματος Κώδικα (Code Division Multiple Access-CDMA) εγκαθίσταται στις Ηνωμένες Πολιτείες από τους περισσότερους ανταγωνιστικούς μεταφορείς, συμπεριλαμβανομένων των μεταφορέων καλωδιώσεων.
- Ειδικός Κινητός Groupe (Groupe Special Mobile-GSM) είναι μια μορφή τεχνολογίας TDMA που χρησιμοποιείται ευρέως σε όλο τον κόσμο για τα ψηφιακά κυψελοειδή τηλέφωνα και χρησιμοποιείται στις Ηνωμένες Πολιτείες από μερικούς μεταφορείς PC.

Η TDMA χωρίζει κάθε αναλογικό κανάλι των 30 kHz σε τρία ανεξάρτητα τμήματα των 8 Kbps, τριπλασιάζοντας τον αποτελεσματικό αριθμό καναλιών. Η ψηφιακή διαμόρφωση στην TDMA είναι για τη φωνή μόνο και δεν μπορεί να χειριστεί δεδομένα, είτε στέλνεται ως σήμα μόντεμ από την τηλεφωνική σύνδεση ή είτε ως άμεση σύνδεση δεδομένων, αν και το πρωτόκολλο μπορεί να επεκταθεί στο μέλλον για άμεση σύνδεση δεδομένων.

Η CDMA χρησιμοποιεί το φάσμα για να τοποθετήσει 64 κανάλια σε 1,25 MHz του ραδιοφάσματος. Και τα 64 κανάλια χρησιμοποιούν το ίδιο φάσμα, με σχέδιο κωδικοποίησης συχνότητα που επιτρέπει στους δέκτες να διαχωρίσουν τα κανάλια. Τα ανεπιθύμητα κανάλια ενεργούν όπως ο θόρυβος, εάν όλα τα κανάλια είναι ενεργά, η ποιότητα σημάτων, το SNR(signal-to-noise-ratio), από τα επιθυμητά κανάλια υποβιβάζεται. Όταν οι χρήστες, καλούντες και μη, κλείνουν το τηλέφωνο, η ποιότητα των σημάτων βελτιώνεται. Η CDMA χειρίζεται την κύτταρο προς κύτταρο ή κινητό προς κινητό αποδέσμευση / μεταφορά κλήσης πιο κομψά απ' ότι η AMPS και η TDMA, πραγματοποιώντας νέα σύνδεση / κλήση πριν αποδεσμευτεί η παλαιά (handoff), εξαλείφοντας την παραμόρφωση του σήματος. Μερικές παραλλαγές της CDMA χρησιμοποιούνται από επιχειρήσεις PCS.

Η τεχνολογία GSM μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορες συχνότητες. Αυτή τη στιγμή υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι συστημάτων GSM, ας δούμε τον παρακάτω πίνακα που εξετάζονται οι συχνότητες μετάδοσης και λήψης που χρησιμοποιούνται από τις διαφορετικές παραλλαγές της GSM. Οι περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες μεταπηδούν στο GSM προσκολλημένες πάντα στις τυποποιημένες ευρωπαϊκές συχνότητες, αντικαθιστώντας τα έξι ασύμβατα αναλογικά κυψελοειδή συστήματα που είχαν

εγκατασταθεί νωρίτερα. Ένα τυποποιημένο τηλέφωνο GSM λειτουργεί στην Ευρώπη. Μια παραλλαγή υψηλότερης συχνότητας του GSM που ονομάζεται Προσωπικό Επικοινωνιακό Δίκτυο (Personal Communication Network-PCN) δουλεύει σε ζώνη υψηλότερης συχνότητας και λειτουργεί με χαμηλότερη ισχύ από το τυποποιημένο GSM. Το PCN αρχίζει να διατίθεται ευρέως σε Ευρώπη, Ασία και Ωκεανία. Το PCN μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι παρόμοιο με τις υπηρεσίες PCS στις Ηνωμένες Πολιτείες, πολλές από τις οποίες θα χρησιμοποιήσουν μια τρίτη παραλλαγή της GSM.

Transmit and Receive Frequencies Used
by Different GSM Variants

<i>GSM Variant</i>	<i>Cell Phone Transmit</i>	<i>Cell Phone Receive</i>
Europe standard	890–915 MHz	935–960 MHz
Europe PCN	1710–1785 MHz	1805–1880 MHz
United States PCS	1850–1910 MHz	1930–1990 MHz

Εάν χρησιμοποιούμε ένα κυψελοειδές τηλέφωνο έξω από την περιοχή καταχωρήθηκε αρχικά, κάνουμε αυτό που ονομάζεται *roaming*. Το *roaming* είναι γενικά δυνατό σε οποιαδήποτε περιοχή με ένα συμβατό κυψελοειδές πρωτόκολλο, το οποίο αποβάλλουν στις περισσότερες χώρες για τους ανθρώπους από τις Ηνωμένες Πολιτείες, αν και οι Αυστραλοί, παραδείγματος χάριν, μπορούν να κάνουν *roaming* χωρίς πρόβλημα στην Ευρώπη. Ούτε ένα τηλέφωνο δεν θα λειτουργήσει παντού επειδή κανένα κυψελοειδές πρωτόκολλο δεν λειτουργεί σε παγκόσμια εμβέλεια. Ένα τυποποιημένο πρότυπο θα μπορούσε να οικοδομηθεί, αλλά θα ήταν αναπόφευκτα μεγαλύτερο και ακριβότερο από ένα απλό πρωτόκολλο κυψελοειδούς τηλεφώνου.

Τα κυψελοειδή τηλέφωνα έχουν αποδειχθεί πολύ δημοφιλή παρά τις ιδιαίτερες δαπάνες που γενικότερα γίνονται και αρκετές φορές είναι περισσότερες απ' ό,τι αυτές των τηλεφώνων καλωδιώσεων. Στις περισσότερες περιοχές, οι χρήστες κυψελοειδών επικοινωνιών πληρώνουν όχι μόνο για τις κλήσεις που πραγματοποιούν αλλά και για τις κλήσεις που λαμβάνουν. Η πιο θεαματική αύξηση έχει πραγματοποιηθεί σε εκείνες τις λίγες περιοχές, όπως το Ισραήλ, οι οποίες ενθαρρύνουν τη χρήση κυψελοειδών-κινητών τηλέφωνα με το να καθορίζουν τις χρεώσεις αυτών των τηλεφώνων ελαφρώς υψηλότερα απ' ό,τι για τις χρεώσεις των καλωδιακών τηλεφώνων. Στο Ισραήλ, δεν υπάρχει καμία δαπάνη για τη λήψη των κλήσεων επειδή ο χρήστης πληρώνει πάντα, ακόμα κι όταν καλεί από ένα τηλέφωνο καλωδιώσεων.

Κυψελοειδείς μεταδόσεις δεδομένων: Σήμερα υπάρχουν διάφορες διαφορετικές μέθοδοι για να στείλουμε δεδομένα με τη χρήση μιας κυψελοειδούς τηλεφωνικής σύνδεσης. Η πιο εξοικειωμένη διαδρομή στην ασύρματη αποστολή δεδομένων είναι με χρήση συστήματος AMPS, το τυποποιημένο αναλογικό κυψελοειδές τηλεφωνικό σύστημα. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα συμβατικό μόντεμ καλωδιώσεων, αντί της σύνδεσης με μια τηλεφωνική πρίζα, συνδεόμαστε με ένα κυψελοειδές τηλέφωνο με μια πρίζα δεδομένων μέσω ενός κιβωτίου ή καλωδίου διεπαφών. Αυτές οι διεπαφές σχεδιάζονται για να λειτουργήσουν μόνο με συγκεκριμένες ζώνες (band) σημάτων των κυψελοειδών τηλεφώνων. Γι' αυτό σιγουρευόμαστε πρώτα να ταιριάξουμε με μια διεπαφή το κυψελοειδές τηλέφωνό μας πριν το αγοράσουμε.

Συνδυασμός δύο μόντεμ κυψελοειδών τηλεφωνικών συσκευών σχεδιάστηκε με σκοπό να διαχειριστεί δεδομένα. Ο Air Communicator από την εταιρεία Air

communications είναι ένα μεγάλο κυψελοειδές τηλέφωνο με ένα ενσωματωμένο μόντεμ. Το μέγεθος επιτρέπει στα στοιχεία κυκλώματος του μόντεμ και σε μια μπαταρία να λειτουργήσουν για περίπου μια δίωρη χρονική διάρκεια συζήτησης. Το Motorola UDS προσφέρει εξωτερικά μόντεμ και κάρτες PC που σχεδιάζονται συγκεκριμένα για τη λειτουργία στα δημοφιλή Flipτηλέφωνα μέσω της διεπαφής EC2 αυτών. Ο Air Communicator και τα προϊόντα της Motorola σχεδιάζονται για να αυξήσουν την ταχύτητα και να μειώσουν το ποσοστό λάθους με τον έλεγχο των επιπέδων σημάτων και με προσεχτική παρακολούθηση της ανταλλαγής δεδομένων. Και τα δύο προϊόντα μπορούν να λειτουργήσουν αποτελεσματικά, αλλά η απόδοσή τους θα ποικίλει απαραίτητα υπό συνθήκες. Επίσης και τα δύο θα λειτουργήσουν σαν μόντεμ καλωδιώσεων.

Μερικά μόντεμ πηγαίνουν ένα βήμα παραπέρα ενσωματώνοντας ένα ειδικό κυψελοειδές πρωτόκολλο λαθών-διορθώσεων που σχεδιάζεται για τη ραδιοεπικοινωνία. Η AT&ETC (Enhanced Throughput Cellular) παρέχει ρυθμοαποδόσεις τυπικά με ακτίνα στους 700 έως 1100 cps (Character Per Second), γενικά 20% με 30% γρηγορότερα από το παλαιότερο πρωτόκολλο Microcom -10. Το σπάνιο πρωτόκολλο ZyCellular παρουσιάζεται από την ETC σε διάφορες δοκιμές. Φυσικά, όλα αυτά τα πρωτόκολλα είναι ασύμβατα με το ένα άλλο. Τόσο τα μόντεμ αποστολής όσο και τα μόντεμ λήψης πρέπει να χρησιμοποιήσουν το ίδιο πρωτόκολλο για να αποκομίσουν το πραγματικό όφελος, (η ETC που εγκαθίστανται σε φορητά μόντεμ βοηθάει κάπως), διαφορετικά τα μόντεμ θα επανέλθουν σε λειτουργία V.42 ή ακόμα και σε V.32 χωρίς να υπάρχει το προνόμιο της διόρθωσης λάθους. Πολύ λίγα μόντεμ λήψης έχουν οποιοδήποτε από αυτά τα ειδικά πρωτόκολλα.

Υπάρχει ένας τρόπος να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα. Μερικές κυψελοειδείς υπηρεσίες έχουν εγκαταστήσει τις λίμνες μόντεμ (modem pools) στα κυψελοειδή δίκτυά τους. Όταν πραγματοποιούμε τις κλήσεις δεδομένων με ένα "πρόθεμα δεδομένων" π.χ (*210) , το κυψελοειδές σύστημα κατευθύνει την κλήση μας σε ένα μόντεμ στη λίμνη του, παρουσιάζει το φορητό μόντεμ μας με ένα κυψελοειδές πρωτόκολλο και παρουσιάζει το μόντεμ καλωδιώσεων που καλούμε με ένα τυποποιημένο V.42 πρωτόκολλο. Η εταιρεία Primary Access Corporation, ο κύριος προμηθευτής του λογισμικού λιμνών μόντεμ, υποστήριξε την ETC και το MNP-10. Μερικοί κυψελοειδείς προμηθευτές χρεώνουν για την πρόσβαση στη λίμνη μόντεμ. Ακόμα κι αν δεν χρησιμοποιούμε ένα κυψελοειδές πρωτόκολλο, μπορούμε να πάρουμε τη γρηγορότερη ρυθμοαπόδοση με τη χρησιμοποίηση της λίμνης μόντεμ, του οποίου οι συνδέσεις με καλώδια σχεδιάζονται για τα δεδομένα παρά για την υποστήριξη βελτιστοποιημένης φωνής. Οι λίμνες μόντεμ της εταιρείας Primary Access υποστηρίζουν επίσης το TX-CEL, μια διαδικασία αυξήσεων μόντεμ που λειτουργεί από κοινού με ένα κυψελοειδές πρωτόκολλο ή με ένα απλό V.42. Μόνο μερικά μόντεμ έχουν το TX-CEL εγκατεστημένο.

Οι περισσότεροι προμηθευτές κυψελοειδών επικοινωνιών θα εγκαταστήσουν τελικά τις λίμνες μόντεμ, για τώρα μπορεί να πρέπει να μετατρέψουμε τις κυψελοειδείς υπηρεσίες σε μερικές περιοχές. Μερικές δημόσιες επιχειρήσεις δικτύων δεδομένων, οι οποίες παρέχουν τις εγκαταστάσεις σύνδεσης για υπηρεσίες σε απευθείας σύνδεση, έχουν εγκαταστήσει μόντεμ σύμφωνα με ένα κυψελοειδές πρωτόκολλο.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες, το κόστος των κυψελοειδών κλήσεων κυμαίνεται από 25 έως 75 σέντ το λεπτό σε αντίθεση με μιας οποιαδήποτε μεγάλης απόστασης και σε

απευθείας σύνδεση χρέωσης, συν την χρέωση του roaming άμα είμαστε έξω από την κανονική περιοχή υπηρεσιών, σε χώρα του εξωτερικού. Κατά συνέπεια, ένα megabyte κοστίζει από 5\$ ή 5 Ευρω έως 25\$ ή 25 Ευρω για να μεταφερθεί, έναντι σε λιγότερο από δολάριο/ Ευρω ή ακόμα και τίποτα για μια τοπική καλωδιακή κλήση. Κάποιοι προμηθευτές κυψελοειδών επικοινωνιών προσφέρουν διακανονισμούς και κάνουν διάφορες προσφορές για τις κλήσεις δεδομένων. Επειδή πληρώνουμε εφ' όσον συνδεόμαστε, ανεξάρτητα εάν πραγματικά στέλνουμε ή λαμβάνουμε δεδομένα, πολλοί χρήστες λοιπόν προετοιμάζουν την εργασία τους εκ των προτέρων, πραγματοποιώντας κλήση για ελάχιστο χρόνο και μετά κάνουν αποδέσμευση κλήσης.

AMPS είναι η μόνη σημαντική ασύρματη υπηρεσία που χρεώνει με το λεπτό, άλλες υπηρεσίες διασπούν τα δεδομένα σε πακέτα και χρεώνουν με το πακέτο. Δεδομένου ότι χρεωνόμαστε μόνο για τα πακέτα των δεδομένων που στέλνουμε και λαμβάνουμε, δεν υπάρχει καμία ποινική ρήτρα όσον αφορά την χρέωση μας όταν παραμένουμε συνδεδεμένοι για ώρες. Κατά συνέπεια μπορούμε να διαβάσουμε και να γράψουμε τα μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου μας χωρίς να πρέπει να αποσυνδεθούμε.

Μια άλλη κατηγορία ασύρματης υπηρεσίας, η Κυψελοειδή Ψηφιακά Πακέτα Δεδομένων (Cellular Digital Packet Data-CDPD), λειτουργεί στην κυψελοειδή ζώνη(band) αλλά εργάζεται πολύ διαφορετικά από μια dial-up κυψελοειδή κλήση. Αντί της διατήρησης ενός συνεχούς μεταφορέα όπως στη σύνδεση καλωδιώσεων ή σε μια μόντεμ AMPS σύνδεση, ένα CDPD μόντεμ στέλνει και λαμβάνει μόνο όταν χρειάζεται, μαζεύοντας όλα τα δεδομένα όσον αφορά το υπάρχον κυψελοειδές τηλεφωνικό σύστημα με τη χρησιμοποίηση του σύντομου χρόνου στην αρχή των συνηθισμένων κυψελοειδών κλήσεων, (αλλά όχι τις σιωπηλές περιόδους μέσα σε μια κλήση), και μεταπηδώντας από το ένα κανάλι στο άλλο αυτόματα.

Όταν εγκαθιστάμε μια σύνδεση CDPD, το μόντεμ μας καταχωρείται μόνο του στην κοντινότερη κυψελοειδή συσκευή αποστολής σημάτων. Κάθε λεπτό ή δύο, η συσκευή αποστολής σημάτων μεταδίδει ραδιοφωνικά έναν κατάλογο από μόντεμ που έχει μηνύματα για μόντεμ που δεν έχουν κανένα εκκρεμές μήνυμα και μπορούν να απενεργοποιηθούν μέχρι την επόμενη ραδιοφωνική μετάδοση για να εξοικονομήσουν ενέργεια. Η μέγιστη ονομαστική ταχύτητα μετάδοσης είναι 19,2 Kbps, η τρέχουσα δοκιμή δείχνει ότι η ρυθμοαπόδοση δεδομένων είναι περίπου 800 cps (Character Per Second) στη χαρακτηριστική χρήση. Με μια σύνδεση CDPD, ο υπολογιστής σας συμπεριφέρεται σαν να είναι συνεχώς συνδεδεμένος με ένα TCP/IP δίκτυο μέσω του Internet. Η τιμολόγηση της CDPD ενθαρρύνει τα σύντομα μηνύματα. Πολλοί χρήστες μπορούν να προτιμήσουν την CDPD για το διαλογικό μήνυμα αλλά να πηγαίνουν σε μια σύνδεση AMPS για τα μεγάλα μεγέθους αρχεία.

Χρησιμοποίηση ενός μόντεμ καλωδιώσεων σε μια κυψελοειδή σύνδεση: Τα περισσότερα μόντεμ καλωδιώσεων δεν έχουν καμία ειδική παροχή για τα κυψελοειδή τηλεφωνήματα και συνήθως λειτουργούν αργά ή συχνά καθόλου. Πρέπει να συνδεόμαστε στατικά και να αποφεύγουμε τους μέγιστους χρόνους κλήσης, όταν η ποιότητα σημάτων υποβιβάζεται. Οι μηχανικοί της Motorola προτείνουν να επανεγκαταστήσουμε το μόντεμ μας για μια κυψελοειδή κλήση:

- Σιγουρευόμαστε ότι το λογισμικό λειτουργεί σε τυποποιημένη V.42 σύνδεση.
- Καθορίζουμε τον κατάλογο S7, δηλαδή πόσο χρονικό διάστημα θα περιμένει το μόντεμ για ένα τόνο κλήσης (dialtone) κατά τη διάρκεια της

εγκαθίδρυσης της κλήσης, σε 90 δευτερόλεπτα (η προεπιλογή είναι συνήθως 50 δευτερόλεπτα). Οι κυψελοειδείς κλήσεις μπορούν να πάρουν χρόνο για να πραγματοποιηθούν.

- Καθορίζουμε τον κατάλογο S10, δηλαδή πόσο χρονικό διάστημα το μόντεμ θα αγνοήσει την απώλεια του σήματος των μεταφορέων, σε πέντε δευτερόλεπτα ή περισσότερο (η προεπιλογή είναι συνήθως 1,4 δευτερόλεπτα). Αυτό μπορεί να βοηθήσει στο να κρατήσει το μόντεμ από το να αποδεσμεύσει την κλήση κατά τη διάρκεια μιας μεταφοράς (handoff) από ένα τομέα-κόμβο σ' έναν άλλο, που μπορεί να εμφανιστεί ακόμα και όταν δεν κινούμαστε.
- Χαμηλώνουμε το επίπεδο μετάδοσης. Τα κυψελοειδή τηλέφωνα προσπαθούν να καταστήσουν τις συνομιλίες όσο το δυνατόν δυνατότερες έτσι ώστε να υπερνικήσουν το θόρυβο, μια στρατηγική που τείνει να ψαλιδίσει (να διαστρεβλώσει-distort) τα σήματα των μόντεμ. Μερικά μόντεμ υποστηρίζουν τη λειτουργία με μια εντολή &L1 που κόβει το επίπεδο μετάδοσης κατά 3 dB. Αλλά πολλά μόντεμ στερούνται οποιοδήποτε ελέγχου μετάδοσης.

Ακόμα και μετά από τη ρύθμιση, μια κυψελοειδής σύνδεση μπορεί να μην λειτουργήσει καλά επειδή το μόντεμ και το κυψελοειδές τηλέφωνο δεν μπορούν να λειτουργήσουν μαζί βέλτιστα, μια ρυθμοαπόδοση 200-300 χαρακτήρων ανά δευτερόλεπτο (cps) είναι χαρακτηριστική. (Χρησιμοποιούμε το cps περισσότερο παρά τα bits per second επειδή η ρυθμοαπόδοση είναι συχνά πολύ πιο αργή από την προφανή ταχύτητα σύνδεσης).

Άλλες επιλογές κυψελοειδών δεδομένων: Άλλες ψηφιακές υπηρεσίες είναι επικείμενες. Οι ψηφιακές κλήσεις φωνής που οι προμηθευτές κυψελοειδών επικοινωνιών προωθούν τώρα, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για δεδομένα, επειδή οι μέθοδοι κωδικοποίησης σχεδιάζονται αποκλειστικά για φωνή. Στο μέλλον, μια ψηφιακή dial-up υπηρεσία για δεδομένα στις κυψελοειδείς συχνότητες θα μπορούσε να αναπτύξει δραστηριότητες με αρκετά υψηλή ταχύτητα. Σήμερα με τον καθένα προμηθευτή κυψελοειδών επικοινωνιών να κοιτάζει στις τεχνολογίες τρίτης γενιάς που υπόσχονται παροχή ρυθμοαποδόσεων μέχρι 2 Mbps, αν και αυτό το επίπεδο bandwidth πιθανώς δεν θα είναι διαθέσιμο για αρκετά χρόνια το ναυρίτερο.

Μπίπερ-Βομβητές: Οι βομβητές αντιπροσωπεύουν άλλη μια από σημείο σε σημείο (point-to-point) υπηρεσία επικοινωνιών, πολύ φτηνότερη και απλούστερη από τα κυψελοειδή τηλέφωνα. Τα συστήματα βομβητών χρησιμοποιούν διάφορες κεραιές για να εξυπηρετήσουν μια μητροπολιτική περιοχή, οι κεραιές μπορούν να τοποθετηθούν σε μια λοφώδη ή ορεινή έκταση. Η κεραιά στέλνει σύντομα μηνύματα στους βομβητές και μικροί δέκτες που λειτουργούν με μπαταρία και χαρακτηριστική οθόνη μιας γραμμής παρουσιάζουν το μήνυμα με 10 έως 20 ψηφία. Οι απλούστεροι βομβητές, δεν είναι πλέον δημοφιλείς, δεν παρουσιάζουν πλέον κάποιο μήνυμα απλώς ηχούν ή δονούνται σε κάποιο ραδιοσήμα που λαμβάνουν και εμφανίζουν κάποιον αριθμό.

Περίπου 90 τοις εκατό των βομβητών μπορούν να λάβουν μόνο αριθμούς. Το υπόλοιπο ποσοστό των βομβητών μπορεί να λάβει αλφανουμερικά (και γράμματα και αριθμούς) μηνύματα μέχρι και 80 χαρακτήρες σε χωρητικότητα. Η μεγάλη πλειοψηφία των βομβητών είναι ενός δρόμου. Επειδή δεν μπορούν να αναγνωρίσουν την λήψη ενός

μηνύματος, τα μπίπερ στέλνουν τυπικά μηνύματα αρκετές φορές σε περίπτωση προβλημάτων υποδοχής.

Οι βομβητές λειτουργούν ως σύστημα αποθήκευσης και μεταβίβασης (store-and-forward system): τα εισερχόμενα μηνύματα αποθηκεύονται εν συντομία και διαβιβάζονται έπειτα. Τα μηνύματα βομβητών είναι τυπικά πολύ σύντομα, τα πιο συχνά μπορούν να αποτελούνται μόνο από έναν αριθμό τηλεφώνου.

Οι μονάδες μπίπερ μπορούν να λάβουν τους αλφανουμερικούς χαρακτήρες, αλλά μέχρι πρόσφατα είχαν στερηθεί το προνόμιο ενός πληκτρολόγιου, έτσι η απάντηση επιλέγονταν χαρακτηριστικά από διάφορες δυνατότητες που περιλαμβάνονταν στο ίδιο το μήνυμα όπως π.χ. ("Μπορείς να συναντηθούμε στις 9:10 ΠΜ"). Οι βομβητές δύο δρόμων με πληκτρολόγιο ή εκείνοι που λειτουργούν ως εξαρτήματα για lap-top υπολογιστές ή σαν προσωπικοί ψηφιακοί βοηθοί, επιτρέπουν πλήρεις απαντήσεις σε μηνύματα. Μόνο ένα σύστημα μπίπερ δύο δρόμων μπορεί να εξασφαλίσει ότι ένα μήνυμα μπίπερ έχει παραληφθεί.

Μηχανές Fax: Τα συστήματα fax στέλνουν ένα αντίγραφο ενός εγγράφου μέσω τηλεφωνικής γραμμής. Τα συστήματα fax έχουν γίνει δημοφιλή καθώς χρησιμοποιούν τηλεφωνικές γραμμές και η αποστολή εγγράφων μέσω συστημάτων φαξ πολύ εύκολη: τοποθετούμε απλά το έγγραφο στη μηχανή fax, πληκτολογούμε στο καντράν του συστήματος μας τον αριθμό του συστήματος fax στο οποίο θέλουμε να σταλεί και πατάμε το πλήκτρο ΕΝΑΡΞΗ, και αυτό είναι όλο. Ο καθένας ξέρει πώς να σχηματίσει έναν τηλεφωνικό αριθμό και οι περισσότεροι άνθρωποι εξοικειώνονται με τα φωτοτυπικά μηχανήματα. Το σύστημα fax φαίνεται να λειτουργεί όπως μια ασύρματη μηχανή αντιγραφής. Αν και το σύστημα fax είναι μια ψηφιακή διαδικασία, (υπό την έννοια ότι η μηχανή fax σκανάρει το έγγραφο και μετατρέπει την εικόνα σε μια ακολουθία από bits για τη μετάδοση του fax), φαίνεται συνήθως πως είναι περισσότερο αναλογικό επειδή παραλαμβάνεται σε έντυπη μορφή. Εκτός εάν χρησιμοποιούμε ένα fax πρόγραμμα υπολογιστών, δεν μπορούμε να ξαναστείλουμε fax χωρίς να ξανασκανάρουμε το έγγραφο, κάτι που μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στην ποιότητα της εικόνας του εγγράφου.

Τα περισσότερα μόντεμ υπολογιστών που πωλούνται σήμερα περιέχουν και λογισμικό fax, επιτρέποντας σ' αυτά να μπορούν στέλνουν και να λαμβάνουν έγγραφα σε μορφή fax. Ένα fax μόντεμ είναι πιο γρήγορο από μια μηχανή fax και έχει πλεονεκτήματά. Επειδή πολλά έγγραφα δημιουργούνται σε έναν υπολογιστή, είναι σπάταλο και χρονοβόρο να εκτυπωθεί ένα αντίγραφο ενός εγγράφου και κατόπιν να σταλθεί από μια κανονική μηχανή fax πριν ανακυκλωθεί ξανά στο αρχικό έγγραφο fax. Με ένα fax μόντεμ, μπορούμε απλά να στείλουμε fax άμεσα από τον υπολογιστή, εξαλείφοντας ένα βήμα από τη fax διαδικασία. Επιπλέον, η λήψη των fax μπορεί μερικές φορές να λειτουργήσει καλύτερα μέσω ενός fax μόντεμ, επειδή μπορούμε να εξετάσουμε το fax πριν αποφασίσουμε εάν πρέπει ή όχι να τυπώσουμε. Μερικές φορές η εκτύπωση είναι απαραίτητη προκειμένου να επιτύχουμε να είναι ευανάγνωστο το fax έγγραφο, δεδομένου ότι η ανάλυση στο χαρτί μπορεί να είναι υψηλότερη απ' ότι στην οθόνη.

Οι περισσότερες μηχανές fax και fax μόντεμ που πωλούνται σήμερα χρησιμοποιούν τα V.17 πρότυπα για τη μετάδοση. Αυτό επιτρέπει 14,4 Kbps ρυθμοαποδόσεις, αν και επιφυλάσσουν και χαμηλότερες ρυθμοαποδόσεις, ειδικά τα 9600 Kbps που είναι κοινά για τη μεγαλύτερη πλειοψηφία των μηχανών, είναι διαθέσιμα εάν η ποιότητα των γραμμών υποβιβάζεται ή η συσκευή αντιμετωπίζει έναν παλαιότερο και

πιο αργό μοντέλο. Όπως με τα κανονικά μόντεμ, ένα ζευγάρι μηχανών fax ή fax μόντεμ διαβιβάζουν στη χαμηλότερη κοινή ρυθμοαπόδοση. Ο πίνακας προτύπων fax, που παρουσιάζεται παρακάτω, παρουσιάζει τη ρυθμοαπόδοση για κάθε Διεθνής Ένωσης Τηλεπικοινωνιών (International Telecommunications Union-ITU) πρότυπο.

Fax Standards	
<i>ITU Standard</i>	<i>Throughput</i>
V.17	14.4 Kbps, with fallback to 12 Kbps
V.29	9600 bps, with fallback to 7200 bps
V.27ter	4800 bps, with fallback to 2400 bps
V.21	300 bps

Τελικά μια βασική έννοια είναι η διάκριση μεταξύ των circuit-switched δικτύων, όπου μας "ανήκει" ένα ολόκληρο κύκλωμα κατά τη διάρκεια της χρήσης ασχέτως εάν οποιεσδήποτε πληροφορίες ρέουν ή όχι από τη σύνδεση, και τα packet-switched δίκτυα όπως το Internet, όπου μόνο "χρησιμοποιούμε" τη σύνδεση όταν ένα πακέτο δεδομένων μεταφέρεται. Τα circuit-switched δίκτυα λειτουργούν καλά για τις συνομιλίες φωνής και σε άλλες χρήσεις όπου η μεταφορά δεδομένων είναι σταθερή. Τα packet-switched δίκτυα κάνουν πολύ αποδοτικότερη χρήση του bandwidth στις καταστάσεις όπου τα δεδομένα είναι bursty.

Το Internet είναι ουσιαστικά ένα δίκτυο packet-switched δικτύων και το burstiness είναι ακριβώς ένα από πολλά ζητήματα που περιπλέκουν τον τρόπο που οι άνθρωποι σκέφτονται για το bandwidth αυτού.

Κεφάλαιο 6 Το Bandwidth και το Internet

Το πιο κοινό μέτρο του bandwidth στο Internet είναι τα bits ανά δευτερόλεπτο, μετρώντας δηλαδή πόσοι άσσοι ή μηδενικά μπορούν να παραδοθούν σε ένα απλό tick του δεύτερου δείκτη του ρολογιού. Πολλαπλασιασμένο με 1024 σε kilobits ανά δευτερόλεπτο, είναι το μέτρο της ρυθμοαπόδοσης του μόντεμ μας. Και καθώς όλο και περισσότερη συζήτηση γίνεται για το bandwidth, τα άρθρα στην εφημερίδα και τα γενικού ενδιαφέροντος περιοδικά παρουσιάζουν προς τα έξω πιο πολύ το bandwidth να προσδιορίζεται σε megabit-ανά-δευτερόλεπτο. Αλλά σπάνια είναι οι αριθμοί καθαροί ή απλοί όσο φαίνονται. Επειδή η δομή του Internet περιπλέκει τον υπολογισμό του bandwidth, πολλές αξιώσεις γίνονται σε ελάχιστα περισσότερο ποσοστό απ' ότι ένα αυτοκίνητο φτάνει τα 100 χιλιόμετρα με ένα γαλόνι βενζίνη χωρίς να αναφερθεί ότι η μέτρηση λήφθηκε για μια στιγμή ενώ το αυτοκίνητο έτρεχε σε μια κατηφόρα.

Σύγχυση Μετάδοσης (Transmitting Confusion): Για παράδειγμα, ας εξετάσουμε το αποκαλούμενο 10 megabit Ethernet που χρησιμοποιείται για μερικές προσωρινές συνδέσεις καλωδιακών μόντεμ στο Internet. Ηχεί σαν να μπορούσε να παραδώσει 10 megabit δεδομένων ανά δευτερόλεπτο, το οποίο είναι σαφώς καλύτερο από ακόμη και το

γρηγορότερο τυποποιημένο μόντεμ. Αλλά εκείνος ο αθώος αριθμός των 10 megabit αποδεικνύεται ότι είναι πολύ απλός.

Για τα “ανοιχτήρια”, εκείνα τα 10 megabit περιλαμβάνουν όλα τα είδη της υποχρεωτικής οικοκυρικής που το σύστημα πρέπει να περιλάβει μαζί με τις πραγματικές πληροφορίες, έτσι ώστε μπορεί να στείλει τα δεδομένα κατά μήκος του σωστού μονοπατιού. Υπάρχουν επικεφαλίδες και υποσημειώσεις που ανέρχονται σε ουσιαστικούς αριθμούς από άσσους και μηδενικά, κι ας μην αναφέρουμε μερικά υποχρεωτικά διαστήματα της σιωπής και των πρόσθετων καθυστερήσεων που συμβαίνουν όταν το ένα κομμάτι δεδομένων συγκρούεται μ’ ένα άλλο. Το αποτέλεσμα είναι ότι το ακατέργαστο bandwidth είναι 10 megabit ανά δευτερόλεπτο, η ρυθμοαπόδοση ή το χρήσιμο bandwidth, το ποσό σημαντικών δεδομένων που μπορούμε να μεταδώσουμε, είναι περισσότερο σαν 4 megabit ανά δευτερόλεπτο στην καλύτερη περίπτωση και σπάνια ακόμη μπορεί να φτάσει σε 3.

Αυτή η σύγχυση των ακατέργαστων δεδομένων με πραγματική ρυθμοαπόδοση είναι μόνο η αρχή. Το δεύτερο σημείο είναι ότι όλοι οι χρήστες στο σύστημα μοιράζονται το bandwidth. Εάν είμαστε ο πρώτος που κάνει sign in και log on με τον υπολογιστή μας, όλο το bandwidth μας ορίζεται σε μας και έχουμε αποκτήσει πιθανώς καλό πλεονέκτημα. Αλλά η εικόνα αλλάζει ριζικά μόλις κάνουν sign in εκατό ή χίλιοι από τους γείτονές μας και αρχίζουν να κάνουν επίσης log on όταν κάνουμε κι εμείς. Όλα εκείνα τα πακέτα δεδομένων που θέλουμε να στείλουμε και να λάβουμε πρέπει να μοιραστούν το bandwidth με τα πακέτα δεδομένων που πηγαίνουν στους άλλους ή που μπορεί να έρχονται από αυτούς. Συντομότερα ή αργότερα, η σύνδεσή μας μπορεί να επιβραδυνθεί σημαντικά.

Αυτός είναι μετά βίας ο μόνος παραπλανητικός αριθμός στον κόσμο του ψηφιακού bandwidth. Δεδομένου ότι έχουμε δει τα αποκαλούμενα 56K μόντεμ να μπορούν να λειτουργήσουν σε 56 kilobits ανά δευτερόλεπτο, αλλά σε πραγματικό χρόνο δεν μπορούν να επιτύχουν εκείνη την ταχύτητα με πληροφορίες που λαμβάνουν και όταν έρχεται η στιγμή της διαβίβασης / μετάδοσης πληροφοριών, λειτουργούν σε κατά προσέγγιση μισή από εκείνη την ταχύτητα. Και αυτό παραθέτει στις καλύτερες συνδέσεις, “καθαρές” τηλεφωνικές γραμμές, που είναι συχνά μη διαθέσιμες.

Ταξινόμηση του bandwidth στο Internet: Υπάρχουν αρκετοί διαφορετικοί τρόποι ταξινόμησης του bandwidth στο Internet:

- **Bursty bandwidth:** Οι περισσότερες από τις πληροφορίες που εξετάζουμε με τους υπολογιστές μας μπορούν να σταλούν με σύντομες “εκρήξεις (bursts)” με λίγα προβλήματα. Όταν διαβάζουμε ένα μήνυμα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, πραγματικά δεν μας νοιάζει εάν διαβιβάστηκε/ μεταδόθηκε σε δύο ή πενήντα ή χίλια μέρη. Ούτε μας νοιάζει πόσα μεταδόθηκαν αμέσως. Το σημαντικό πράγμα είναι ότι το μήνυμα έφθασε τελικά στο inbox (χώρος εισερχόμενων μηνυμάτων) μας και επανασυρμολογήθηκε στην κατάλληλη μορφή εξόδου. Μέσα στα όρια, το ίδιο πράγμα ισχύει και για τις ιστοσελίδες. Θα ήταν καλό εάν μια ιστοσελίδα “απεικονιζόταν” επακριβώς επάνω στην οθόνη του υπολογιστή στο σύνολο της, αλλά το γεγονός είναι ότι ένα μέρος εμφανίζεται πρώτο, και έπειτα το επόμενο, και έπειτα το επόμενο, δεν είναι συνήθως καμία μεγάλη διαδικασία, ιδιαίτερα εάν η αναμονή δεν είναι μεγάλης χρονικής διάρκειας. Μερικοί πρώτοι Web browsers συνέλεξαν όλα τα απαραίτητα δεδομένα για να επιδείξουν μια

ιστοσελίδα πριν την απεικονίσουν στην οθόνη. Αν και με αυτό νομίζαμε μερικές φορές ότι έκανε τις ιστοσελίδες να επιδεικνύονται σε όλη τους τη μορφή πιο γρήγορα, η τεχνική απέδειξε ότι επιβράδυνε τους περισσότερους χρήστες, επειδή οι άνθρωποι προτιμούν συχνά να μην περιμένουν όλα τα μέρη μιας ιστοσελίδας να απεικονιστούν πριν κλικάρουν πάνω σ' ένα σύνδεσμο (link) που υπάρχει στην ιστοσελίδα και προχωρήσουν σε άλλη ιστοσελίδα. Ακόμα κι όταν κάνουμε download ένα videoclip που θα το σώσουμε ως αρχείο για μελλοντική χρήση, το bursty bandwidth μας εξυπηρετεί μια χαρά.

