

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΊΔΡΥΜΑ
ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΚΑΙ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ

Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ GRID

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΑΡΑΣΜΑΝΟΓΛΟΥ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΣ

A.M. 6906

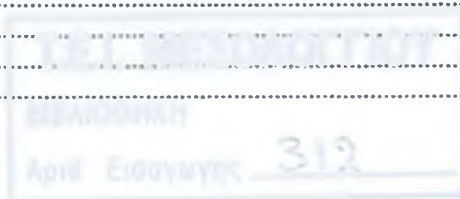
ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:

Σταφανή Αντωνία



Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	2
Κεφάλαιο 1 - Ιστορικά Στοιχεία	5
1.1 <u>Πως φτάσαμε στο Grid</u>	5
1.1.1 Η εποχή των πρώτων υπολογιστών	5
1.1.2 Η εποχή των υπολογιστών μεγέθους ψυγείου	5
1.1.3 Η εποχή των προσωπικών υπολογιστών.....	6
1.1.4 Η εποχή διασύνδεσης	6
1.1.5 Η εποχή client-server	6
1.1.6 Η εποχή των καταναμημένων συστημάτων	6
1.1.7 Η εποχή του Grid	7
1.2 <u>Τι είναι το Grid</u>	8
1.2.1 Η ανάγκη για ένα γενικά αποδεκτό ορισμό.....	8
1.2.2 Πρωταρχικοί ορισμοί.....	8
1.2.3 Ορισμός του Grid.....	9
1.2.4 Χαρακτηριστικά του Grid.....	10
1.2.5 Οι γενιές των συστημάτων Grid	11
1.2.6 Τι μπορεί να επιτύχει.....	12
1.2.7 Ένα επιτυχημένο παράδειγμα.....	13
1.3 <u>Γιατί Δημιουργήθηκε</u>	15
1.3.1 Ποιοι λόγοι οδήγησαν στη δημιουργία του Grid.....	15
1.3.2 Αυξημένη υπολογιστική ισχύς	15
1.3.3 Η επίδραση του Grid.....	16
1.3.4 Οι οργανισμοί που υποστήριζαν το Grid	17
1.3.5 Η κυβερνητική κοινότητα	17
1.3.6 Ένας νοσηλευτικός οργανισμός	18
1.3.7 Μια επιστημονική συνεργασία.....	18
1.3.8 Υπολογιστική οικονομική αγορά.....	19
1.4 <u>Οι χρήστες του Grid</u>	20
1.4.1 Οι κατηγορίες χρηστών που δραστηριοποιούνται στο Grid	20
1.4.2 Σχεδιαστές του Grid.....	20
1.4.3 Σχεδιαστές εργαλείων.....	20
1.4.4 Σχεδιαστές εφαρμογών.....	21
1.4.5 Απλοί χρήστες	22
1.4.6 Διαχειριστές του Grid.....	23
Κεφάλαιο 2 – Αρχιτεκτονική.....	24
2.1 <u>Βασικές Υπηρεσίες</u>	24
2.1.1 Περιγραφή της Αρχιτεκτονικής.....	24
2.1.2 Περιγραφή των βασικών υπηρεσιών	24
2.1.3 Τελικά συστήματα.....	25
2.1.4 Clusters.....	26
2.1.5 Intranets.....	27
2.1.6 Internets.....	28
2.2 <u>Ασφάλεια</u>	29
2.2.1 Απαιτήσεις ασφαλείας	29
2.2.2 Επικύρωση	29
2.2.3 Εξουσιοδότηση.....	30
2.2.4 Πιστοποίηση.....	31



2.2.5	Έλεγχος λογαριασμών	31
2.2.6	Κρυπτογράφηση	32
2.2.7	Επιβεβαίωση	32
2.3	<u>Χρονοπρογραμματισμός</u>	33
2.3.1	Χρονοπρογραμματισμός Grid εφαρμογών	33
2.3.2	Ένα μοντέλο Grid χρονοπρογραμματισμού	34
2.3.3	Μοντέλο προγραμματισμού	35
2.3.4	Μοντέλο απόδοσης.....	35
2.3.5	Πολιτική χρονοπρογραμματισμού.....	36
2.4	<u>Διαχείριση Πόρων</u>	36
2.4.1	Σύστημα διαχείρισης πόρων.....	36
2.4.2	Επίπεδα διαχείρισης πόρων	37
2.4.3	Matchmaking και Claiming	39
2.5	<u>Δικτυακή Επικοινωνία</u>	39
2.5.1	Απαιτήσεις εφαρμογών.....	39
2.5.2	Κατηγορίες πρωτοκόλλων	41
2.5.3	Έλεγχος ροής και συμφόρησης.....	42
2.5.4	ρυθμαπώδοση, Καθυστέρηση και Διακύμανση	42
2.5.5	Μηχανισμοί multicast μετάδοσης και βεβαίωσης.....	43
Κεφάλαιο 3 – Globus Toolkit		44
3.1	<u>Grid Security Infrastructure (GSI)</u>	44
3.1.1	Η πολιτική ασφάλειας στο Globus.....	44
3.1.2	Η λειτουργία του GSI	44
3.1.3	Πιστοποιητικά και αμοιβαία επικύρωση.....	45
3.1.4	Έμπιστη επικοινωνία και αποθήκευση των ιδιωτικών κλειδιών	46
3.1.5	Εξουσιοδότηση και μοναδική επικύρωση	46
3.2	<u>Grid Resource Allocation Manager (GRAM)</u>	47
3.2.1	Διαχείριση πόρων στο Globus.....	47
3.2.2	Αρχιτεκτονική του GRAM	47
3.2.3	Η λειτουργία του GRAM.....	48
3.3	<u>Metacomputing Directory Service (MDS)</u>	49
3.3.1	Λειτουργία του MDS.....	49
3.3.2	MDS και Lightweight Directory Access Protocol (LDAP)	49
3.3.3	Πλεονεκτήματα της χρήσης του MDS	50
3.3.4	Κυριότερες υπηρεσίες του MDS	51
3.4	<u>GridFTP</u>	51
3.4.1	Μεταφορά δεδομένων στο Globus	51
3.4.2	Κίνητρο για ένα κοινό μηχανισμό μεταφοράς δεδομένων.....	52
3.4.3	Χαρακτηριστικά του GridFTP.....	53
Κεφάλαιο 4 – Εφαρμογές & Υποδομές.....		55
4.1	<u>Κατανεμημένες εφαρμογές με αυξημένη ανάγκη σε υπολογιστική ισχύ</u>	55
4.1.1	Παρουσίαση των εφαρμογών	55
4.1.2	Καθυστέρηση και έθρος ζώνης.....	55
4.1.3	Χρονοπρογραμματισμός	57
4.1.4	Ανάκαμψη από σφάλματα.....	57
4.2	<u>Κατανεμημένες εφαρμογές πραγματικού χρόνου</u>	58
4.2.1	Cardioangiography: Καταχώρηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο	58
4.3	<u>Grid Υποδομές στην Ευρώπη</u>	59
4.3.1	Τάσεις στην ανάπτυξη υποδομών	59
4.3.2	Υποδομές του πρώτου κύματος.....	59
4.3.3	Υποδομές του δεύτερου κύματος.....	61