- **Streaming bandwidth:** Μερικές μορφές επικοινωνιών επιζητούν συνοχή. Εάν το βίντεο ή ο ήχος ενός τηλεσυνέδριου διακόπτεται, οι πληροφορίες χάνονται και οι συσκευτόμενοι ενοχλούνται. Εάν παίζουμε ένα online παιχνίδι, δεν θα είμαστε ευτυχείς εάν οι απαντήσεις-ανταποκρίσεις μας φθάνουν "συντομότερα ή αργότερα". Σε αυτές τις περιπτώσεις θέλουμε bandwidth το οποίο να είναι όσο γίνεται κοντά σε ένα συνεχές ρεύμα δεδομένων, και γι' αυτό το λόγο είναι γνωστό σαν bandwidth "ροής" ή streaming bandwidth.
- **Εγγυημένο bandwidth-Guaranteed bandwidth:** Εάν είμαστε πρόθυμοι να πληρώσουμε για το προνόμιο της σιγουριάς ότι τα πακέτα μας παραδίδονται καθαρά και εγκαίρως, είναι δυνατό να πετύχουμε. Ένα αφιερωμένο κύκλωμα πρέπει να φροντίσει το πρόβλημα. Για τώρα, δεν υπάρχει κανένας τρόπος να εγγυηθούμε για το bandwidth όταν ταξιδεύουν τα πακέτα μας μέσω του Internet, αλλά αυτό μπορεί σύντομα να αλλάξει.
- **Bandwidth ραδιοφωνικής μετάδοσης-Broadcast bandwidth:** Μια άλλη μορφή bandwidth που μόλις αρχίζει να είναι δυνατή στο Internet είναι μέσω της ραδιοφωνικής μετάδοσης. Είναι μια έννοια περίπου σαν την τηλεοπτική μετάδοση: τα δεδομένα προέρχονται από ένα σημείο και ταξιδεύουν σε πολλά άλλα σημεία αμέσως. Δεν αξίζει τίποτα που αντίθετα με τους άλλους τύπους bandwidth στο Internet, αυτός δεν προσφέρει κανένα κανάλι επιστροφής για την αλληλεπίδραση με τον αποστολέα. Είναι η "καυτή πατάτα" του bandwidth.

Πόσο όμως χρειάζεται για να πραγματοποιηθεί αυτό; Ας ρίξουμε μια γρήγορη ματιά στα bandwidth που είναι σε κοινή χρήση σήμερα για διάφορους τύπους δραστηριοτήτων και ας δείτε πώς μπορούν να εφαρμοστούν στο Internet. Μια καλή αφετηρία για να αρχίσουν είναι οι υπηρεσίες POTS, Plain Old Telephone Service. Ο λόγος που είναι καλή αφετηρία για να αρχίσουν είναι ότι στον κόσμο του bandwidth, πολλά πράγματα εκφράζονται σαν πολλαπλάσια του κυκλώματος POTS. Δεδομένου αυτών που έχουμε αναφέρει μια απλή τηλεφωνική γραμμή μπορεί να ανέρχεται σε 64 kilobits ανά δευτερόλεπτο ή Kbps.

Αργοί τύποι δεδομένων: Ο ακόλουθος πίνακας αργών τύπων δεδομένων μας δείχνει ότι ένα ψηφιακό τηλέφωνο κυττάρων μπορεί να υποστηρίξει τη συνομιλία μας σε ακριβώς 8 Kbps και ένα χαρακτηριστικό PCS τηλέφωνο κυτταρικό-κινητό (Personal Communication Services) θα μας υποστηρίξει για μόνο 9,6 kbps. Ας θυμηθούμε, ότι μια γραμμή POTS δίνει στη φωνή μας μία φυσικότητα μετάδοσης με bandwidth 64 Kbps, έτσι εάν έχουμε αναρωτηθεί γιατί τα κυτταρικά-κινητά τηλέφωνα ηχούν κάπως χειρότερα από τα τυποποιημένα τηλέφωνα, μάθαμε μόλις ένα μεγάλο μέρος της

απάντησης. Μπορείτε να κάνουμε τη συνεδρίαση μέσω video με πιο αργά ποσοστά δεδομένων από 96 Kbps, αλλά αυτό το ποσοστό έχει θεωρηθεί γενικά απόλυτα ελάχιστο για οτιδήποτε που δεν θα μπορεί να τεντώσει τα μάτια και τα αυτιά σας.

Slow Data Types

<i>Data Type</i>	<i>Required Bandwidth</i>
Digital cell phone	8 Kbps stream
PCS cell phone	9.6 Kbps stream
RealAudio (poor sound)	14.4 Kbps stream
Minimal Web browsing	28.8 Kbps burst
Voice circuit (POTS)	64 Kbps stream
Minimal videoconferencing	96 Kbps stream

Αργές συνδέσεις: Ο πίνακας αργών συνδέσεων παρουσιάζει παρακάτω μερικώς από τους πιο αργούς τρόπους με τους οποίους οι άνθρωποι συνδέονται με το Internet. Συνδυασμένος με τον προηγούμενο πίνακα, προτείνει ότι το Internet μπορεί να εξυπηρετήσει επαρκώς μερικά είδη δεδομένων. Παραδείγματος χάριν, εάν το ψηφιακό κυτταρικό-κινητό τηλέφωνο μπορεί να ανταπεξέλθει με λιγότερο από 10 Kbps bandwidth για τη φωνή, φαίνεται λογικό ότι ο ήχος μπορεί να λειτουργήσει μέσω του Internet και με 14,4 Kbps μόντεμ, και όπως τα πραγματικά ακουστικά και άλλα συστήματα Internet για τον ήχο έχουν παρουσιάσει, μάλλον μπορεί.

Slow Connections

<i>Connection Type</i>	<i>Bandwidth Provided</i>
Analog modem	33.6 Kbps
"56K" modem	45-56 Kbps
ISDN-1B (single circuit)	64 Kbps
ISDN-2B (dual circuit)	128 Kbps

Αλλά ας θυμηθούμε, ότι το κυτταρικό-κινητό τηλέφωνο "είναι κύριο" του κυκλώματος, έτσι ώστε οι πληροφορίες μπορούν "να ρέουν" χωρίς την ανησυχία για άλλα δεδομένα στη γραμμή. Τα πραγματικά ακουστικά και παρόμοια συστήματα δεν μπορούν να είναι σίγουρα ότι όλα τα πακέτα θα φθάσουν εγκαίρως. Έτσι χρησιμοποιούν ένα από πολλά τεχνάσματα που υιοθετούνται για να αντιμετωπίσουν αυτό το πρόβλημα: μας κάνουν βάζουν λίγο στην αναμονή ενώ φορτώνουν μια δέσμη των πακέτων σε έναν απομονωτή (buffer) προτού ο ήχος αρχίσει να αναπαράγεται. Η ιδέα είναι να δοθεί στο ακουστικό σύστημα μια έναρξη έτσι ώστε σε οποιαδήποτε δεδομένη στιγμή να υπάρξει μια δέσμη πακέτων που αναμένει, και ενώ παίζουν, αρκετές δέσμες πακέτων θα ετοιμάζονται έτσι ώστε να διατηρήσουν την "παραίτηση" της ροής των πακέτων. Αυτό λειτουργεί συχνά αρκετά, αλλά μερικές φορές το σύστημα θα επιδείξει ένα μήνυμα "καθαρής συμφόρησης δικτύου" και θα σταματήσει να λειτουργεί. Μετάφραση: τα πακέτα δεν ήρθαν αρκετά γρήγορα ώστε να διατηρηθεί η ροή των πακέτων, παρακαλώ περιμένετε έως ότου φθάσουν περισσότερα.

Το χαμηλό bandwidth μπορεί να είναι αποδεκτό για το Web browsing, επειδή πολλές ιστοσελίδες είναι συνήθως μόνο με κείμενο και μπορούν να μας παραδοθούν γρήγορα. Αλλά τα μεγάλα αρχεία με πολλά γραφικά επιζητούν περισσότερο bandwidth, και ειδικά τα βίντεο. Τεχνικές για συμπίεση εικόνων και βίντεο σε μικρότερα ποσά δεδομένων μπορούν να βοηθήσουν, αλλά το βίντεο στις αργές συνδέσεις, όπου η ροή δεν

είναι εγγυημένη, συνήθως φαίνεται κακό ανεξάρτητα από το πόση συμπίεση έχει εφαρμοστεί.

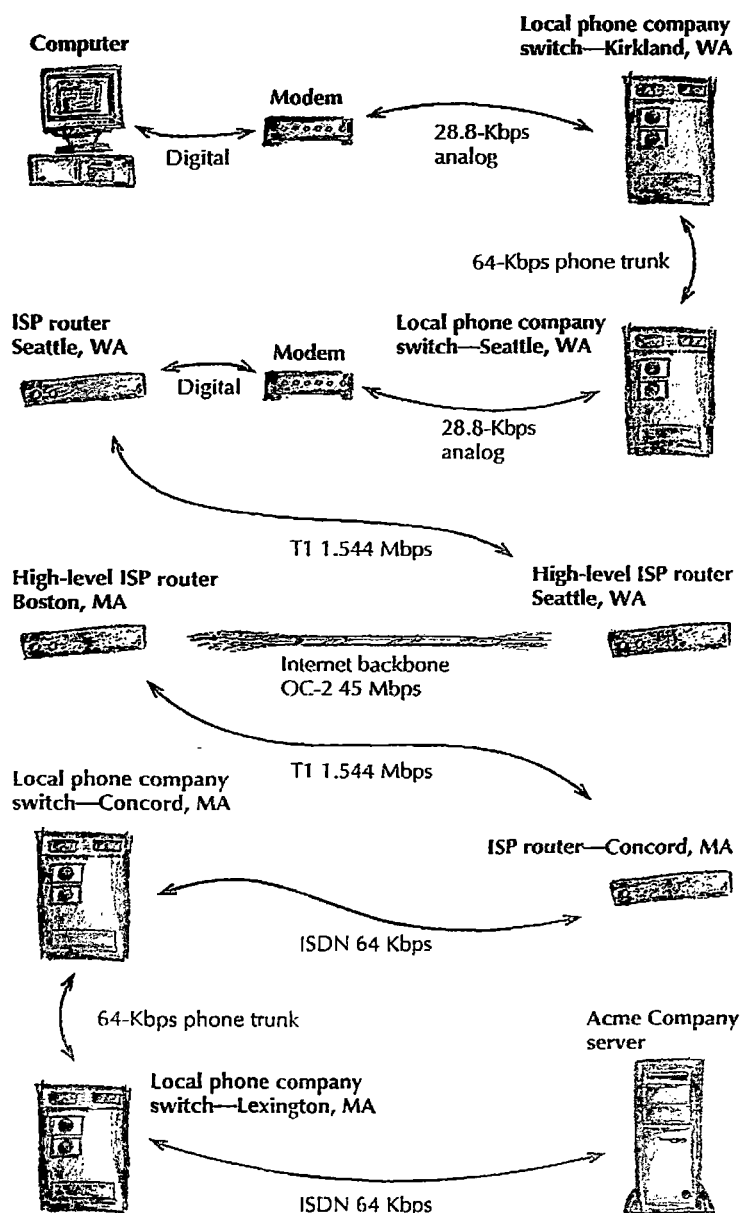
Γρήγοροι τύποι δεδομένων: Μπορεί να ζαλιστούμε από το ποσό του bandwidth που απαιτείται για να παραδοθούν τα υψηλότερης ροής δεδομένα, ας δούμε τον πίνακα με τους γρήγορους τύπους δεδομένων παρακάτω. Με 384 Kbps, παίρνουμε το επαρκές βίντεο που γεμίζει μόνο το ένα τέταρτο της οθόνης μας και έρχεται με τον επαρκές στερεοφωνικό ήχο. Για το μόλις αποδεκτό βίντεο πλήρης-οθόνης με την ποιότητα ήχου από CD, χρειαζόμαστε 1,2 Mbps. Ακόμη και σε 3 Mbps, η εικόνα δεν έχει καμία αντιστοιχία με την τυποποιημένη τηλεόραση. Παίρνει περίπου 6 Mbps για την παροχή βίντεο ποιότητας τηλεόρασης και 19 Mbps για την υψηλής ευκρίνειας τηλεόραση, το οποίο έχει υποστεί συμπίεση πριν από τη μετάδοση. Η κανονική τηλεόραση ραδιοφωνικής μετάδοσης απαιτεί 23 Mbps και η ασυμπίεστη υψηλής ευκρίνειας τηλεόραση χρειάζεται επιβλητικά 1,3 Gbps.

<i>Data Type</i>	<i>Required Bandwidth</i>
Quarter-screen video—good stereo sound	384 Kbps
CD audio—poor full-screen video	1.2 Mbps
NTSC—poor video	2–3 Mbps
NTSC—decent video	6 Mbps
High-definition TV—compressed	19 Mbps
Broadcast TV	23 Mbps
High-definition TV—uncompressed	1.2 Gbps

Fast Connections 2
Γρήγορες συνδέσεις: Αλλά πού θα πάρουμε όλο αυτό το bandwidth και πόσο εμείς θα πρέπει να πληρώσουμε και πώς θα φθάσουμε στα υψηλότερα bandwidth που όλοι εμείς θα θέλαμε αναμφίβολα.

Η απάντηση είναι ότι κατά τη διάρκεια των επόμενων ετών, μόνο πολύ λίγοι από μας πρόκειται να έχουμε τέτοια πρόσβαση. Μέρος του προβλήματος είναι ότι το Internet σήμερα πλησιάζει στο τέλος μιας δοκιμαστικής περιόδου όπου ο καθέ εμπλεκόμενος έκανε πολλές τυφλές επιλογές και ξόδευε πολλά χρήματα χωρίς να έχει οποιαδήποτε πραγματική ιδέα του είδους της επιστροφής που θα ήταν διαθέσιμη. Τα προβλήματα του bandwidth στο Internet πρόκειται να συνεχιστούν για τουλάχιστον αρκετά έτη και ίσως πολύ περισσότερο. Και ένας από τους μεγαλύτερους λόγους είναι ότι το bandwidth κοστίζει χρήματα. Μπορεί να μην φαίνεται πάντοτε, αλλά όμως είναι έτσι.

Πώς λειτουργεί το Internet: Ας εξετάσουμε το πώς λειτουργεί το Internet όταν είμαστε στο σπίτι μας σ' ένα προάστιο του Σιάτλ και κλικάρουμε σε μια σελίδα στο Web που είναι ανεβασμένη σ' ένα προάστιο της Βοστώνης, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.



Ανοίγουμε τον υπολογιστή και το μόντεμ μας. Καλούμε τον ISP μας, ο φορέας παροχής υπηρεσιών Internet μας. Θα υποθέσουμε ότι έχομυ μια σύνδεση 28,8 Kbps, που σημαίνει ότι είναι μια αναλογική σύνδεση του μόντεμ σας στον τοπικό switch της τηλεφωνικής επιχείρησης, όπου τα ψηφιακά στοιχεία που το μόντεμ μας μετατρέπει σε ήχους και τα οποία γυρίζουν πίσω σαν ψηφιακά στοιχεία σε μια διαφορετική μορφή. Δεδομένου ότι έχομυμυ δει ότι οι περισσότερες κλήσεις σήμερα, είτε είναι φωνής είτε είναι δεδομένων ταξιδεύουν στο μεγαλύτερο μέρος σαν άσσοι και μηδενικά, μόνο το "τελικό μονοπάτι", από την αλλαγή που γίνεται στην τηλεφωνική επιχείρηση και στο σπίτι μας ή την επιχείρηση στη διάρκεια της κλήσης, είναι αναλογικό. Έτσι ακόμα και όταν πραγματοποιούμε μια κλήση φωνής, ταξιδεύει χαρακτηριστικά στο μεγαλύτερο μέρος της κλήσης σε ψηφιακή μορφή.

Από τον τοπικό switch της τηλεφωνικής επιχείρησής σας, η κλήση πηγαίνει στον τοπικό ISP switch της τηλεφωνικής επιχείρησης, μετατρέπεται πάλι σε ανάλογο και

απαντιέται από την ISP τράπεζα μόντεμ. Στην Αθήνα, όπως σε πολλές άλλες πόλεις, βρίσκεται συνήθως στο κεντρικό κτίριο της τηλεφωνικής επιχείρησης. Επειδή εκεί μπορεί, το υψηλότερο επιπέδου ISP που το ISP μας χρησιμοποιεί, να έχει γρήγορες ψηφιακές συνδέσεις στη “σπονδυλική στήλη” του Internet. Το ISP μας χρεώνεται για να συνδέθει με το ISP της τηλεφωνικής επιχείρησης.

Το ISP μας και το ISP της τηλεφωνικής επιχείρησης χρησιμοποιούν χαρακτηριστικά τις συσκευές που αποκαλούνται δρομολογητές (routers) για να διαβιβάσουν το αίτημά μας στη “σπονδυλική στήλη” του Internet. Μόλις φθάσει το αίτημά μας στην περιοχή της Βοστώνης, πηγαίνει μακριά σε έναν άλλο κόμβο από ISP και τελικά σε έναν κεντρικό υπολογιστή (server) που κρατά τις ιστοσελίδες που ζητήσαμε. Οι πληροφορίες που θέλουμε επιστρέφουν σε μας ακολουθώντας την ίδια διαδρομή αντίστροφα.

Το γεγονός ότι αυτή η εργασία γίνεται περισσότερες φορές είναι καταπληκτικό. Αλλά πού μπορεί να πάει κάτι στραβά και πού μπορεί να υπάρξουν δυσχέρειες (bottlenecks); Μάλλον παντού.

Δυσχέρειες (Bottlenecks): Ας αρχίσουμε με τη σύνδεση στο φορέα παροχής υπηρεσιών Internet, γενικά ένα μόντεμ ή μια (ISDN) γραμμή ψηφιακών δικτύων ενοποιημένων υπηρεσιών. Αν και οι περισσότεροι άνθρωποι συγκρίνουν τις συνδέσεις δεδομένων με βάση το ακατέργαστο bandwidth, η ακατέργαστη ρυθμοαπόδοση δεδομένων μπορεί να είναι μόνο ένα κριτήριο απόδοσης. Καταρχήν, το συνήθως αναφερόμενο ποσοστό δεδομένων, 14.4 Kbps, 28.8 Kbps, είναι απλά μια αφετηρία. Το πραγματικό ποσοστό δεδομένων εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Δεδομένου ότι όσων είδαμενωρίτερα, ακόμα κι αν οι συνδέσεις απλών μόντεμ ή ISDN συνδέσεις λειτουργούν στην εκτιμημένη ρυθμοαπόδοσή, είναι μόνο η ρυθμοαπόδοση για το τελικό βήμα, μεταξύ του φορέα παροχής υπηρεσιών Internet και του χρήστη. Δεδομένου όσων είδαμενωρίτερα, μια χαρακτηριστική σύνδεση με το Internet περιλαμβάνει δώδεκα ή περισσότερα βήματα και το πραγματικό bandwidth περιορίζεται από το πιο αργό βήμα, πολλοί εκ των οποίων είναι πέρα από τον έλεγχο του φορέα παροχής υπηρεσιών Internet ή του χρήστη.

Ας εξετάσουμε μερικές από αυτές τις μεταβλητές, δίνοντας προσοχή πρώτιστα στα μόντεμ, τα όποια είναι πολύ πιθανότερο απ’ ότι οι ψηφιακές συνδέσεις να υποστούν την υποβάθμιση απόδοσης (performance degradation).

Δυσχέρειες μόντεμ (Modem Bottlenecks): Καταρχήν, τα μόντεμ μπορούν να μην λειτουργήσουν στην εκτιμημένη ρυθμοαπόδοσή τους. Τα τρέχοντα μόντεμ εξετάζουν τη γραμμή για την ποιότητα της μετάδοσης κατά τη διάρκεια της αρχικής καταχώρησης και κατά τη διάρκεια της σύνδεσης. Η ρυθμοαπόδοση μπορεί να ρυθμιστεί πάνω ή κάτω αναλόγως. Σε πολλές τηλεφωνικές γραμμές, τα μόντεμ ποτέ πραγματικά δεν επιτυγχάνουν ακόμη και 28,8 Kbps, τυπικά κυμαίνονται κάπου μεταξύ 21,6 και 26 Kbps. Μερικές τηλεφωνικές γραμμές συνήθως υποστηρίζουν 28,8, άλλοι μπορούν να κυμαίνονται σε 19,2 Kbps ή πιο αργά. Τα μόντεμ ποικίλλουν στη δυνατότητά τους να αντιμετωπίζουν τις θορυβώδεις τηλεφωνικές γραμμές και αξίζει να θυμόμαστε ότι η ρυθμοαπόδοση εξαρτάται από το μόντεμ στο άλλο τέλος της σύνδεσης εξίσου.

Μια άλλη δυσχέρεια προκύπτει εκεί όπου το μόντεμ συνδέεται με τον υπολογιστή. Η διεπαφή μόντεμ-υπολογιστή μπορεί να μην επιτρέψει την πλήρη ρυθμοαπόδοση. Οι serial ports σε παλαιότερα PC της IBM δεν μπορούσαν να λειτουργήσουν τα μόντεμ γρηγορότερα από 14,4 Kbps. Οι περιορισμοί στη διεπαφή PC καρτών των φορητών

υπολογιστών επίσης περιορίζουν συχνά την απόδοση. Οι δυσχέρειες διεπαφών μόντεμ-υπολογιστών εξαρτώνται και από το υλικό και από το λογισμικό, ένας συνδυασμός μπορεί να λειτουργήσει καλά, άλλος μπορεί να λειτουργήσει μ' ένα ποσοστό γύρω στο 25% πιά αργά, ακόμα κι αν και οι δύο έχουν τις ίδιες προδιαγραφές.

Αξίζει να κάνουμε για να καθορίσουμε τον καλύτερο δυνατό συνδυασμό, γενικότερα, ας θέσουμε τη serial port μας στην όσο πιο υψηλή ρυθμισή της, ας τη δοκιμάσουμε μέχρι η σύνδεση μας να λειτουργήσει αξιόπιστα. Αν και η απόδοση της ISDN ανταποκρίνεται γενικά στις αρχικές προδιαγραφές επειδή η γραμμή εξετάζεται κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης, η διεπαφή ISDN στον υπολογιστή μπορεί να μην τρέξει στην πλήρη ρυθμοαπόδοση εάν είναι συνδεδεμένη με serial ports παλαιότερων υπολογιστών, ειδικά για τις συνδέσεις των 128 Kbps.

Ουσιαστικά όλα τα μόντεμ που φτιάχνονται από το 1990 ενσωματώνουν τη διόρθωση λάθους και τη βασική χωρίς απώλειες συμπίεση(lossless compression). Η διόρθωση λάθους επιβραδύνει το αποτελεσματικό ποσοστό δεδομένων με την αποστολή επιπρόσθετων δεδομένων που επιτρέπει στα μόντεμ και στις δύο άκρες να εξασφαλίσουν ότι η επικοινωνία έχει πραγματοποιηθεί σωστά. Η συμπίεση βελτιώνει το ποσοστό δεδομένων με την καταγραφή των δεδομένων σε μια συμπαγέστερη μορφή, το αρχικό δεδομένο αναδημιουργείται στο άκρο της λήψης των δεδομένων.

Το ποσό συμπίεσης πιθανότατα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Εν συντομία, το κείμενο μειώνεται χαρακτηριστικά στο μισό αρχικό μέγεθος, ενώ οι παραστάσεις γραφικών ποικίλλουν παρά πολύ. Το δεδομένο που έχει συμπίεστεί ήδη δεν συμπιέζεται συνήθως κι άλλο. Η διόρθωση και η συμπίεση λάθους απαιτούν από το μόντεμ σε κάθε άκρο της σύνδεσης να είναι εξοπλισμένο με συμβατά χαρακτηριστικά, τα οποία είναι παγκοσμίως μεταξύ των 14,4 Kbps και των πιο γρηγορότερων μόντεμ προοριζόμενα για κυκλώματα POTS. Μερικά μόντεμ προσφέρουν παραλλαγές συμπίεσης που υποτίθεται βελτιώνουν τη ρυθμοαπόδοση δεδομένων, αλλά μόνο εάν ο ίδιος τύπος μόντεμ χρησιμοποιείται και στα δύο άκρα μιας σύνδεσης δεδομένων.

Λανθάνουσα κατάσταση(Latency): Υπάρχει ένα άλλο λεπτό πρόβλημα με τα μόντεμ που μπορεί να μειώσει την απόδοση σημαντικά, ειδικά σε σύγκριση με τις ψηφιακές συνδέσεις. Αν και οι περισσότεροι άνθρωποι σκέφτονται το downloading ενός μεγάλου αρχείου απλό γεγονός, πολλά πολύ μικρά μηνύματα ελέγχου εμφανίζονται κατά τη διάρκεια εκείνης της μεγάλης μεταφοράς αρχείων. Εν ολίγοις, η απόδοση εξαρτάται όχι μόνο από το ακατέργαστο ποσοστό δεδομένων αλλά και στο πόσο γρήγορα ένα απλό μικροσκοπικό πακέτο δεδομένων μπορεί να μεταφερθεί. Ο ελάχιστος χρόνος να μεταφερθεί ένα πακέτο είναι η αποκαλούμενη λανθάνουσα κατάσταση(latency) μιας συσκευής. Δυστυχώς, μόλις προστεθεί μια καθυστέρηση από τη λανθάνουσα κατάσταση, δεν υπάρχει κανένας τρόπος να αφαιρεθεί.

Φαίνεται λοιπόν ότι τα μόντεμ έχουν φρικτές λανθάνουσες καταστάσεις, κάπου στα 100 χιλιοστά του δευτερολέπτου, 300 φορές χειρότερα από τις λανθάνουσες καταστάσεις των δικτύων Ethernet. Τα μόντεμ σχεδιάστηκαν για ρεύματα δεδομένων που πηγάζουν μεταξύ ενός τερματικού και ενός κυρίου πλαισίου και έτσι έχουν ενσωματωμένες καθυστερήσεις στο λογισμικό τους προτού να μπορέσουν να αρχίσουν τη συμπίεση και μετάδοση δεδομένων. Αυτές οι καθυστερήσεις, αρχικά σχεδιασμένες για να προσδιορίσουν τη στιγμή που κάποιος σταμάτησε να πληκρολογεί, δεν είναι πλέον απαραίτητες, αλλά προσθέτονται σε κάθε κομμάτι δεδομένων που ένα μόντεμ διαβιβάζει ή λαμβάνει. Οι συνδέσεις στον υπολογιστή προσθέτουν γενικά τις καθυστερήσεις εξίσου

και αν και όλες αυτές οι καθυστερήσεις μετριοούνται σε δεκάδες ή εκατοντάδες των χιλιοστών του δευτερολέπτου, προσθέτονται τότε σε κάθε κομμάτι δεδομένων που ένα μόντεμ στέλνει.

Όχι μόνο δεν υπάρχει κανένας τρόπος να αφαιρεθεί η λανθάνουσα κατάσταση μόλις προστεθεί, αλλά συχνές διατυπώσεις παραπόνων γίνονται στους προμηθευτές για να προσπαθήσουν να σχεδιάσουν τα μόντεμ με τις χαμηλότερες λανθάνουσες καταστάσεις, υπάρχουν λίγα πράγματα, που μπορούν να κάνουν κάποια άτομα, για να μειώσουν τη λανθάνουσα κατάσταση των μόντεμ τους. Στην πραγματικότητα, ακριβώς περίπου το μόνο πράγμα που κάποιο άτομο μπορεί να κάνει είναι να σιγουρευτεί ότι η serial port είναι στην υψηλότερη αξιόπιστη ρύθμισή της, αυτό μειώνει τις καθυστερήσεις υπολογιστή-μόντεμ ελαφρώς. Η μεταπήδηση σε μια ψηφιακή σύνδεση λύνει επίσης το πρόβλημα, φυσικά.

Μπορούμε να αναρωτηθούμε γιατί η λανθάνουσα κατάσταση θα πείραζε πολύ. Στην πραγματικότητα, όσο μεγαλύτερο το κομμάτι των δεδομένων που μεταφέρονται, η λιγότερη λανθάνουσα κατάσταση μας πειράζει, επειδή το ακατέργαστο ποσοστό δεδομένων γίνεται σημαντικότερο. Εντούτοις, σε οποιαδήποτε κατάσταση που απαιτεί αλληλεπίδραση, όπως η φωνή ή η τηλεοπτική επικοινωνία ή ένα διαλογικό παιχνίδι, η λανθάνουσα κατάσταση γίνεται παρά πολύ σημαντική επειδή τα περισσότερα από τα δεδομένα αποτελούνται από μικροσκοπικά μηνύματα, ενημερώνοντας κάθε άτομο που βρίσκεται στην πραγματοποίηση κλήσης, σε τηλεδιάσκεψη ή στο παιχνίδι. Ένα ορισμένο ποσό λανθάνουσας κατάστασης οφείλεται αναπόφευκτα σε σταθερές όπως η ταχύτητα του φωτός στο fiber-optic(οπτικών ιών) καλώδιο ή η ταχύτητα των ηλεκτρονίων στο καλώδιο χαλκού, αλλά η λανθάνουσα κατάσταση των μόντεμ είναι χίλιες φορές χειρότερη από τη λανθάνουσα κατάσταση που εισάγεται από την ταχύτητα του φωτός.

Μετατροπές (Conversions): Επειδή οι κλήσεις των μόντεμ είναι αναλογικές το bandwidth "υποφέρει" εάν η γραμμή είναι θορυβώδης, όπως μπορεί να είναι εάν έχουμε παλαιά καλωδίωση ή εάν κάποια ζώα έχουν ροκανίσει το καλώδιο. Τα αποκαλούμενα 56K μόντεμ επιτυγχάνουν την πρόσθετη ταχύτητά τους με την εξάλειψη της μετατροπής στο τέλος του ISP.

Περιορισμοί τηλεφωνικής επιχείρησης: Ας υποθέσουμε προς το παρόν ότι ο ISP μας έχει αφθονία σε μόντεμ για να πάρει την κλήση μας. Αυτό δεν κάνει πολύ καλό εάν είναι όλα απασχολημένα. Υπάρχει ένα παρόμοιο πρόβλημα στην τηλεφωνική επιχείρηση, ένας χαρακτηριστικός switch τηλεφωνικής επιχείρησης μπορεί να χειριστεί μόνο περίπου το 10 % ο των συνδεδεμένων γραμμών σε οποιοδήποτε χρόνο, αν και το ποσοστό μπορεί να είναι υψηλότερο σε κάποια επιχειρησιακή περιοχή με κόμβο υψηλής τηλεφωνικής κυκλοφορίας.

Τις περισσότερες φορές, 10% χρήσης παρέχει ένα συμπαθητικό "μαξιλάρι", επειδή το τηλεφωνικό σύστημα σχεδιάζεται και χτίζεται για τις κλήσεις φωνής. Αλλά όταν υπάρχει μια δημόσια έκτακτη ανάγκη όπως ένας σεισμό ή "εγχώριες" διακοπές όπως Πάσχα και καθένας παίρνει το τηλέφωνο, το σύστημα δεν μπορεί απλά να χειριστεί το φορτίο. Ανάλογα σε ποιο άκρο της σύνδεσης υπάρχει το πρόβλημα οι συνομιλούντες είτε δεν θα ακούσουν κανένα τόνο κλήσης είτε τόνους που δείχνουν ότι οι γραμμές είναι απασχολημένες.

Το Internet αρχίζει να φανερώνει σχέδια χρήσης που μοιάζουν σαν δημόσιες έκτακτες ανάγκες. Για τις γραμμές που συνδέονται με το Internet, ο μέσος χρόνος για μια

τρέχουσας διαφωνίας μεταξύ των τοπικών και μεγάλης απόστασης τηλεφωνικών επιχειρήσεων. Μια μερίδα των αποζημιώσεων πηγαίνει σε ένα κεφάλαιο καθολικών υπηρεσιών, έτσι ώστε οι περιοχές της "άγονης γραμμής" μπορούν να πάρουν τη χαμηλού κόστους τηλεφωνική υπηρεσία.

Οι ISP δεν θέλουν να πληρώσουν, επειδή κατέχουν μια ασυνήθιστη καλή ευκαιρία. Οι γραμμές επιχειρησιακών τηλεφώνων που αγοράζουν από την τηλεφωνική επιχείρηση είναι ουσιαστικά κατ' αποκοπήν γραμμές ακόμη και εκεί όπου καμία κατ' αποκοπήν υπηρεσία δεν είναι διαθέσιμη για τα επιχειρησιακά τηλέφωνα. Ο λόγος είναι ότι οι λίνες των ISP μόντεμ δεν κάνουν καμία εξερχόμενη κλήση. Για μια απλή βασικής αμοιβής υπηρεσίας, μπορούν να λάβουν όλες τις κλήσεις που μπορούν να χειριστούν, ακόμα κι αν η γραμμή χρησιμοποιείται 24 ώρες την ημέρα.

Ούτε οι χρήστες δεν θέλουν να πληρώσουν. Οι χρήστες συμπαθούν τη "απεριόριστη" τοπική τηλεφωνική υπηρεσία και την "απεριόριστη" υπηρεσία Internet, ακόμα κι αν μακροπρόθεσμα σπαταλούν τον πολύτιμο χρόνο τους.

Ασύμμετρή Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητών (ADSL), δεδομένου αυτών που έχουμε δει από πριν, είναι με κάποιους τρόπους μια προσπάθεια να επιλυθεί αυτό το πρόβλημα. Διαχειρίζεται αυτό με το διαχωρισμό των μερίδων φωνής και στο στο διακόπτη. Οι κλήσεις φωνής ταξιδεύουν στα δίκτυα φωνής της τηλεφωνικής επιχείρησης, εκτιμώντας ότι τα δεδομένα καθοδηγούνται στα υψηλής ταχύτητας δίκτυα δεδομένων της τηλεφωνικής επιχείρησης. Είναι αποδοτικότερη χρήση των υπάρχουσών εγκαταστάσεων και η μείωση κόστους μπορεί να είναι τόσο μεγάλη που οι τηλεφωνικές επιχειρήσεις θα κινηθούν γρηγορότερα απ' ό,τι κάνουν παραδοσιακά όταν εισάγουν νέες τεχνολογίες.

ISP κυκλοφοριακές συμφορήσεις: Ένας ISP έχει μόνο έναν περιορισμένο αριθμό τηλεφωνικών γραμμών, χαρακτηριστικά περίπου πέντε για κάθε εκατό συνδρομητές. Όταν η εταιρεία America Online είχε μεγάλο πρόβλημα τον Δεκέμβριο του 1996 μετά από τη μετατροπή της σε απεριόριστη υπηρεσία, είχε μόνο 3% κάλυψη και σιγά σιγά έφτασε στο 5%. Οι ISP κοινοποιούν σπάνια το ποσοστό κάλυψης των μόντεμ τους, εν μέρει επειδή 5% σημαίνει ότι βρίσκονται σε ώρες αιχμής, μερικοί άνθρωποι δεν θα συνδεθούν, ακόμα κι αν δεν υπάρχουν προβλήματα με το τηλεφωνικό σύστημα. Οι έρευνες δείχνουν ότι συνδυασμένες αποτυχίες να συνδεθούν, απασχολημένα σήματα, κυκλώματα απασχολημένα, αποτυχία της σύνδεσης των μόντεμ και τα λοιπά, λειτουργούν μεταξύ 20% και 50% για τους σημαντικότερους ISP.

Αλλά ας υποθέσουμε ότι κατορθώνουμε να συνδεθούμε με τον ISP μας. Κατέχουμε άραγε το bandwidth που πληρώσαμε; Μπορούμε να αναμείνουμε πραγματικά ακόμη και τα 28,8 Kbps που το μόντεμ μας μπορεί να παραδώσει; Πιθανότατα όχι. Ένας λόγος είναι αυτός, εν αγνοία μας, μοιραζόστε το bandwidth με άλλους πελάτες του ISP. Η σύνδεση ISP "μπροστινή πόρτα" είναι δική μας και δική μας μόνο, αλλά η σύνδεση "πίσω πόρτα" στο Internet διαιρείται μεταξύ μας και κάθε άλλου πελάτη που συμβαίνει να είναι σε ανοικτή γραμμή (online) συγχρόνως.

Ας υποθέσουμε ότι το ISP αγοράζει μια υψηλής ποιότητας σύνδεση T1 στο υψηλότερο επίπεδο του ISP. Εκείνη η γραμμή προσφέρει 1,54 Mbps, το αντίτιμο 24 64 Kbps μεγαφωνικών κυκλωμάτων ή κατά προσέγγιση 50 28,8 Kbps γραμμών μόντεμ. Αλλά πόσες γραμμές μόντεμ επιτρέπει ο ISP να συνδεθούν με την απλή σύνδεση T1 συγχρόνως Πολύ περισσότεροι από 50.