Κεφάλαιο 5 – Grid economics και επιχειρηματικά μοντέλα.....	64
5.1 <u>Εισαγωγή στα Grid Economics</u>.....	64
5.1.1 <u>Εισαγωγή</u>	64
5.1.2 <u>Οι παίχτες στην αγορά του Grid</u>	65
5.1.3 <u>Θεωρητικά οικονομικά μοντέλα σε Grid συστήματα</u>	67
(Α) Μοντέλο αγοράς οικονομικών αγαθών	67
(Β) Μοντέλο Διαπραγματεύσεων (Bargaining model).....	68
(Γ) Μοντέλο Χρηματικής Προσφοράς/Συμβολαίων (Tender/Contract net model)	69
(Δ) Μοντέλο Δημοπρασιών (auction model).....	70
(Ε) Αναλογικός διαμοιρασμός των πόρων, βασισμένος στις προσφορές	72
5.1.4 <u>Μονοπώλιο / Ολιγοπώλιο</u>	73
5.1.5 <u>Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τις τιμές</u>	73
5.2 <u>Επιχειρηματικά Μοντέλα Grid / Ταξινόμηση</u>.....	74
5.3 <u>Σχεδιασμός Επιχειρηματικών Μοντέλων</u>.....	85
Κεφάλαιο 6 – Grid & IPv6	95
6.1 <u>Λειτουργία του Grid σε IP δίκτυα</u>	95
6.1.1 <u>Μετάβαση από το IPv4 στο IPv6</u>	95
6.1.2 <u>Συνύπαρξη του IPv4 με το IPv6</u>	95
6.2 <u>Πλεονεκτήματα του IPv6 για τα Grid συστήματα</u>	96
6.2.1 <u>Τι παραπάνω προσφέρει το IPv6</u>	96
6.2.2 <u>Μεγαλύτερος χώρος διευθύνσεων</u>	96
6.2.3 <u>Υποστήριξη μεταφοράς</u>	96
6.2.4 <u>Ενσωματωμένη ασφάλεια</u>	96
6.3 <u>Υποστήριξη του IPv6 σε περιβάλλον Grid</u>	97
6.3.1 <u>Specifications για υποστήριξη του IPv6</u>	97
6.3.2 <u>Υλοποίηση χωρίς IP εξάρτηση</u>	98
6.4 <u>Υλοποίηση του IPv6 στο Globus</u>.....	98
6.4.1 <u>Μέθοδοι για την εύρεση IP εξαρτήσεων</u>	98
6.4.2 <u>Αλλαγές στο GT3 για IPv6</u>	99
6.4.3 <u>IPv6 αλλαγές στην υλοποίηση του GT3</u>	99
6.4.4 <u>Ρυθμίσεις για IP λειτουργίες</u>	100
Κεφάλαιο 7 – Ερευνητική δραστηριότητα στην Ελλάδα	101
7.1 <u>Ελληνική πραγματικότητα και προοπτικές</u>.....	101
7.2 <u>Διεθνείς Ερευνητικές Πρωτοβουλίες με Ελληνική συμμετοχή</u>	101
7.3 <u>Ελληνικές Πρωτοβουλίες</u>.....	102
7.4 <u>Ομάδα εργασίας eBusinessForum</u>	103
7.5 <u>HellasGrid Task Force</u>	104
Παράρτημα Α.....	106
<u>Εγκατάσταση του Globus</u>	106
<u>Εγκατάσταση του Globus στα μηχανήματα client και server</u>	106
<u>Ρύθμιση του Globus</u>	108
<u>Case Study: Ένα Grid με τέσσερις κόμβους</u>	113
<u>Globus και IPv6</u>	115
Βιβλιογραφία	116

Κεφάλαιο 1 - Ιστορικά Στοιχεία

1.1 Πως φτάσαμε στο Grid

1.1.1 Η εποχή των πρώτων υπολογιστών

Οι πρώτοι υπολογιστές ήταν ογκώδεις και συμπαγείς στο σχεδιασμό και για την ανάπτυξή τους ομάδες ανδρών και γυναικών εργάζονταν στα μέσα του 1940 ως τα τέλη του 1960 σε αυστηρά φρουρούμενες εγκαταστάσεις. Η διείσδυση τους στην καθημερινή ζωή ήταν μηδαμινή και οι εργασίες που εκτελούσαν ήταν άγνωστες στον περισσότερο κόσμο. Τα κύρια χαρακτηριστικά τους ήταν το τεράστιο μέγεθός τους που καταλάμβανε αρκετά τετραγωνικά μέτρα, χώρος στον οποίο προστίθεται και ο χώρος για τους εργαζόμενους που τον χειρίζονταν και ο χώρος για τα συστήματα ψύξης τους εκτυπωτές και τα υπόλοιπα μέρη τους (στα οποία περιλαμβάνονταν και πολλά κουτιά εντομοκτόνων για να κάνουν κυριολεκτικά “debugging” του συστήματος) [1].