Αυτό έχει πραγματικά νόημα. Στο Web, ένα μεγάλο μέρος του χρόνου μας μπορεί να ξοδεύεται στην ανάγνωση μάλλον παρά στο να στέλνουμε ή να λαμβάνουμε ενεργά

τα κομμάτια των δεδομένων και το ίδιο πράγμα ισχύει εξίσου για τους άλλους πελάτες του ISP. Αλλά ποιος είναι ο λογικός υπερβάλλει τον παράγοντα Αλλά ποια είναι η λογική αναλογία του bandwidth που ο ISP έχει πουλήσει στο bandwidth που ο ISP έχει αγοράσει; Οποιαδήποτε κι αν είναι η απάντηση, είναι μια αναλογία για την οποία οι ISP δεν θέλουν να μιλήσουν.

Για τους σημαντικότερους επιχειρησιακούς πελάτες τους, οι καλύτεροι ISP χρησιμοποιούν προφανώς 5 παράγοντες. Με άλλα λόγια, μπορεί να πωλήσουν το αντίτιμο πέντε συνδέσεων T1 και να μεταβιβάσουν τα δεδομένα σε μια απλή γραμμή T1 που συνδέεται με το Internet. Για τους πελάτες που αγοράζουν μόντεμ, το ποσοστό επί των πωλήσεων είναι σαφώς πολύ υψηλότερο, πιθανότατα κάπου μεταξύ 10% και 30%. Το αποτέλεσμα είναι ότι οι χρήστες μπορούν να βρεθούν με αργές συνδέσεις, ιδιαίτερα όταν κάποιοι χρήστες επιβραδύνουν το σύστημα με streaming δεδομένα ή μεγάλα downloading. Το αποτέλεσμα είναι αυτό με τους περισσότερους ISP, ακόμη και η απόδοση των 28,8 Kbps σε μια μόντεμ γραμμή δεν είναι εγγυημένη.

Λίγοι προμηθευτές προμηθευτές βγάζουν πολλά χρήματα από την χαρακτηριστική χρέωση \$20 ή 20 Ευρω. Μερικοί έχουν προτείνει ότι βγάζουν πολλά μόνο εφ' όσον συνδέεται ο πελάτης για λιγότερο από οκτώ ώρες μηνιαίως, ιδιαίτερα επειδή οι χρήστες dial up τείνουν να είναι ακριβοί για να υποστηριχθούν. Για να είμαστε κυνικοί, υπάρχει μόνο μια θεμελιώδης αρχή για την πώληση του bandwidth: παραδώστε το ελάχιστο που ο πελάτης θα δεχτεί χωρίς ακύρωση της υπηρεσίας. Επειδή περισσότερο bandwidth είναι ένα κόστος που πηγάει από την κατώτατη γραμμή, καμία άλλη αρχή δεν έχει οποιοδήποτε οικονομικό νόημα.

Για τους χρήστες, υπάρχει μια εξίσου κυνική αρχή που είναι λίγο σαν να κατανέμεται το νερό σε έναν ποταμό. Εφόσον η τιμολόγηση δεν αφορά τη χρήση, καθένας έχει ένα κίνητρο να αρπάζει όσο το δυνατόν περισσότερο (bandwidth). Είναι μια τρελλή κατάσταση, επειδή ο μέσος χρήστης "επιχορηγεί" το "βαρύ" χρήστη. Είναι μια ηλεκτρονική έκδοση αυτού που ο μικροβιολόγος Garrett Hardin έχει ονομάσει "τραγωδία των αστικών τάξεων", όπου η απεριόριστη βοσκή επιτρέπει δημόσια και η οποία προκαλεί αναπόφευκτα τη γενική ζημία στην κοινότητα επειδή δεν υπάρχει κανένα κίνητρο για τα άτομα για να συγκρατήσουν τη συμπεριφορά τους.

Η κατάσταση γίνεται αληθινά κυνική όταν εξετάζουμε την ιδέα των ανεξάρτητων ερευνών για την ISP απόδοση. Εάν ένα "κοπάδι" ανθρώπων προσκολληθεί ξαφνικά στον καλύτερο ISP από πλευράς εκτέλεσης των διάφορων λειτουργιών που προσφέρει, αυτό μπορεί να συντριφθεί γρήγορα. Εάν βρίσκουμε έναν καλό ISP, είναι προς το συμφέρον μας να μην το αναφέρουμε σε κανένα. Εν ολίγοις εάν περισσότεροι άνθρωποι ανταγωνίζονται για τους περιορισμένους πόρους ενός ISP, λιγότεροι θα υπάρξουν για μας.

Άλλες δυσχέρειες (Other Bottlenecks): Τα προβλήματα στις τοπικές τηλεφωνικές επιχειρήσεις και ISP είναι με κάθε τρόπο οι μόνοι "ένοχοι" που συμβάλλουν στις επιβραδύνσεις στο Internet. Επειδή το Internet είναι ένα packet-switched δίκτυο, είναι μοιρασμένο σε μερίδια (ιστοσελίδες) και μοιράζει μερίδια (πακέτα δεδομένων) όμοια και σ' εμάς και σε εκατομμύρια άλλους χρήστες άμεσα. Στις ώρες αιχμής, όταν καθένας επιζητεί τους ίδιους περιορισμένους πόρους, τα πράγματα μπορούν να επιβραδυνθούν σχεδόν παντού. Εδώ είναι μερικά από τα προβλήματα:

- Κεντρικοί υπολογιστές (Servers): Ο υπολογιστής που κρατά τα δεδομένα που εμείς θέλουμε είναι γνωστός ως κεντρικός υπολογιστής (server) και η

ταχύτητα με την οποία μπορεί να παραδώσει τα δεδομένα περιορίζεται από πολλά πράγματα, ουσιαστικά κανέναν εκ των οποίων ελέγχουμε. Ο σκληρός δίσκος του, ο επεξεργαστής του, το σύστημα εισόδου/εξόδου του καθώς επίσης η σύνδεση του στο Internet επιρεάζει το πόσο γρήγορα μπορεί να μας στείλει τα δεδομένα. Πολλοί ιστοχώροι μοιράζονται τους κεντρικούς υπολογιστές τους με άλλους ιστοχώρους, εάν μια δημοφιλής ιστοσελίδα είναι εγκαθιδρυμένη στην ίδια μηχανή με τη μικρή ιστοσελίδα που ψάχνουμε, αυτό μπορεί επίσης να επιβραδύνει την πρόσβασή μας.

- Υποδομή Internet: Οι αρχικές διασυνδέσεις που διαμορφώνουν την κυκλοφορία στο Internet είναι γνωστές ως “η σπονδυλική στήλη του(backbone)”. Πάλι, οι πόροι εδώ είναι μακριά από το απεριόριστο και τα πακέτα που στέλνουμε και λαμβάνουμε πρέπει να ανταγωνιστούν με τα πακέτα δεδομένων όλων των άλλων χρηστών. Στις ώρες αιχμής, οι καθυστερήσεις στη σπονδυλική στήλη και σε άλλα μέρη του Internet όπως οι δρομολογητές και οι ονομαστικοί κεντρικοί υπολογιστές (name servers) μπορούν να μπλοκάρουν το bandwidth του καθένα μας.
- Πρωτόκολλα: Η ιδιαίτερη μέθοδος που χρησιμοποιεί το Web απαιτεί κάθε στοιχείο μιας ιστοσελίδας ξεχωριστά, γραφικά, εικόνα, χάρτης και τα λοιπά, να παραδοθεί σε μια ξεχωριστή συναλλαγή που προσθέτει τα γενικά έξοδα ανεξάρτητα από την παράδοση των πραγματικών δεδομένων. Το αποτέλεσμα είναι ότι τα στοιχεία μπορούν να μειώσουν την αποτελεσματική ρυθμοαπόδοση. Αν και υπάρχει πρόσθετη επιβάρυνση που συνδέεται με τις χωριστές συναλλαγές και μειώνει το αποτελεσματικό bandwidth, η χρήση των χωριστών συναλλαγών για τα διαφορετικά μέρη μιας ιστοσελίδας, μπορεί να αυξήσει το αντιληπτό bandwidth επειδή ο χρήστης λαμβάνει τουλάχιστον μερικά χρήσιμα στοιχεία γρηγορότερα από το εάν θα πρέπει να περιμένει την φόρτωση (load) ολόκληρης της σελίδας.

Εναλλακτικές των γραμμών φωνής για να φτάσουν το Internet: Εάν εργαζόμαστε σε ένα γραφείο, μπορούμε να έχουμε μια T1 ή T3 σύνδεση με το Internet που μοιραζόμαστε με τους συναδέλφους μας. Εάν αρκετοί άνθρωποι το χρησιμοποιούν αμέσως στα ρεύματα δεδομένων, ακόμη και αυτό το είδος σύνδεσης, μπορεί να γίνει αργόστροφο. Μέχρι αρκετά πρόσφατα, η επιλογή “τελικού μιλίου” για τους περισσότερους ανθρώπους στο σπίτι ή το γραφείο τους περιορίστηκε σε μια τηλεφωνική γραμμή και ένα μόντεμ, το οποίο ήταν ουσιαστικά εγγυημένο για να εργαστεί σ’ αυτή τη θέση. Τώρα αυτό έχει αρχίσει να αλλάζει. Αρκετές από τις ακόλουθες εναλλακτικές λύσεις είναι διαθέσιμες σήμερα και άλλες είναι πιθανότατα να φθάσουν στο εγγύς μέλλον.

Ψηφιακά δίκτυα ενοποιημένων υπηρεσιών (ISDN): Δεδομένου ότι έχουμε δει πριν, η ISDN προτάθηκε αρχικά στη δεκαετία του '60 ως circuit-switched σύστημα φωνής. Αν και τα τυποποιημένα μόντεμ θέλουν χρόνο για να οργανώσουν μια κλήση, η ISDN κάνει τις συνδέσεις θέμα μερικών δευτερολέπτων. Εντούτοις στην γενιά των αποκαλούμενων 56K μόντεμ, η ISDN δεν είναι πολύ συναρπαστική, ιδιαίτερα εξετάζοντας την τιμή που οι τηλεφωνικές επιχειρήσεις και οι ISP που είναι κάπως ακριβή. Οι circuit-switched συνδέσεις όπως η ISDN έχουν ένα πρόσθετο μειονέκτημα: εκτός αν είμαστε πρόθυμοι να αφήσουμε στο τηλέφωνό ανοικτό όλη την ώρα και που συνεπάγεται δημιουργία ενός κύκλωματος, δεν είναι “πάντα ανοικτή”. Οι άλλοι τρόποι στο Internet είναι packet-

switched μέχρι το σπίτι ή την επιχείρησή μας. Επειδή προσφέρουν μια συνεχή παρουσία, ποτέ δεν κάνουμε dial in για να δούμε εάν έχουμε μήνυμα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.

Πρόσβαση καλωδίων(Cable Access): Τα cable μόντεμ έχουν κοινοποιηθεί ιδιαίτερα αλλά αργά στον πραγματικό κόσμο. Ένα σχέδιο, το οποίο ελαχιστοποιεί την αναβάθμιση των συστημάτων καλωδιακής τηλεόρασης, χρησιμοποιεί το καλώδιο για να παραδώσει τα εισερχόμενα δεδομένα με υψηλή ταχύτητα και το τηλεφωνικό σύστημα για να στείλει τα δεδομένα. Φυσικά, αυτό δεν τόσο ελκυστικό όπως τα συστήματα @home, τα οποία προσφέρουν διπλής κατεύθυνσης υπηρεσία. Χαρακτηριστικά, ένα δίκτυο Ethernet 10Mbps είναι στον πυρήνα ενός τέτοιου σχεδίου, επισημαίνοντας ότι η πραγματική ρυθμοαπόδοση δεν είναι περισσότερη από 4 Mbps και όλη μοιράζεται.

Ένα από τα τεχνασμάτα που τα συστήματα @home χρησιμοποιούν για να βελτιώσουν την απόδοση είναι αυτό του αποκαλούμενου κεντρικού υπολογιστή πληρεξούσιου (proxy server). Ουσιαστικά, μπορούμε να το σκεφτούμε ως ένα μεγάλο σκληρό δίσκο που αποθηκεύει οι δημοφιλέστερες ιστοσελίδες που οι χρήστες έχουν ζητήσει. Τον πρώτο χρόνο κάποιος ζητά μια ιδιαίτερη σελίδα, ο κεντρικός υπολογιστής πληρεξούσιου (proxy server) δεν προσφέρει κανένα πλεονέκτημα απόδοσης. Αλλά έπειτα κάποιος ζητά εκείνη την σελίδα, ο κεντρικός υπολογιστής μπορεί να το παραδώσει χωρίς πρώτα να πρέπει να ανακτηθεί από το Internet.

Όχι μόνο αυτό βελτιώνει την απόδοση, αλλά ελαχιστοποιεί επίσης το ποσό έμμεσου bandwidth στο Internet που ο προμηθευτής χρειάζεται. Στην πραγματικότητα, η εταιρεία America Online και άλλοι μεγάλοι ISPs χρησιμοποιούν ένα παρόμοιο σχέδιο. Κατά την διάρκεια του γραψίματος, ο κεντρικός υπολογιστής πληρεξούσιου (proxy server), σε μια δοκιμή στο Σιάτλ ενός συστήματος @home, κράτησε 9GB πληροφοριών και κράτησε εκπληκτικά περίπου 50% των ζητούμενων σελίδων των πελατών.

Προς το παρόν, μια χαρακτηριστική σύννοδος με ένα cable μόντεμ μπορεί να γίνει σημαντικά γρηγορότερα από μια σύννοδο dial up με μια γραμμή POTS. Πόσο γρήγορα θα είναι όταν χιλιάδες οικογένειες συνδέονται στο δίκτυο, παραμένει ασαφές. Ως εδώ, οι περισσότερες κοινοποιημένες προβολές της αποδοχής υπηρεσιών cable μόντεμ έχουν αποδειχθεί αρκετά αισιόδοξες. Οι βελτιώσεις που πολλά cable συστήματα θα απαιτήσουν είναι ακριβές και οι οικονομικές επιστροφές παραμένουν ασαφείς. Εντούτοις, δεδομένου ότι τα cable συστήματα αλλάζουν όλο και περισσότερο τα συστήματά τους από ανάλογα σε ψηφιακά, η παροχή της πρόσβασης στο Web θα γίνει πιο κοινή και ένα μεγάλο μέρος εκείνης της πρόσβασης μπορεί να πραγματοποιηθεί από τους μετασηματιστές που ενσωματώνονται στις Web εγκαταστάσεις με την ψηφιακή τηλεόραση. Δυστυχώς, η cable πρόσβαση στο Internet θα έρθει πιθανώς με τη "θρυλική" εξυπηρέτηση πελατών των cable επιχειρήσεων, που μόνο σπάνια κατορθώνουν να παραδώσουν τις κόσμιες εικόνες τηλεόρασης.

Ψηφιακές Υπηρεσίες Συνδρομητών(xDSL): Τα ψηφιακά συστήματα γραμμών συνδρομητών (xDSL), δεδομένου αυτών που έχουμε δει από πριν, χρησιμοποιούν τα τυποποιημένα καλώδια χαλκού τα οποία είναι διαθέσιμα για τα περισσότερα τηλέφωνα. Εδώ πάλι, το bandwidth του κεντρικού υπολογιστή πληρεξούσιου (proxy server) και το bandwidth του ISP "πίσω πορτών" θα είναι κρίσιμο. Κανένας είναι πιθανό να προσφέρει πολλαπλάσια megabit ανά δευτερόλεπτο στην "πίσω πόρτα" σε χαμηλότερο κόστος, εκτός αν το κόστος υψηλής ταχύτητας γραμμών T1 και T3, μειώνεται μαγικά.

Διαμερίσματα T1(T1 Apartments): Σε μερικά νέα κτίρια διαμερισμάτων έχουν εγκατασταθεί τυποποιημένες T1 γραμμές. Καθένας στο κτήριο είναι δικτυώνεται μαζί με άλλους χρήστες και μοιράζεται τη γραμμή. Πάλι, αυτό είναι μια μοιραζόμενη υπηρεσία: Εάν κάποιος σε ένα άλλο διαμέρισμα χρησιμοποιεί βίντεο ροής(streaming video) ή σετάρει έναν κεντρικό υπολογιστή (server)για μια απασχολημένη ιστοσελίδα, το μερίδιό μας στην πίτα μπορεί να ελαττωθεί.

Ασύρματος και κυψελοειδής: Είναι μια υπηρεσία που λειτουργεί στην ακτίνα της ISDN περίπου 128 Kbps. Η αποστολή των δεδομένων με ασύρματα κυψελοειδή τηλέφωνα και συστημάτων PCS τείνει να είναι και ακριβή και αργή, για να μην αναφέρουμε και ακατάλληλη προς χρήση σε ένα κινούμενο όχημα. Ως εκ τούτου όμως, μπορεί ακόμα να είναι χρήσιμη γιατί τους άνθρωποι που βρίσκονται συνέχεια στους δρόμους για δουλειές οι οποίοι πρέπει να διατηρούν επαφή με το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο τους.

Δορυφορικές υπηρεσίες: Σήμερα, μπορούμε να έχουμε πρόσβαση στο υλικό από Internet με τη βοήθεια μιας ειδικής κεραίας σε σχήμα πιάτου που μπορεί ή όχι να συλλάβει δορυφορικά DBS σήματα τηλεόρασης. Αυτό το σχέδιο έχει διάφορα μειονεκτήματα: μοιραζόμαστε τον δορυφόρο με κάθε άλλο χρήστη σε μια τεράστια περιοχή, η πορεία για να φορτώσουμε δεδομένα είναι μέσω ενός τυποποιημένου τηλεφώνου και η υπηρεσία είναι αρκετά ακριβή.

Δύο νέα συστήματα που αναμένονται για να επεκταθούν στο εγγύς μέλλον καλούνται Teledestic και Iridium. Αν και είναι πιθανό να είναι δημοφιλή στις επιχειρήσεις στις απομακρυσμένες περιοχές του κόσμου, πρέπει να ασκήσουν λίγη επίδραση σε όλους και πιο συγκεκριμένα στους πιο “εύπορους” αστικούς χρήστες. Θα διαμορφωθούν τυπικά όπως τα συνδεδεμένα με καλώδιο τηλεφωνικά συστήματα και θα χρησιμοποιηθούν από τα τοπικά τηλεφωνικά μονοπώλια, τα οποία είναι απίθανο να επιτρέψουν σε έναν ανταγωνιστή για να εισέλθει στην αγορά και να περικόψουν τις τιμές τους (Μορφή Αγοράς Ελεύθερου Ανταγωνισμού).

Ραδιόφωνο Απλωμένου Φάσματος(Spread-Spectrum Wireless): Η Granularity είναι η δυνατότητα να παραδοθούν τα ευδιάκριτα ψηφιακά δεδομένα σε λεπτότερες φυσικές θέσεις, τελικά σ’ ένα μεμονωμένο γραφείο ή ένα γραφείο. Αυτό είναι δύσκολο να γίνει, αλλά τεχνικά πιθανό σε γενικές γραμμές. Ένα ασύρματο σύστημα συχνότητας έχει υποστηριχτεί από το συντάκτη τεχνολογίας George Gilder στο περιοδικό Forbes ASAP. Πόσο καλά θα λειτουργήσει περιμένουμε να δούμε.

Ένα πολύ πυκνό ραδιοσύστημα είναι απίθανο να είναι αποδοτικό για τα γραφεία. Σε κάποιο σημείο το επίπεδο θορύβου μπορεί να αυξηθεί και η ρυθμοαπόδοση μπορεί να εμπέσει μ’ έναν άχαρο τρόπο. Με οποιοδήποτε κυψελοειδές σχέδιο, υπάρχει συνήθως κάποιος μέγιστος αριθμός ανθρώπων που ένας κόμβος-τομέας μπορεί να εξυπηρετήσει σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Όπως πολλά άλλα συστήματα, αυτό είναι πιθανό να λειτουργήσει πολύ καλύτερα εφόσον δεν το χρησιμοποιούν πάρα πολλοί άνθρωποι άμεσα. Αλλά έπειτα οι δαπάνες που επέρχονται από ένα τέτοιο σύστημα αυξάνονται σημαντικά.

Θεωρία εναντίον. Πρακτικής: Ένα πρόβλημα με πολλά από τα συστήματα που έχουν αναφερθεί είναι ότι δεν έχουν εξεταστεί κάτω από τα πλήρη φορτία. Το πώς αποδίδουν στον πραγματικό κόσμο μπορεί να είναι πολύ διαφορετικό από το πώς αποδίδουν θεωρητικά. Το πώς θα αποδώσουν όταν πολλοί άνθρωποι θέλουν να τους χρησιμοποιήσουν για να έχουν πρόσβαση στο Internet μπορεί αμέσως να είναι πολύ

διαφορετικό απ' ό τι στις αρχικές ημέρες, όταν μόνο πολύ λίγοι καινοτόμοι συνδρομητές ενδιαφερόντουσαν.

Αυτό Πόσο Θα Κοστίσει; Πόσο θα κοστίζει για να πάρουμε μια γρηγορότερη υπηρεσία Internet; Προς το παρόν, η αληθινή υπηρεσία T1 κοστίζει 1100 Ευρώ με 2500 Ευρώ το μήνα συν τις χρεώσεις για τις τηλεφωνικές γραμμές, αν και υπάρχει μια τεράστια ποικιλία στην τιμολόγηση. Λοιπόν πώς μπορεί ο καθένας να προσποιηθεί ότι μπορεί να προσφέρει την ταχύτητα T1 για λιγότερο από 100 ευρώ μηνιαίως, όπως μερικοί προμηθευτές xDSL υπόσχονται; Μια απλή κυνική απάντηση είναι: παραδώστε την υπηρεσία που μόνο σπάνια ζει μέχρι αυτό που υπόσχεται. Εκτός αν βασική τιμή των αληθινών υψηλής ταχύτητας υπηρεσιών μειώνεται ριζικά, οι οποίες σε μια αγορά που αναμειγνύει τις ρυθμισμένες υπηρεσίες, με απορρυθμισμένες και ανεξέλεγκτες αυτές, παραμένει προβληματική, οι υποσχόμενες ταχύτητες T1 είναι πιθανό να ισχύσουν μόνο για κάποια μικρή μερίδα της πορείας των δεδομένων.

Υπάρχει μια άλλη ερώτηση με μια ασαφή απάντηση: Πώς πολλοί άνθρωποι είναι πρόθυμοι να πληρώσουν 100 ευρώ μηνιαίως για υπηρεσία 1,5 Mbps; Ή ακόμα και 50 Ευρώ; Φαίνεται αρκετά σαφές ότι οι περισσότεροι άνθρωποι δεν είναι πρόθυμοι να πληρώσουν 100 ευρώ το μήνα για οποιοδήποτε επίπεδο υπηρεσίας Internet, έτσι εκτός αν το γενικό κόστος κυμανθεί στα 50 Ευρώ το μήνα, οι περισσότεροι καταναλωτές πιθανότατα δεν θα ενδιαφέρονται. Αυτή η αβεβαιότητα είναι πιθανό να αποτρέψει τη γρήγορη υιοθέτηση οποιασδήποτε από τις υψηλής ταχύτητας υπηρεσίες.

Ο καπιταλισμός δεν ενδιαφέρεται τρομερά για τη φιλανθρωπία. Σε μια τηλεφωνική επιχείρηση η δήλωση αποστολής ήταν απλή: "μεγιστοποιήστε την αξία της μοιρασιάς." Δεν υπήρξε ούτε σεβασμός στην ιδέα της παροχής επικοινωνιών. Έως ότου έχουν οι επιχειρήσεις μια καλύτερη ιδέα του πόσοι άνθρωποι είναι αληθινά πρόθυμοι να πληρώσουν για γρήγορες συνδέσεις, η επένδυση για να εγκατασταθούν τέτοιες συνδέσεις πιθανότατα θα είναι αργή.

Άλλοι παράγοντες κόστους: Υπάρχουν διάφοροι άλλοι παράγοντες που μπορούν να ασκήσουν τεράστια επίδραση στο κόστος και την υπηρεσία bandwidth στο Internet. Ο πρώτος είναι η διαθεσιμότητα της "απεριόριστης υπηρεσίας" για ένα περίπου 20 Ευρώ το μήνα. Απεριόριστη δεν σημαίνει και πολλά εάν δεν μπορούμε να κάνουμε log on. Αλλά μπορεί να είναι αποδεκτό οπωσδήποτε εάν δεν είμαστε πάρα πολύ ιδιότροποι. Η μόνη διαθεσιμότητα αυτής της φτηνής εναλλακτικής λύσης είναι ένα λιγότερο κίνητρο για να παρέχει καλές υπηρεσίες. Πολλοί άνθρωποι μπορούν να βρουν αυτό για το οποίο θέλουν το Internet, περιστασιακό web browsing και ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, αυτό δεν αξίζει ούτε Ευρώ περισσότερο από 250 Ευρώ ή περισσότερα το χρόνο.

Η αποκαλούμενη υπηρεσία RSVP για το εγγυημένο bandwidth που μπορούμε να βασιστούμε, μπορεί να είναι ένας άλλος παράγοντας. Το κόστος δεν είναι ακόμα γνωστό και μερικοί παρατηρητές προτείνουν δημοπρασίες, αλλά τα πακέτα RSVP θα φτάσουν ουσιαστικά στον παραγκωνισμό άλλων πακέτων με τρόπο σαν αυτό που οι επιβάτες πρώτης θέσης των αερογραμμών επιβιβάζονται πρώτα. Εάν τα RSVP αποδειχθούν δημοφιλή, η ποιότητα της υπηρεσίας για τους άλλους στο ίδιο καλώδιο μπορεί να μειωθεί. Τα RSVP μπορεί να γίνουν μια υψηλότερης κατηγορίας υπηρεσία, ξεχωριστά από το bandwidth. Εάν αρκετοί άνθρωποι πληρώνουν για RSVP, οι ανταγωνιστικές υπηρεσίες θα συρικνωθούν.

Μια πιθανότητα είναι ότι θα καταλήξουμε με το τοποθετημένο στη σειρά πρότυπο υπηρεσιών, όπου, στην ουσία, πληρώνουμε γι' αυτό που χρησιμοποιούμε. Αν και οι

άνθρωποι μισούν γενικά την έννοια τέτοιων προτύπων, αυτά έχουν πραγματικά νόημα. Εάν όλο αυτό που κάνουμε είναι έλεγχος του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου μας κάθε ημέρα, πιθανότατα θα καταλήξουμε μ' έναν μικροσκοπικό λογαριασμό, εκτιμώντας ότι το πρόσωπο που περνά τις ώρες κάθε ημέρα που παίζει τα σε απευθείας σύνδεση παιχνίδια θα επιβαρυνόταν με τις ισοδύναμες χρεώσεις.

Μια τελική μεταβλητή σε αυτήν την εξίσωση είναι ένα θέμα γνωστό σαν peering. Ουσιαστικά, όλοι οι ISP πρέπει να συνδέονται με τη σπονδυλική στήλη, οι οποίοι οργανώνονται σ' έναν σχετικά μικρό αριθμό του πολύ μεγάλου ISP του κεντρικού γραφείου της τηλεφωνικής επιχείρησης, επίσης συχνά αποκαλούμενοι φορείς παροχής υπηρεσιών δικτύων. Αρχικά, το peering αναφέρθηκε στη διαδικασία με την οποία ο κάθε χρήστης συμφώνησε να μεταβιβάσει τα πακέτα των άλλων χρηστών δωρεάν, που είχε νόημα καθώς το Internet που κινήθηκε αργά από το να είναι ένας ακαδημαϊκός πόρος στο να είναι ένας εμπορικός τόπος συναντήσεως.

Καθώς το ποσοστό κυκλοφορίας έχει αυξηθεί, εντούτοις, μερικοί από τους μεγάλους φορείς παροχής υπηρεσιών δικτύων έχουν αλλάξει τις πολιτικές τους, δεχόμενοι πακέτα μόνο από άλλους μεγάλους φορείς παροχής υπηρεσιών δικτύων και μικρότερους ISP που είναι οι πελάτες τους. Μικροί ISP που δεν μπορούν να ανταπεξέλθουν οικονομικά στο να αγοράσουν υπηρεσία άμεσα από μια από αυτές τις μεγαλύτερες επιχειρήσεις θα μπορούσαν να βρουν τα πακέτα τους σταλμένα στις πολύ πιο αργές διαδρομές, και στη χειρότερη κατάσταση, διαπιστώνουμε ότι κανένας δεν θα δεχτεί καθόλου την κυκλοφορία τους στη σπονδυλική στήλη. Μια τέτοια κατάσταση θα ήταν αστήρικτη, και ο μικρός ISP θα έπρεπε να υπολογίσει κάποιο τρόπο μέχρι το φορέα παροχής υπηρεσιών δικτύων. Αυτό είναι ακόμα ένας παράγοντας στην ερχόμενη σταθεροποίηση της ISP αγοράς, δεδομένου ότι οι μικροί ISP διαπιστώνουν ότι δεν μπορούν να βγάλουν χρήματα χρεώνοντας 20 Ευρώ το μήνα στους πελάτες τους και καταβάλλοντας υψηλές τιμές στους φορείς παροχής υπηρεσιών δικτύων για την πρόσβαση στη σπονδυλική στήλη. Στο τέλος, αυτό θα οδηγήσει πιθανώς τις τιμές bandwidth σε περισσότερη αύξηση.

Αλλά στην άλλη πλευρά του νομίσματος, οι τεράστιοι όγκοι του bandwidth έρχονται on-line κάθε μήνα. Επιχειρήσεις όπως η Qwest και η Level 3 βάζουν χιλιάδες μίλια fiber-optic καλωδίου με απέραντη χωρητικότητα μεταφοράς. Εάν η επιχείρηση για να γεμίσει αυτές οι χωρητικότητες δεν υλοποιηθεί γρήγορα, οι συμφωνίες μπορούν να αφθονήσουν, τουλάχιστον στο χονδρικό επίπεδο.

Δεδομένα ραδιοφωνικής αναμετάδοσης: Τα συστήματα που δανείζονται μερικές από τις τεχνικές του Internet είναι εντεταλμένα στο να παραδίδουν bandwidth με άλλες μορφές, τα περισσότερα είναι ενός δρόμου, όπως η συλλογική περιγραφή "στοιχεία που μεταδίδονται ραδιοφωνικά" δείχνει. Ο "παππούς" τους, δημοφιλής και καθιερωμένος στην Ευρώπη, είναι το αποκαλούμενο σύστημα teletext, το οποίο μεταδίδει ραδιοφωνικά σελίδες κειμένων μέσω του vertical blanking interval (VBI). Το VBI μεταδίδει ενώ η ηλεκτρονική ακτινοβολία σιγά σιγά γεμίζει την εικόνα της οθόνης της τηλεόρασής μας, μπορούμε να το δούμε ως μαύρη μπάρα που κυλά στην κάθετη λαβή ενός συνόλου τηλεόρασης. Μπορεί να παραδώσει ένα εκπληκτικό ποσό δεδομένων.

Το teletext είναι αρκετά πρωτόγονο, παραδίδοντας τους συνήθως blocky χαρακτήρες με σκοπό να διαβαστούν σε μια τηλεοπτική οθόνη. Τα νεώτερα συστήματα που είναι έτοιμα να εμφανιστούν θα είναι πιο περίπλοκα. Το ένα ονομάζεται Wavetop, χρησιμοποιεί το VBI για να παραδώσει τις πληροφορίες όπως γίνεται στις στοσελίδες.

Απαιτεί έναν τηλεοπτικό δέκτη σε έναν υπολογιστή και χρησιμοποιεί το λογισμικό για να αποκωδικοποιήσει το σήμα. Το σύστημα μπορεί να παραδώσει ένα συνεχές ρεύμα δεδομένων σε περίπου 28,8 Kbps, που είναι αρκετά εύκολο να προσφέρει πακέτα πληροφοριών, όπως αθλητικά ή χρηματιστηριακές στατιστικές που μπορούν να εμφανιστούν στην οθόνη μαζί με το πρόγραμμα του τηλεοπτικού καναλιού που παρακολουθούμε, πιθανώς και με δικές τους διαφημίσεις.

Υπάρχουν προβλήματα με την παράδοση δεδομένων μέσω του VBI. Ένα είναι ότι οι cable υπηρεσίες επιτρέπονται να δεσμεύσουν μεγάλο μέρος του σήματος και να παραδώσουν οτιδήποτε θέλουν αντ' αυτού. Γι' αυτό μια παραλλαγή του σχεδίου θα χρησιμοποιούσε ένα ολόκληρο τηλεοπτικό κανάλι για να παραδώσει μόνο δεδομένα σε γρηγορότερες ταχύτητες. Αυτό είναι θεωρητικά ασφαλέστερο από το VBI, τουλάχιστον έως ότου αρχίζουν τα cable συστήματα συμπιέζουν, ψηφιακά, κανάλια ώστε να γεμίσουν περισσότερο την υπάρχουσα χωρητικότητά τους.

Αλλά επειδή το VBI μπορεί να παραδώσει περίπου 10 megabit ανά ώρα, ή 240 megabit ανά ημέρα, ένα μεγάλο μέρος των δεδομένων ροής (data stream) μπορεί να μην έχει καμία σχέση με τα προγράμματα που παρακολουθούμε, το οποίο αποθηκεύεται για γρήγορη ανάκτηση αργότερα. Το ίδιο πράγμα πηγαίνει για ένα TV "κανάλι στοιχείων". Ακόμα ένα σχέδιο περιλαμβάνει ένα δορυφορικό πιάτο που συνδέεται με έναν υπολογιστή ή έναν μετασηματιστή με έναν μεγάλο σκληρό δίσκο, που είναι πιθανότατα ακόμα πιο αξιόπιστο, δεδομένου ότι ο αποστολέας των πληροφοριών πρέπει να έχει περισσότερο έλεγχο. Ένας απλός δορυφορικός αναμεταδότης μπορεί να στείλει πολλά gigabytes ανά ημέρα.

Ξαφνικά αυτά γίνονται ενδεχομένως ενδιαφέροντα παραδείγματα τη "επίμονη αποθήκευση", ο σκληρός δίσκος, για να δημιουργηθεί αυτό που ονομάζεται "ψευδο bandwidth". Οι πληροφορίες που συγκεκριμένα εμείς έχουμε ζητήσει και οι ειδήσεις που το σύστημα νομίζει ότι θελήσαμε να έχουμε σε ετοιμότητα παραδίδονται αυτόματα και αποθηκεύονται σε σκληρό δίσκο. Όταν ζητάμε αυτά τα bit πληροφοριών, πχ όταν ξυπνάμε το πρωί, η πρόσβαση είναι σχεδόν στιγμιαία, σαν το bandwidth να ήταν ουσιαστικά απεριόριστο. Με αυτό το σχέδιο, ο υψηλής ποιότητας ήχος και μικρές ποσότητες βίντεο γίνονται εφικτά. Μια δημοφιλέστερη υπηρεσία είναι η παράδοση βελτιώσεων του λογισμικού.

Τα προβλήματα περιλαμβάνουν εγγυημένες καθυστερήσεις, όπως στην σε απευθείας σύνδεση εφημερίδα, παραδοθείς. Εάν θέλουμε τις πληροφορίες που δεν είναι σε σκληρό δίσκο, θα πρέπει να έχουμε πρόσβαση σε αυτές ξεχωριστά μέσω ενός συμβατικότερου και πιθανότατα πιο αργού μέσου. Επειδή τα δεδομένα που μεταδίδονται ραδιοφωνικά είναι μόνο ενός δρόμου, δεν περιλαμβάνει συγκεκριμένα δεδομένα που είναι για μας μόνο, όπως το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο.

Μέχρι τώρα τα μέσα "ώθησης" του Internet που παρέχουν τις πληροφορίες στους χρήστες του χωρίς συγκεκριμένη αίτησή δεν είναι θεαματικά επιτυχή. Η μεγάλη ερώτηση για τη ραδιοφωνική αναμετάδοση στοιχείων είναι εάν μπορεί να βρεί τις πληροφορίες που αναγκάζουν τους ανθρώπους να θελήσουν να τις χρησιμοποιήσουν. Θα έκανε μεγάλη αίσθηση για γενικές πληροφορίες όπως τίτλοι ειδήσεων, εκθέσεις καιρού και κυκλοφορίας, ακριβώς το είδος πληροφοριών που το teletext παραδίδει για χρόνια. Πέρα από αυτό, δεν είναι σαφές πόσο καλά θα λειτουργήσει και όπως με άλλα μέσα ραδιοφωνικής μετάδοσης, θα βρεθεί μια μέση λύση μεταξύ των τοπικών στοιχείων και των στοιχείων ενός ευρύτερου ενδιαφέροντος πράγμα που μπορεί να είναι δυσνόητο.

Αυτό που θα γεμίσει το bandwidth μας: Το bandwidth, δεδομένου αυτών που αναφέραμε πριν, δεν μετρά την αξία του περιεχομένου που παραδίδει. Αλλά το μόνο πράγμα που καθιστά το bandwidth πολύτιμο είναι το περιεχόμενο. Στο Internet, το περιεχόμενο είναι παραδοσιακά ελεύθερο, αλλά σήμερα έχουμε αρχίσει να βλέπουμε την έναρξη της πληρωμή γι' αυτό.

Πολλοί άνθρωποι θεωρούν ότι το μόνο βιώσιμο σύστημα για τις πληροφορίες για το Internet είναι ένα σύστημα μικροπληρωμής, όπου θα μπορούμε να καταβάλλουμε ένα μικρο ποσό ανά ιστοσελίδα. Η ιδέα είναι ότι το ποσό πρέπει να είναι αρκετά μικρό για να μην υπάρξει περίπτωση να σκεφτόμαστε δύο φορές πριν πληρώσουμε, ή μάλλον, πριν αφήσουμε ένα αυτοματοποιημένο σύστημα να πληρώσει για μας. Επιστημαίνεται ότι κανένας δεν σκέφτεται δύο φορές πριν ανοίξει ένας φως όταν εισέρχεται σ' ένα δωμάτιο και πολλοί άνθρωποι ακόμη δεν σκέφτονται να κλείσουν το φως φεύγον μακριά από το δωμάτιο. Η ηλεκτρική ενέργεια κοστίζει, αλλά τόσο ελάχιστα για κάθε μεμονωμένη ενέργεια που δεν αξίζει να το σκεφτόμαστε.

Δυστυχώς, ένα σύστημα μικροπληρωμής απαιτεί μια πλήρη υποδομή για το χειρισμό των πιστώσεων και των χρεώσεων και εκείνη η υποδομή πρέπει να είναι απίστευτα αποδοτική ώστε να μη φαγωθεί αγωθεί σε αμοιβές επεξεργασίας, όπως θα συνέβαινε αυτήν την περίοδο με τις σημερινές πιστωτικές κάρτες. Τα συστήματα μικροπληρωμής απέχουν ακόμα αρκετά χρόνια, αλλά δεδομένου ότι οι συνδρομές του Web δεν έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα επιτυχείς, και επειδή η διαφήμιση έχει αποδειχθεί βιώσιμη για μόνο τις μεγαλύτερες ιστοσελίδες, τα συστήματα μικροπληρωμής μπορούν να είναι η μόνη μακροπρόθεσμη λύση.

Το μέλλον του bandwidth: Τα πλεονεκτήματα είναι πάρα πολύ μεγάλα για την αποθήκευση τη μετάδοση πληροφοριών που δεν πρέπει γίνει σχεδόν αποκλειστικά ένα θέμα άσων και μηδενικών. Η ψηφιακή τεχνολογία θα επικρατήσει τελικά, και το bandwidth θα μετριέται ανάλογα.

Αλλά αξίζει να σημειωθεί ότι αν και ο κόσμος των πληροφοριών γίνεται όλο και περισσότερο ψηφιακός, είναι ακόμα πρώτιστα αναλογικός όσον αφορά τον τρόπο που διασυνδέεται με μας. Καμμιά από τις αισθήσεις μας δεν λειτουργεί ψηφιακά, που σημαίνει ότι η σύλληψη και η έκφραση των πληροφοριών σε κάποιο ανώτατο επίπεδο θα παραμείνουν αναλογικές, είτε πρόκειται για τα υγιή κύματα ενός τραγουδιού ή τα φωτεινά κύματα μιας εικόνας. Το μόσχευμα που προσφέρει μια άμεση σύνδεση μεταξύ του εγκεφάλου μας και νευρικού μας συστήματος και των ψηφιακών συστημάτων βρίσκονται στη βάση της επιστημονικής φαντασίας για πολλά έτη, αλλά είναι ασφαλές να υποτεθεί ότι θα παραμείνει στην περιοχή αυτή για τα έτη που έπονται.

Εκείνη η εντυπωσιακή πιθανή χρήση του ψηφιακού bandwidth μπορεί να μην περάσει στη διάρκεια της ζωής μας, αλλά σε πολλά πράγματα σχεδόν δεδομένα, είναι πιθανό η έναρξή τους να γίνει πιο σύντομα. Η τηλεπαρουσίαση θα επιτρέψει σε μας να δούμε και να αλληλεπιδράσουμε με ανθρώπους και χιλιάδες πράγματα που βρίσκονται μίλια μακριά, σαν ήταν στο ίδιο δωμάτιο μαζί μας. Η εικονική πραγματικότητα θα μας δώσει την ευκαιρία να επισκεφτούμε μέρη, που λόγω πολλών παραγόντων, κυρίως οικονομικών, δεν θα πηγαίναμε στο άμεσο μέλλον, μέσω φυσικά των συνθετικών θέσεων που υπάρχουν μόνο στον κυβερνοχώρο.

Θα υπάρξουν περιορισμοί. Ένας, δεδομένου αυτών που έχουμε δει, είναι η λανθάνουσα κατάσταση (latency). Οι πιο συχνές καθυστερήσεις στη διαβίβαση και την επεξεργασία δεδομένων είναι αρκετά ενοχλητικές και μπορούν να χαλάσουν την

παραίσθηση της αλληλεπίδρασης. Η λανθάνουσα κατάσταση μπορεί να χαλάσει την επίδραση μιας περίπλοκης προσομοίωσης εικονικής πραγματικότητας εξίσου όπως και με τη δυνατότητα χειρουργικής επέμβασης από μεγάλη απόσταση.

Δεν γεννάται θέμα ότι για μερικούς ανθρώπους, σε μερικές περιοχές, το bandwidth θα είναι άφθονο και ενδεχομένως φτηνό. Όπως συμβαίνει σήμερα, θα λαμβάνουμε όσο bandwidth χρειαζόμαστε, υπό τον όρο ότι είμαστε πρόθυμοι να πληρώσουμε γι' αυτό.

Το bandwidth γίνεται φτηνότερο όταν το κόστος του μειώνεται. Εάν κάποιος “τρέχει” σ’ ένα υψηλής ταχύτητας καλώδιο στον κόμβο μας και καθένας το εκμεταλλεύεται, το κόστος για το καλώδιο μειώνεται εντυπωσιακά. Εάν είστε ο μόνος χρήστης εκείνου του καλωδίου, οι δαπάνες θα είναι πιθανότατα υψηλότερες. Στους τομείς υψηλής χρήσης, ειδικές μορφές bandwidth μπορούν να προκύψουν. Σε πολλές λιγότερο τυχερές περιοχές, το ψηφιακό bandwidth περιπλέκεται με τα αναβαθμισμένα καλώδια τηλεόρασης και τηλεφώνων που οι άλλοι χρήστες χρησιμοποιούν για τους αρχικούς τους λόγους και μπορεί να παραμείνει σαν κύμα του μέλλοντος.

Θα ήταν ένα μεγάλο λάθος να υποτιμηθεί η σημασία των οικονομικών παραγόντων στο bandwidth που τελικά θα απολαύσουμε. Οι ψηφιακοί πλούσιοι είναι απίθανο να επιχορηγήσουν τους ψηφιακούς φτωχούς στην ίδια έκταση που έχουμε δει στον κόσμο της τηλεφωνίας, όπου τα δασμολόγια αναπτύχθηκαν για να εξασφαλίσουν ότι ακόμη και οι άνθρωποι στις αγροτικές κοινότητες εξυπηρετήθηκαν στα προσιτά ποσοστά. Και είναι πιθανό να υπάρξει μεγάλη αναταραχή από την τύρφη του bandwidth: κάθε φορέας είναι πιθανό να προσπαθήσει να ελέγξει περιοχές όπου ο έλεγχος είναι εφικτός και οικονομικά οφέλη μπορούν να απορρέουν. Όλα αυτά που διαμορφώνουν το λογισμικό και τα πρότυπα υλικού στη φύση των ασφαλών επιχειρησιακών συναλλαγών θα είναι πολύτιμοι για το ψηφιακό μέλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΓΙΑ ΠΑΡΟΧΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ BANDWIDTH

Integrated Services και Differentiated Services Μοντέλα Ποιότητας Υπηρεσίας: Στην τελευταία δεκαετία ένα μεγάλο μέρος επιστημονικής προσπάθειας έχει αφιερωθεί στην παροχή Ποιότητας Υπηρεσίας σε μεμονωμένες ροές (flows) πραγματικού χρόνου στα δίκτυα IP. Ο έλεγχος αποδοχής (admission control) είναι το κοινό στοιχείο τέτοιων αρχιτεκτονικών οι οποίες ονομάζονται Ολοκληρωμένες Υπηρεσίες (Integrated Services). Σε αυτές, οι ροές πρέπει να ζητήσουν την παροχή μιας συγκεκριμένης Ποιότητας Υπηρεσίας από το δίκτυο και η αίτηση αυτή να γίνει αποδεκτή (ή να απορριφθεί) ανάλογα με το επίπεδο των διαθέσιμων πόρων. Συνήθως, η διαδικασία αυτή εμπλέκει ένα μηχανισμό σηματοδότησης, όπως το RSVP που θα μεταφέρει το αίτημα δέσμευσης πόρων σε όλους τους δρομολογητές κατά μήκος του μονοπατιού που θα ακολουθεί η ροή. Ενώ τέτοιες αρχιτεκτονικές παρέχουν άριστη Ποιότητα Υπηρεσίας, έχουν σημαντικά προβλήματα κλιμακοθετησιμότητας (scalability). Οι δρομολογητές πρέπει να επεξεργάζονται τις αιτήσεις δέσμευσης πόρων (resources reservations requests) ανά ροή

καθώς επίσης και να κρατούν την κατάσταση κάθε ροής, ώστε να εξασφαλίσουν ότι παραδίδουν την επιθυμητή Ποιότητα Υπηρεσίας στις ροές που έγιναν αποδεκτές στο δίκτυο. Σε αυτή την περίπτωση, η ύπαρξη πολλών ροών στο δίκτυο, επιβαρύνει σημαντικά τους δρομολογητές. Ενώ υπάρχουν προσπάθειες να καταστούν τέτοια σχέδια πιο κλιμακωτά μέσω συνάθροισης και ιεράρχησης το θέμα της κλιμακοθετησιμότητας των Integrated Services αρχιτεκτονικών παραμένει ανοικτό.

Οι Διαφοροποιημένες Υπηρεσίες (Differentiated Services) είναι μια άλλη προσέγγιση για παροχή Ποιότητας Υπηρεσίας. Σε αυτή την αρχιτεκτονική, η κίνηση είναι ταξινομημένη σε έναν πεπερασμένο αριθμό κλάσεων υπηρεσίας (classes of service - Cos) που λαμβάνουν διαφορετική μεταχείριση κατά τη διαδικασία δρομολόγησης. Οι δρομολογητές εισόδου στο δίκτυο (ingress routers) ταξινομούν τα πακέτα σε προκαθορισμένες κλάσεις υπηρεσιών με βάση το αίτημα για Ποιότητα Υπηρεσίας της σχετικής εφαρμογής. Οι δρομολογητές πυρήνα (core routers) διαβιβάζουν κάθε πακέτο σύμφωνα με την κλάση του. Κατ' αυτό τον τρόπο, το μοντέλο παρέχει διαφοροποίηση υπηρεσιών σε κάθε κόμβο (Per Hop behaviors - PHB) για συναθροίσεις ροών κίνησης και όχι για κάθε ροή ξεχωριστά. Η τεχνολογία Differentiated Services επιτυγχάνει την κλιμακοθετησιμότητα και την εύχρηστη διαχείριση με την παροχή ποιότητας σε σύνολα κίνησης και όχι ανά ροή εφαρμογής.

Υπάρχουν δύο κατευθύνσεις στην αρχιτεκτονική Differentiated Services: η απόλυτη (absolute) και η σχετική (relative). Στην αρχιτεκτονική των Απόλυτων Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών (Absolute Differentiated Services), ένα σχήμα Ελέγχου Αποδοχής χρησιμοποιείται για την παροχή εγγυήσεων Ποιότητας Υπηρεσίας ως απόλυτα όρια συγκεκριμένων παραμέτρων Ποιότητας Υπηρεσίας όπως το bandwidth (bandwidth), η καθυστέρηση μεταφοράς πακέτων (packet transfer delay), το ποσοστό απώλειας πακέτων (packet loss), ή η καθυστέρηση μεταξύ των πακέτων (jitter). Ο έλεγχος της επίδοσης απόλυτης Ποιότητας Υπηρεσίας σε μια από άκρο σε άκρο σύνδεση, απαιτεί ενεργητικές ή παθητικές διαδικασίες επίβλεψης κατά μήκος της συγκεκριμένης σύνδεσης πριν από την αποκατάστασή της και σε καθ' όλη τη διάρκεια ύπαρξής της. Για οποιοδήποτε αποδεκτό χρήστη οι κατάλληλοι πόροι δικτύου, κρατούνται εκ των προτέρων και το επίπεδο επίδοσης της σύνδεσής του εξασφαλίζεται. Η αίτηση του χρήστη για απόλυτη Ποιότητα Υπηρεσίας απορρίπτεται εάν δεν είναι διαθέσιμοι επαρκείς πόροι στο δίκτυο ώστε να παρασχεθούν οι ζητούμενες εξασφαλίσεις.

Το μοντέλο των Σχετικών Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών (Relative Differentiated Services) παρέχει εγγυήσεις Ποιότητα Υπηρεσίας ανά κλάση σχετικά με τις εγγυήσεις που δίνονται στις άλλες κλάσεις. Η μόνη διαβεβαίωση από το δίκτυο είναι ότι οι υψηλότερες σε προτεραιότητα κλάσεις λαμβάνουν καλύτερη Ποιότητα Υπηρεσίας από τις χαμηλότερες κλάσεις. Οι τιμές των παραμέτρων Ποιότητα Υπηρεσίας για μια σύνδεση εξαρτώνται από το παρόν φορτίο του δικτύου, δεδομένου ότι δεν υπάρχει σε αυτό το σχήμα κανένας μηχανισμός Ελέγχου Αποδοχής και κράτησης πόρων. Η Σχετική Διαφοροποίηση Υπηρεσιών είναι μια προσέγγιση απλή, που υλοποιείται εύκολα σε σύγκριση με την υπηρεσία Απόλυτης Διαφοροποίησης Υπηρεσιών. Υπάρχουν προτάσεις για τη Σχετική ανά κλάση Differentiated Services Ποιότητα Υπηρεσίας, που καθορίζουν τη διαφοροποίηση των υπηρεσιών ποιοτικά από την άποψη ότι οι υψηλότερης προτεραιότητας κλάσεις λαμβάνουν μικρότερες καθυστερήσεις και απώλειες πακέτων από ότι οι χαμηλότερης προτεραιότητας κλάσεις. Πρόσφατες ερευνητικές μελέτες πρότειναν ένα είδος Σχετικής Διαφοροποίησης Υπηρεσιών που εξασφαλίζει ποιοτική

Ποιότητα Υπηρεσίας και ονομάζεται Αναλογική Διαφοροποίηση Υπηρεσιών (Relative Differentiated Services). Η Αναλογική Διαφοροποίηση Υπηρεσιών διατηρεί τις αναλογίες των καθυστερήσεων ή των ποσοστών απωλειών πακέτων μεταξύ κλάσεων διαδοχικών προτεραιοτήτων ίσες με μια σταθερά τιμή. Η υπηρεσία αυτή εγγυάται, λαμβάνοντας υπόψη δύο κλάσεις διαδοχικών προτεραιοτήτων, ότι οι καθυστερήσεις ή οι απώλειες πακέτων για την κλάση της πιο υψηλής προτεραιότητας θα αποτελούν μια προσδιορισμένη αναλογία των καθυστερήσεων ή των ποσοστών απωλειών πακέτων της χαμηλότερης σε προτεραιότητα κλάσης.

Η ανάγκη για Αποκεντρωμένες προσεγγίσεις Διαχείρισης Δικτύων: Τα σημερινά Συστήματα Διαχείρισης Δικτύων (Network Management Systems - NMS) είναι συνήθως βασισμένα στο συγκεντρωτικό μοντέλο διαχείρισης, όπου ένας εξυπηρετητής που ενεργεί ως διαχειριστής φροντίζει για ένα σύνολο κόμβων συλλέγοντας, αναλύοντας και διαμορφώνοντας τις κατάλληλες παραμέτρους διαχείρισης. Τα εκτενώς χρησιμοποιημένα διαχειριστικά πρότυπα δικτύων όπως το Simple Network Management Protocol (SNMP) στον κόσμο του Διαδικτύου και το Common Management Information Protocol (CMIP) στον κόσμο του OSI έχουν υλοποιηθεί σύμφωνα με αυτήν την συγκεντρωτική προσέγγιση. Δυστυχώς αυτές οι τεχνολογίες έχουν αποτύχει να αποκριθούν αποτελεσματικά στην εξέλιξη και τον πολλαπλασιασμό των δικτύων επικοινωνίας καθώς και στις αυξανόμενες απαιτήσεις για πιο αποτελεσματικές διαδικασίες διαχείρισης δικτύων. Οι κρίσιμοι περιορισμοί και οι ανεπάρκειες που εμφανίζουν, συχνά αποθαρρύνουν τους διαχειριστές δικτύων να εκμεταλλευθούν τις παρούσες ικανότητες δικτύωσης. Η συγκεντρωτική φιλοσοφία απαιτεί την άμεση ανθρώπινη παρουσία και επέμβαση, αλλά αυτό είναι αρκετά δύσκολο, εάν όχι αδύνατο, στο σημερινό ετερογενές και σύνθετο περιβάλλον δικτύωσης που απαιτεί την συλλογή και την ανάλυση τεράστιου όγκου στοιχείων προτού αρχικοποιηθεί και στη συνέχεια εκτελεσθεί μια δραστηριότητα διαχείρισης. Εκτός αυτού είναι απαραίτητο ο εξυπηρετητής (server) που παρέχει λειτουργίες διαχείρισης, να διαθέτει μεγάλες ικανότητες επεξεργασίας, και επιπλέον θα χρησιμοποιεί μεγάλο bandwidth για την μεταφορά πολυάριθμων πληροφοριών διαχείρισης.

Ένα άλλο ζήτημα είναι ότι οι διαδικασίες των πρωτοκόλλων CMIP και SNMP εξαρτώνται από τη διαθεσιμότητα του δικτύου προκειμένου να εκτελεσθούν. Αυτό καθιστά τη διαχείριση πολύ δύσκολη σε περιπτώσεις βλάβης του δικτύου. Η καταλληλότερη λύση για τους προαναφερθέντες περιορισμούς φαίνεται να είναι η μεταφορά της διαχειριστικής νοημοσύνης όσο το δυνατόν πιο κοντά στα διαχειριζόμενα στοιχεία του δικτύου. Αυτή η προσέγγιση έχει εμφανιστεί αρχικά στην ερευνητική πρωτοβουλία αποκαλούμενη Management by Delegation (MbD). Στα πλαίσια της MbD παρουσιάζεται μια ευδιάκριτη κατεύθυνση προς τη διαχειριστική αποκέντρωση και την αυξανόμενη ευελιξία των λειτουργιών διαχείρισης. Η ιδέα είναι ότι ο σταθμός διαχείρισης, αντί να ανταλλάσσει μηνύματα με τους προς διαχείριση κόμβους, αναθέτει τις στοιχειώδεις εργασίες διαχείρισης σε ειδικά προγράμματα που εκτελούνται στις προς διαχείριση συσκευές.

Άλλες σχετικές προσπάθειες είναι η τεχνική Remote Monitoring (RMON) και το παράδειγμα του πληρεξούσιου αντιπροσώπου (proxy agent) που προσδιορίζεται εντός SNMPv2. Πρόσφατα, η Τεχνολογία των Κινητών Πρακτόρων – ΤΚΠ (Mobile Agent Technology – MAT) έχει προκύψει ως ελπιδοφόρος λύση προς την εφαρμογή των στρατηγικών που διανέμουν και αυτοματοποιούν τις εργασίες διαχείρισης. Η ΤΚΠ

παρέχει ένα καινοτόμο παράδειγμα αλληλεπίδρασης λογισμικού που επιτρέπει τη μετανάστευση κώδικα μεταξύ των υπολογιστών για απομακρυσμένη εκτέλεση. Ακόμα κι αν υπάρχουν ακόμα ανοικτά διάφορα ερευνητικά ζητήματα, η ΤΚΠ εμφανίζεται ώριμη για να υποστηρίξει την αποκέντρωση της διαχείρισης δικτύων κυρίως λόγω της έμφυτης δυνατότητας των κινητών πρακτόρων να συλλέγουν και να επεξεργάζονται στοιχεία τοπικά, εξαλείφοντας έτσι την ανάγκη για την επικοινωνία με τον κεντρικό διαχειριστή.

Οι ΚΠς χρησιμοποιούνται για να αποκεντρώσουν την επεξεργασία σε σημαντικές λειτουργίες διαχείρισης ιδιαίτερα όταν πρόκειται για δίκτυα σημαντικού μεγέθους. Δύσκολες εργασίες διαχείρισης, όπως η διαμόρφωση δικτύου (network configuration), η επίβλεψη επίδοσης (performance monitoring) και η επίβλεψη ειδοποιήσεων (alarm monitoring) σε ένα δίκτυο, μπορούν να εκτελεστούν από ΚΠς. Όταν μια νέα εργασία πρέπει να πραγματοποιηθεί, ένας νέος ΚΠ δημιουργείται και μεταναστεύει σε μια απομακρυσμένη θέση για να εκτελέσει τη εργασία του χωρίς να διακόψει την κανονική λειτουργία του τοπικού συστήματος. Έτσι μειώνεται δραστικά η ανάγκη μεταφοράς πληροφοριών μεγάλου όγκου στους κεντρικούς σταθμούς διαχείρισης.

Οι υποδομές των δικτύων τηλεπικοινωνιών γίνονται όλο και περισσότερο καταναμημένες και ετερογενείς, με διάφορες αρχιτεκτονικές δικτύων να ενσωματώνονται (όπως ATM, IP, ADSL) και διάφορους τύπους εξοπλισμών από διαφορετικούς προμηθευτές να συνυπάρχουν. Συγχρόνως, οι υπηρεσίες που ζητούνται από τα δίκτυα είναι όλο και περισσότερο απαιτητικές σε θέματα Ποιότητα Υπηρεσίας. Η ανάγκη για αποδοτικά εργαλεία, αρχιτεκτονικές και τεχνολογίες για τη διαχείριση των δικτύων IP εμφανίζεται ουσιαστικότερη από κάθε άλλη φορά και η αυξανόμενη νοημοσύνη στις λύσεις διαχείρισης αποτελεί μια σημαντική απαίτηση για τα δίκτυα τηλεπικοινωνιών στην εποχή Διαδικτύου. Σε αυτό το πλαίσιο, η αποδοτική διαχείριση δικτύων είναι ύψιστης σημασίας για τους χειριστές δικτύων. Οι πλατφόρμες διαχείρισης πρέπει να είναι ευπροσάρμοστες και αρκετά ευφυείς ώστε να διαμορφώσουν δυναμικά, να ελέγχουν και τελικά να αναδιαρθρώνουν το δίκτυο. Από τη μία, αυτές οι πλατφόρμες πρέπει να είναι σε θέση να ενημερώνουν τους χρήστες για την ποιότητα των απαιτούμενων υπηρεσιών και αφ' ετέρου, οι διαχειριστές δικτύων πρέπει να είναι σε θέση να διαχειριστούν τους πόρους των δικτύων τους προκειμένου να παρέχουν Ποιότητα Υπηρεσίας με αποτελεσματικό τρόπο. Οι Συμφωνίες Επιπέδου Υπηρεσίας (Service Level Agreements SLAs) μεταξύ των φορέων εκμετάλλευσης, των παροχών υπηρεσιών δικτύων και των χρηστών πρέπει να ικανοποιούνται κατά τρόπο απολύτως διαφανή προς τους χρήστες Έννοιες Ποιότητα Υπηρεσίας σε IP Δίκτυα

Η ομάδα εργασίας Internet Engineering Task Force (IETF) έχει προτείνει πολλά μοντέλα και μηχανισμούς για να ικανοποιήσει την απαίτηση για Ποιότητα Υπηρεσίας. Ειδικότερα, μεταξύ αυτών είναι η αρχιτεκτονική Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών (Integrated Services) που υλοποιείται με τη χρήση του πρωτοκόλλου Resource Reservation Protocol (RSVP), η αρχιτεκτονική των Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών (Differentiated Services), η διαχείριση κίνησης (traffic engineering), η δρομολόγηση βάση περιορισμών (constraint based routing) και το πρωτόκολλο Multiprotocol Label Switching (MPLS). Το μοντέλο Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών χαρακτηρίζεται από την προκράτηση των πόρων. Για τις εφαρμογές πραγματικού χρόνου, προτού να αρχίσει η μεταφορά δεδομένων, πρέπει πρώτα να καθοριστούν οι διαδρομές επικοινωνίας και να δεσμευτούν οι κατάλληλοι πόροι στο δίκτυο. Το RSVP είναι ένα πρωτόκολλο σηματοδότησης για τη σύσταση των μονοπατιών και την κράτηση των πόρων. Στις

διαφοροποιημένες υπηρεσίες, τα πακέτα ταξινομούνται σε προκαθορισμένες κλάσεις υπηρεσιών με βάση το αίτημα για Ποιότητα Υπηρεσίας της σχετικής εφαρμογής. Πακέτα που ανήκουν σε διαφορετικές κλάσεις, λαμβάνουν διαφορετικές υπηρεσίες. Το MPLS είναι ένας μηχανισμός προώθησης πακέτων. Στα πακέτα ανατίθενται ετικέτες στην είσοδο ενός MPLS-ικανού δικτυακού τομέα (network domain). Η ταξινόμηση, η διαβίβαση, και οι υπηρεσίες που προσφέρονται στα πακέτα διεξάγονται με βάση τις ετικέτες τους. Η διαχείριση κίνησης είναι η διαδικασία της ρύθμισης της ροής της κυκλοφορίας στο δίκτυο. Η δρομολόγηση βάση περιορισμών έχει σκοπό να βρίσκει τις διαδρομές που καλύπτουν συγκεκριμένους περιορισμούς Ποιότητας Υπηρεσίας, όπως το bandwidth ή η καθυστέρηση των πακέτων.

Ολοκληρωμένες Υπηρεσίες - RSVP: Η αρχιτεκτονική Integrated Services χαρακτηρίζεται από την δέσμευση πόρων του δικτύου. Για τις εφαρμογές που λειτουργούν σε πραγματικό χρόνο, προτού αρχίσουν να διαβιβάζουν δεδομένα, πρέπει να συγκροτηθούν μονοπάτια επικοινωνίας και να γίνει δέσμευση δικτυακών πόρων για αυτά. Το RSVP είναι ένα πρωτόκολλο σηματοδότησης για τη σύσταση των μονοπατιών και τη δέσμευση δικτυακών πόρων.

Η αρχιτεκτονική Integrated Services καθορίζει τρεις κλάσεις Ποιότητας Υπηρεσίας:

- Εγγυημένη (Guaranteed): παρέχει εγγυήσεις bandwidth, ορίου καθυστέρησης πακέτων και μηδενικές απώλειες πακέτων.
- Ελεγχόμενου φορτίου (Controlled Load): Προσφέρει Ποιότητα Υπηρεσίας παρόμοια με αυτήν που παρέχει η κλάση της καλύτερης προσπάθειας (Best Effort – BE), σε ελαφριά φορτωμένο δίκτυο.
- Καλύτερης προσπάθειας (Best Effort – BE): είναι παρόμοια με αυτή που παρέχεται στο Διαδίκτυο αυτήν την περίοδο υπό ποικίλες συνθήκες φορτίων, από ελαφρύ έως βαρύ.

Το RSVP παρέχει τη σηματοδότηση που επιτρέπει την δέσμευση πόρων στο δίκτυο. Αν και συνήθως χρησιμοποιείται για δεσμεύσεις πόρων ανά ροή, το RSVP χρησιμοποιείται επίσης και για δέσμευση πόρων για σύνολα ροών. Το RSVP είναι το πιο σύνθετο όλων των αρχιτεκτονικών Ποιότητα Υπηρεσίας. Κατά συνέπεια, παρέχει τη μέγιστη διαφοροποίηση από τις καθιερωμένες αρχιτεκτονικές Ποιότητας Υπηρεσίας καθώς και υψηλότερα επίπεδα Ποιότητα Υπηρεσίας όσον αφορά τις εγγυημένες υπηρεσίες, τον καταμερισμό των δικτυακών πόρων και τις αναφορές επίδοσης ποιότητας σε εφαρμογές και στους χρήστες.

• Η πηγή κίνησης χαρακτηρίζει την εξερχόμενη κίνηση από πλευράς άνω και κάτω ορίου bandwidth, καθυστέρησης μεταφοράς πακέτων και καθυστέρησης μεταξύ των πακέτων (jitter). Το RSVP πρωτόκολλο στέλνει από την πηγή κίνησης PATH μηνύματα που περιέχουν τις προδιαγραφές της κίνησης (Traffic Specification - Tspec) στους παραλήπτες της κίνησης. Κάθε RSVP-δρομολογητής κρατά την διεύθυνση του στοιχείου του δικτύου από το οποίο έλαβε το PATH μήνυμα.

• Όταν το PATH μήνυμα φτάσει στους τελικούς παραλήπτες – οι παραλήπτες στέλνουν αιτήσεις RESV που ακολουθούν την ακριβώς αντίθετη διαδρομή προς την πηγή. Ένα RESV μήνυμα περιλαμβάνει το Tspec και το επίπεδο ποιότητας υπηρεσίας - (Request Specification- Rspec) που δείχνει τον τύπο Ποιότητα Υπηρεσίας που απαιτείται (Guaranteed ή Controlled Load).

• Κάθε RSVP δρομολογητής που παραλαμβάνει το RESV μήνυμα κάνει τις απαραίτητες εργασίες για την διάθεση τοπικών πόρων στην σύνδεση σύμφωνα με τις Tspec προδιαγραφές. Αν οι πόροι δεν υπάρχουν ο δρομολογητής στέλνει μήνυμα λάθους στον παραλήπτη αλλιώς προωθεί το RESV στον επόμενο καταναμητή.

• Όταν το RESV μήνυμα φτάσει στον τελικό δρομολογητή ο οποίος αποδέχεται και αυτός με την σειρά του τις προδιαγραφές κίνησης, στέλνει μήνυμα τελικής αποδοχής στον παραλήπτη.

Το RSVP έχει τις ακόλουθες ιδιότητες:

- Εκτελεί δεσμεύσεις πόρων για εφαρμογές μονής (unicast) ή πολλαπλής (multicast) διανομής δεδομένων.
- Καθιστά μονόδρομες επικοινωνίες (simplex) δεδομένου ότι δεσμεύει πόρους για μονής κατεύθυνσης (unidirectional) ροές δεδομένων.
- Είναι προσανατολισμένο προς το δέκτη (receiver-oriented) για παράδειγμα, ο δέκτης μιας ροής στοιχείων αρχικοποιεί και εν συνεχεία διατηρεί την δέσμευση των πόρων της ροής.
- Διατηρεί τα χαρακτηριστικά της κατάστασης κάθε ροής στους εμπλεκόμενους δρομολογητές, παρέχοντας έτσι υποστήριξη για δυναμικές αλλαγές στους αποδέκτες της ροής και αυτόματη προσαρμογή σε αλλαγές δρομολόγησης.
- Δεν είναι πρωτόκολλο δρομολόγησης αλλά εξαρτάται από τα υπάρχοντα πρωτόκολλα δρομολόγησης.
- Μεταφέρει και διατηρεί παραμέτρους ελέγχου κίνησης (traffic control) και επιτήρησης (policy control).

Τα προβλήματα της Integrated Services αρχιτεκτονικής για παροχή Ποιότητα Υπηρεσίας είναι:

• Το ποσό των πληροφοριών κατάστασης (state information) αυξάνεται αναλογικά με τον αριθμό ροών. Αυτό τοποθετεί τεράστια επιβάρυνση αποθήκευσης και επεξεργασίας στους δρομολογητές πυρήνα. Επομένως αυτή η αρχιτεκτονική δεν παρουσιάζει καλή κλιμάκωση στο εσωτερικό δίκτυο.

• Οι δρομολογητές πρέπει να είναι σε θέση να παρέχουν ένα πλήθος από λειτουργίες. Όλοι οι δρομολογητές πρέπει να διαθέτουν πρωτόκολλο RSVP, λειτουργίες ελέγχου αποδοχής, ταξινόμησης Πολλαπλών Πεδίων (Multi Field - MF) και χρονοπρογραμματισμού πακέτων (Packet Scheduling).

Διαφοροποιημένες Υπηρεσίες (Differentiated Services): Η Differentiated Services αρχιτεκτονική, όπως προτείνεται από την Ομάδα Εργασίας διαφοροποιημένων Υπηρεσιών της IETF, επιτρέπει η κίνηση IP να ταξινομηθεί σε έναν πεπερασμένο αριθμό κλάσεων υπηρεσίας με διαφορετική μεταχείριση δρομολόγησης των πακέτων τους. Παραδείγματος χάριν, η κυκλοφορία που ανήκει σε μια «υψηλής προτεραιότητας» ή «ευαίσθητης σε καθυστέρηση μετάδοσης» κλάσης υπηρεσίας λαμβάνει κάποιου τύπου προνομιακής μεταχείρισης σε σχέση με την κυκλοφορία που ταξινομείται σε κλάση υπηρεσίας χαμηλότερης προτεραιότητας. Η αρχιτεκτονική αυτή δεν επιχειρεί να δώσει ρητές, από άκρο σε άκρο (end to end) εγγυήσεις Ποιότητας Υπηρεσίας. Αντ' αυτού, στα σημεία των δικτύων που παρουσιάζεται συμφόρηση, η κυκλοφορία που ανήκει στην υψηλότερης προτεραιότητας κλάση έχει μεγαλύτερες πιθανότητες να περάσει πρώτη. Οι πληροφορίες που απαιτούνται για να πραγματοποιηθεί η διαφοροποίηση των πακέτων από τους δρομολογητές βρίσκονται στο πεδίο Τύπου Υπηρεσίας (Type of Service - TOS)

της επικεφαλίδας των IPv4 πακέτων ή στο πεδίο Κλάσης Κυκλοφορίας (Traffic Class) των IPv6 πακέτων, το οποίο συνήθως καλείται και ως πεδίο DS ή Codepoint (DSCP) [9]. Επομένως, δεδομένου ότι οι πληροφορίες που απαιτούνται για τη διαχείριση των ενταμιευτών (buffers) και των μηχανισμών χρονοπρογραμματισμού πακέτων υπάρχουν στο εσωτερικό των πακέτων, οι διαφοροποιημένες υπηρεσίες δεν απαιτούν την ύπαρξη πρωτοκόλλων σηματοδότησης για τον έλεγχο των μηχανισμών που επιλέγουν τη διαφορετική επεξεργασία των μεμονωμένων πακέτων. Συνεπώς, το ποσό των πληροφοριών κατάστασης (state information), που πρέπει να διατηρηθεί ανά κόμβο, είναι ανάλογο προς τον αριθμό των κλάσεων των υπηρεσιών και όχι ανάλογο του αριθμού των ροών.

Σε κάθε άκρο πρόσβασης υπηρεσίας (Service access point – Sap) για τους χρήστες, οι υπηρεσίες Differentiated Services που παρέχονται καθορίζονται μέσω Συμβολαίων Υπηρεσιών (Service Level Agreement - SLA). Ένα SLA είναι μια σύμβαση που προσδιορίζει τη γενική απόδοση και τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα Ποιότητας Υπηρεσίας, τα οποία αναμένουν οι πελάτες. Επειδή οι διαφοροποιημένες υπηρεσίες παρέχουν Ποιότητα Υπηρεσίας σε μονόδρομες συνδέσεις, σε περιπτώσεις αμφίδρομης κυκλοφορίας κάθε κατεύθυνση πρέπει να εξετάζεται χωριστά. Το υποσύνολο του SLA, που προσδιορίζει την τεχνική προδιαγραφή της υπηρεσίας, αποτελεί τις Προδιαγραφές Επιπέδου Υπηρεσίας (Service Level Specification - SLS).

Ένα υποσύνολο του SLS, είναι οι Προδιαγραφές Είδους Κίνησης (Traffic Conditioning Specification - TCS), που προσδιορίζουν λεπτομερώς τις παραμέτρους κίνησης κάθε επιπέδου υπηρεσίας. Αυτές οι παράμετροι περιλαμβάνουν τις παραμέτρους απόδοσης υπηρεσίας (όπως: διεκπεραιωτικότητα -throughput, καθυστέρηση, πιθανότητα απόρριψης πακέτων – packet drop probability) καθώς και το προφίλ κίνησης (traffic profiles) που αντιστοιχεί στην απαιτούμενη Επιπλέον, στο TCS καθορίζονται οι λειτουργίες μαρκαρίσματος (Traffic Marking) και διαμόρφωσης (Traffic Shaping) κίνησης που θα παρασχεθούν.