Οι εργασίες που εκτελούσαν ήταν κυρίως μαθηματικές εξισώσεις που απαιτούσαν περισσότερες επαναλήψεις από αυτές που μπορεί να πραγματοποιήσει ένας ανθρώπινος εγκέφαλος χωρίς να βαρεθεί. Η είσοδος διοχετευόταν είτε από χειρωνακτικά ελεγχόμενους διακόπτες είτε ηλεκτρολογώντας σε μία μεγάλη συσκευή παρόμοια με γραφομηχανή. Η έξοδος προερχόταν από εκτυπωτές που είχαν μέγεθος όσο ένα μεγάλο γραφείο με τη μορφή διάτρητων καρτών. Κάθε κάρτα είχε 80 χαρακτήρες ανά γραμμή και δέκα γραμμές στις οποίες γράμματα μπορούσαν να τρυπηθούν για να υποδείξουν μια εντολή ή μια παράμετρο. Κυριότερα από όλα όμως είναι το γεγονός ότι ήταν αργοί, πολύ αργοί, τόσο αργοί που ένα σημερινό κομπιουτεράκι τσέπης είναι μερικές τάξεις μεγέθους πιο γρήγορο και πιο πολύπλοκο.

1.1.2 Η εποχή των υπολογιστών μεγέθους ψυγείου

Κατά τη διάρκεια του 1970 η έλευση των mini υπολογιστών –παρόλο που κάθε άλλο από mini ήταν- μείωσε το μέγεθος των συστημάτων λαμβάνοντας υπόψιν τις τελευταίες εξελίξεις στη σχεδίαση μεγάλης κλίμακας των ημιαγωγών. Τώρα 256 KB μνήμης καταλαμβάνουν χώρο όσο μία σημερινή LCD οθόνη μεγέθους 15” και χρειάζονται αρκετές κάρτες για την υλοποίηση της interleaving μνήμης. Έτσι με πλάτος όσο μερικά ψυγεία και βάρος αντί τόνων μερικών εκατοντάδων κιλών, οι mini υπολογιστές εξυπηρετούν νέους σκοπούς και ρόλους για τους ανθρώπους. Δε χρειάζονται γνώσεις υλικού για τη χρήση τους αλλά μόνο ο τρόπος λειτουργίας του λειτουργικού τους συστήματος. Το περιβάλλον αλληλεπίδρασης είναι γραμμή εντολής μέσω ενός τηλετύπου εκτυπωτή ή ενός 80 χαρακτήρων επί 24 γραμμών κειμένου τερματικό που χρειάζεται 30 δευτερόλεπτα για να γεμίσει μια οθόνη με κείμενο. Τώρα οι μηχανικοί κατέχουν τα προσόντα για να χρησιμοποιήσουν ένα τέτοιο σύστημα. Οι εργασίες εκτελούνται άμεσα στους υπολογιστές και εμφανίζονται αποτελέσματά τους είτε στις οθόνες κειμένου είτε τυπώνονται ως κείμενο στους εκτυπωτές. Οι πιο εξελιγμένοι mini υπολογιστές επέτρεπαν στις αρχές της δεκαετίας του 80’ σε μερικά προγράμματα να σχεδιάζουν γραφικές παραστάσεις.

1.1.3 Η εποχή των προσωπικών υπολογιστών

Περίπου την ίδια περίοδο η άνοδος των προσωπικών υπολογιστών έφερε την εποχή των micro υπολογιστών - την εποχή του PC. Το PC μπορούσε τώρα να κάνει κάποιες από τις πιο απλές αλλά και από τις πιο σύνθετες εργασίες που μπορούσαν να κάνουν οι mini υπολογιστές. Το PC ήταν εξοπλισμένο με εφαρμογές περισσότερο κοντά στο χρήστη όπως απλή επεξεργασία κειμένου, βασικά λογιστικά φύλλα, υπολογισμός λογαριασμών, διαχείριση βάσεων δεδομένων και παιχνίδια.

1.1.4 Η εποχή διασύνδεσης

Στην εποχή των PC οι mini υπολογιστές δεν εξαφανίστηκαν αντίθετα ανέπτυξαν πιο προχωρημένες λειτουργίες. Το πλεονέκτημά τους ήταν η ικανότητά τους να εργάζονται με πολλούς χρήστες ταυτόχρονα ενώ παρείχαν σ' αυτούς ίσα τμήματα του συστήματος. Η ανάγκη διασύνδεσης ορισμένων mini υπολογιστών σε συνδυασμό με τη μείωση του κόστους τους έδωσε ζωή στα πρώτα δίκτυα υπολογιστών όπως το StarLAN της AT&T και αργότερα στις τεχνολογίες Ethernet και Token Ring [2].

Από τα μέσα μέχρι τα τέλη του 1980 οι πρώτες κάρτες τοπικών δικτύων άρχισαν να εμφανίζονται για τα PC. Σύντομα ο κόσμος έφερνε τους υπολογιστές του να εργαστούν και να ενσωματωθούν στο δίκτυο. Νέο λογισμικό προσέφερε τη δυνατότητα διασύνδεσης και παρείχε και το περιβάλλον αλληλεπίδρασης μεταξύ PC και mini υπολογιστών παλαιότερων γενεών.