Η αρχιτεκτονική Differentiated Services αποτελείται από διάφορα λειτουργικά στοιχεία, όπως οι κατηγοριοποιητές πακέτων (packet classifiers), οι ελεγκτές κυκλοφορίας (traffic conditioners) και οι ανά κόμβο διαβιβαστικές συμπεριφορές (Per Hop Behaviour - PHB). Σύμφωνα με το βασικό ορισμό της αρχιτεκτονικής Differentiated Services, αυτά τα στοιχεία τοποθετούνται συνήθως στους ακραίους κόμβους (boundary nodes) εισόδου και εξόδου καθώς και στους εσωτερικούς DS-συμβατούς κόμβους ενός Differentiated Services δικτυακού τομέα. Εντούτοις, δεν είναι απαραίτητο όλα τα λειτουργικά στοιχεία να υπάρχουν σε όλους τους DS-συμβατούς κόμβους, πράγμα που εξαρτάται αυστηρά από τη λειτουργία που απαιτείται σε κάθε κόμβο. Στην ακόλουθη παράγραφο δίνεται μια σύντομη περιγραφή για κάθε ένα από τα λειτουργικά στοιχεία της αρχιτεκτονικής Differentiated Services και παρουσιάζονται εν συντομία τα διάφορα συστατικά που περιλαμβάνουν

Κατηγοριοποιητές Πακέτων : Η κατηγοριοποίηση πακέτων είναι μια σημαντική λειτουργία, η οποία συμβαίνει συνήθως στους ακραίους κόμβους ενός δικτύου Differentiated Services. Ο στόχος αυτής της λειτουργίας είναι να προσδώσει σε κάθε πακέτο μιας εισερχόμενης ροής την Differentiated Services κλάση υπηρεσίας στην οποία αυτό ανήκει. Η κατηγοριοποίηση γίνεται μέσω των κατηγοριοποιητών πακέτων, οι οποίοι ταξινομούν τα πακέτα βασιζόμενοι στο περιεχόμενο των επικεφαλίδων τους σύμφωνα με σαφείς κανόνες που καθορίστηκαν στη Συμφωνία Είδους Κίνησης (Traffic

Conditioning Agreement – TCA). Δύο είδη κατηγοριοποιητών καθορίζονται στην Differentiated Services αρχιτεκτονική: ο κατηγοριοποιητής Συναθροιστικής Συμπεριφοράς (Behaviour Aggregate, BA), που κατηγοριοποιεί τα πακέτα με βάση το DS μόνο πεδίο, και ο κατηγοριοποιητής Πολλαπλών Πεδίων (Multi-Field, MF), ο οποίος κάνει την κατηγοριοποίηση στηριζόμενος στο συνδυασμό ενός ή περισσότερων πεδίων της επικεφαλίδας των πακέτων.

Ελεγκτές Κυκλοφορίας: Οι ελεγκτές κυκλοφορίας αποτελούν το πιο ζωτικής σημασίας μέρος ενός δικτύου Differentiated Services. Ο στόχος τους είναι να εφαρμόσουν τις λειτουργίες ελέγχου στα πακέτα που έχουν ταξινομηθεί προηγουμένως σύμφωνα με ένα προκαθορισμένο TCS. Ένας ελεγκτής κυκλοφορίας αποτελείται από ένα ή περισσότερα από τα ακόλουθα στοιχεία:

- **Μετρητής (Meter)** :Μια συσκευή που μετρά τις χρονικές ιδιότητες ενός ρεύματος κυκλοφορίας (traffic stream) που έχει κατηγοριοποιηθεί προηγουμένως, από έναν κατηγοριοποιητή, ότι ανήκει σε μια συγκεκριμένη κλάση υπηρεσίας.
- **Σημαδευτής (Marker)**
- **Μια συσκευή που θέτει μια τιμή στο DS πεδίο κάθε πακέτου** βάση σαφώς καθορισμένων κανόνων
- **Διαμορφωτής(Shaper):** Μια συσκευή που καθυστερεί τα πακέτα μέσα σε ένα ρεύμα κυκλοφορίας για να αναγκάσει το ρεύμα αυτό να προσαρμοστεί σε κάποιο καθορισμένο προφίλ κίνησης.
- **Απορρίπτης / Επιτηρητής(Dropper/Policer):** Μια συσκευή που απορρίπτει πακέτα βάση προσδιορισμένων κανόνων (π.χ όταν το ρεύμα κυκλοφορίας δεν προσαρμόζεται στις προδιαγραφές του TCS).

Η ανά κόμβο διαβιβαστική συμπεριφορά (PHB) περιγράφει την εξωτερικά παρατηρήσιμη συμπεριφορά διαβίβασης ενός κόμβου Differentiated Service, που εφαρμόζεται σε ένα σύνολο πακέτων με ίδιες DS τιμές, τα οποία διασχίζουν μια σύνδεση. Κάθε κλάση υπηρεσίας συνδέεται με ένα PHB. Τα PHBs καθορίζονται σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά συμπεριφοράς της υπηρεσίας και είναι σχετικές με τον τρόπο διαχείρισης των δικτυακών πόρων. Τα PHBs μπορούν επίσης να προσδιοριστούν από την άποψη της προτεραιότητας στους δικτυακούς πόρους σε σχέση με άλλα PHBs, ή από την άποψη των σχετικών παρατηρήσιμων χαρακτηριστικών της κυκλοφορίας τους. Τα PHBs υλοποιούνται με τη βοήθεια της διαχείρισης των ενταμιευτών και των μηχανισμών χρονοπρογραμματισμού των πακέτων.

Χρησιμοποιώντας τους μηχανισμούς κατηγοριοποίησης, επιτήρησης, διαμόρφωσης, και χρονοπρογραμματισμού των πακέτων, πολλές υπηρεσίες μπορούν να παρασχεθούν, όπως:

• **Πρωτεύουσα Υπηρεσία(Premium Service):** υπηρεσία κατάλληλη για εφαρμογές που απαιτούν υπηρεσίες χαμηλής καθυστέρησης και χαμηλού jitter.

• **Υπηρεσία Εξασφάλισης(Assured Service):** υπηρεσία για τις εφαρμογές που απαιτούν μεγαλύτερη αξιοπιστία από την υπηρεσία καλύτερης προσπάθειας (best effort – BE).

• **Ολυμπιακή Υπηρεσία(Olympic Service):** η οποία παρέχει τρεις κλάσεις υπηρεσιών: Χρυσή (Gold), Αργυρή (Silver) και Χάλκινη (Bronze), με φθίνουσα ποιότητα

Η αρχιτεκτονική Differentiated Service καθορίζει μόνο τα πεδία DS και τις PHBs. Είναι ευθύνη των προμηθευτών να αποφασίσουν το ποιες υπηρεσίες θα παρέχουν.

Η Differentiated Service αρχιτεκτονική διαφέρει σημαντικά από την Integrated Service. Κατ' αρχάς, υπάρχει μόνο ένας περιορισμένος αριθμός κλάσεων υπηρεσιών που υποδεικνύονται από το πεδίο DS. Δεδομένου ότι οι ροές ομαδοποιούνται σε κλάσεις Ποιότητας Υπηρεσίας, το ποσό των πληροφοριών κατάστασης είναι ανάλογο προς τον αριθμό κλάσεων και όχι προς τον αριθμό ροών.

Το Differentiated Service είναι επομένως πιο κλιμακοθετήσιμο μοντέλο. Επιπλέον, οι περίπλοκες λειτουργίες της κατηγοριοποίησης, του μαρκαρίσματος, της διαμόρφωσης και της επιτήρησης, απαιτούνται μόνο στα άκρα των δικτύων. Επομένως, οι διαφοροποιημένες υπηρεσίες, είναι ευκολότερο να εφαρμοστούν και να επεκταθούν.

Εντούτοις, η μη ομαλή κατανομή της κυκλοφορίας σε ένα Differentiated Service δίκτυο μπορεί να προκαλέσει προβλήματα. Η συνάθροιση της κυκλοφορίας από τους ακραίους δρομολογητές σε έναν δρομολογητή πυρήνα είναι αναπόφευκτη. Αυτό μπορεί να ακυρώσει την υπόθεση ότι ο ρυθμός άφιξης της κίνησης μιας κλάσης υπηρεσίας είναι αρκετά κατώτερος από το ρυθμό εξυπηρέτησης της κίνησης. Οι διαφοροποιημένες υπηρεσίες δεν μπορούν να λύσουν αυτό το πρόβλημα, χωρίς βοήθεια άλλων μηχανισμών.

Έλεγχος Αποδοχής στη Differentiated Service αρχιτεκτονική :Ο έλεγχος αποδοχής (admission control) είναι ένα κεντρικό στοιχείο για την παροχή ποσοτικά καθορισμένων υπηρεσιών Ποιότητας Υπηρεσίας (π.χ εγγυημένο bandwidth ή άνω όριο καθυστέρησης μεταφοράς πακέτων). Βασικός στόχος του ελέγχου αποδοχής είναι να εξασφαλίσει ότι οι πόροι του δικτύου δεν είναι υπερ-δεσμευμένοι. Ειδικότερα, πρέπει να εξασφαλίσει ότι το σύνολο των δεσμευμένων ρυθμών εξυπηρέτησης όλων των ροών που διαπερνούν οποιαδήποτε σύνδεση στο δίκτυο δεν είναι μεγαλύτερος από την χωρητικότητα C της σύνδεσης.

Το αίτημα δέσμευσης πόρων για μια νέα ροή, χορηγείται, εφόσον είναι επιτυχή τα τεστ αποδοχής σε κάθε κόμβο κατά μήκος του μονοπατιού της.

Υπάρχουν δύο βασικές προσεγγίσεις στην εφαρμογή του ελέγχου αποδοχής. Τα παραδοσιακά δίκτυα που βασίζονται στη δέσμευση πόρων υιοθετούν μια κατανεμημένη αρχιτεκτονική στην οποία κάθε κόμβος είναι αρμόδιος για τους τοπικούς του πόρους, και οι κόμβοι διατηρούν την κατάσταση των δεσμευμένων πόρων για κάθε ροή. Για να υποστηριχθεί η δυναμική δημιουργία και διαγραφή των δεσμευμένων πόρων, μεγάλη ποσότητα δυναμικής κατάστασης ανά ροή πρέπει να διατηρηθεί. Σύνθετα πρωτόκολλα σήμανσης (όπως RSVP) χρησιμοποιούνται για να διατηρηθεί η συνέπεια αυτής της ανά ροής κατάστασης.

Μια δεύτερη προσέγγιση είναι να χρησιμοποιηθεί ένας συγκεντρωτικός μεσίτης bandwidth (Bandwidth Broker – BB) που να διατηρεί την τοπολογία καθώς επίσης και την κατάσταση όλων των κόμβων στο δίκτυο. Σε αυτήν την περίπτωση, ο έλεγχος αποδοχής μπορεί να εφαρμοστεί από το μεσίτη. Έτσι δεν είναι αναγκαία η διατήρηση κατανεμημένης πληροφορίας όσον αφορά την κατάσταση των πόρων του δικτύου. Μια τέτοια συγκεντρωτική προσέγγιση είναι πιο κατάλληλη για ένα περιβάλλον όπου οι περισσότερες ροές έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, και τα γεγονότα δημιουργίας και κατάργησης μια ροής είναι σπάνια. Εντούτοις, για την υποστήριξη δυναμικών ροών, μπορεί να υπάρξει ανάγκη για μια κατανεμημένη αρχιτεκτονική μεσιτών, στην οποία η βάση δεδομένων των μεσιτών αναπαράγεται ή χωρίζεται. Μια τέτοια αρχιτεκτονική εξαλείφει την ανάγκη ύπαρξης πρωτοκόλλου σήμανσης, αλλά απαιτεί την ύπαρξη ενός

άλλου πρωτοκόλλου που θα διατηρεί τη συνέπεια των διαφορετικών βάσεων δεδομένων των μεσιτών.

Διαχείριση κίνησης(Traffic Engineering) και Δρομολόγηση βάση περιορισμών(Constrained - Based Routing) :Η συμφόρηση στα δίκτυα μπορεί να προκληθεί από την έλλειψη δικτυακών πόρων ή την μη ομαλή κατανομή της κυκλοφορίας. Στην πρώτη περίπτωση, όλοι οι δρομολογητές και οι συνδέσεις είναι υπερφορτωμένες, και η μόνη λύση είναι να παρασχεθούν περισσότεροι πόροι αναβαθμίζοντας την υπάρχουσα υποδομή. Στη δεύτερη περίπτωση, μερικά μέρη του δικτύου είναι υπερφορτωμένα ενώ άλλα δεν είναι. Η ανώμαλη κατανομή κυκλοφορίας μπορεί να προκληθεί επειδή τα παρόντα δυναμικά πρωτόκολλα δρομολόγησης όπως RIP, OSPF, και IS-IS, επιλέγουν πάντα τα κοντύτερα μονοπάτια για να διαβιβάσουν τα πακέτα. Κατά συνέπεια, οι δρομολογητές και οι συνδέσεις κατά μήκος του κοντινότερου μονοπατιού μεταξύ δύο κόμβων μπορεί να κορεστούν, ενώ οι δρομολογητές και οι συνδέσεις κατά μήκος ενός μακρύτερου μονοπατιού μπορεί να είναι αδρανείς. Η ίσुकόστους επιλογή πολλαπλών διαδρομών (Equal cost multipath - ECMP) προαιρετική δυνατότητα του OSPF, και πρόσφατα του IS-IS, είναι χρήσιμη στη διανομή του φορτίου σε διάφορα κοντινότερα μονοπάτια, αλλά εάν υπάρχει μόνο ένα κοντύτερο μονοπάτι, η τεχνική ECMP δεν βοηθά. Για απλά δίκτυα, μπορεί να είναι δυνατό για τους διαχειριστές δικτύων να διαμορφώσουν χειροκίνητα το κόστος των συνδέσεων έτσι ώστε η κυκλοφορία να μπορεί να διανεμηθεί ομοιόμορφα. Για σύνθετα δίκτυα όπως των παροχέων υπηρεσιών Διαδικτύου (Internet Service Provider – ISP), αυτό είναι σχεδόν αδύνατο. Η διαχείριση κίνησης (Traffic Engineering) είναι η διαδικασία που προβλέπεται σε αυτές τις περιπτώσεις. Στόχος της είναι να διευθετεί τις ροές κυκλοφορίας στο δίκτυο έτσι ώστε να αποφεύγονται καταστάσεις συμφόρησης που προκαλούνται από την ανομοιογενή χρήση του δικτύου. Η διαχείριση κίνησης επομένως είναι μια σημαντική λειτουργία που συμπληρώνει τις διαφοροποιημένες υπηρεσίες. Η δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς (constraint based routing) είναι ένα σημαντικό εργαλείο για την αυτοματοποίηση της διαδικασίας της διαχείρισης κίνησης. Μέσω αυτής μπορεί να αποφευχθεί η συμφόρηση και να παρασχεθεί σταδιακή υποβάθμιση της απόδοσης σε περιπτώσεις συμφόρησης.

Δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς (Constrained Based Routing):Η δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς χρησιμοποιείται για να υπολογίσει τις διαδρομές που υπόκεινται σε πολλαπλούς περιορισμούς. Λαμβάνοντας υπόψη το αίτημα Ποιότητας Υπηρεσίας μιας ροής ή μιας συνάθροισης ροών, η δρομολόγηση Ποιότητας Υπηρεσίας επιστρέφει τη διαδρομή που είναι πιθανόν η πιο ικανή να καλύψει τις απαιτήσεις Ποιότητας Υπηρεσίας. Η δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς επεκτείνει την δρομολόγηση Ποιότητας Υπηρεσίας εξετάζοντας και άλλους περιορισμούς του δικτύου όπως καταστάσεις συμφόρησης. Οι στόχοι της δρομολόγησης που βασίζεται σε περιορισμούς είναι:

- Να επιλέξει τις διαδρομές που μπορούν να καλύψουν συγκεκριμένες απαιτήσεις Ποιότητας Υπηρεσίας.
- Να αυξήσει τη χρησιμοποίηση (utilization) του δικτύου

Η δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς, ενώ καθορίζει μια διαδρομή, εξετάζει όχι μόνο την τοπολογία του δικτύου, αλλά και τις απαιτήσεις της ροής, τη διαθεσιμότητα των πόρων των συνδέσεων, και ενδεχομένως και άλλες τακτικές δρομολόγησης που προσδιορίζονται από τους διαχειριστές δικτύων. Επομένως, η

δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς μπορεί να βρει ένα μακρύτερο αλλά λιγότερο φορτωμένο μονοπάτι το οποίο θα είναι καλύτερο από ένα βαριά φορτωμένο, αλλά κοντύτερο μονοπάτι. Έτσι η κυκλοφορία στο δίκτυο κατανέμεται πιο ομοιόμορφα. Προκειμένου να γίνει η δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς, οι δρομολογητές πρέπει να ενημερωθούν για τις τρέχουσες καταστάσεις των συνδέσεων και με βάση αυτές τις πληροφορίες, να αναδιαρθρώσουν τις διαδρομές τους. Μια προσέγγιση της διανομής της διαθεσιμότητας των πόρων είναι να επεκταθούν οι αναγγελίες που αφορούν την κατάσταση των συνδέσεων των πρωτοκόλλων όπως OSPF και IS-IS. Επειδή το διαθέσιμο bandwidth των συνδέσεων αλλάζει συχνά, πρέπει να γίνει ένας συμβιβασμός μεταξύ της ανάγκης για ακριβείς πληροφορίες και της ανάγκης να αποφευχθεί η συσσώρευση πληθώρας αναγγελιών που αφορούν την κατάσταση των συνδέσεων.

Ένας πιθανός τρόπος μείωσης της συχνότητας αυτών των αναγγελιών, είναι να διανέμονται μόνο όταν υπάρχουν αλλαγές στην τοπολογία του δικτύου ή σημαντικές αλλαγές του διαθέσιμου / δεσμευμένου bandwidth μιας σύνδεσης (π.χ. πάνω από 50 τοις εκατό ή πάνω από 10 Mbps). Οι αλγόριθμοι υπολογισμού των πινάκων δρομολόγησης και η πολυπλοκότητά τους, στην δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς, εξαρτώνται από τους δείκτες μέτρησης που επιλέγονται για τον καθορισμό των διαδρομών. Δείκτες μέτρησης, στην δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς είναι το χρηματικό κόστος, ο αριθμός αναπηδήσεων (hop count), το bandwidth, η αξιοπιστία, η καθυστέρηση, και το jitter. Οι αλγόριθμοι δρομολόγησης επιλέγουν τις διαδρομές που βελτιστοποιούν μια ή περισσότερες από αυτές τις μετρήσεις. Οι μετρήσεις μπορούν να διααιρεθούν σε τρεις κλάσεις. Αν υποθέσουμε ότι το $d(i, j)$ είναι ένας δείκτης μέτρησης για τη σύνδεση $l(i, j)$. Για οποιοδήποτε μονοπάτι $P = (i, j, k, \dots, l, m)$, η μέτρηση $d(P)$ θα είναι:

- Προσθετική, αν $d(P) = d(i, j) + d(j, k) + \dots + d(l, m)$
- Πολλαπλασιαστική, αν $d(P) = d(i, j) * d(j, k) * \dots * d(l, m)$
- Κοίλη, αν $d(P) = \min\{d(i, j), d(j, k), \dots, d(l, m)\}$

Σύμφωνα με αυτόν τον ορισμό οι μετρήσεις με δείκτη την καθυστέρηση, το jitter, το κόστος, και τον αριθμό αναπηδήσεων είναι προσθετικές, ο δείκτης αξιοπιστίας (δηλ το ποσοστό απώλειας) είναι πολλαπλασιαστικός, και το bandwidth είναι κοίλο. Ένα γνωστό θεώρημα στην δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς είναι ότι ο υπολογισμός των βέλτιστων διαδρομών που υπόκεινται σε περιορισμούς δύο ή περισσότερων προσθετικών ή και πολλαπλασιαστικών δεικτών είναι NP-πλήρης.

Δηλαδή οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούν ως δείκτες μέτρησης δύο ή περισσότερους από τους: καθυστέρηση, jitter, αριθμό αναπηδήσεων, και πιθανότητα απώλειας, και ταυτόχρονα τους βελτιστοποιούν, είναι NP-πλήρεις. Υπολογιστικά εφικτοί συνδυασμοί δεικτών μέτρησης είναι το bandwidth και ένας από τους δείκτες που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Εντούτοις, η απόδειξη της NP-πληρότητας είναι βασισμένη στις υποθέσεις ότι όλοι οι δείκτες μετρήσεων είναι ανεξάρτητοι και ότι η καθυστέρηση και το jitter μιας σύνδεσης είναι γνωστά εκ των προτέρων. Αν και τέτοιες υποθέσεις μπορούν να ισχύουν στα δίκτυα κυκλωμεταγωγής (circuit-switched networks), οι δείκτες bandwidth, καθυστέρησης, και jitter δεν είναι ανεξάρτητοι στα δίκτυα πακέτων. Κατά συνέπεια, υπάρχουν πολυωνυμικοί αλγόριθμοι για τον υπολογισμό των δρομολογήσεων έχοντας ως περιορισμούς τον αριθμό αναπηδήσεων, την καθυστέρηση, και το jitter. Η πολυπλοκότητα τέτοιων αλγορίθμων είναι $O(N * E * e)$, όπου το N είναι ο

αριθμός αναπηδήσεων, το E είναι ο αριθμός συνδέσεων του δικτύου, και το e είναι ο αριθμός των διαφορετικών τιμών bandwidth μεταξύ όλων των συνδέσεων.

Το τελευταίο θεώρημα, μπορεί να προσδιορίσει ποιοτικά την πολυπλοκότητα ενός αλγορίθμου δρομολόγησης: ένας σύνθετος αλγόριθμος στα circuit-switched δίκτυα είναι ακόμα σύνθετος στα δίκτυα πακέτων. Στην πράξη, οι αλγόριθμοι για την εύρεση της δρομολόγησης, με περιορισμούς το bandwidth και τον αριθμό των αναπηδήσεων είναι αρκετά απλούστεροι. Σε αυτή την περίπτωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο αλγόριθμος του Bellman-Ford (BF algorithm) ή ο αλγόριθμος του Dijkstra. Παραδείγματος χάριν, για να βρεθεί το κοντύτερο μονοπάτι μεταξύ δύο κόμβων με bandwidth μεγαλύτερο από 1 Mbps, όλες οι συνδέσεις με διαθέσιμο bandwidth λιγότερο από 1 Mbps μπορούν να περικοπούν πρώτα. Έπειτα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο αλγόριθμος BF ή Dijkstra για να υπολογίσει το κοντύτερο μονοπάτι στο περιορισμένο δίκτυο. Η πολυπλοκότητα τέτοιων αλγορίθμων είναι $O(N * E)$. Τα πλεονεκτήματα της δρομολόγησης που βασίζεται σε περιορισμούς είναι ότι ικανοποιούνται καλύτερα οι ανάγκες για τις απαιτήσεις Ποιότητας Υπηρεσίας των ροών, και βελτιώνεται η αξιοποίηση των δικτύων. Τα μειονεκτήματα της δρομολόγησης που βασίζεται σε περιορισμούς είναι η αύξηση της επικοινωνίας και των εκ των προτέρων υπολογισμών, το αυξημένο μέγεθος του πίνακα δρομολόγησης, το γεγονός ότι τα μακρύτερα μονοπάτια μπορούν να καταναλώσουν περισσότερους πόρους, και η πιθανή αστάθεια της δρομολόγησης. Η δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς πρέπει να εφαρμόζεται με προσοχή. Διαφορετικά, το κόστος της αστάθειας και της αυξανόμενης πολυπλοκότητας μπορεί να είναι μεγαλύτερο από το κέρδος. Η δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς είναι παρόμοια με τη δυναμική / προσαρμοστική δρομολόγηση (dynamic/adaptive routing) των τηλεφωνικών και ATM δικτύων. Δεδομένου ότι η δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς είναι επιπρόσθετη λειτουργία για την ενδυνάμωση της σημερινής δυναμικής δρομολόγησης, είναι πιθανό στο μέλλον, η δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς να αντικαταστήσει τη δυναμική δρομολόγηση, ειδικά στην περίπτωση των διαδικτυακών περιοχών.

MPLS: Η προώθηση IP πακέτων (OSI επίπεδο 3) έχει παραδοσιακά βασιστεί στη δρομολόγηση αυτοδύναμων πακέτων (datagrams). Αυτή η τεχνική δρομολογεί ένα IP πακέτο με βάση τη διεύθυνση προορισμού του. Ο μηχανισμός διαβίβασης που χρησιμοποιείται στα δίκτυα IP είναι η ανά κόμβο δρομολόγηση, το οποίο σημαίνει ότι κάθε πακέτο που εισέρχεται σε έναν δρομολογητή εξετάζεται και λαμβάνεται μια απόφαση ως προς το πού να σταλεί το πακέτο (δηλαδή ποιος είναι ο επόμενος κόμβος). Δεδομένου ότι τα πακέτα δρομολογούνται ξεχωριστά στο δίκτυο και δεν ακολουθούν ένα προκαθορισμένο μονοπάτι, το δίκτυο λέγεται ότι είναι χωρίς συνδέσεις. Καθώς οι φορείς παροχής υπηρεσιών και οι επιχειρήσεις ανέπτυξαν μεγάλα δίκτυα IP, σύντομα συνειδητοποίησαν ότι η δημιουργία δικτύων που βασίζονται στην ανά κόμβο δρομολόγηση προκαλούσε διάφορα ζητήματα. Αυτά τα ζητήματα αφορούσαν κατά ένα μεγάλο μέρος το λογισμικό προώθησης πακέτων των δρομολογητών IP, το κόστος των δρομολογητών υψηλής ταχύτητας και τη δυσκολία να προβλεφθεί η απόδοση σε μεγάλα σύνθετα δίκτυα.

Τεχνολογίες μεταγωγής πακέτων που βασίζονται στις τεχνολογίες ATM και frame relay (OSI επίπεδο 2) χρησιμοποιούν έναν πολύ διαφορετικό αλγόριθμο προώθησης που ουσιαστικά είναι ένας αλγόριθμος ανταλλαγής ετικέτας. Επειδή αυτός ο αλγόριθμος προώθησης είναι απλοϊκός, υλοποιείται συνήθως με hardware, με αποτέλεσμα να

πετυχαίνουμε καλύτερη αναλογία τιμής / απόδοσης σε σύγκριση με την παραδοσιακή IP δρομολόγηση. Οι τεχνολογίες ATM και frame relay είναι προσανατολισμένες προς τη σύνδεση (connection oriented), που σημαίνει ότι μεταφορά δεδομένων γίνεται αφού πρώτα καθιερωθεί μια σύνδεση (δηλαδή ένα προκαθορισμένο μονοπάτι) μεταξύ δύο ακραίων σημείων. Δεδομένου ότι η κυκλοφορία μεταξύ δύο οποιωνδήποτε σημείων στο δίκτυο ρέει κατά μήκος ενός προκαθορισμένου μονοπατιού, οι τεχνολογίες που προσανατολίζονται προς τη σύνδεση, καθιστούν το δίκτυο πιο προβλέψιμο και πιο εύχρηστο. Ο συνδυασμός αυτών των ιδιοτήτων εξηγεί γιατί στα μεγάλα δίκτυα χρησιμοποιούνται δομές μεταγωγής πακέτων στον πυρήνα του δικτύου. Η πολυεπίπεδη μεταγωγή (multilayer switching) περιγράφει την ολοκλήρωση του επιπέδου μεταγωγής 2 και του επιπέδου δρομολόγησης 3. Σήμερα, μερικά δίκτυα παροχών υπηρεσιών χτίζονται χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο επικάλυψης, σύμφωνα με το οποίο μια λογική τοπολογία δρομολόγησης IP λειτουργεί πάνω από μια τοπολογία μεταγωγής (ATM ή frame relay). Οι μεταγωγείς του επιπέδου 2 παρέχουν συνδετικότητα υψηλής ταχύτητας, ενώ οι δρομολογητές IP στα άκρα του δικτύου - διασυνδέονται με ένα πλέγμα εικονικών κυκλωμάτων επιπέδου 2 - που παρέχουν τη γνώση προώθησης αυτοδύναμων πακέτων. Η δυσκολία αυτής της προσέγγισης έγκυται στην πολυπλοκότητα της αντιστοίχισης μεταξύ δύο διαφορετικών αρχιτεκτονικών που απαιτούν τον καθορισμό και τη συντήρηση ξεχωριστών τοπολογιών, διαστημάτων διευθύνσεων, πρωτοκόλλων δρομολόγησης, πρωτοκόλλων σήμανσης, και σχημάτων κατανομής των πόρων. Η εμφάνιση των λύσεων πολυεπίπεδης μεταγωγής και του MPLS είναι μέρος της εξέλιξης του Διαδικτύου για τη μείωση της πολυπλοκότητας συνδυάζοντας τη μεταγωγή του επιπέδου 2 με την δρομολόγηση του επιπέδου 3 σε μια πλήρως ολοκληρωμένη λύση.

Το Πολυ-πρωτόκολλο Μεταγωγής Ετικέτας (Multiprotocol Label Switching - MPLS) προέκυψε από την προσπάθεια της IETF να τυποποιήσει ένα σύνολο λύσεων πολυεπίπεδης μεταγωγής που αναπτύχθηκαν αρχικά στα μέσα της δεκαετίας του '90. Δύο παραδείγματα πολυεπίπεδης μεταγωγής είναι η μετατροπή ετικετών (συστήματα Cisco) και η μετατροπή IP (Ipsilon-Nokia).

Όλες οι λύσεις πολυεπίπεδης μεταγωγής, συμπεριλαμβανομένου και του MPLS, αποτελούνται από δύο ευδιάκριτα τμήματα λειτουργιών: ένα τμήμα ελέγχου (control) και ένα τμήμα προώθησης (forwarding). Το τμήμα ελέγχου χρησιμοποιεί τα καθιερωμένα πρωτόκολλα δρομολόγησης (OSPF, IS-IS και BGP-4) με σκοπό την ανταλλαγή πληροφοριών με άλλους δρομολογητές ώστε να δημιουργήσει και να διατηρήσει έναν πίνακα προώθησης πακέτων (packet forwarding table). Όταν φθάνουν τα πακέτα, το τμήμα προώθησης ψάχνει τον πίνακα προώθησης που διατηρείται από το τμήμα ελέγχου για να λάβει μια απόφαση δρομολόγησης για κάθε πακέτο.

Συγκεκριμένα, το τμήμα προώθησης εξετάζει τις πληροφορίες που περιλαμβάνονται στην ετικέτα του πακέτου, ψάχνει στον πίνακα προώθησης να βρει την κατάλληλη αντιστοίχιση, και κατευθύνει το πακέτο από τη κάρτα εισόδου στην ανάλογη κάρτα εξόδου του συστήματος. Διαχωρίζοντας τελείως το τμήμα ελέγχου από το τμήμα προώθησης, κάθε τμήμα λειτουργιών μπορεί να αναπτυχθεί και να τροποποιηθεί ανεξάρτητα. Η μόνη απαίτηση είναι ότι το τμήμα ελέγχου πρέπει να συνεχίσει να επικοινωνεί με το τμήμα προώθησης, αναλαμβάνοντας τη διαχείριση του πίνακα προώθησης των πακέτων. Το τμήμα προώθησης όλων των πολυεπίπεδων λύσεων μεταγωγής συμπεριλαμβανομένου και του MPLS βασίζεται σε έναν αλγόριθμο προώθησης ανταλλαγής-ετικέτας.

Παρόμοιος αλγόριθμος χρησιμοποιείται για την προώθηση πακέτων στους μεταγωγείς ATM και frame relay. Η ετικέτα είναι μια καθορισμένου μήκους τιμή (20-bit) που υπάρχει στην επικεφαλίδα του πακέτου και προσδιορίζει μια Κλάση Ισοδύναμης Διαβίβασης (Forwarding Equivalence Class FEC). Μια ετικέτα είναι ανάλογη με το προσδιοριστικό σύνδεσης, όπως τα VPI/VCI στο ATM ή το DLCI στο frame relay, επειδή έχει μόνο τοπική σημασία της σύνδεσης σε κάθε κόμβο, δεν κωδικοποιεί τις πληροφορίες της επικεφαλίδας του πακέτου που αφορούν το επίπεδο δικτύου και αντιστοιχεί το πακέτο σε ένα συγκεκριμένο FEC. Ένα FEC αποτελεί ένα σύνολο πακέτων που διαβιβάζονται από το ίδιο μονοπάτι στο δίκτυο, ακόμα κι αν οι τελικοί προορισμοί τους είναι διαφορετικοί. Παραδείγματος χάριν, στη συμβατική IP δρομολόγηση, το σύνολο των πακέτων μονής διαδρομής, που η διεύθυνση προορισμού τους αντιστοιχεί σε κάποιο πρόθεμα IP διεύθυνσης αποτελεί παράδειγμα ενός FEC.

Ο αλγόριθμος ανταλλαγής ετικέτας απαιτεί να γίνεται η κατηγοριοποίηση των πακέτων στην είσοδο του δικτύου, για να ανατεθεί μια αρχική ετικέτα σε κάθε πακέτο. Ο πρώτος μεταγωγέας ετικέτας σε ένα LSP καλείται μεταγωγέας ετικέτας εισόδου (Ingress, or head-end label switch). Ο τελευταίος μεταγωγέας ετικέτας σε ένα LSP καλείται μεταγωγέας ετικέτας εξόδου (Egress, or tail-end label switch). Στον πυρήνα του δικτύου, οι μεταγωγείς ετικετών αγνοούν το τμήμα της επικεφαλίδας του πακέτου που αφορά το επίπεδο δικτύου και διαβιβάζουν το πακέτο χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο ανταλλαγής ετικέτας. Όταν ένα πακέτο με ετικέτα φθάνει σε έναν μεταγωγέα, το τμήμα προώθησης χρησιμοποιεί τον αριθμό θύρας εισόδου και την ετικέτα του πακέτου για να εκτελέσει μια ακριβή αναζήτηση αντιστοίχισης στον πίνακα προώθησης. Όταν βρεθεί η κατάλληλη αντιστοιχία, το τμήμα προώθησης ανακτά από τον πίνακα προώθησης, την νέα ετικέτα που θα λάβει το πακέτο κατά την έξοδο, την κάρτα δικτύου μέσω της οποίας θα φύγει από τον μεταγωγέα το πακέτο καθώς και τη διεύθυνση του επόμενου μεταγωγέα. Κατόπιν, το τμήμα προώθησης αντικαθιστά την ετικέτα που είχε το πακέτο με την νέα και κατευθύνει το πακέτο στην κάρτα εξόδου ώστε αυτό να μεταδοθεί στον επόμενο μεταγωγέα του LSP.

Όταν το πακέτο με την ετικέτα φθάνει στο μεταγωγέα ετικέτας εξόδου, το τμήμα προώθησης ψάχνει στο πίνακα προώθησης. Εάν ο επόμενος κόμβος δεν είναι ένας μεταγωγέας ετικέτας, ο μεταγωγέας εξόδου διαγράφει την ετικέτα του πακέτου και διαβιβάζει το πακέτο χρησιμοποιώντας τη συμβατική IP δρομολόγηση. Η ανταλλαγή ετικετών παρέχει έναν σημαντικό αριθμό λειτουργικών οφελών όταν συγκρίνεται με τη συμβατική ανά κόμβο δρομολόγηση του επιπέδου δικτύου:

- Η ανταλλαγή ετικετών δίνει σε έναν φορέα παροχής υπηρεσιών τεράστια ευελιξία αναθέτοντας τα πακέτα σε FEC. Παραδείγματος χάριν, για να μιμηθεί τη συμβατική IP δρομολόγηση, ο μεταγωγέας ετικέτας εισόδου μπορεί να αναθέτει τα πακέτα σε καθορισμένα FEC βάση των διευθύνσεων προορισμού τους. Εντούτοις, τα πακέτα μπορούν επίσης να ανατεθούν σε ένα FEC με βάση έναν απεριόριστο αριθμό εκτιμήσεων όπως: τη διεύθυνση προέλευσης, τον τύπο της εφαρμογής, το σημείο εισόδου μέσα στο δίκτυο ανταλλαγής ετικέτας, το σημείο εξόδου από το δίκτυο ανταλλαγής ετικέτας, το πεδίο CoS που μεταβιβάζεται στην επικεφαλίδα πακέτων, ή οποιονδήποτε συνδυασμό των ανωτέρω.
- Οι φορείς παροχής υπηρεσιών μπορούν να ορίζουν LSP που υποστηρίζουν συγκεκριμένες απαιτήσεις εφαρμογών. Τα LSP μπορούν να σχεδιαστούν με σκοπό να ελαχιστοποιήσουν τον αριθμό μεταπηδήσεων, να καλύπτουν

συγκεκριμένες απαιτήσεις bandwidth, να υποστηρίζουν ακριβείς απαιτήσεις απόδοσης, να παρακάμψουν πιθανά σημεία συμφόρησης, να κατευθύνουν την άμεση κυκλοφορία μακριά από κάποιο μονοπάτι, ή ακόμα να επιβάλλουν να περνά η κίνηση από ορισμένες συνδέσεις και κόμβους του δικτύου.

- Το σημαντικότερο όφελος του αλγορίθμου προώθησης ανταλλαγής ετικέτας είναι η δυνατότητά του να συνδέσει την κίνηση μιας συγκεκριμένης κατηγορίας χρηστών, με ένα FEC, και να αντιστοιχίσει το FEC σε ένα LSP που θα ικανοποιεί τις απαιτήσεις του FEC. Η επέκταση των τεχνολογιών διαβίβασης που βασίζονται στην ανταλλαγή ετικέτας προσφέρει στους παροχείς υπηρεσιών τον ακριβή έλεγχο της κίνησης στα δίκτυά τους. Αυτό το επίπεδο ελέγχου οδηγεί σε δίκτυα που λειτουργούν αποτελεσματικότερα και παρέχουν πιο προβλέψιμες υπηρεσίες.