1.1.5 Η εποχή client-server

Τα PC έγιναν "έξυπνότερα" και επέφεραν την καινούρια client-server εποχή. Ορισμένες εφαρμογές εκτελούνται στα PC αλλά άλλες περισσότερο πολύπλοκες και με μεγαλύτερη επεξεργασία δεδομένων εκτελούνται στους servers. Καθημερινοί άνθρωποι τώρα έγιναν χρήστες. Τα σχολεία δίδασκαν συγκεκριμένες διαδικασίες για το πως να χρησιμοποιούν και να αναπτύσσουν εφαρμογές για αυτό το καινούριο μοντέλο.

Κάπου στα 1989 και στις αρχές του 90' ένα ανερχόμενο δίκτυο ευρείας περιοχής - που αργότερα έγινε γνωστό με το όνομα Internet- ξεκίνησε και τελικά έγινε κανόνας για τα πανεπιστήμια των Ηνωμένων πολιτειών, της Ιαπωνίας και ορισμένων Ευρωπαϊκών πόλεων. Η εμφάνιση νέων εφαρμογών ξαφνικά έδωσε τη δυνατότητα στον καθένα να γράψει κείμενα, καλώς η κακώς διαμορφωμένα και να τα μοιραστεί με τους υπόλοιπους χρήστες, γεννώντας τον παγκόσμιο ιστό. Το Internet σίγουρα άλλαξε τον αριθμό των χρηστών του συστήματος αλλά δεν άλλαξε το υπολογιστικό μοντέλο [3]. Τελικά είμαστε ακόμα στην client-server εποχή μόνο που οι clients και οι servers είναι της τάξης των εκατομμυρίων.

1.1.6 Η εποχή των καταναμημένων συστημάτων

Αυτό το μοντέλο όμως δε μπορεί να είναι το τελευταίο του τρόπου χρήσης των υπολογιστών. Με το client-server μοντέλο πρέπει να καθορίσουμε με ποιόν θέλουμε να εργαστούμε και από που θέλουμε να αντλήσουμε πληροφορίες. Οι υπολογιστές όμως θα έπρεπε να είναι αρκετά "έξυπνοι" ώστε να γνωρίζουν που βρίσκονται οι πληροφορίες και να μη χρειάζεται οι άνθρωποι να υποδεικνύουν τις τοποθεσίες. Επιπλέον όσον αφορά την εποχή των PC, είναι γενικώς αποδεκτό ότι αφήνουμε τους

ηλεκτρονικούς υπολογιστές αναμμένους κατά τη διάρκεια της εργασίας μας αλλά την περισσότερη ώρα αυτοί δεν κάνουν τίποτα. Απλά καταναλώνουν ενέργεια. Αυτό όμως δεν είναι αποδοτικό. Έτσι προήλθε η ιδέα των κατανεμημένων συστημάτων καθώς η χρήση των “ελεύθερων” κύκλων των επεξεργαστών είναι ωφέλιμη και αποτελεσματική τόσο από άποψης κόστους όσο και από άποψης απόδοσης για την πλήρη χρησιμοποίηση του υλικού. Μάλιστα κατά τη δεκαετία του '70 όπου οι υπολογιστές ήταν τεράστιες οντότητες που κόστιζαν εκατοντάδες χιλιάδες δολάρια, η πλήρης αξιοποίηση κάθε δευτερολέπτου επεξεργασίας διαμέσω των ελεύθερων κύκλων τους ήταν επιτακτική για την ολοκληρωτική εκμετάλλευση του μεγάλου κόστους τους. Ωστόσο η ιδέα των κατανεμημένων συστημάτων προήλθε σχετικά νωρίς όσον αφορά τα δίκτυα και τους υπολογιστές εκείνης της εποχής και έτσι περιορίστηκε στα ακαδημαϊκά εργαστήρια.

1.1.7 Η εποχή του Grid

Κάποια χρόνια αργότερα η απαρχή μιας καινούριας τεχνολογίας αποφάσισε ότι η HTML δεν ήταν “αρκετή” για τον Ιστό. Τώρα η XML θεωρήθηκε “εξυπνότερη” και μπορούσε να “μιλήσει” οποιαδήποτε γλώσσα. Έκπληκτοι οι επιστήμονες αντιλήφθηκαν ότι βρέθηκε επικοινωνιακό υπόβαθρο για οποιοδήποτε υπολογιστή, πλατφόρμα και εφαρμογή. Κοιτώντας προς την πλευρά των κατανεμημένων συστημάτων οι επιστήμονες κατάλαβαν ότι μπορούσαν να βελτιώσουν αυτό το μοντέλο. Φανταστείτε ένα ευρύτερο επικοινωνιακό υπόβαθρο στο οποίο συνδυάζονται η επικοινωνία και η κατάρτιση των κατανεμημένων συστημάτων με την XML, αυτό παράγει αξιόλογη υπολογιστική ισχύ.

Λίγο αργότερα οι επιστήμονες αντιλήφθηκαν ότι είχαν ένα καινούριο μοντέλο για το πως οι εφαρμογές μπορούν να επικοινωνούν : την προσανατολισμένη στις υπηρεσίες αρχιτεκτονική. Οι εφαρμογές μπορούν τώρα να αποτελούνται από πολλές μικρότερες υπηρεσίες που μπορούν να διασπαρθούν. Οι παραπάνω υπηρεσίες μπορούν να ελεγχθούν και να διασπαρθούν καλύτερα αν όλοι οι υπολογιστικοί πόροι ήταν εφικτό να συγκεντρωθούν και να επεξεργαστούν όμοια. Αυτό που πραγματικά μπορεί να προσφέρει πολύ υπολογιστική ισχύ είναι ένα προσανατολισμένο στις υπηρεσίες Grid.

Τελικά ο στόχος είναι η επίτευξη του προσανατολισμένου στις υπηρεσίες Grid δηλαδή το μοντέλο στο οποίο όλες οι εφαρμογές θα μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους ανεξάρτητα από τις διαφορές τους και επίσης θα μπορούν να χρησιμοποιούν πόρους που μέχρι τότε δε μπορούσαν να προσπελάσουν. Αυτό το μοντέλο ανεβάζει την επίλυση προβλημάτων σε ανώτερο επίπεδο καθώς δε χρησιμοποιούμε τίποτα περισσότερο από τα ήδη υπάρχοντα συστήματα. Ας καλωσορίσουμε όλοι λοιπόν το νέο αυτό μοντέλο.

1.2 Τι είναι το Grid

1.2.1 Η ανάγκη για ένα γενικά αποδεκτό ορισμό

Τα τελευταία χρόνια τα Grids ξέφυγαν από τα στενά ακαδημαϊκά όρια και έγιναν ευρύτερα γνωστά. Έτσι διαβάζουμε για διάφορων ειδών Grids όπως, τα υπολογιστικά Grids, τα Grids δεδομένων, τα επιστημονικά Grids, τα Grids συστάδων, τα Grids αισθητήρων και άλλα [4]. Αν εγκαθιστώντας στο τοπικό μου δίκτυο ένα χρονοδρομολογητή το μετατρέπω σε ένα “Grid συστάδων” τότε το σύστημα διαχείρισης αρχείων πάνω στο ίδιο δίκτυο δεν αποτελεί ένα “αποθηκευτικό Grid”; Με την ίδια λογική κάθε σύστημα δεν αποτελεί ένα Grid; Γεννιέται επομένως η ανάγκη επακριβούς καθορισμού της έννοιας του Grid.

Τελικά το Grid πρέπει να αξιολογηθεί με βάση τις εφαρμογές που εκτελεί, την εργασιακή του αξία, τα επιστημονικά αποτελέσματα που παράγει και όχι την αρχιτεκτονική του. Ωστόσο τα παραπάνω ερωτήματα πρέπει να απαντηθούν αν θέλουμε να αποκτήσει το Grid την προσοχή και την αξιοπιστία που χρειάζεται ώστε να αναπτυχθεί και να ευδοκιμήσει. Με αυτά τα δεδομένα βρισκόμαστε στην κατάσταση που βρισκόταν το Internet στις αρχές της δεκαετίας του '90. Τότε ορισμένοι ισχυρίζονταν ότι τα ιδιωτικά δίκτυα όπως το SNA και το DECNET ήταν κομμάτια του Internet και άλλοι ισχυρίζονταν ότι οποιαδήποτε μορφή ιδιωτικού δικτύου ήταν μια μορφή του Internet. Αυτή η συγκεχυμένη κατάσταση αποσαφηνίστηκε μόνο όταν το IP (Internet Protocol) υιοθετήθηκε εξολοκλήρου και από τα τοπικά δίκτυα και από τα δίκτυα ευρείας περιοχής.

1.2.2 Πρωταρχικοί ορισμοί

Το 1998 ο *Ian Foster* και ο *Carl Kesselman* έδωσαν τον εξής ορισμό για το Grid [5]:

“Ένα υπολογιστικό Grid είναι ένα υπόβαθρο λογισμικού και υλικού που παρέχει αξιόπιστη, συνεπή, διαδεδομένη και οικονομική πρόσβαση σε υψηλού επιπέδου υπολογιστικές δυνατότητες.”

Ασφαλώς οι *Foster* και *Kesselman* δεν ήταν οι πρώτοι που αναφέρθηκαν στην πρόσβαση σε δεδομένα και υπηρεσίες ανάλογα με τη ζήτηση. Το 1969 ο *Len Kleinrock* έγραφε πρώιμα :

“Πιθανότατα θα δούμε την εξάπλωση των υπολογιστικών πόρων που όπως οι σύγχρονοι ηλεκτρικοί και τηλεφωνικοί πόροι θα εξυπηρετούν μεμονωμένα κατοικίες και γραφεία σε όλη τη χώρα.”

Το 2000 ο *Ian Foster* μαζί με τον *Steve Tuecke* ανέλυσαν εκ νέου τον ορισμό ώστε να αντιμετωπίζει θέματα πολιτικής, δηλώνοντας ότι το Grid αφορά στην “συγχρονισμένη διαμοίραση πόρων και επίλυση προβλημάτων σε δυναμικούς πολυδιάστατους εικονικούς οργανισμούς.” Η κεντρική ιδέα είναι η δυνατότητα διαπραγμάτευσης διαμοιραζόμενων πόρων ανάμεσα σε μια ομάδα από συμμετέχοντες (καταναλωτές και προμηθευτές) και η χρησιμοποίηση των πόρων που προκύπτουν για κάποιο σκοπό. Έτσι κατέληξαν στο εξής [6]:

“Η διαμοίραση για την οποία ενδιαφερόμαστε δεν είναι κυρίως η ανταλλαγή αρχείων, αλλά η άμεση πρόσβαση σε υπολογιστές, λογισμικό, δεδομένα και άλλους πόρους, που χρειάζονται από μια ομάδα συνεργαζόμενων στρατηγικών επίλυσης προβλημάτων, οι οποίες αναδύονται στο βιομηχανικό, τον επιστημονικό και τον κατασκευαστικό τομέα. Αυτή η διαμοίραση είναι αναγκαστικά αυστηρή με τους προμηθευτές και καταναλωτές πόρων να καθορίζουν επακριβώς και προσεκτικά τι διαμοιράζεται, ποιος έχει δικαίωμα να διαμοιράζεται και τις συνθήκες κάτω από τις οποίες συμβαίνει η διαμοίραση. Μια ομάδα από μεμονωμένα ιδρύματα που χαρακτηρίζονται από τους παραπάνω κανόνες διαμοίρασης πόρων διαμορφώνουν τους *εικονικούς οργανισμούς*.”