Σε ένα δίκτυο MPLS, ένα LSP πρέπει να εγκατασταθεί και οι ετικέτες να ανατεθούν σε κάθε κόμβο, προτού να μπορέσει να πραγματοποιηθεί η διαβίβαση κίνησης. Υπάρχουν δύο είδη LSP ανάλογα με τη μέθοδο που χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της διαδρομής: το ελεγχόμενο καθοδηγούμενο - control driven LSP (ή ανά κόμβο - hop by hop LSP) και το ρητά καθοδηγούμενο - explicitly routed LSP (ή καθοδηγούμενο βάση περιορισμών - Constrained Based - LSP, CR-LSP). Όταν εγκαθίσταται ένα control driven LSP, κάθε μεταγωγέας ετικέτας καθορίζει τον επόμενο μεταγωγέα ετικέτας του προς εγκατάσταση LSP, βάση του πίνακα δρομολόγησης IP που αυτός διαθέτει. Κατά τη εγκατάσταση ενός CR-LSP, η διαδρομή για το LSP προσδιορίζεται στο μήνυμα εγκατάστασης. Το μήνυμα εγκατάστασης διαπερνά όλους τους μεταγωγείς ετικέτας κατά μήκος της προσδιορισμένης διαδρομής. Κατά συνέπεια, ένα control driven LSP ακολουθεί το μονοπάτι που θα ακολουθούσε ένα πακέτο που χρησιμοποιεί την προκαθορισμένη IP δρομολόγηση.

Αντιθέτως, ένα CR-LSP μπορεί να προσδιοριστεί και να ελεγχθεί από το χειριστή δικτύων ή από μια εφαρμογή διαχείρισης δικτύων, για να κατευθύνει την κυκλοφορία στο δίκτυο. Κατ' αυτό τον τρόπο, τα CR-LSP μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την διαχείριση κίνησης. Η ομάδα εργασίας IETF MPLS έχει τυποήσει ένα καινούριο πρωτόκολλο σήμανσης που ονομάζεται Πρωτόκολλο Διανομής Ετικετών (Label Distribution Protocol - LDP) για την οργάνωση και τη συντήρηση των control driven LSPs. Για τη εγκατάσταση των CR-LSPs, δύο προσεγγίσεις συζητούνται: το constraint based routed LDP που απαιτεί ένα υποσύνολο των λειτουργιών LDP που ενισχύεται με σηματοδοσία καθορισμού μονοπατιών, και ένα σύνολο επεκτάσεων του πρωτοκόλλου RSVP.

Η σημασία του MPLS οφείλεται στα ακόλουθα:

- Παρέχει τη γρηγορότερη κατηγοριοποίηση και διαβίβαση πακέτων.
- Παρέχει έναν αποδοτικό μηχανισμό δημιουργίας εικονικών ιδιωτικών δικτύων (Virtual Private Networks - VPNs) χωρίς να υπάρχει ανάγκη για αλλαγές στις εφαρμογές των τελικών χρηστών.
- Είναι πολύ χρήσιμο για τους σκοπούς της διαχείρισης κίνησης.

Συσχετισμοί των τεχνολογιών Integrated services /RSVP, Differentiated services, Constrained based Routing και MPLS: Το RSVP και η δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς είναι αρχιτεκτονικές ανεξάρτητες αλλά συμπληρωματικές. Για έναν δρομολογητή με δυναμική δρομολόγηση, όταν λαμβάνεται ένα RSVP μήνυμα PATH, θα διαβιβαστεί στον επόμενο κόμβο που καθορίζεται από το πρωτόκολλο δυναμικής δρομολόγησης. Η απαίτηση Ποιότητας Υπηρεσίας της ροής και το φορτίο των δικτύων

δεν εξετάζονται κατά την επιλογή του επόμενου κόμβου. Εντούτοις, με έναν δρομολογητή που εκτελεί δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς, τέτοιες πληροφορίες εξετάζονται. Επομένως, ο επόμενος κόμβος των μηνυμάτων RSVP που καθορίζονται από την δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς μπορεί να είναι διαφορετικός. Σε κάθε περίπτωση, η πραγματική διαφύλαξη των πόρων για τη ροή γίνεται από το RSVP. Συμπερασματικά, η δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς καθορίζει το μονοπάτι για τα μηνύματα RSVP, αλλά δεν διαφυλάσσει πόρους. Το RSVP, διαφυλάσσει πόρους, αλλά εξαρτάται από τη δυναμική δρομολόγηση ή από τη δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς για τον καθορισμό του μονοπατιού.

Η δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς χρησιμοποιείται για να επιλέξει τις βέλτιστες διαδρομές για τις ροές έτσι ώστε οι απαιτήσεις τους για Ποιότητα Υπηρεσίας να ικανοποιούνται. Δεν χρησιμοποιείται για να αντικαταστήσει τις διαφοροποιημένες υπηρεσίες, αλλά για να βοηθήσει τις διαφοροποιημένες υπηρεσίες να λειτουργήσουν καλύτερα. Δεδομένου ότι το MPLS είναι ένα σχήμα προώθησης και η δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς είναι ένα σχήμα δρομολόγησης, το MPLS και η δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς είναι, θεωρητικά, ανεξάρτητα. Η δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς καθορίζει τη διαδρομή μεταξύ δύο κόμβων με βάση τους διαθέσιμους πόρους και την τοπολογία του δικτύου. Είναι χρήσιμη με ή χωρίς MPLS. Λαμβάνοντας υπόψη τις διαδρομές, το MPLS χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο διανομής ετικετών για να εγκαταστήσει το LSPs. Δεν έχει σημασία, εάν οι διαδρομές καθορίζονται με δυναμική δρομολόγηση ή με δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς. Εντούτοις, όταν το MPLS και η δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς χρησιμοποιούνται μαζί, το ένα καθιστά το άλλο πιο χρήσιμο. Το MPLS προσφέρει τη δυνατότητα να πραγματοποιηθεί δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς σε συναθροίσεις ροών, χωρίς να χρειάζεται MF κατηγοριοποίηση στους δρομολογητές πυρήνα. Οι στατιστικές επίδοσης του MPLS για κάθε εγκατεστημένο LSP παρέχουν στη δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς ακριβείς πληροφορίες για την απόδοση κάθε ζευγαριού εισόδου-εξόδου. Λαμβάνοντας υπόψη τέτοιες πληροφορίες, η δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς μπορεί να υπολογίσει τις διαδρομές καλύτερα για τη εγκατάσταση νέων LSP. Σε συνδυασμό, το MPLS και η δρομολόγηση που βασίζεται σε περιορισμούς παρέχουν ισχυρά εργαλεία για την διαχείριση κίνησης. (π.χ. CR-LSPs)

Τεχνολογίες Διαχείρισης Δικτύων: Τα παραδοσιακά συστήματα διαχείρισης δικτύων (Network Management Systems, NMS) είναι βασισμένα στο μοντέλο πελάτη / εξυπηρετητή (client/server) των κατανεμημένων συστημάτων. Τα βασικά πρωτόκολλα διαχείρισης που χρησιμοποιούν είναι το Simple Network Management Protocol (SNMP) και το Common Management Information Protocol (CMIP). Οι αρχιτεκτονικές αυτές δεν παρέχουν την απαραίτητη κλιμακοθετησιμότητα που απαιτείται στα σημερινά δίκτυα, τα οποία είναι σύνθετα λόγω του μεγάλου αριθμού των κόμβων τους, της εκτεταμένης τοπολογίας τους και της απρόβλεπτης δυναμικής τους. Η βασική ιδέα για να αντιμετωπιστούν αυτά τα προβλήματα είναι η διαβίβαση της διαχειριστικής νοημοσύνης όσο το δυνατόν πιο κοντά στους πόρους διαχείρισης.

Μια από τις υποσχόμενες τεχνικές που παρέχουν τέτοια λύση αποκαλείται Management by Delegation (Mbd). Αντί για την παραδοσιακή μέθοδο ανταλλαγής μηνυμάτων client/server, ο σταθμός διαχείρισης προσδιορίζει να εκτελεσθεί μια εργασία

διαχείρισης από συγκεκριμένα προγράμματα που βρίσκονται στις προς διαχείριση συσκευές.

Εντούτοις, στην τεχνολογία MbD η στατική φύση των προγραμμάτων των συσκευών αφήνει ακόμα μεγάλο μέρος της αρμοδιότητας ελέγχου στον σταθμό διαχείρισης. Αφ' ετέρου η χρήση των ΚΠ δίνει νέες δυνατότητες κατανομής της επεξεργασίας και του ελέγχου διαχείρισης στα δίκτυα. Οι ΚΠ αντί να μεταφέρουν τα δεδομένα από τους μακρινούς κόμβους στο σταθμό διαχείρισης, εκτελούν τις εργασίες διαχείρισης τοπικά σε αυτούς και επιστρέφουν μόνο τα αποτελέσματα της επεξεργασίας στον σταθμό διαχείρισης. Έτσι μειώνεται το φορτίο κυκλοφορίας πληροφοριών διαχείρισης στο δίκτυο.

Η συγκεντρωτική τεχνολογία Διαχείρισης Δικτύων: Σήμερα υπάρχουν διάφορα πρότυπα διαχείρισης δικτύων. Τα πιο γνωστά είναι CMIP του OSI και το SNMP του IETF. Τα συστήματα διαχείρισης που βασίζονται στο OSI αλλά και αυτά που βασίζονται στο Διαδίκτυο, ακολουθούν ένα συγκεντρωτικό μοντέλο πελάτη / εξυπηρετητή (client /server). Σε αυτό το μοντέλο, ο χρήστης είναι το προς διαχείριση σύστημα και ο εξυπηρετητής είναι το σύστημα διαχείρισης. Σε κάθε στοιχείο του δικτύου υπάρχει μια εφαρμογή λογισμικού που λέγεται πράκτορας, η οποία είναι αρμόδια για την εκτέλεση των διαδικασιών στα διαχειριζόμενα αντικείμενα, που αντιπροσωπεύουν τους φυσικούς πόρους των συσκευών.

Ο εξυπηρετητής είναι ένα NMS, το οποίο ρωτά, συνήθως περιοδικά, όλα τα στοιχεία του δικτύου και με βάση τις πληροφορίες που συγκεντρώνονται κατασκευάζει μια έκθεση για την απόδοση του δικτύου. Εάν εμφανιστούν προβλήματα, ο εξυπηρετητής θα εφαρμόσει κατάλληλες λειτουργίες στα στοιχεία του δικτύου για να λυθούν τα προβλήματα. Ωστόσο, καθώς ο αριθμός των στοιχείων του δικτύου αυξάνεται, οι πληροφορίες διαχείρισης που μετακινούνται και ο όγκος της επεξεργασίας που απαιτείται στον εξυπηρετητή αυξάνει επιβάλλοντας σημαντική αύξηση των λειτουργικών δαπανών διαχείρισης του δικτύου. Τα CMIP προσπαθεί να περιορίσει τέτοιου είδους δυσλειτουργίες υποστηρίζοντας τις διαδικασίες: εμβέλειας (scoring) και φιλτραρίσματος. Η εμβέλεια αναφέρεται στον περιορισμό μιας λειτουργίας σε ένα σύνολο αντικειμένων. Το φιλτράρισμα περιορίζει μιας λειτουργία σε ένα σύνολο αντικειμένων που καθορίζονται από το αποτέλεσμα μιας Boolean έκφρασης.

Η μέθοδος πελάτη / εξυπηρετητή έχει διάφορα μειονεκτήματα:

- Το έργο της εισαγωγής νέων υπηρεσιών στον εξυπηρετητή δεν είναι εύκολο: ο χρήστης (διαχειριστής του δικτύου) μπορεί να καλέσει ένα σταθερό σύνολο προκαθορισμένων υπηρεσιών που υποστηρίζει ο εξυπηρετητής. Αυτές οι υπηρεσίες μπορούν να επαυξηθούν μόνο εάν εγκατασταθεί μια νέα έκδοση του εξυπηρετητή. Πολλές φορές για την πραγματοποίηση περιπλοκότερων υπηρεσιών το σύστημα διεπαφής μεταξύ του χρήστη και του εξυπηρετητή πρέπει επίσης αλλάξει.
- Οι πόροι του συστήματος χρησιμοποιούνται ανεπαρκώς: το μεγαλύτερο μέρος της επεξεργασίας εκτελείται στον εξυπηρετητή διαχείρισης του δικτύου. Αν και η προσέγγιση του OSI φαίνεται να είναι καλύτερη λόγω των διαδικασιών εμβέλειας και φιλτραρίσματος, το σύστημα διαχείρισης του δικτύου είναι αρμόδιο για την κατάλληλη λειτουργία ολόκληρου του δικτύου. Πρέπει να επεξεργαστεί τις πληροφορίες που λαμβάνει από τις συσκευές του δικτύου και κατόπιν να εκδώσει τις κατάλληλες εντολές SNMP ή CMIP προς τις συσκευές. Καθώς η δύναμη

επεξεργασίας των συσκευών του δικτύου αυξάνεται, είναι αποδοτικότερο να μετακινηθεί η λογική της επεξεργασίας προς τα δεδομένα, παρά τα δεδομένα προς τη λογική.

- Η διαχείριση εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα του δικτύου: Το CMIP και το SNMP εξαρτώνται από τη διαθεσιμότητα του δικτύου προκειμένου να εκτελεστούν οι λειτουργίες τους. Το SNMP χρησιμοποιεί UDP, το οποίο είναι ένα πρωτόκολλο χωρίς σύνδεση και φαίνεται να είναι καλύτερο από το CMIP, το οποίο πρέπει να εγκαταστήσει μια σύνδεση, προτού εκτελέσει οποιαδήποτε λειτουργία. Εντούτοις, η λειτουργία και των δυο πρωτοκόλλων στηρίζεται στη διαθεσιμότητα του υποκείμενου δικτύου.
- Η διαχείριση αυξάνει τη κίνηση στο δίκτυο: Η διαδικασία προσέγγισης που χρησιμοποιείται σε αυτά τα συστήματα έχει αρνητική επίδραση στο ποσοστό του διαθέσιμου bandwidth καθώς ο αριθμός στοιχείων του δικτύου αυξάνεται.
- Τα διαχειριστικά συστήματα αυτής της προσέγγισης είναι μη κλιμακοθετήσιμα: Είναι προφανές ότι αυτές οι αρχιτεκτονικές δεν είναι κατάλληλες για δίκτυα μεγάλης κλίμακας, λόγω του ανεπαρκούς τρόπου επεξεργασίας και χρήσης των δικτυακών πόρων. Κατανομημένες τεχνολογίες Διαχείρισης Δικτύων: Σήμερα τα δίκτυα τηλεπικοινωνιών χαρακτηρίζονται από την πολυπλοκότητα και την ετερογένεια. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι πιθανό να είναι πιο προφανή στο μέλλον καθώς νέες τεχνολογίες αναπτύσσονται που πρέπει να ενσωματωθούν στα παραδοσιακά συστήματα. Σε αυτό το πλαίσιο, η ποιότητα, η προσαρμογή και γρήγορη παροχή των υπηρεσιών θα είναι τα βασικά σημεία του ανταγωνισμού μεταξύ των φορέων παροχής υπηρεσιών. Για το λόγο αυτό οι φορείς παροχής υπηρεσιών χρειάζονται πιο εύκαμπτες και κλιμακοθετήσιμες προσεγγίσεις διαχείρισης δικτύων από τις υπάρχουσες. Τέτοιου είδους προσεγγίσεις εφαρμόζουν οι κατανομημένες αρχιτεκτονικές διαχείρισης.

Τεχνολογία RMON και το παράδειγμα πληρεξούσιου αντιπροσώπου (Proxy Agent): Οι πράκτορες RMON (Remote Monitoring) έχουν ως στόχο να παρακολουθούν ένα δίκτυο ή ένα τμήμα του δικτύου και να απεικονίζουν την κατάστασή του στους πίνακες της βάσης πληροφοριών διαχείρισης (Management Information Base - MIB). Οι πράκτορες RMON ενσωματώνονται σε δικτυακά προϊόντα όπως οι συγκεντρωτές (hubs) και οι μεταγωγείς (switches), ή είναι διαθέσιμοι ως αυτόνομα εργαλεία ελέγχου ενσωματωμένα στις κάρτες διασύνδεσης στο δίκτυο (Network Interface Card - NIC). Η RMON τεχνολογία αποτελεί επέκταση του SNMP MIB-II. Οι RMON MIBs υπάρχουν για διάφορες τεχνολογίες δικτύων, όπως Ethernet (RFC 1757), Token Ring (RFC 1513), FDDI και ATM.

Η χρήση του SNMP για τη διαχείριση πολύ μεγάλων δικτύων μπορεί να επηρεάσει την απόδοσή τους. Υπάρχει κίνδυνος να επιβαρυνθεί το δίκτυο από το ίδιο το πρωτόκολλο διαχείρισης. Η χρήση του RMON σκοπεύει να μειώσει αυτήν την αρνητική επίδραση αναθέτοντας τις μετρήσεις των παραμέτρων επιπέδου δικτύου σε διεργασίες που έχουν υπό τον έλεγχό τους τμήματα ενός δικτύου και ονομάζονται RMON πράκτορες. Από τον κεντρικό σταθμό διαχείρισης μπορούν να εκδοθούν SNMP εντολές που ζητούν πληροφορίες από τους πράκτορες RMON. Επιπλέον, ο πράκτορας RMON είναι εξουσιοδοτημένος να στέλνει ειδοποιήσεις στο σταθμό διαχείρισης, σε περίπτωση που κάποια παράμετρος του υποδικτύου που ελέγχει ξεπερνά κάποιο όριο. Οι προδιαγραφές των RMON πρακτόρων ακολουθούν τη σύσταση IETF RFC 1271 που

τους προσδίδει τα παρακάτω χαρακτηριστικά: Λειτουργία εκτός δικτύου (Offline operation)

Υπάρχουν καταστάσεις όπου ένας σταθμός διαχείρισης δεν βρίσκεται σε σταθερή επαφή με τις απομακρυσμένες συσκευές που ελέγχει. Αυτή η λειτουργία χρησιμοποιείται για μείωση των δαπανών επικοινωνίας (ειδικά κατά την επικοινωνία σε WAN ή σε σύνδεση μέσω επιλογής – dialup connection), ή ακόμα και για αντιμετώπιση δυσλειτουργιών που καθιστούν δύσκολη την επικοινωνία μεταξύ του σταθμού διαχείρισης και των πρακτόρων διαχείρισης.

Οι πράκτορες RMON μπορούν να εκτελούν διαγνωστικούς ελέγχους και να συλλέγουν στατιστικά αποτελέσματα, ακόμα και όταν η επικοινωνία τους με το σταθμό διαχείρισης δεν είναι δυνατή. Οι πράκτορες ενημερώνουν το σταθμό διαχείρισης όταν συμβεί το γεγονός μιας εξαίρεσης. Ακόμη και στις περιπτώσεις όπου η επικοινωνία μεταξύ του σταθμού διαχείρισης και των RMON πρακτόρων δεν είναι συνεχής, οι πληροφορίες για βλάβες (fault), απόδοσης (performance), και διαμόρφωσης (configuration) μπορούν να συσσωρευτούν και στη συνέχεια να διαβιβάζονται στο σταθμό διαχείρισης όποτε είναι εφικτό ή αναγκαίο.

Υπέρτερη επίβλεψη (Preemptive monitoring) :Δεδομένου ότι τα στοιχεία του δικτύου είναι διαθέσιμα στους RMON πράκτορες, είναι χρήσιμο οι τελευταίοι να εκτελούν συνεχώς διαγνωστικούς ελέγχους και να καταγράφουν την απόδοση του δικτύου. Ο πράκτορας στην περίπτωση οποιασδήποτε αποτυχίας μπορεί να ενημερώσει το σταθμό διαχείρισης και να αποθηκεύει ιστορικές στατιστικές πληροφορίες που σχετίζονται με αυτή. Ο σταθμός διαχείρισης μπορεί να επεξεργαστεί περαιτέρω αυτές τις πληροφορίες σε μία προσπάθεια να κάνει μια περαιτέρω διάγνωση της αιτίας που προξένησε το πρόβλημα.

Ανίχνευση προβλήματος και αναφορά (Problem detection and reporting): Ο πράκτορας μπορεί να προγραμματιστεί να αναγνωρίζει ειδικές καταστάσεις, κυριότερα καταστάσεις σφαλμάτων και να εκτελεί συνεχείς ελέγχους για τον εντοπισμό τους. Όταν μια από αυτές τις περιπτώσεις εμφανίζεται, μπορεί να καταγραφεί και οι σταθμοί διαχείρισης μπορούν να ενημερωθούν με διάφορους τρόπους.

Επιπρόσθετη αξία στα δεδομένα (Value Added Data):Λόγω του ότι τα εργαλεία απομακρυσμένου ελέγχου όπως οι RMON πράκτορες αφιερώνονται αποκλειστικά στις λειτουργίες διαχείρισης δικτύων και έχουν υπό τον έλεγχο τους συγκεκριμένα μέρη του δικτύου, αξιοποιούν αποτελεσματικά τα στοιχεία που συλλέγουν. Παραδείγματος χάριν, ένας RMON πράκτορας, δίνοντας έμφαση σε εκείνους τους εξυπηρετητές στο δίκτυο που παράγουν την περισσότερη κυκλοφορία ή τα περισσότερα σφάλματα, μπορεί να δώσει στο σταθμό διαχείρισης ακριβείς πληροφορίες που θα τον βοηθήσουν στην επίλυση μιας κλάσης προβλημάτων.

Υποστήριξη Πολλαπλών Διαχειριστών: Ένας οργανισμός μπορεί να έχει πολλαπλούς σταθμούς διαχείρισης για τις διαφορετικές μονάδες του, και για διαφορετικές λειτουργίες του σε μια προσπάθεια να παρασχεθεί αποκατάσταση μιας καταστροφής. Επειδή σε διαχειριστικά περιβάλλοντα υπάρχουν συνήθως πολλαπλοί σταθμοί διαχείρισης, οι RMON πράκτορες απομακρυσμένου ελέγχου μπορούν να χρησιμοποιούνται από περισσότερους από έναν σταθμούς διαχείρισης, που θα έχουν τη δυνατότητα ταυτόχρονης χρήσης των πόρων τους.

Management by delegation: Η τεχνολογία Management by Delegation (Mbd) είναι ένα νέο παράδειγμα διαχείρισης δικτύων που καθορίστηκε από τους Germán Goldszmidt

και Yechiam Yemini. Αυτή η προσέγγιση που είναι παρόμοια με την προσέγγιση των ΚΠ, ορίζει τις λεγόμενες Ελαστικές Διεργασίες (Elastic Processing). Μια ελαστική διεργασία αποτελεί ένα κατανεμημένο παράδειγμα προγραμματισμού που υποστηρίζει δυναμική επέκταση απομακρυσμένων διεργασιών λογισμικού. Οι ελαστικές διεργασίες είναι προγράμματα υπό εκτέλεση, που μπορούν να ενσωματώσουν δυναμικά νέες λειτουργίες που τους αποστέλλονται ως εξουσιοδοτημένοι πράκτορες από εξωτερικές διεργασίες. Η ελαστική διεργασία είναι ανεξάρτητη από τη γλώσσα προγραμματισμού και υποστηρίζει το απομακρυσμένο έλεγχο της εκτέλεσης του πράκτορα.

Οι τεχνολογίες που υποστηρίζουν απομακρυσμένη ελαστικότητα αποτελούνται από μια Υπηρεσία Απομακρυσμένης Ανάθεσης (Remote Delegation Service, RDS) και από ένα πολυδιεργασιακό περιβάλλον ανάθεσης (Delegation Backplane Middleware – DBM).

Το DBM περιβάλλον ανάθεσης υλοποιεί ένα περιβάλλον εκτέλεσης όπου τα εξουσιοδοτημένα προγράμματα φορτώνονται και μπορούν να εκτελεστούν ως διεργασίες με κοινό διάστημα διευθύνσεων. Το DBM υποστηρίζει μετάφραση και δυναμική σύνδεση του κώδικα ανάθεσης, πολυδιεργασιακό περιβάλλον εκτέλεσης, δυναμική κατανομή των πόρων, και επικοινωνία μεταξύ διεργασιών. Οι εξουσιοδοτημένοι πράκτορες γράφονται σε μια συγκεκριμένη, γλώσσα συνήθως διερμηνευτική, όπως η Java. Το RDS παρέχει τη δυνατότητα διαμόρφωσης από απόσταση, μιας ελαστικής διεργασίας, τον έλεγχο εκτέλεσης των εξουσιοδοτημένων πρακτόρων, και την μεταβίβαση πληροφοριών από και προς τους πράκτορες. Υποστηρίζει έναν γενικό ουδέτερο μηχανισμό για δυναμική επέκταση των από απόσταση ελεγχόμενων διεργασιών.

Διαχείριση Δικτύων χρησιμοποιώντας την CORBA: Η αρχιτεκτονική Common Object Request Broker Architecture (CORBA) του OMG χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο στη διαχείριση των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων. Η CORBA παρέχει διαλειτουργικότητα πελάτη-εξυπηρετητή μεταξύ απομακρυσμένων συστημάτων χρησιμοποιώντας τυποποιημένα πρωτόκολλα. Επιπλέον, η CORBA υποστηρίζει την τυποποίηση των Διεπαφών Προγραμμάτων Εφαρμογών (Application Programming Interfaces - APIs) για την εκτέλεση απομακρυσμένων κλήσεων σε διαδικασίες (Remote Procedure Calls – RPCs) οι οποίες γίνονται από χρήστες σε αντικείμενα εξυπηρετητών. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω τυποποίησης αντιστοιχιών ανάμεσα σε διάφορες γλώσσες προγραμματισμού και της Γλώσσας Καθορισμού Διασυνδέσεων (Interface Definition Language - IDL) που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις διασυνδέσεις εξυπηρετητών CORBA. Οι μεταγλωττιστές μπορούν να παράγουν κώδικα διασύνδεσης πελατών-εξυπηρετητών σε διάφορες γλώσσες, όπως C, C++, Java, Cobol, και Ada.

Η αρχιτεκτονική Object Management Architecture (OMA) του OMG, που καθόρισε την CORBA, αντιπροσωπεύει ένα ανοικτό λειτουργικό πλαίσιο που θα μπορούσε να εφαρμοστεί στη διαχείριση. Η δομή του OMA χωρίζει τις λειτουργίες της CORBA στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Γενικά χρήσιμες υπηρεσίες CORBA (όπως η ονομασία, τα γεγονότα και οι εμμένουσες υπηρεσίες – persistence services).
- Λειτουργίες CORBA για δικτυακές εφαρμογές.
- Διευκολύνσεις για δικτυακές περιοχές οι οποίες παρέχουν λύσεις, σαν αυτές που ορίστηκαν από την ομάδα εργασίας δικτυακών τηλεπικοινωνιακών τομέων του OMG.

Η χρήση της CORBA για την υλοποίηση υπηρεσιών διαχείρισης ποικίλλει. Αυτό ενισχύεται από τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που παρέχει η τεχνολογία CORBA για αποτελεσματική αλληλεπίδραση μεγάλου αριθμού διαχειριζόμενων αντικειμένων που κατανέμονται σε στοιχεία δικτύων. Επιπλέον προσφέρει λύσεις διαχείρισης με ευκολότερη ενσωμάτωση στα παραδοσιακά επιχειρησιακά συστήματα, υπάρχει στην αγορά μεγαλύτερη διαθεσιμότητα για ανάπτυξης σε περιβάλλοντα CORBA και ένα ευρύτερο φάσμα από πλατφόρμες σε χαμηλότερες τιμές. Για παράδειγμα η αρχιτεκτονική TINA-C υλοποιεί το περιβάλλον κατανεμημένων διεργασιών της (Distributed Processing Environment – DPE) χρησιμοποιώντας την CORBA, για τον έλεγχο και τη διαχείριση των δικτύων και των υπηρεσιών της. Η αυξανόμενη δημοτικότητα της CORBA έχει προτρέψει την ανάπτυξη διεπαφών από CORBA σε CMIP και από CORBA σε SNMP για δικτυακές πύλες. Τυποποιημένες λύσεις είναι ήδη διαθέσιμες από την ομάδα εργασίας Joint Inter-Domain Management (JIDM) που διαμορφώθηκε από το TeleManagement Forum και το X/Open. Μια προσέγγιση για την εκμετάλλευση των παραδοσιακών τεχνολογιών διαχείρισης δικτύων, είναι να χρησιμοποιηθούν οι υπάρχουσες CMIP-προσανατολισμένες προδιαγραφές σε δομή CORBA.

Μια άλλη σύγχρονη τεχνολογία που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω της δυνατότητας εφαρμογής της στη διαχείριση είναι το World Wide Web (WWW) και ο downloadable κώδικας εφαρμογής με την μορφή των Java applets. Το χαμηλό κόστος και η ευρεία διαθεσιμότητα των WWW browsers τους καθιστούν μια ελκυστική προαιρετική δυνατότητα για εφαρμογές διαχείρισης. Διάφορες λύσεις έχουν βρεθεί που χρησιμοποιούν WWW browsers ως πράκτορες διαχείρισης, ενώ η δυνατότητα συσχέτισης Java σε IDL επιτρέπει την αλληλεπίδραση με πληροφοριακά συστήματα διαχείρισης που βασίζονται σε CORBA. Η διαχείριση που βασίζεται στο Web χρησιμοποιώντας XML και HTTP για πρόσβαση στα διαχειριζόμενα αντικείμενα έχει τυποποιηθεί από την ομάδα εργασίας Distributed Management Taskforce. Κινητοί Πράκτορες για Διαχείριση Δικτύων

Η Τεχνολογία των Κινητών Πρακτόρων – ΤΚΠ (Mobile Agents Technology - MAT) παρέχει λύσεις στις σημερινές ανάγκες των τηλεπικοινωνιών που είναι περισσότερο κατανεμημένες. Ένας πράκτορας είναι ένα αυτόνομο πρόγραμμα λογισμικού που εκτελεί έναν στόχο εξ ονόματος ενός χρήστη ή μιας διεργασίας. Οι πράκτορες μπορούν να συνεργαστούν ο ένας με τον άλλον, να εκτελέσουν ασύγχρονες ή σύγχρονες διαδικασίες και να μεταναστεύσουν στους μακρινούς κόμβους προκειμένου να ολοκληρωθεί ένας στόχος. Σε αυτήν την περίπτωση, αναφέρονται ως κινητοί πράκτορες - ΚΠ (Mobile Agents - MA). Ένας ΚΠ μπορεί να χρησιμοποιήσει τις υπηρεσίες που προσφέρονται στο σύστημα προορισμού. Η λύση αυτή προσφέρει μια γενικότερη προσέγγιση, όσον αφορά τις απαιτήσεις και τις ικανότητες του συστήματος, σε σχέση με αυτές που τα περισσότερα τρέχοντα κατανεμημένα συστήματα παρέχουν. Επιπλέον η ΤΚΠ βοηθά να ξεπεραστούν οι περιορισμοί της προσέγγισης πελατών εξυπηρετητών που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Πιο συγκεκριμένα με την τεχνολογία αυτή επιτυγχάνονται τα εξής:

- Επεκτασιμότητα της λειτουργικότητας του συστήματος: με την ανάθεση μιας εργασίας σε έναν πράκτορα και την αποστολή του σε ένα απομακρυσμένο κόμβο, η λειτουργία του κεντρικού συστήματος μπορεί να ενισχυθεί χωρίς αναβάθμιση του λογισμικού. Για παράδειγμα, ένας χρήστης μπορεί να στείλει έναν πράκτορα να

εκτελέσει κάποιο φιλτράρισμα δεδομένων στα στοιχεία του δικτύου. Ο πράκτορας θα ρωτήσει τοπικά τους κόμβους και θα επιστρέψει έπειτα το ζητούμενο αποτέλεσμα στο χρήστη. Για να προστεθεί/τροποποιηθεί μια νέα λειτουργία στο κεντρικό σύστημα το μόνο που χρειάζεται είναι ο διαχειριστής του συστήματος να κατασκευάσει άλλο πράκτορα, ή να αντικαταστήσει τον κώδικα κάποιου υπάρχοντος πράκτορα με άλλον ευφύτερο.

- μείωση του φόρτου επεξεργασίας στο σύστημα διαχείρισης: με την μεταφορά της νοημοσύνης κοντά στους δρομολογητές, το φορτίο επεξεργασίας στο σταθμό διαχείρισης δικτύου ελαχιστοποιείται. Ο πράκτορας θα κάνει όλη την επεξεργασία και θα επιστρέψει το αποτέλεσμα στο διαχειριστή του δικτύου. Αυτό καθιστά την αρχιτεκτονική εύκολα επεκτάσιμη.

- μείωση της κυκλοφορίας στο δίκτυο: Με τη χρήση των ΚΠ, δεδομένου ότι οι περισσότερες από τις αλληλεπιδράσεις είναι τοπικές, το ποσό κυκλοφορίας δεδομένων στο δίκτυο λόγω μιας σύνθετης εργασίας διαχείρισης μειώνεται. Αφ' ετέρου, η κυκλοφορία λόγω της μετανάστευσης του πράκτορα από έναν κόμβο σε έναν άλλο είναι μικρότερη αφού στις περισσότερες περιπτώσεις τα δεδομένα που χρειάζεται να επεξεργαστούν είναι περισσότερα σε σχέση με το μέγεθος του κώδικα του πράκτορα που μεταφέρεται.

- Ευρωστία του συστήματος και ανοχή λαθών: Οι πράκτορες μπορούν να αλληλεπιδράσουν ασύγχρονα χωρίς απώλεια ακρίβειας. Έτσι ακόμα κι αν το δίκτυο δεν λειτουργεί, ο πράκτορας θα συνεχίσει να λειτουργεί και θα υποβάλει το αποτέλεσμα της επεξεργασίας του στο σταθμό διαχείρισης όταν το δίκτυο είναι διαθέσιμο. Επιπλέον, ο πράκτορας θα συνεχίσει να εκτελεί το στόχο του ακόμα κι αν η οντότητα που τον ενεργοποίησε δεν είναι πλέον ενεργή. Αυτό αυξάνει την ευρωστία του συστήματος σε καταστάσεις βλάβης.

- Αυξανόμενη ανταπόκριση: Οι πράκτορες που βρίσκονται κοντά στους δρομολογητές του δικτύου μπορούν να αποκριθούν σε συμβάντα του δικτύου (network events), αποφεύγοντας τις καθυστερήσεις που προκαλούνται από ενδεχόμενη συμφόρηση των τελευταίων. Στο γεγονός μιας αποτυχίας, στα πλαίσια των δικτύων επικοινωνίας, οι κινητοί πράκτορες επιτρέπουν το μετασχηματισμό των παρόντων δικτύων σε από απόσταση προγραμματιζόμενες πλατφόρμες.

Οι γενικές λειτουργίες θα μπορούσαν να παρασχεθούν μέσω ΚΠ, οι οποίοι θα στέλνονταν για εκτέλεση στα στοιχεία του δικτύου. Η συμπεριφορά αυτών των πρακτόρων θα μπορούσε να αλλάξει δυναμικά οποιαδήποτε στιγμή. Η ευελιξία στις εφαρμογές διαχείρισης θα ήταν τεράστια, δεδομένου ότι θα μπορούσαν να «εξατομικεύσουν» τα στοιχεία δικτύων σύμφωνα με τις ικανότητές τους ώστε να αποδίδουν καλύτερα και να εκμεταλλευτούν όλες τις δυνατότητες διαχείρισης που προσφέρουν χωρίς να περιορίζονται στις διαθέσιμες τυποποιημένες λειτουργίες του κεντρικού συστήματος. Αφ' ετέρου, τα στοιχεία δικτύων πρέπει να είναι σε θέση να φιλοξενήσουν τους κινητούς πράκτορες μέσω κατάλληλων πλατφόρμων υποδομής και τα αντικείμενα διαχείρισης πόρων πρέπει να πραγματοποιηθούν ως στατικοί πράκτορες. Η συνεχής παρακολούθηση (polling) είναι μια συχνή λειτουργία στη διαχείριση δικτύων δεδομένου ότι το αντικείμενο μιας Βάσης Πληροφοριών Διαχείρισης (MIB) λαμβάνει συχνά διαφορετικές τιμές και απαιτεί συνεχή παρακολούθηση. Συχνά εμφανίζονται περιπτώσεις, όπου ένα ή δύο αντικείμενα MIB δεν αποτελούν αντιπροσωπευτικό δείκτη της κατάστασης του συστήματος και ως εκ τούτου απαιτείται ένα σύνολο πολλαπλών

αντικειμένων MIB, γνωστό ως συνάρτηση υγείας (health function). Αντί το Σύστημα Διαχείρισης Δικτύου (NMS) να παρακολουθεί συνεχώς από μακριά όλα τα αντικείμενα MIB, ένας κατάλληλος ΚΠ μπορεί να είναι σταλεί στο στοιχείο του δικτύου. Ο πράκτορας θα έχει πρόσβαση τοπικά τις «ακατέργαστες» τιμές των αντικειμένων MIB, θα υπολογίσει τη συνάρτηση υγείας και θα επιστρέψει το αποτέλεσμα στο NMS. Ο πράκτορας μπορεί επίσης να επαναλαμβάνει αυτήν την λειτουργία κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου συλλέγοντας αποτελέσματα και υποβάλλοντας περιοδικά εκθέσεις. Σε ένα σύστημα που βασίζεται σε ΚΠ, ειδικοί κινητοί πράκτορες που φέρουν τη διαχειριστική λογική, μεταναστεύουν και εκτελούν στα στοιχεία δικτύων την απαραίτητη διαδικασία μακριά από το σταθμό διαχείρισης.