Επίσης αναφέρθηκαν και στη σπουδαιότητα των πρότυπων πρωτοκόλλων ως μέσο που παρέχει τη δυνατότητα για συνδεσιμότητα και κοινή υποδομή.

1.2.3 Ορισμός του Grid

Τελικά μπορούμε να συνοψίσουμε την ουσία των παραπάνω ορισμών σε μια λίστα από ιδιότητες τις οποίες πρέπει να φέρει ένα σύστημα ώστε να χαρακτηριστεί ως Grid. Έτσι ένα σύστημα Grid :

1. *συγχρονίζει πόρους που δεν υπόκεινται σε κεντρικό έλεγχο*
(Ένα Grid ενοποιεί και συγχρονίζει πόρους και χρήστες που βρίσκονται σε διαφορετικές περιοχές ελέγχου - για παράδειγμα διαφορετικές μονάδες διαχείρισης της ίδιας εταιρίας, ή διαφορετικών εταιρειών - και ασχολείται με θέματα ασφάλειας, πληρωμής, εξουσιοδότησης μελών και άλλων που αναδύονται σ' αυτές τις υπηρεσίες.)
2. *χρησιμοποιεί ανοιχτά πρότυπα, πρωτόκολλα και διεπαφές γενικού σκοπού*
(Ένα Grid αποτελείται από πολλαπλού σκοπού πρωτόκολλα και διεπαφές που αντιμετωπίζουν θεμελιώδη θέματα όπως επικύρωση πρόσβασης, εξουσιοδότηση πρόσβασης, εύρεση πόρων και προσπέλαση πόρων. Όπως θα συζητηθεί και παρακάτω είναι πολύ σημαντικό τα πρωτόκολλα και οι διεπαφές που θα χρησιμοποιηθούν να είναι πρότυπα και ανοιχτά αλλιώς θα έχουμε να κάνουμε με ένα σύστημα συγκεκριμένων εφαρμογών.)
3. *παρέχει σημαντική ποιότητα υπηρεσίας*
(Ένα Grid επιτρέπει στους συστατικούς του πόρους να χρησιμοποιηθούν συγχρονισμένα για να παράσχουν ποικιλόμορφη ποιότητα υπηρεσίας που σχετίζεται με το χρόνο απόκρισης, την απόδοση, τη διαθεσιμότητα και τη κατανομή πόρων διαφορετικών τύπων για να αντιμετωπίσουν σύνθετες απαιτήσεις έτσι ώστε η υπολογιστική ισχύς του προκύπτοντος συστήματος να είναι σημαντικά μεγαλύτερη από το άθροισμα των ισχύων των επιμέρους μερών.)

Βέβαια η παραπάνω λίστα αφήνει περιθώρια για περαιτέρω συζήτηση όσον αφορά για παράδειγμα τι σημαίνουν οι φράσεις “κεντρικός έλεγχος”, “ανοιχτό πρότυπο και πρωτόκολλο γενικού σκοπού” και “ποιότητα υπηρεσίας” . Με αυτά τα θέματα θα ασχοληθούμε παρακάτω αλλά πρώτα ας δοκιμάσουμε τη λίστα σε μερικά υποψήφια Grid.

Πρώτα ας ασχοληθούμε με συστήματα τα οποία σύμφωνα με τη λίστα δεν αποτελούν Grid. Ένα σύστημα διαχείρισης συστάδων όπως το Portable Batch System της Veridian μπορεί, εφόσον εγκατασταθεί σε ένα παράλληλο υπολογιστή ή σε ένα τοπικό δίκτυο, να προσφέρει ποιότητα υπηρεσίας και έτσι να συνιστά ένα ισχυρό Grid. Ωστόσο, ένα τέτοιο σύστημα δεν αποτελεί Grid εξαιτίας του κεντρικού του ελέγχου στους κόμβους που διαχειρίζεται: έχει πλήρη γνώση της κατάστασης του συστήματος και των αιτήσεων των χρηστών και πλήρη έλεγχο σε αυτόνομα συστατικά μέρη του συστήματος. Σε μια διαφορετική κλίμακα ο Παγκόσμιος Ιστός δεν αποτελεί Grid: είναι ανοιχτό, γενικού σκοπού πρωτόκολλα υποστηρίζουν πρόσβαση σε κατανεμημένους πόρους, αλλά δεν υπάρχει συγχρονισμένη πρόσβαση σε αυτούς τους πόρους για την παροχή ποιότητα υπηρεσίας.

Από τη άλλη μεριά, κατανεμημένα υπολογιστικά συστήματα της Condor, της Entropia και της United Devices που χρησιμοποιούν αδρανείς υπολογιστές, peer to peer συστήματα όπως η Gnutella που υποστηρίζει διαμοίραση αρχείων μεταξύ των συμμετεχόντων χρηστών και μια έκδοση του Storage Resource Broker που επιτρέπει απομακρυσμένη πρόσβαση σε πόρους δεδομένων μπορούν να χαρακτηριστούν με βάση την παραπάνω λίστα ως Grid. Ενώ τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται σ' αυτά τα συστήματα είναι σχετικά εξειδικευμένα ώστε να ικανοποιούν το δεύτερο κριτήριο, (και στην ουσία δεν το ικανοποιούν καθώς δεν είναι ούτε ανοιχτά, ούτε πρότυπα) το καθένα παρέχει κατανεμημένους πόρους απουσία κεντρικού ελέγχου και προσφέρει ενδιαφέρουσα ποιότητα υπηρεσίας.

1.2.4 Χαρακτηριστικά του Grid

Τα Grids ενοποιούν μέσω ηλεκτρονικών δικτύων υπολογιστικούς, αποθηκευτικούς και άλλους πόρους (π.χ. αισθητήρες) κατανεμημένους σε τοπική, εθνική και διεθνή κλίμακα, κλιμακώνοντας τις δυνατότητες της Κοινωνίας της Πληροφορίας / Γνώσης, όπως αντίστοιχα τα Grids ηλεκτρικής ισχύος υπήρξαν καταλυτικοί παράγοντες της Βιομηχανικής Επανάστασης.

Τα Grids διακρίνονται με τα εξής χαρακτηριστικά:

Επιτρέπουν το διαμοιρασμό των πόρων σε πολλαπλούς χρήστες διαφορετικών κοινοτήτων με ετερογενή πεδία εφαρμογών και γεωγραφική κατανομή. Ένα Grid μπορεί να στηρίζεται σε ένα τοπικό δίκτυο (campus LAN), μητροπολιτικό δίκτυο MAN, εθνικής εμβέλειας δίκτυο (WAN) ή και διεθνούς κάλυψης δίκτυο όπως το Ευρωπαϊκό Ερευνητικό Δίκτυο GEANT και το Αμερικανικό Abilene ανάλογα με τις απαιτήσεις των εφαρμογών και τις υπάρχουσες δικτυακές υποδομές.

Απαιτούν ασφαλή πρόσβαση μέσω ενδιάμεσου λογισμικού – middleware με παγκόσμια έμφαση στο λογισμικό ανοικτού κώδικα – open source (π.χ. GLOBUS). Τα Grids επεκτείνουν την φιλοσοφία του ανοικτού λογισμικού σε ανοικτά υπολογιστικά συστήματα, με περιορισμούς μόνο όσο αφορά την ασφάλεια και την διαθεσιμότητα πόρων για την κάλυψη συγκεκριμένων αναγκών.

Παρουσιάζουν μεγάλη δυνατότητα κλιμάκωσης, με ιδιαίτερα περιορισμένη αρχική επένδυση. Οι αρχιτεκτονικές Grid μπορεί να αποτελέσουν σημαντικό εργαλείο για την υπέρβαση u964 του ψηφιακού χάσματος στον κόσμο, σε μια ήπειρο, σε μία χώρα (κέντρο – περιφέρεια), σε έναν οργανισμό – campus.

Ενοποιούν μέσω δικτύων Internet / Intranet υπολογιστικές, αποθηκευτικές και άλλες ηλεκτρονικές εγκαταστάσεις με ετερογενείς τεχνολογικές υλοποιήσεις με στόχο την παροχή ολοκληρωμένων Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών (eServices). Η ενοποίηση υλοποιείται με χρήση ενός επιπρόσθετου στρώματος ενδιάμεσου λογισμικού

(middleware) που αναλαμβάνει το διαμοιρασμό των πόρων πάνω από το δίκτυο με τα παραπάνω χαρακτηριστικά.

Είναι προφανές ότι τις Ηλεκτρονικές Υποδομές οδηγούν οι Ερευνητικές και Ακαδημαϊκές Κοινότητες, οι οποίες θα συνεισφέρουν σημαντικά στην προτυποποίηση των σχετικών τεχνολογιών αυτών, και θα επιτρέψουν την ευρεία διάδοση τους σε άλλες περιοχές (eBusiness, eGovernment, κλπ.).

Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των επί μέρους εφαρμογών, τις ιστορικές ιδιαιτερότητες κοινοτήτων χρηστών και χωρών και τα εκάστοτε ισχύοντα τεχνικο-οικονομικά κριτήρια συνυπάρχουν Grids που διασυνδέουν:

Προσωπικούς υπολογιστές, εκμεταλλευόμενα τις μεγάλες σημερινές τους δυνατότητες, ιδιαίτερα όταν αυτοί υπολειτουργούν (σε αυτή την περίπτωση αναφέρονται και ως desktop ή scanverging grids, με πρώτη εφαρμογή το SETI@home).

Πλήρως παράλληλα υπολογιστικά συστήματα τύπου cluster υπό την προϋπόθεση ότι οι εφαρμογές είναι πρόσφορες και ότι οι χρήστες έχουν την απαιτούμενη τεχνογνωσία.

Μεγάλα Κέντρα Υπολογιστών, με συστήματα καταναμημένης μνήμης (distributed memory – Beowulf Clusters) και συμμετρικής πολυεπεξεργασίας (symmetric multiprocessing - SMP), τα οποία θα συνυπάρχουν όσο υπάρχουν εφαρμογές που το απαιτούν και Κέντρα Υπολογιστών που θα παρέχουν υπηρεσίες με τον κατάλληλο εξοπλισμό και υποστήριξη πελατών.

Το Grid βασίζεται στη διασύνδεση προσωπικών υπολογιστών σε συστοιχίες (cluster computing), και επεκτείνεται γεωγραφικά με Εθνικά και Διεθνή δίκτυα υπέρ-υψηλών ταχυτήτων. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα συστοιχίας προσωπικών υπολογιστών Macintosh G5 (the Big Mac), που συγκαταλέγεται ως ο τρίτος πιο ισχυρός υπερ-υπολογιστής στον κόσμο. Το Big Mac φτιάχτηκε εύκολα, γρήγορα, με πολύ χαμηλότερο κόστος από έναν υπερ-υπολογιστή, ενώ οι δυνατότητες επέκτασης είναι θεωρητικά απεριόριστες.