Με αυτό τον τρόπο οι κινητοί πράκτορες βοηθούν στην αποκέντρωση της διαδικασίας διαχείρισης δικτύων με έναν δυναμικό κατανεμημένο τρόπο. Με τη χρήση της προσέγγισης των κατανεμημένων αντικειμένων, η λογική διαχείρισης μπορεί να τοποθετηθεί στο επίπεδο στοιχείων δικτύων αλλά η παρεχόμενη λειτουργία πρέπει να προϋπάρχει, είναι καθορισμένη και δεν αλλάζει. Αντιθέτως με τους ΚΠ αυτή η λειτουργία στο επίπεδο στοιχείων δικτύων παρέχεται με δυναμικό τρόπο, έτσι μπορεί είτε να αλλάξει είτε να επεκταθεί. Οπότε, η τεχνολογία κινητών πρακτόρων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιτύχει εύκολο προγραμματισμό (programmability) των στοιχείων δικτύων. Τέλος, οποιεσδήποτε υπηρεσίες διαχείρισης δικτύων που παρέχονται στους χρήστες πράκτορες μπορούν να αλληλεπιδράσουν ο ένας με τον άλλον για την αναδιάρθρωση του δικτύου. Αυτό κάνει τη διαχείριση δικτύων περισσότερο κατανεμημένη και πιο ανεκτική σε αποτυχίες από ότι οι παραδοσιακές προσεγγίσεις, μπορούν να παρασχεθούν δυναμικά χρησιμοποιώντας ΚΠ με έναν προσαρμοσμένο τρόπο βάση του συμβολαίου υπηρεσίας (SLA) που έχει οριστεί μεταξύ του χρήστη και του φορέα παροχής υπηρεσιών. Διάφορα μοντέλα μετανάστευσης (migration models) έχουν προσδιοριστεί που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους ΚΠ προκειμένου να επιτευχθούν τα προαναφερθέντα οφέλη σε συγκεκριμένα σενάρια εφαρμογών.

Η υπηρεσία καλύτερης προσπάθειας (best effort service – BE) είναι ο κύριος τύπος υπηρεσίας διαθέσιμη στα δίκτυα. Ενώ αυτός ο τύπος υπηρεσίας έχει συμβάλει πολύ στην ταχεία ανάπτυξη του Internet, δεν μπορεί να υποστηρίξει εφαρμογές με απαιτήσεις πραγματικού χρόνου. Ένας τρόπος για να παρασχεθεί Ποιότητα Υπηρεσίας σε μια σύνδεση είναι να γίνεται έλεγχος αποδοχής της κυκλοφορίας εισόδου και χρονοπρογραμματισμός των πακέτων βάση των απαιτήσεων της σύνδεσης στην οποία ανήκουν. Η αρχιτεκτονική Integrated services είναι βασισμένη στον έλεγχο αποδοχής σύνδεσης και το χρονοπρογραμματισμό των πακέτων. Στην αρχιτεκτονική Integrated services, κάθε σύνδεση ελέγχεται αυστηρά τόσο από τον έλεγχο αποδοχής τη στιγμή εγκατάστασης της σύνδεσης, όσο και από το χρονοπρογραμματισμό πακέτων κατά τη διάρκεια της σύνδεσης.

Κατά την εγκατάσταση της σύνδεσης, δεσμεύονται οι απαραίτητοι πόροι για τη νέα σύνδεση ενώ κατά τη διάρκεια της σύνδεσης, η σύνδεση επιτηρείται για να εξασφαλιστεί ότι η μη ομαλή συμπεριφορά της κίνησης που αφορά μια σύνδεση δεν έχει επιπτώσεις σε άλλες συνδέσεις. Οι πληροφορίες για κάθε σύνδεση φυλάσσονται σε κάθε κόμβο κατά μήκος του μονοπατιού της σύνδεσης για λόγους ελέγχου αποδοχής και διαβίβασης πακέτων. Η αρχιτεκτονική Integrated Services είναι δύσκολο να επεκταθεί σε μεγάλης κλίμακας και ταχύτητας δίκτυα, για δύο λόγους: κατ' αρχάς, οι δρομολογητές υψηλής ταχύτητας, του δικτύου κορμού, αναγκάζονται να διατηρούν πληροφορίες και να

χρονοπρογραμματίζουν πακέτα για χιλιάδες συνδέσεις. Δεύτερον, καθώς αυξάνεται ο αριθμός συνδέσεων, αυξάνεται επίσης και ο χρόνος που απαιτείται για εγκατάσταση ή κατάργηση της σύνδεσης.

Η Integrated Services αρχιτεκτονική επομένως, δεν επιτυγχάνει κλιμακωτές εγγυημένες Ποιότητα Υπηρεσίας, και η έλλειψη κλιμακοθετησιμότητας οφείλεται σε καθυστερήσεις τόσο κατά την εγκατάσταση όσο και κατά τη διάρκεια της σύνδεσης. Η κλιμακοθετησιμότητα εξετάζεται σε μεγάλο βαθμό, στην αρχιτεκτονική Differentiated Services. Από την άποψη του χρήστη, το μοντέλο Differentiated Services ομαδοποιεί τις ροές των χρηστών σε ένα σύνολο προσδιορισμένων κλάσεων υπηρεσίας. Τα πακέτα κάθε κλάσης εξυπηρετούνται στο δίκτυο με βάση την κλάση στην οποία ανήκουν. Το αποτέλεσμα είναι ότι οι δρομολογητές διαχειρίζονται μόνο συναθροίσεις των ροών. Κάθε ακραίος δρομολογητής κατηγοριοποιεί τις μεμονωμένες ροές σε έναν μικρό αριθμό τέτοιων συναθροίσεων.

Με αυτό τον τρόπο, το μοντέλο Differentiated Services καθιστά το δίκτυο κλιμακωτό όσον αφορά τον αριθμό ροών που υπάρχουν σε αυτό. Ο στόχος αυτού του κεφαλαίου είναι να βελτιώσει περαιτέρω την κλιμακοθετησιμότητα του δικτύου για εγγυημένες υπηρεσίες Ποιότητας Υπηρεσίας, εξετάζοντας τον έλεγχο αποδοχής στην αρχιτεκτονική Differentiated Services.

Αλγόριθμοι Ελέγχου Αποδοχής: Ο ρόλος οποιουδήποτε αλγορίθμου ελέγχου αποδοχής είναι να εξασφαλίσει ότι η είσοδος μιας νέας ροής σε ένα δίκτυο περιορισμένων πόρων, καλύπτει τους περιορισμούς της νέας ροής και δεν παραβιάζει τις δεσμεύσεις για Ποιότητα Υπηρεσίας που έχει αναλάβει το δίκτυο για τις ήδη εγκατεστημένες σε αυτό ροές. Οι δεσμεύσεις υπηρεσιών είναι απόλυτα όρια των συγκεκριμένων παραμέτρων Ποιότητας Υπηρεσίας, όπως το bandwidth, η καθυστέρηση μεταφοράς πακέτων, το ποσοστό απώλειας πακέτων, ή η καθυστέρηση μεταξύ των πακέτων (jitter). Υπάρχουν δύο βασικές προσεγγίσεις στον έλεγχο αποδοχής:

- Η πρώτη, που καλείται παραμετρική προσέγγιση, υπολογίζει το ποσό των δικτυακών πόρων που απαιτούνται για να υποστηρίξουν ένα σύνολο ροών, γνωρίζοντας εκ των προτέρων τα χαρακτηριστικά τους.
- Η δεύτερη, που καλείται μετρητική προσέγγιση, στηρίζεται στη μέτρηση του πραγματικού φορτίου της κίνησης στο δίκτυο για τη λήψη των αποφάσεων αποδοχής.

Οι αλγόριθμοι ελέγχου αποδοχής που βασίζονται σε παραμέτρους μπορούν να αναλυθούν μέσω φορμαλιστικών μεθόδων. Οι αλγόριθμοι ελέγχου αποδοχής βασίζονται σε μετρήσεις μπορούν να αναλυθούν μόνο μέσω πειραμάτων, σε πραγματικά δίκτυα, ή σε προσομοιώσεις δικτύων. Μια βασική δυσκολία που συναντάται στις περισσότερες παραμετρικές προσεγγίσεις είναι ότι για κάθε κόμβο απαιτείται να διατηρούνται πληροφορίες κατάστασης (παράμετροι κυκλοφορίας, κλάση QoS, κλπ.) ανά ροή κίνησης. Συνεπώς, λόγω των αντίστοιχων απαιτήσεων για σηματοδότηση και την επεξεργασία, υπάρχουν θεμελιώδη όρια κλιμακοθετησιμότητας τέτοιων αλγορίθμων ελέγχου αποδοχής, και ως εκ τούτου προκύπτουν περιορισμοί στη δυνατότητα εφαρμογής τους σε μεγάλης κλίμακας δίκτυα όπως το Internet.

Αφ' ετέρου, δεδομένης της σημασίας που δίνουν οι μετρητικοί αλγόριθμοι ελέγχου αποδοχής στη συμπεριφορά των πηγών κίνησης η οποία δεν είναι εν γένει στατική, οι δεσμεύσεις υπηρεσιών που αναλαμβάνονται από τέτοιους αλγορίθμους δεν μπορούν ποτέ να είναι απόλυτες. Στις ακόλουθες παραγράφους θα μελετήσουμε τρία αποτελεσματικά συστήματα ελέγχου αποδοχής που παρέχουν Ποιότητα Υπηρεσίας. Το πρώτο

χρησιμοποιεί την παραμετρική προσέγγιση, ενώ τα δύο επόμενα χρησιμοποιούν μετρητικές προσεγγίσεις. Και τα τρία συστήματα ελέγχου αποδοχής παρουσιάζουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

1. Κλιμακοθετησιμότητα: Τα σχήματα ελέγχου αποδοχής είναι κλιμακωτά, ανεξάρτητα από τον αριθμό ροών στο σύστημα. Αυτό σημαίνει ότι ο χρόνος ελέγχου αποδοχής είναι ανεξάρτητος από τον αριθμό ροών στο σύστημα.
2. Αποτελεσματικότητα: Τα σχήματα ελέγχου αποδοχής προσπαθούν να μεγιστοποιήσουν τη χρησιμοποίηση του διαθέσιμου bandwidth όσο το δυνατό περισσότερο. Το αποτέλεσμα είναι ένα σύστημα με υψηλή πιθανότητα αποδοχής μιας νέας ροής εφόσον υπάρχουν οι διαθέσιμοι πόροι στο δίκτυο.
3. Συμβατότητα: Οι μέθοδοι ελέγχου αποδοχής που παρουσιάζονται είναι συμβατές με τα υπάρχοντα συστήματα δικτύωσης. Δεν απαιτούνται τροποποιήσεις στην υποδομή επικοινωνίας, όπως για παράδειγμα στην αρχιτεκτονική των δρομολογητών, των πρωτοκόλλων σήμανσης, ή της δομής των πακέτων.

Δικτυακό Μοντέλο: Ένα δίκτυο αποτελείται από διάφορους κόμβους (για παράδειγμα δρομολογητές και απλούς υπολογιστές). Οι κόμβοι συνδέονται με φυσικές συνδέσεις στις οποίες διαβιβάζονται τα πακέτα. Σύμφωνα με την αρχιτεκτονική Differentiated Services, υποθέτουμε ότι το δίκτυο χωρίζεται σε πολλαπλούς τομείς. Κάθε δικτυακός τομέας μπορεί να έχει πολλούς δρομολογητές. Οι πόροι δικτύων ελέγχονται από έναν μεσίτη bandwidth (Bandwidth Broker - BB) με τρόπο συγκεντρωτικό ή καταναμημένο.

ER = Edge Router CR = Core

Δρομολογητές και συνδέσεις: Υπάρχουν δύο είδη δρομολογητών σε ένα δικτυακό τομέα: ο ακραίος δρομολογητής (edge router) και ο δρομολογητής πυρήνα (core router). Όπως το όνομα υπονοεί, ο ακραίος δρομολογητής είναι στην άκρη του δικτυακού τομέα και ο δρομολογητής πυρήνα είναι στο εσωτερικό του δικτυακού τομέα. Ένας δρομολογητής έχει πολλαπλές συνδέσεις εισόδου και εξόδου. Υποθέτουμε ότι υπάρχουν N συνδέσεις εισόδου σε έναν δρομολογητή. Για το εισερχόμενο πακέτο, ο δρομολογητής καθορίζει τη σύνδεση εξόδου ανατρέχοντας στον πίνακα δρομολόγησής του, και μεταφέρει το πακέτο στην κατάλληλη σύνδεση εξόδου, η οποία στη συνέχεια, το συνδέει με τον επόμενο δρομολογητή. Μπορεί να συμβεί ένα πακέτο να πρέπει να περιμένει στη σειρά στη σύνδεση εξόδου λόγω περιορισμένης ικανότητας των συνδέσεων εξόδου. Συμβολίζουμε με C το bandwidth μιας σύνδεσης εξόδου (link bandwidth). Τα πακέτα μπορεί να υπερβούν το bandwidth μιας σύνδεσης εξόδου, και έτσι να υποστούν κάποια καθυστέρηση αναμονής στη σύνδεση εξόδου. Αυτή η καθυστέρηση εξαρτάται από το φορτίο της σύνδεσης εξόδου και της πολιτικής χρονοπρογραμματισμού (scheduling) που υιοθετείται στη σύνδεση εξόδου. Στο κεφάλαιο αυτό ονομάζουμε τις συνδέσεις εξόδου εξυπηρετητές συνδέσεων (link servers), ή απλά εξυπηρετητές (servers), και θεωρούμε ότι έχουν με μια δεδομένη χωρητικότητα και πολιτική χρονοπρογραμματισμού. Κάθε δρομολογητής μπορεί να θεωρηθεί ως ένα σύνολο από εξυπηρετητές συνδέσεων, έναν για κάθε σύνδεση εξόδου, στην οποία το πακέτο μπορεί να υποστεί κάποια καθυστέρηση αναμονής. Με αυτό τον τρόπο το δίκτυο διαμορφώνεται, ως δίκτυο εξυπηρετητών συνδέσεων. Συμβολίζουμε τον εξυπηρετητή μιας σύνδεσης i ως S_i .

Μονοπάτια: Ένα πακέτο διαβιβάζεται κατά μήκος ενός μονοπατιού (path). Ένα μονοπάτι μπορεί να θεωρηθεί ως μια λίστα από κόμβους. Ισοδύναμα, ένα μονοπάτι

μπορεί επίσης να σημειωθεί ως λίστα εξυπηρετητών συνδέσεων. Παραδείγματος χάριν, εάν ένα μονοπάτι διαπερνά τους εξυπηρετητές συνδέσεων: S1, S2, S6 και S7, τότε το μονοπάτι μπορεί να σημειωθεί ως $\langle 1; 2; 6; 7 \rangle$, όπου οι ακέραιοι αριθμοί είναι τα αναγνωριστικά (ids) των εξυπηρετητών συνδέσεων που το μονοπάτι διαπερνά.

Ροές και κλάσεις υπηρεσίας: Μια σειρά συνεχόμενων πακέτων από μια πηγή σε έναν δρομολογητή προορισμού διαμορφώνει μια ροή (flow). Ο ρυθμός εισόδου πακέτων μιας ροής μπορεί να περιοριστεί από έναν αλγόριθμο διαρροής δοχείου (leaky bucket algorithm) που εφαρμόζεται στον ακραίο δρομολογητή της δικτυακή περιοχή από τον οποίο εισάγεται η ροή. Αυτός ο ακραίος δρομολογητής καλείται δρομολογητής εισόδου (ingress router) της ροής.

Ακολουθώντας την αρχιτεκτονική Differentiated Service, οι ροές κατηγοριοποιούνται σε κλάσεις. Οι απαιτήσεις και οι προδιαγραφές Ποιότητα Υπηρεσίας της κίνησης των ροών καθορίζονται με βάση την κλάση στην οποία ανήκουν.

Παραμετρικός Έλεγχος Αποδοχής - Parameter Based Admission Control: Ακολουθώντας το μοντέλο Differentiated Services, σε κάθε εξυπηρετητή συνδέσεων, ένα ορισμένο ποσοστό του bandwidth δεσμεύεται για κάθε κλάση υπηρεσίας. Συμβολίζουμε με το ποσοστό του bandwidth που δεσμεύεται για την κλάση. Είναι ευθύνη του ελέγχου αποδοχής να εξασφαλίσει ότι η χρήση του bandwidth για μεμονωμένες κλάσεις δεν υπερβαίνει το ποσοστό που έχει δεσμευτεί για αυτές. Η απομόνωση είναι απαραίτητη όσον αφορά το δεσμευμένο bandwidth μεταξύ των κλάσεων για να επιτευχθεί η εγγύηση του ορίου της από-άκρο-σε-άκρο καθυστέρησης των ροών. Για κάθε νέα ροή που ζητά αποδοχή, ο αλγόριθμος ελέγχου αποδοχής πρέπει να ελέγξει ότι η κατανομή του bandwidth μεταξύ των κλάσεων δεν παραβιάζεται. Δεδομένου ότι οι ροές απαιτούν πόρους σε μια ακολουθία κόμβων του δικτύου, η κατάλληλη σηματοδότηση πρέπει διενεργηθεί κατά την διαδικασία του ελέγχου αποδοχής. Ανεξάρτητα από εάν η σηματοδότηση είναι συγκεντρωτική (όπως στην προσέγγιση που βασίζεται στους μεσίτες bandwidth) ή κατανομημένη (όπως στο RSVP), το κόστος στην περίπτωση πολλών αιτήσεων αποδοχής νέων ροών είναι τεράστιο.

Μια κλιμακοθετήσιμη διαχειριστική προσέγγιση των πόρων πρέπει επομένως να είναι σε θέση να λάβει αποφάσεις αποδοχής υψηλής ακρίβειας, αποφεύγοντας τόσο τα πολλά μηνύματα για τη δέσμευση πόρων όσο και τις συγκεντρωτικές οντότητες απόφασης. Ένας τρόπος να ελαχιστοποιηθεί η σηματοδότηση κατά τον έλεγχο αποδοχής είναι η χρήση των δέντρων αποδεκτών (sink trees).

Τα δέντρα αποδεκτών που προτείνονται στο συναθροίζουν συνδέσεις με βάση τους κόμβους εξόδου του δικτύου (egress routers). Η ρίζα ενός δέντρου αποδέκτη είναι επομένως, ο δρομολογητής εξόδου και τα φύλλα είναι οι δρομολογητές εισόδου. Δεσμεύοντας τους πόρους, με τρόπο ώστε για κάθε δρομολογητή εισόδου να ξέρουμε πόσοι πόροι είναι διαθέσιμοι σε κάθε μονοπάτι του προς κάθε δρομολογητή εξόδου, ο έλεγχος αποδοχής μπορεί να εκτελεσθεί κατευθείαν στις εισόδους του δικτύου. Δεδομένου ότι κάθε κόμβος εξόδου έχει το δικό του δέντρο αποδέκτη, κάθε πιθανό ζευγάρι κόμβου πηγής και προορισμού έχει το δικό του μοναδικό μονοπάτι σε ένα δέντρο αποδέκτη.

Εύρεση ενός συνόλου δέντρων αποδέκτη: Αποδεικνύεται ότι το πρόβλημα του να βρεθεί ένα δέντρο αποδέκτη σε ένα δεδομένο δίκτυο μπορεί να διατυπωθεί με βάση τη θεωρία των γράφων. Υποθέτουμε ότι το δίκτυο δεν διαθέτει δρομολογητές πυρήνων. Όλοι οι δρομολογητές ενός δικτυακού τομέα, είναι δρομολογητές εισόδου και εξόδου.

Καθορίζουμε το δικτυακό τομέα ως ένα γράφο με κόμβους (δρομολογητές ή μεταγωγείς) , που συνδέονται μέσω των συνδέσεων. Η σύνδεση διαθέτει bandwidth. Για μια σύνδεση εξόδου j ενός δρομολογητή εξόδου, καθορίζουμε ένα δέντρο αποδέκτη να είναι υπο-γράφημα (subgraph) δένδροειδούς μορφής του γραφήματος που καταλήγει στη σύνδεση . Σε κάθε σύνδεση έχει διατεθεί bandwidth και δηλώνει το ποσό του bandwidth που διαθέτει η GIBB σύνδεση για την κλάση υπηρεσίας στο δέντρο αποδέκτη. Για να είναι έγκυρο ένα σύνολο δέντρων αποδεκτών, οι ακόλουθοι τρεις περιορισμοί πρέπει να ικανοποιούνται:

- 1) Bandwidth σύνδεσης: Σε οποιαδήποτε σύνδεση, το άθροισμα του bandwidth που ανατίθεται στη σύνδεση για την κλάση για όλα τα δέντρα αποδέκτη, δεν πρέπει να υπερβαίνει το συνολικό bandwidth που διατίθεται σε αυτή την κλάση k .
- 2) Κατανομή bandwidth - ενήμερη ως προς το βάθος: Σε ένα δέντρο αποδέκτη το bandwidth που ανατίθεται σε οποιαδήποτε σύνδεση για μια κλάση υπηρεσίας πρέπει να είναι ίσο ή μεγαλύτερο από άθροισμα του bandwidth που διαθέτουν για την κλάση k όλοι οι άμεσοι απόγονοι της σύνδεσης l στο δέντρο αποδέκτη.
- 3) Οριοθετημένη καθυστέρηση δικτύου: Η καθυστέρηση κάθε μονοπατιού, από ένα κόμβο εισόδου σε έναν κόμβο εξόδου, για πακέτα της κλάσης , πρέπει να οριοθετείται από την καθυστέρηση του δικτύου που έχει οριστεί για την συγκεκριμένη κλάση.

Αποδεικνύεται ότι το πρόβλημα εύρεσης ενός έγκυρου συνόλου δέντρων αποδέκτη για ένα δεδομένο κόμβο εξόδου (αποδέκτη) του δικτύου είναι NP- Πλήρες (NP-Complete).

Περιγράφεται επίσης ένας ευρετικός αλγόριθμος βασισμένος στη μέθοδο Minimum Spanning Tree (MST), ο οποίος αποδίδει πολύ καλά στην εύρεση έγκυρων δέντρων αποδέκτη, σε περίπτωση βέβαια που τέτοια δέντρα υπάρχουν. Εάν, ο ευρετικός αλγόριθμος, αποτύχει να βρει ένα έγκυρο δέντρο αποδέκτη, επιστρέφει ένα σύνολο μειωμένων απαιτήσεων bandwidth και καθυστέρησης έτσι ώστε ένα έγκυρο σύνολο δέντρων αποδέκτη που καλύπτουν τις νέες προδιαγραφές μειωμένων απαιτήσεων να μπορεί να υπολογιστεί. Για τα σύνθετα δίκτυα αυτή η μέθοδος είναι η πιο κατάλληλη. Για τα απλά δίκτυα, είναι δυνατό να κατασκευαστούν δέντρα αποδέκτη για κάθε έξοδο, βασισμένα στους πίνακες δρομολόγησης του κάθε κόμβου.

Μερισμός των Πόρων σε ένα Δέντρο Αποδέκτη: Ο διαχωρισμός των πόρων του δικτύου και η εκχώρησής τους σε δέντρα αποδέκτη προκαλεί το φαινόμενο της κατάτμησης, που μπορεί να μειώσει σημαντικά τη συνολική χρήση των πόρων, όταν το πλήθος των ροών κατά μήκος των μονοπατιών μιας πηγής υπερβαίνει τις αναμενόμενες τιμές. Ο επανπροσδιορισμός της εκχώρησης των πόρων κοστίζει πολύ από την άποψη χρόνου υπολογισμού και επικοινωνίας για τη διανομή των πληροφοριών της νέας διαμόρφωσης στους δρομολογητές εισόδου. Απαιτείται μια «ελαφριά» μέθοδος υπολογισμού που θα επιτρέπει όποτε είναι απαραίτητο την προσαρμοστική επανεκχώρηση των πόρων στα δένδρα αποδεκτών.

Η γενική ιδέα του μερισμού των πόρων είναι τέσσερις κόμβοι (Κόμβοι 1, 2, 3 και 4) που βρίσκονται σε ένα απλό μονοπάτι ενός δένδρου αποδέκτη. Ο κόμβος 4 είναι ο αποδέκτης (ρίζα). Για κάθε σύνδεση κατανέμονται οι πόροι έτσι ώστε κάθε κόμβος να μπορεί να φιλοξενήσει ίσο αριθμό ροών που ξεκινούν από αυτόν και καταλήγουν στον αποδέκτη. Έτσι, ο κόμβος 1 πρέπει να είναι σε θέση να δεχτεί δέκα ροές της κλάσης k

από τον κόμβο 1 στον κόμβο 4. Επιπλέον ο κόμβος 2 πρέπει να είναι σε θέση να δεχτεί δέκα ροές κλάσης k από τον κόμβο 2 στον κόμβο 4, και ούτω καθεξής.

Συνεπώς, στις συνδέσεις έχει εκχωρηθεί bandwidth για την κλάση k που μπορούν να δέχονται από 10 έως 30 ροές από αριστερά προς δεξιά, έτσι ώστε η σύνδεση 1 να υποστηρίζει δέκα ροές κλάσης k , η σύνδεση 2 να υποστηρίζει είκοσι και τα λοιπά. Υποθέτουμε ότι ο κόμβος 1 έχει μια ροή κλάσης k με αποδέκτη τον κόμβο 4, ενώ ο κόμβος 2 έχει δέκα ροές κατηγορίας k με αποδέκτη τον κόμβο 4. Σε αυτήν την περίπτωση, ο κόμβος 2 λαμβάνει το αίτημα για αποδοχή μιας νέας ροής κλάσης k . Οι πόροι του δένδρου σε αυτή την περίπτωση μπορούν να μοιραστούν με τέσσερις διαφορετικούς τρόπους:

- Χωρίς μερισμό πόρων: Με αυτή τη στρατηγική οι πόροι δεν μοιράζονται. Το bandwidth σε κάθε σύνδεση διατίθεται αποκλειστικά σε ένα ζευγάρι πηγής - προορισμού για κάθε κλάση.
- Μερисμός κλάσης: Με αυτή την στρατηγική, σε κάθε ζευγάρι πηγής και προορισμού, το αχρησιμοποίητο bandwidth κάθε σύνδεσης που έχει ανατεθεί σε χαμηλότερης προτεραιότητας κλάσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Φυσικά αυτό το είδος καταμερισμού των πόρων ευνοεί τα αιτήματα αποδοχής ροών που ανήκουν σε κλάσεις υψηλής προτεραιότητας και μπορεί να προκαλέσει παύση εξυπηρέτησης (starvation) στις κλάσεις χαμηλότερης προτεραιότητας ενός μονοπατιού.
- Μερисμός Μονοπατιού Στο μερισμό μονοπατιού οι πόροι κάθε κλάσης μοιράζονται κατά μήκος επικαλυπτόμενων μονοπατιών στο ίδιο δέντρο αποδέκτη. Ως παρενέργεια, εάν ο κόμβος 2 έχει αποδεχθεί 20 ροές, προκαλεί παύση εξυπηρέτησης του κόμβου 1.
- Μερисμός Δέντρου. Κατά τον μερισμό δέντρου ο έλεγχος αποδοχής προσπαθεί να χρησιμοποιήσει το bandwidth που διατίθεται σε άλλα δέντρα αποδέκτη για την κλάση k στο μονοπάτι από τον κόμβο 2 στον κόμβο 4. Σε αυτήν την προσέγγιση, οι πόροι μοιράζονται μεταξύ των δέντρων που έχουν το ίδιο σύνολο διαδοχικών συνδέσεων.
- Μερисμός Σύνδεσης: Σε αυτήν την προσέγγιση, το νέο αίτημα γίνεται αποδεκτό εφ' όσον υπάρχουν πόροι διαθέσιμοι σε οποιοδήποτε δέντρο για την κλάση k κατά μήκος της ζητούμενης πορείας ανεξάρτητα από το σε ποιο δέντρο ο πόρος ανήκει αρχικά. Το δέντρο αποδέκτη καθορίζει μόνο την πορεία για μια ροή και οι πόροι μιας σύνδεσης μοιράζονται μεταξύ όλων των δέντρων στα οποία ανήκει η συγκεκριμένη σύνδεση του δικτύου. Πρέπει να αναφέρουμε ότι οι τρεις τελευταίοι τρόποι μερισμού των πόρων μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με την τη στρατηγική μερισμού κλάσης.

Η διαδικασία ελέγχου αποδοχής, με βάση τα παραπάνω είναι η ακόλουθη. Ο μεσίτης bandwidth βάση των πληροφοριών δρομολόγησης, και των τιμών για κάθε κλάση, κατασκευάζει κατά τη διάρκεια της αρχικοποίησης του συστήματος, έναν πίνακα με το διαθέσιμο bandwidth και τις καθυστερήσεις ανά κλάση υπηρεσίας, για κάθε ζευγάρι κόμβων εισόδου-εξόδου. $aT_{,,p}$

Available bandwidth

Network delay

Total number of connections in the tree

Parent node

Πίνακας 1: Διαθέσιμοι πόροι ανά μονοπάτι

Κατά την αίτηση για αποδοχή μιας νέας ροής, ο χρήστης παρουσιάζει στο μεσίτη bandwidth ένα μήνυμα αίτησης αποδοχής, που περιέχει την IP διεύθυνση πηγής, την IP διεύθυνση προορισμού, το απαιτούμενο bandwidth, την κλάση υπηρεσίας και τον περιορισμό της από άκρο σε άκρο μέγιστης καθυστέρησης που δεν πρέπει να ξεπερνούν τα πακέτα της νέας ροής. Ο μεσίτης bandwidth, αφού λάβει το μήνυμα αιτήματος αποδοχής της νέας ροής, εξετάζει τον πίνακα διαθέσιμων πόρων και αποφασίζει εάν θα αποδεχθεί ή όχι την αίτηση βάση του διαθέσιμου bandwidth και της χειρότερης καθυστέρησης που μπορεί να συμβεί στο συγκεκριμένο μονοπάτι για τα πακέτα της συγκεκριμένης κλάσης υπηρεσίας. Το διαθέσιμο bandwidth του πίνακα διαθέσιμων πόρων ενημερώνεται μετά από κάθε αποδοχή ή απόρριψη μιας σύνδεσης.

Δρομολόγηση και προώθηση πακέτων:Αφού μια σύνδεση γίνει αποδεκτή, τα πακέτα της μεταφέρονται με βάση τη διεύθυνση προορισμού τους. Στα σύνθετα δίκτυα όπου τα δέντρα αποδέκτη κατασκευάζονται μέσω MST αλγορίθμων η δρομολόγηση των πακέτων κάθε ροής μπορεί να βασίζεται στο πρωτόκολλο MPLS.

Για κάθε μονοπάτι ενός δέντρου αποδέκτη, LSP μονοπάτια μπορούν να διαμορφωθούν. Όταν μια σύνδεση εγκαθίσταται, τα πακέτα της μαρκάρονται με την επικεφαλίδα MPLS του μονοπατιού που θα ακολουθούν. Αυτή η ετικέτα χρησιμοποιείται για την δρομολόγηση του πακέτου από τους δρομολογητές πυρήνα και διαγράφεται όταν το πακέτο εξέλθει από το δρομολογητή εξόδου. Κατ' αυτό τον τρόπο, οι δρομολογητές πυρήνα δεν έχουν καμία ιδέα για το πόσες συνδέσεις υποστηρίζουν και για το ποιο πακέτο ανήκει σε ποια σύνδεση.

Σε κάθε εξυπηρετητή σύνδεσης υπάρχουν ουρές αναμονής FIFO μια ανά κλάση υπηρεσίας για κάθε δένδρο αποδέκτη που διασχίζει τη σύνδεση. Ένας χρονοπρογραμματιστής WRR εξυπηρετεί τις ουρές αναμονής. Ο αριθμός των LSP και συνεπώς ο αριθμός ουρών αναμονής FIFO μειώνεται σε μια ανά κλάση εάν το σχήμα μερισμού των πόρων που ακολουθείται είναι μερισμός δένδρου.

Μετρητικοί αλγόριθμοι Ελέγχου Αποδοχής :Μια βασική δυσκολία που υπάρχει στις παραμετρικές προσεγγίσεις ελέγχου αποδοχής, είναι η ανάγκη σε κάθε κόμβο του δικτύου να διατηρούνται πληροφορίες κατάστασης (π.χ παράμετροι κίνησης, διαθέσιμο bandwidth, κλάση υπηρεσίας, κλπ.) για κάθε ροή κίνησης.

Συνεπώς, λόγω της απαραίτητης σηματοδοσίας καθώς και των απαιτήσεων για σύνθετους υπολογισμούς, υπάρχουν όρια κλιμακοθετησιμότητας τέτοιων αλγορίθμων ελέγχου αποδοχής, και ως εκ τούτου περιορισμοί στη δυνατότητα εφαρμογής τους σε δίκτυα μεγάλης κλίμακας όπως το Internet. Πρόσφατοι αλγόριθμοι για τον έλεγχο αποδοχής που βασίζεται σε μετρήσεις, προσπαθούν να λύσουν αυτό το πρόβλημα μέσω διαχείρισης συναθροίσεων κίνησης.

Τέτοιοι αλγόριθμοι διαθέτουν τους πόρους του δικτύου με βάση μετρήσεις που διεξάγουν σε παραμέτρους κίνησης συναθροίσεων ροών αντί για παραμέτρους μεμονωμένων ροών που καθορίζονται από τον χρήστη.

Με βάση τους Φακέλους Άφιξης και Εξυπηρέτησης :Σύστημα ελέγχου αποδοχής που βασίζεται σε μετρήσεις. Σε αυτήν την προσέγγιση, οι αποφάσεις ελέγχου αποδοχής λαμβάνονται στους ακραίους δρομολογητές, χωρίς να διατηρείται πληροφορία κατάσταση ανά-ροή.

Συγκεκριμένα οι αποφάσεις αποδοχής λαμβάνονται με βάση τις συνολικές μετρήσεις που λαμβάνονται στο δρομολογητή εξόδου μιας ροής. Ο βασικός μηχανισμός είναι η συνεχής επίβλεψη της διαθέσιμης υπηρεσίας ανά μονοπάτι έτσι ώστε για την παροχή Ποιότητας Υπηρεσίας να μην απαιτούνται πληροφορίες κατάσταση των δρομολογητών. Αξιολογώντας τη διαθέσιμη υπηρεσία και όχι τις πληροφορίες κατάσταση των κόμβων, μπορούμε να ελέγξουμε όχι μόνο την υπηρεσία για κάποιο συγκεκριμένο ζευγάρι εισόδου-εξόδου, αλλά έμμεσα και άλλων μονοπατιών, εξασφαλίζοντας με αυτόν τον τρόπο ότι όλες οι κλάσεις υπηρεσίας όλων μονοπατιών που καταλήγουν στον ίδιο κόμβο εξόδου διατηρούν τα απαραίτητα επίπεδα Ποιότητας Υπηρεσίας.

Για τον έλεγχο αποδοχής η τεχνική αυτή βασίζεται στη μετρητική θεωρία των φακέλων(envelopes) η οποία αναπτύσσεται στην. Γίνεται ακριβής χαρακτηρισμός και έλεγχος των αφίξεων και των εξυπηρετήσεων πακέτων ροών. Ο φάκελος άφιξης συναθροίσεων ροών μια κλάσης μετριέται στον κόμβο εισόδου ενός μονοπατιού και ο φάκελος εξυπηρέτησης αυτών μετριέται στον κόμβο εξόδου του μονοπατιού. Με τον κατάλληλο έλεγχο των δύο αυτών φακέλων, οι διαφορετικές απαιτήσεις Ποιότητας Υπηρεσίας μπορούν να ικανοποιηθούν με κλιμακωτό τρόπο.

Το δίκτυο θεωρείται ως "μαύρο κουτί", χωρίς ιδιαίτερη γνώση του τρόπου εξυπηρέτησης των πακέτων, της ενδιάμεσης κίνησης, του φορτίου κίνησης, κλπ.

Παροχή πόρων και Έλεγχος Αποδοχής: Κατά την άφιξη μιας νέας ροής που ζητά την αποδοχή σε μια κλάση υπηρεσίας, ο παρακάτω έλεγχος εξασφαλίζει ότι η απαιτούμενη υπηρεσία ικανοποιείται με κάποιο "επίπεδο εμπιστοσύνης". Το επίπεδο εμπιστοσύνης ποσοτικοποιεί την πιθανότητα ότι η απαιτούμενη υπηρεσία θα συνεχίσει να παρέχεται, δεδομένου ότι υπάρχει αβεβαιότητα όσον αφορά τις επόμενες αφίξεις και τις διακυμάνσεις εξυπηρέτησης λόγω του μεταβλητού ρυθμού των παρεμβαλλόμενων ροών.

Μετράμε τους ρυθμούς άφιξης για διαστήματα τ σε διαδοχικά παράθυρα χρόνου t (όπου $\tau < t$) και παίρνουμε το μέγιστο σε κάθε παράθυρο t . Το $k\tau \cdot \tau = (tR)$ συμβολίζει το μέσο όρο των μέγιστων ρυθμών άφιξης για M χρονικά παράθυρα μήκους τ . Ομοίως, το (tS) συμβολίζει το μέσο όρο των ελάχιστων bit που εξυπηρετήθηκαν σε M χρονικά παράθυρα μήκους τ .

Παρεμβολές μεταξύ κλάσεων: Η συνθήκη ελέγχου αποδοχής από μόνη της δεν εξασφαλίζει ότι η κίνηση σε άλλες κλάσεις υπηρεσίας που μοιράζονται το ίδιο μονοπάτι εξακολουθεί να λαμβάνει την επιθυμητή Ποιότητα Υπηρεσίας όταν η νέα ροή γίνει αποδεκτή στο σύστημα. Ειδικότερα, στην περίπτωση που το δίκτυο δεν υιοθετεί την πλήρη απομόνωση των πόρων που έχουν εκχωρηθεί σε κάθε κλάση, η αποδοχή της νέας ροής μπορεί ενδεχομένως να βλάψει τους φακέλους εξυπηρέτησης άλλων κλάσεων. Το πώς ακριβώς, εξαρτάται από τον τρόπο εξυπηρέτησης των πακέτων στο δίκτυο.

Κατά συνέπεια, για να αντιμετωπίσουμε αυτό το ζήτημα, θεωρούμε το χειρότερο σενάριο σύμφωνα με το οποίο, η ροή που έγινε πρόσφατα αποδεκτή από το σύστημα έχει απόλυτη προτεραιότητα σε σχέση με την κίνηση σε άλλες κλάσεις. Συμβολίζουμε με τον φάκελο εξυπηρέτησης μιας άλλης κλάσης διαφορετικής από αυτήν η οποία έκανε αποδεκτή τη νέα ροή. Τότε έχουμε ότι ο νέος φάκελος εξυπηρέτησης της δεύτερης κλάσης δεν είναι μικρότερος από το: 'S))0,00((J,[min2"tDtrDttSGtssSsw+·+→+

Συνεπώς, ο έλεγχος ικανοποιείται ακόμη και με αυτόν τον τροποποιημένο φάκελο εξυπηρέτησης για κάθε κλάση εξασφαλίζει ότι οι απαιτήσεις Ποιότητας Υπηρεσίας όλων των κλάσεων ικανοποιούνται ακόμα και όταν γίνει αποδεκτή στο σύστημα η νέα ροή.

Έλεγχος αποδοχής: Το σχέδιο ελέγχου αποδοχής που προτείνουμε είναι το ακόλουθο και εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που θεωρούμε το δίκτυο ως ένα «μαύρο κουτί» όπου ο τρόπος εξυπηρέτησης των πακέτων στους κόμβους του είναι άγνωστος. Κατά την αίτηση για αποδοχή μιας νέας ροής, ο χρήστης παρουσιάζει στο μεσίτη bandwidth ένα μήνυμα αίτησης αποδοχής, που περιέχει την IP διεύθυνση πηγής, την IP διεύθυνση προορισμού, το απαιτούμενο bandwidth, την κλάση υπηρεσίας και την από άκρο σε άκρο μέγιστη καθυστέρηση που δεν πρέπει να ξεπερνούν τα πακέτα της νέας ροής. Μόλις ο μεσίτης bandwidth, λάβει ένα μήνυμα αιτήματος αποδοχής της νέας ροής, ελέγχει εάν η συνθήκη ελέγχου αποδοχής ικανοποιείται για την νέα ροή καθώς επίσης και ότι οι είδη εγκατεστημένες ροές ικανοποιούν τις απαιτήσεις τους όσον αφορά την Ποιότητα Υπηρεσίας. Ο υπολογισμός των φακέλων εξυπηρέτησης γίνεται στον δρομολογητή εξόδου της ροής. Οι χρόνοι άφιξης πακέτων στο δρομολογητή εισόδου πρέπει επίσης να είναι γνωστοί όταν το πακέτο βρίσκεται στο δρομολογητή εξόδου.

Υπάρχουν δύο βασικές προσεγγίσεις σε αυτό το θέμα: κατ' αρχάς, εάν οι κόμβοι εισόδου και εξόδου έχουν συγχρονίσει τα ρολόγια τους, τότε το κάθε πακέτο μπορεί να χρονοσφραγιστεί (time-stamped) στο δρομολογητή εισόδου, επιτρέποντας τον άμεσο υπολογισμό του φακέλου εξυπηρέτησης στον κόμβο εξόδου. Ο εναλλακτικός τρόπος, εάν ο συγχρονισμός ρολογιών είναι αδύνατος, είναι να χρησιμοποιηθεί ένας συσσωρευτικός χρόνος αναμονής που θα αντικαθιστά το χρόνο άφιξης του πακέτου στο δρομολογητή εισόδου.

Ειδικότερα, εάν σε κάθε κόμβο (στο κόμβο εισόδου και στους κόμβους πυρήνα που μεσολαβούν) υπολογίζεται ο χρόνος αναμονής του πακέτου ο οποίος προστίθεται σε κάποιον μετρητή που αποθηκεύεται στο τμήμα της επικεφαλίδας του πακέτου, ο κόμβος εξόδου θα είναι σε θέση να υπολογίσει το φάκελο εξυπηρέτησης.

Έλεγχος Αποδοχής με βάση την ανίχνευση: Σε αυτές τις μετρητικές τεχνικές ελέγχου αποδοχής, για τον έλεγχο αποδοχής νέας ροής στέλνονται στο δίκτυο πακέτα ανίχνευσης (probe packets) με ρυθμό εισόδου ίσο με αυτόν που θα επιθυμούσε να δεσμεύσει η ροή και καταγράφονται οι απώλειες πακέτων που προκύπτουν ή το πλήθος των πακέτων που σημειώνονται με ένδειξη συμφόρησης (Explicit Congestion Notification Mark - ECN). Η νέα ροή γίνεται αποδεκτή στο σύστημα μόνο εάν το ποσοστό απωλειών πακέτων ή το ποσοστό πακέτων με ένδειξη συμφόρησης είναι κάτω από κάποιο καθορισμένο όριο.

Σε αυτές τις τεχνικές θεωρείται ότι οι καθυστερήσεις αναμονής στους δρομολογητές είναι αρκετά μικρές, και η Ποιότητα Υπηρεσίας μετριέται αυστηρά από την άποψη της απώλειας πακέτων. Για να διευκολύνουμε την αρχιτεκτονική περιγραφή αυτών των σχημάτων ελέγχου αποδοχής, χρησιμοποιούμε το εξής απλουστευμένο μοντέλο. Έχουμε μια σύνδεση εξόδου με bandwidth C. Κάθε ροή στέλνει πακέτα με

ρυθμό με αποτέλεσμα ο ρυθμός απωλειών να είναι $\rho_{\text{avg}} = \rho_{\text{max}} \cdot \frac{\rho_{\text{avg}}}{\rho_{\text{max}}}$ και το ποσοστό απωλειών να είναι $\rho_{\text{avg}} = \rho_{\text{max}} \cdot \frac{\rho_{\text{avg}}}{\rho_{\text{max}}}$. Για να γίνει αποδεκτή, μια ροή στέλνει πακέτα ανίχνευσης με ρυθμό ρ για κάποια χρονική περίοδο και μετριέται το προκύπτον ποσοστό απωλειών. Η ροή γίνεται αποδεκτή μόνο εάν το ποσοστό απωλειών των πακέτων ανίχνευσης είναι κάτω από κάποιο κατώτατο όριο.

Στα σχήματα ελέγχου αποδοχής με βάση την ανίχνευση υπάρχουν διάφορες αρχιτεκτονικές θεωρήσεις οι οποίες κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες: εκείνες που σχετίζονται τους μηχανισμούς χρονοπρογραμματισμού πακέτων στις συνδέσεις εξόδου των δρομολογητών και εκείνες που είναι σχετικές με τους αλγόριθμους ανίχνευσης. Για να διασαφηνιστούν τα θέματα αυτά θεωρούμε ότι οι μετρήσεις ανίχνευσης είναι τέλει περιλαμβάνουν στο άθροισμα των ρυθμών και το ρυθμό της υπό ανίχνευση ροής.

Μηχανισμοί χρονοπρογραμματισμού πακέτων στους δρομολογητές: FIFO και Fair ουρές αναμονής: Δύο προφανείς δυνατότητες χρονοπρογραμματισμού πακέτων στις συνδέσεις εξόδου των δρομολογητών είναι η χρήση της FIFO ουρά αναμονής ή της Fair ουράς αναμονής. Εξετάζουμε τώρα πιθανές επιδράσεις που μπορεί να έχει σε αυτά τα σχήματα αναμονής ο έλεγχος αποδοχής ανίχνευσης απώλειας πακέτων. Μια επιτυχή ανίχνευση – η οποία ανιχνεύει ποσοστό απώλειας πακέτων μικρότερο ή ίσο του ορίου – δηλώνει ότι η νέα ροή θα λάβει το ζητούμενο επίπεδο Ποιότητας Υπηρεσίας όταν στο δίκτυο διατηρείται η τρέχουσα κατάσταση κίνησης. Το πρόβλημα εδώ είναι εάν η ροή μπορεί να βασιστεί σε αυτό το επίπεδο Ποιότητας Υπηρεσίας, ή το bandwidth της μπορεί να κλαπεί από αφίξεις νέων ροών που θα γίνουν στο μέλλον αποδεκτές.

Σε τέτοιες περιπτώσεις οι ροές της μεγαλύτερης ομάδας (οι ροές που ανήκουν στη δεύτερη κλάση υπηρεσίας) θα υποστούν σημαντικές απώλειες πακέτων ακόμα και στην περίπτωση που, αν και είχαν πρωταρχικά ελεγχθεί μέσω ανίχνευσης, δεν υπήρχε συμφόρηση στο δίκτυο. Αυτό δείχνει ότι η δυνατότητα της Fair ουράς αναμονής να απομονώνει τις ροές κάθε κλάσης – ώστε να δίνει σε κάθε κλάση το bandwidth που της αναλογεί – δεν ταιριάζει στα σχήματα ελέγχου αποδοχής με ανίχνευση απώλειας πακέτων.

Τέτοιου είδους απομόνωση οδηγεί σε καταστάσεις όπου οι μικρότερες ροές αναγνωρίζονται ακόμα και όταν η αποδοχή τους εξασθενεί την Ποιότητα Υπηρεσίας που παραδίδεται σε ήδη αποδεκτές μεγαλύτερες ροές. Κατά συνέπεια, στα σχήματα ελέγχου αποδοχής με ανίχνευση απώλειας πακέτων, η Fair ουρά αναμονής και οι παραλλαγές της δεν είναι κατάλληλες να χρησιμοποιηθούν για την εξυπηρέτηση της υπό τον έλεγχο αποδοχής κίνησης.

Κίνηση υπό τον έλεγχο αποδοχής και η κίνηση βέλτιστης προσπάθειας (best effort) Ένα άλλο ζήτημα που πρέπει να εξεταστεί σε αυτά τα σχήματα ελέγχου αποδοχής είναι η ανάγκη για έναν μηχανισμό που δεν επιτρέπει ποτέ στην κίνηση που βρίσκεται υπό τον έλεγχο αποδοχής να δανειζεται bandwidth από την κίνηση καλύτερης προσπάθειας (διότι αυτό το bandwidth μπορεί να ξεγελάσει τη διαδικασία ανίχνευσης ότι υπάρχει επιπλέον διαθέσιμο bandwidth). Η κίνηση υπό τον έλεγχο αποδοχής χρειάζεται ένα αυστηρό άνω όριο του διαθέσιμου bandwidth της. Ο ευκολότερος τρόπος να επιτευχθεί αυτό είναι να εξυπηρετείται η κίνηση υπό τον έλεγχο αποδοχής από μια ψηλότερης προτεραιότητας κλάση υπηρεσίας, και επιπλέον να περιορίζεται αυστηρά το bandwidth αυτής της κλάσης σε κάποιο ποσοστό του bandwidth της σύνδεσης (ο ακριβής αριθμός αυτού του ποσοστού είναι μια τοπική απόφαση διαχείρισης και δεν χρειάζεται να είναι ομοιόμορφος σε όλους τους δρομολογητές).

Τέτοιοι χρονοπρογραμματιστές μπορούν να είναι οι περιορισμένου ρυθμού Fair ή Round-Robin ουρές αναμονής, που θα μοιράζουν το bandwidth ανάμεσα στην κίνηση υπό τον έλεγχο αποδοχής και στην κίνηση βέλτιστης προσπάθειας. Πρέπει να σημειωθεί εδώ, ότι τέτοιοι μηχανισμοί αναμονής δεν είναι εργασιακά συντηρητικοί (work conserving), δηλαδή όταν η κίνηση υπό τον έλεγχο αποδοχής υπερβεί το όριο της, ακόμα και αν δεν υπάρχει κίνηση καλύτερης προσπάθειας, ο χρονοπρογραμματιστής σταματά προσωρινά να στέλνει κίνηση στη σύνδεση εξόδου.

Σε κάθε ένα από αυτούς τους χρονοπρογραμματιστές η κίνηση υπό τον έλεγχο αποδοχής, χρειάζεται ένα ακριβές όριο bandwidth που θα χρησιμοποιεί, σε αντίθεση της κίνησης καλύτερης-προσπάθειας που δεν χρειάζεται τέτοιο όριο. Το μόνο που απαιτείται από τον αλγόριθμο χρονοπρογραμματισμού (πέρα από το φράγμα του bandwidth) είναι ότι όταν υπάρχει υπό τον έλεγχο αποδοχής κίνηση, αυτή να παίρνει το ποσοστό του bandwidth που της έχει διατεθεί. Δίνοντας προτεραιότητα στην εξυπηρέτηση αυτής της κίνησης είναι ο απλούστερος τρόπος να επιτευχθεί αυτό, και επιπλέον κάτι τέτοιο είναι και αναγκαίο δεδομένου ότι η κίνηση υπό τον έλεγχο αποδοχής είναι ποιο ευαίσθητη στην καθυστέρηση από τη κλασική κίνηση καλύτερης προσπάθειας.

Επίπεδα προτεραιότητας στην κίνηση υπό τον έλεγχο αποδοχής: Χρησιμοποιώντας προτεραιότητες στις ουρές αναμονής, φαίνεται φυσικό να μπορούν να παρασχεθούν διάφορα επίπεδα υπηρεσίας στην κίνηση υπό τον έλεγχο αποδοχής, όπου καθένα απ' αυτά τα επίπεδα θα έχουν διαφορετικές προτεραιότητες εξυπηρέτησης.

Εντούτοις, εάν τα πακέτα ανίχνευσης στέλνονται με προτεραιότητα ίδια με αυτή των πακέτων δεδομένων, τότε παρέχοντας διαφορετικά επίπεδα προτεραιότητας δημιουργείται το ίδιο πρόβλημα «κλοπής» bandwidth που είδαμε και πριν. Για να φανεί αυτό πιο αναλυτικά, θεωρούμε ότι όλες οι ροές έχουν το ίδιο ρυθμό εισόδου r . Έστω ότι υπάρχουν και το πλήθος ροές με αντίστοιχα επίπεδα προτεραιότητας 1 και 2 (θεωρούμε ότι η κλάση υπηρεσίας 1 έχει την ψηλότερη προτεραιότητα). Οι ροές της κλάσης 1 θα συνεχίζουν να γίνονται αποδεκτές στο σύστημα (και να λαμβάνουν αποδεκτή Ποιότητα Υπηρεσίας) όσο $1 \leq r \leq 1$, ενώ οι ροές της κλάσης 2 θα συνεχίζουν να γίνονται αποδεκτές στο σύστημα (και να λαμβάνουν αποδεκτή Ποιότητα Υπηρεσίας) όσο $r \leq 2$. Ωστόσο το bandwidth των ροών που έχουν γίνει αποδεκτές και ανήκουν στην κλάση υπηρεσίας 2 μπορεί να «κλαπεί» από πρόσφατες αποδοχές νέων ροών της κλάσης υπηρεσίας 1. Συγκεκριμένα εάν κάποια στιγμή υπάρχουν ροές που ανήκουν στην κλάση 2 και +, και στη συνέχεια νέες ροές της κλάσης 1 φθάσουν στο σύστημα κάνοντας $r=1$. Σε αυτή την περίπτωση όλα τα πακέτα της κλάσης 2 απορρίπτονται και οι ροές της στερούνται ολοκληρωτικά εξυπηρέτηση ακόμα κι αν δεν ανιχνεύτηκε καμία συμφόρηση κατά την διαδικασία ανίχνευσης που έγινε για αυτές.

Το ανωτέρω επιχείρημα δείχνει ότι δεν μπορεί να υπάρχουν διάφορα επίπεδα προτεραιότητας στα πακέτα ανίχνευσης. Εντούτοις, εάν τα πακέτα ανίχνευσης χρησιμοποιούν διαφορετική DSCP τιμή από ό,τι τα πακέτα δεδομένων έτσι ώστε όλα τα πακέτα ανίχνευσης να πηγαίνουν στην ίδια προτεραιότητας κλάση μπορούμε να έχουμε πολλαπλά επίπεδα προτεραιότητας στα πακέτα δεδομένων. Τα πακέτα ανίχνευσης θα έχουν την ίδια ή χαμηλότερη προτεραιότητα από ότι η κίνηση υπό τον έλεγχο αποδοχής. Έτσι όλες οι ροές υπό τον έλεγχο αποδοχής θα ανταγωνίζονταν σε ίση βάση για αποδοχή, αλλά θα μπορούν να λάβουν διαφορετικά επίπεδα υπηρεσίας όταν γίνουν αποδεκτές.

Εν περίληψη, λόγω του προβλήματος της «κλοπής» bandwidth, οι αλγόριθμοι χρονοπρογραμματισμού που εφαρμόζονται στις συνδέσεις εξόδου των ακραίων δρομολογητών του δικτύου Differentiated service όταν γίνεται έλεγχος αποδοχής νέων ροών με βάση την ανίχνευση απωλειών πακέτων, πρέπει να τηρούνται τα ακόλουθα:

- Δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι χρονοπρογραμματισμού που επιτρέπουν στην κίνηση υπό τον έλεγχο αποδοχής να δανείζεται bandwidth από άλλη κίνηση. Ειδικότερα δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται, συστήματα Fair ουρών αναμονής (ή παραλλαγές τους), είτε ανά-ροή (για τον διαχωρισμό των ροών που βρίσκονται υπό τον έλεγχο αποδοχής) είτε ανά-κλάση (για τον διαχωρισμό της κίνησης υπό τον έλεγχο αποδοχής από την κίνηση καλύτερης προσπάθειας).
- Επίσης αλγόριθμοι χρονοπρογραμματισμού που θέτουν ακριβή όρια bandwidth διαχωρίζοντας τις ροές υπό τον έλεγχο αποδοχής από τις ροές καλύτερης προσπάθειας, και χρησιμοποιούν FIFO ουρές αναμονής για την κίνηση υπό τον έλεγχο αποδοχής είναι κατάλληλοι. Επιπλέον, μπορούν να υπάρχουν πολλαπλά επίπεδα Ποιότητα Υπηρεσίας για την κίνηση υπό τον έλεγχο αποδοχής εφόσον η κίνηση ανίχνευσης χρησιμοποιεί το ίδιο επίπεδο προτεραιότητας για όλες τις κλάσεις υπηρεσίας.
- Επίσης αλγόριθμοι Ανίχνευσης-Όρια αποδοχής: Υποθέτουμε ότι σε μια σύνδεση εξόδου ενός δρομολογητή έχουμε δύο ομάδες ροών της ίδιας κλάσης υπηρεσίας, μια με όριο αποδοχής και άλλη με όριο αποδοχής όπου (επομένως οι ροές της δεύτερης ομάδας έχουν λιγότερο αυστηρό έλεγχο αποδοχής από τις ροές $1e2e12ee>$ της πρώτης ομάδας). Όλες οι ροές στέλνουν κίνηση με ρυθμό r και το bandwidth της σύνδεσης εξόδου είναι C . Κατά συνέπεια οι ροές της πρώτης ομάδας θα γίνονται αποδεκτές στο δίκτυο εφόσον το πλήθος τους είναι μικρότερο από $C/2r$ (11erCn=συνολικά, συμπεριλαμβανομένων των ροών που έχουν ήδη γίνει αποδεκτές και των ροών που βρίσκονται υπό ανίχνευση. Ομοίως οι ροές της δεύτερης ομάδας θα γίνονται αποδεκτές στο δίκτυο εφόσον το πλήθος τους είναι μικρότερο από $C/2r$ (22erCn=1-e συνολικά, συμπεριλαμβανομένων των ροών που έχουν ήδη γίνει αποδεκτές και των ροών που βρίσκονται υπό ανίχνευση. Παρατηρούμε ότι έτσι, όταν ο αριθμός ροών (που είτε είναι ήδη αποδεκτές είτε είναι υπό ανίχνευση) είναι μεταξύ του $C/2r$ και του $C/2r + 1$ μόνο οι ροές της δεύτερης ομάδας θα μπορούν να γίνουν αποδεκτές ενώ οι ροές και των δύο ομάδων θα είχαν την ίδια Ποιότητα Υπηρεσίας. Ακόμα κι αν ροές που γίνονται αποδεκτές με αυστηρότερα κριτήρια φόρτωναν τη σύνδεση μέχρι το μέγιστο $C/2r$, οι λιγότερο αυστηρές ροές θα αύξαναν το φορτίο της σύνδεσης μέχρι και όλες οι ροές θα δοκίμαζαν το ίδιο ποσοστό απώλειας πακέτων. Οπότε η Ποιότητα Υπηρεσίας όλων των ροών εξαρτάται από το λιγότερο αυστηρό κατώτατο όριο αποδοχής οποιασδήποτε ροής. Κατά συνέπεια, οι ροές έχουν λίγα να κερδίζουν με την επιλογή ενός πιο αυστηρού ορίου αποδοχής. Η ανάλυση αυτή προτείνει ότι ο έλεγχος αποδοχής θα λειτουργούσε καλύτερα εάν όλες οι ροές υιοθετούσαν το ίδιο όριο αποδοχής. $12nn>1n2n$

Διάρκεια ανίχνευσης: Σε ένα ακραίο δρομολογητή για να είναι βέβαιο ότι οι απώλειες (ή το μαρκάρισμα με ένδειξη συμφόρησης) των πακέτων σε μια διαδικασία ανίχνευσης είναι κάτω από το ϵ ο έλεγχος πρέπει να διαρκέσει για πολλά πολλαπλάσια του ϵ (που μετριέται σε αριθμό μετάδοσης πακέτων και όχι σε χρόνο). Μικρό σημαίνει εξαιρετικά μακροχρόνια διαδικασία ανίχνευσης, που σημαίνει σπατάλη bandwidth και μεγάλη καθυστέρηση προτού να μπορέσει ο χρήστης να στείλει πακέτα δεδομένων. Εάν

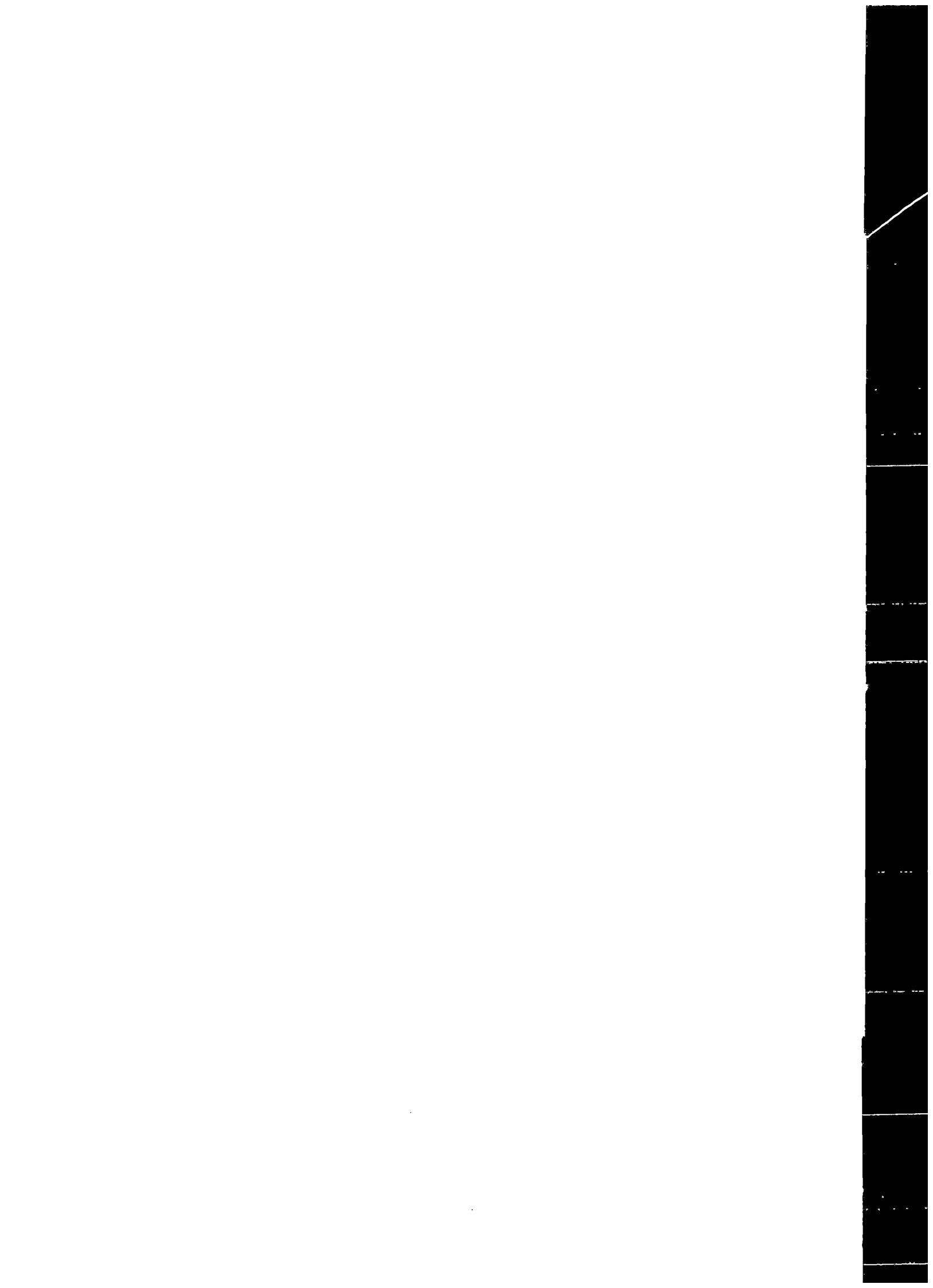
η απώλειες πακέτων χρησιμοποιούνται ως σήμα συμφόρησης και η κίνηση ανίχνευσης είναι ίδιας προτεραιότητας με την κίνηση δεδομένων, τότε το είναι μια λογική ένδειξη του πιθανού ποσοστού απωλειών πακέτων δεδομένων.

Πρέπει λοιπόν να γίνει μια επιλογή μεταξύ των μακροχρόνιων διαδικασιών ανίχνευσης και μικρό ποσοστό απωλειών πακέτων, ή σύντομες διαδικασίες ανίχνευσης αλλά κάπως υψηλότερο ποσοστό απωλειών πακέτων. Μια εναλλακτική λύση είναι να σταλούν τα πακέτα ανίχνευσης σε χαμηλότερη προτεραιότητα από ότι τα δεδομένα υπό τον έλεγχο αποδοχής. Αυτή η προσέγγιση ονομάζεται ανίχνευση εξωζωνικών απωλειών (out of band probing), σε αντίθεση με την προεπιλεγμένη ανίχνευση εσωζωνικών απωλειών (in band probing). Με την εξωζωνική ανίχνευση απωλειών το ποσοστό απωλειών πακέτων δεδομένων είναι ουσιαστικά χαμηλότερο από το ποσοστό απωλειών πακέτων ανίχνευσης.

Κατά συνέπεια, το μπορεί να έχει τιμή, που θα δίνει λογικές καθυστερήσεις ελέγχου αποδοχής λόγω της διαδικασίας ανίχνευσης, επιτυγχάνοντας ταυτόχρονα χαμηλές απώλειες πακέτων δεδομένων. Μια άλλη εναλλακτική λύση είναι να μαρκάρονται τα πακέτα με σημάδια συμφόρησης που θα δηλώνουν το γεγονός της συμφόρησης. Σε αυτή την περίπτωση, το ποσοστό μαρκαρισμένων πακέτων θα είναι ουσιαστικά υψηλότερο από το ποσοστό απωλειών πακέτων, και έτσι είναι δυνατό να παίρνει το ψηλές τιμές επιτυγχάνοντας ίδιο επίπεδο απωλειών. Κατά συνέπεια ο χρόνος ανίχνευσης που απαιτείται για να επιτευχθεί ένα συγκεκριμένο επίπεδο απώλειας είναι πολύ λιγότερος εάν κάποιος χρησιμοποιεί είτε την εξωζωνική ανίχνευση είτε το μαρκάρισμα πακέτων με σημάδια συμφόρησης. Εντούτοις, το μόνο μειονέκτημα των δυο τελευταίων εναλλακτικών προσεγγίσεων είναι η δυσκολία που παρουσιάζουν στη συσχέτιση του ορίου αποδοχής με το ποσοστό απωλειών πακέτων. Σε αυτές τις δύο περιπτώσεις το όριο αποδοχής χρησιμεύει ως ένα πολύ χαλαρό άνω όριο του πιθανού ποσοστού απωλειών πακέτων (εφόσον ότι η διαδικασία ανίχνευσης διαρκεί αρκετά μεγάλη χρονική διάρκεια).

Διαδικασία ελέγχου αποδοχής: Οι φάσεις ελέγχου αποδοχής μιας νέας ροής εμφανίζονται α) στην περίπτωση που η ροή γίνεται τελικά αποδεκτή και β) στην περίπτωση που υπάρχει εμπλοκή. Στον έλεγχο αποδοχής νέας ροής, ο χρήστης παρουσιάζει στο μεσίτη bandwidth ένα μήνυμα αίτησης αποδοχής, που περιέχει την IP διεύθυνση πηγής, την IP διεύθυνση προορισμού, το απαιτούμενο bandwidth, την κλάση υπηρεσίας και την από άκρο σε άκρο μέγιστη καθυστέρηση που δεν πρέπει να ξεπερνούν τα πακέτα της νέας ροής. Μόλις λάβει ο μεσίτης bandwidth ένα μήνυμα αιτήματος σύνδεσης, διενεργεί έναν έλεγχο από την πηγή στον προορισμό της ροής: ένα πλήθος πακέτων, όλα του ίδιου μήκους, στέλνεται σε σταθερά χρονικά διαστήματα. Ο ρυθμός των πακέτων ανίχνευσης πρέπει να είναι ίσος με το μέγιστο ρυθμό εισόδου πακέτων της νέας ροής ώστε να υπολογιστεί το διαθέσιμο bandwidth. Το μήκος πακέτων είναι περιορισμένο σε κάποιο μέγεθος που καθορίζεται στο συμβόλαιο του χρήστη (SLA) και θα παρέχει λογική μεταβλητότητα των καθυστερήσεων μετάδοσης. Η περίοδος της διαδικασίας ανίχνευσης ορίζεται από τον διαχειριστή του δικτύου.

Κάθε πακέτο ανίχνευσης μπορεί να περιλαμβάνει στην προδιαγραφή του τη χρονική διάρκεια της διαδικασίας ανίχνευσης, το ρυθμό μετάδοσης των πακέτων καθώς επίσης και ένα προσδιοριστικό της ροής. Μπορεί επίσης να φέρει πληροφορίες που θα αφορούν τη συγκεκριμένη ροή όπως η διεύθυνση της πηγής το είδος της κωδικοποίησης των δεδομένων στα πακέτα της κλπ, αλλά δεν πρέπει να περιέχει δεδομένα. Στον



προορισμό τα λαμβανόμενα πακέτα μετριούνται έως ότου λήξει το χρονικό διάστημα της διαδικασίας ανίχνευσης. Μετά από αυτό μια έκθεση της μέτρησης στέλνεται στο μεσίτη bandwidth, η οποία περιέχει το πλήθος των πακέτων ανίχνευσης που ελήφθησαν. Με βάση την έκθεση μέτρησης ο μεσίτης bandwidth αποφασίζει για την αποδοχή. Εάν το ποσοστό απωλειών πακέτων που υπολογίζεται είναι κάτω από το όριο, η πηγή μπορεί να αρχίσει να μεταδίδει πακέτα δεδομένων. Το όριο καθορίζεται στη σύμβαση της κλάσης υπηρεσίας και όλα τα συμβαλλόμενα μέρη που μοιράζονται την ίδια κλάση υπηρεσίας πρέπει να χρησιμοποιούν την ίδια τιμή. Ο προορισμός μπορεί να συνεχίσει να μετρά τις απώλειες για τις εγκατεστημένες ροές και να στέλνει περιοδικά πληροφορίες στην πηγή για το συντονισμό του κώδικα ελέγχου λαθών. Ο αποστολέας μπορεί οποιαδήποτε στιγμή να μειώσει το ρυθμό αποστολής των πακέτων σε μια ροή που έχει γίνει αποδεκτή ή να κλείσει τη σύνδεση. Εάν η νέα ροή δεν γίνει αποδεκτή, τότε η πηγή υπαναχωρεί έναν τυχαίο χρόνο και στη συνέχεια αρχίζει νέα διαδικασία ανίχνευσης.

Ο χρόνος υπαναχώρησης προέρχεται από μια ομοιόμορφη κατανομή κάποιου πλάτους, το οποίο διπλασιάζεται για κάθε συνεχόμενη μη αποδεκτή διαδικασία ανίχνευσης προς τον ίδιο προορισμό. Αυτή η διαδικασία αποδοχής επιτρέπει ελεύθερη επιλογή της διάρκειας της διαδικασίας ανίχνευσης.

Πρέπει να αναφερθεί ότι οι σύντομες διαδικασίες ανίχνευσης θα υπολογίσουν το ρυθμό απωλειών πακέτων με μεγάλα διαστήματα εμπιστοσύνης. Αυτό σημαίνει ότι η πιθανότητα της αποδοχής μιας νέας ροής στο δίκτυο, στο οποίο υπάρχει κάποιο δεδομένο επίπεδο απώλειας, είναι χαμηλότερη για τις σύντομες διαδικασίες ανίχνευσης, έναντι των πιο μακροχρόνιων διαδικασιών. Ο αποστολέας επομένως διατρέχει υψηλότερο κίνδυνο υπαναχώρησης της διαδικασίας ανίχνευσης ή ακόμη και τελικά μη αποδοχής της νέας ροής, με τη χρησιμοποίηση σύντομης διαδικασίας ανίχνευσης, αλλά η ροή θα γίνει γρηγορότερα αποδεκτή εάν η διαδικασία ανίχνευσης κριθεί επιτυχής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Microsoft Press, "Bandwidth – Understanding Data transmission", Copyright 1998, Cary Lu.

R. Braden, D. Clark and S. Shenker, "Integrated Services in the Internet Architecture", RFC 1633, Jun. 1994.

K. Nicols, V. Jacobson, L. Zhang, "A Two-bit Differentiated Services Architecture for the Internet", Internet-Draft, Nov. 1997.

S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, W. Weiss, "An Architecture for Differentiated Service", RFC 2474, Dec. 1998.

Y. Bernet et al., "A Framework for Differentiated Services", Internet-Draft, IETF, Feb. 1999.

S. Jamin, S. Shenker, Peter B. Danzig, "Comparison of Measurement-based Admission Control Algorithms for Controlled-Load Service", In Proceedings of INFOCOM '97, April 1997.

B. Choi, R. Bettati, "Efficient Resource Management for Hard Real-Time Communication over Differentiated Services Architecture", in Proc. of the 7th IEEE RTCSA, Dec. 2000, Cheju Korea.

B. Choi, D. Xuan, C. Li, R. Bettati and W. Zhao, "Scalable QoS Guaranteed Communication Services for Real-Time Applications", The 20th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems, Taipei, Taiwan, pp. 180-187, April 2000.

B. Choi, D. Xuan, C. Li, R. Bettati and W. Zhao, "Technical Report TR00-007", Texas A&M University, Department of Computer Science. Jan 2000.

C. Cetinkaya, V. Kanodia, and E. Knightly "Scalable Services via Egress Admission Control", *IEEE TRANSACTIONS ON MULTIMEDIA: Special Issue on Multimedia over IP*, VOL. 3, NO. 1, March 2001.

C. Cetinkaya, E. Knightly: "Egress Admission Control", *Proceedings of IEEE INFOCOM 2000*, Tel Aviv, Israel, pp. 1471-1480, March 2000.

L. Breslau, E. W. Knightly, S. Shenker, I. Stoica, and H. Zhang. Endpoint admission control: Architectural issues and performance. In *Proc. of ACM SIGCOMM'00*, pages 57-69, Stockholm, Sweden, Sept. 2000.

J. Qiu and E. Knightly, "Inter-class resource sharing using statistical service envelopes," in *Proceedings of IEEE INFOCOM '99*, New York, NY, Mar. 1999.

E. Knightly and H. Zhang, "D-BIND: An accurate traffic model for providing QoS guarantees to VBR traffic", *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 5, no. 2, pp. 219-231, Apr. 1997.

J. Qiu and E. Knightly, "Measurement-based admission control with aggregate traffic envelopes", In *Proceedings of the 10th IEEE ITWDC '98*, Ischia, Italy, September 1998.

R. Cruz, "Quality of service guarantees in virtual circuit switched networks," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 13, no. 6, pp. 1048-1056, Aug. 1995.