1.2.5 Οι γενιές των συστημάτων Grid

Σύμφωνα με τον Charlie Catlett, Πρόεδρο του Global Grid Forum, η πρώτη γενιά Grids (1st Generation Grids ή 1G Grids) ουσιαστικά αποτελείται από τοπικούς "μετα-υπολογιστές" (metacomputers) με βασικές λειτουργίες όπως καταναμημένο σύστημα αρχείων (sitewide single sign-on), δηλαδή μοναδικό σημείο όπου ο χρήστης δίνει τα προσωπικά στοιχεία του (π.χ. user/password), πάνω στα οποία χτίστηκαν νέες καταναμημένες εφαρμογές με ειδικά προσαρμοσμένα δικτυακά πρωτόκολλα. Με την υλοποίηση Gigabit test-beds τα 1G Grids επεκτάθηκαν και έγινε προσπάθεια δημιουργίας "Μετα-κέντρων" (Metacenters), τα οποία διερεύνησαν θέματα ολοκλήρωσης μεταξύ διαφορετικών κέντρων. Γενικά τα Grids πρώτης γενιάς ήταν εντελώς προσαρμοσμένα στα συγκεκριμένα πειράματα και αποτέλεσαν proofs-of-concept.

Τα συστήματα 2ης γενιάς Grids, (2G Grids), ξεκίνησαν με προγράμματα όπως το Condor, το I-WAY (που αποτέλεσε την αρχή του Globus) και το Legion (που αποτέλεσε την αρχή του Anaki), όπου νέες υπηρεσίες ενδιάμεσου λογισμικού και πρωτοκόλλων επικοινωνιών αποτέλεσαν τη βάση για την ανάπτυξη καταναμημένων εφαρμογών και υπηρεσιών. Τα Grids 2ης γενιάς ουσιαστικά έδωσαν τα βασικά δομικά στοιχεία, αλλά η χρήση τους απαιτούσε σημαντική προσπάθεια "customization" και διαφόρων εργασιών για να καλυφθούν σημαντικά κενά. Οι ανεξάρτητες αυτές προσπάθειες χρήσης συστημάτων 2ης γενιάς που περιείχαν πολλές "κατά απαίτηση" επεκτάσεις λογισμικού, κατέστησε την διαλειτουργικότητα προβληματική.

Λαμβάνοντας υπόψη, τόσο την πρότερη εμπειρία από τις 2 πρώτες γενιές, όσο και τις τεχνολογίες των πολύ επιτυχημένων υπηρεσιών web, έχουν ξεκινήσει οι προσπάθειες για την 3η γενιά Grids (**3G Grids**), που βασίζονται στην Αρχιτεκτονική Ανοιχτών Υπηρεσιών Grid (Open Grid Services Architecture - OGSA), όπου μια σειρά από προδιαγραφές κοινών και ανοιχτών διεπαφών υποστηρίζουν τη διαλειτουργικότητα ανεξάρτητα ανεπτυγμένων υπηρεσιών. Η πρόσφατα εκδοθείσα προδιαγραφή Open Grid Services Infrastructure - OGSI είναι ο θεμέλιος λίθος της παραπάνω αρχιτεκτονικής. Με την εισαγωγή προτυποποιημένων τεχνικών προδιαγραφών, η 3η γενιά Grid θα επιταχύνει τον ανταγωνισμό και την επίτευξη διαλειτουργικότητας όχι μόνο μεταξύ εφαρμογών και εργαλειοθηκών, αλλά κυρίως μεταξύ διαφορετικών υλοποιήσεων βασικών υπηρεσιών του Grid.

"Όταν πλέον μπορείς να αναμιγνύεις και να χρησιμοποιείς διαφορετικά δομικά στοιχεία και υπηρεσίες αποτελεσματικά, ξέρεις ότι υπάρχει ένα εμπορεύσιμο προϊόν (commodity)" λέει ο Charlie Catlett.

"Για να γίνει αυτό όμως χρειάζεται σκληρή δουλειά για τον καθορισμό προτύπων", κάτι που έχει αναλάβει το Global Grid Forum.

1.2.6 Τι μπορεί να επιτύχει

Η δημιουργία ενός Grid πραγματοποιείται για την εκπλήρωση των απαιτήσεων ορισμένων χρηστών. Για την ουσιαστικότερη αντιμετώπιση αυτών των απαιτήσεων, από τις υπηρεσίες που προσφέρει το Grid, είναι χρήσιμο να έχουμε υπόψιν τις δυνατότητές του.

Κατ' αρχήν το Grid εκμεταλλεύεται πόρους των οποίων η χρησιμοποίηση είναι μικρή ή και ανύπαρκτη. Η απλούστερη χρήση του Grid είναι η εκτέλεση μιας υπάρχουσας εφαρμογής σε ένα διαφορετικό υπολογιστή. Ο υπολογιστής στον οποίο εκτελείται συνήθως η εφαρμογή μπορεί να είναι απασχολημένος εξαιτίας κάποιας ασυνήθιστης αύξησης των εφαρμογών που εκτελεί. Η εργασία που καθυστερείται μπορεί να εκτελεστεί σε κάποιο άλλο αδρανές μηχάνημα στο Grid. Για να συμβεί αυτό η εφαρμογή πρέπει να μπορεί να εκτελεστεί απομακρυσμένα, να μην έχει υπερβολικό κόστος και ο απομακρυσμένος υπολογιστής να διαθέτει οποιοδήποτε ειδικό υλικό που χρειάζεται η εφαρμογή. Για παράδειγμα μια batch εργασία που επεξεργάζεται κάποια είσοδο για να παράγει κάποια έξοδο είναι η πλέον κατάλληλη εφαρμογή για Grid εν αντιθέσει με την απομακρυσμένη εκτέλεση ενός επεξεργαστή κειμένου που θα σπαταλάει περισσότερο χρόνο στη μετάδοση δεδομένων.

Το Grid παρέχει το υπόβαθρο για την εκμετάλλευση πόρων που δε χρησιμοποιούνται όπως για παράδειγμα υπολογιστική ισχύ καθώς οι περισσότεροι desktop υπολογιστές είναι απασχολημένοι για λιγότερο από το 5% του χρόνου τους. Εκτός από τους πόρους επεξεργασίας και οι πόροι αποθήκευσης μπορούν να γίνουν αντικείμενο εκμετάλλευσης. Ένα data Grid μπορεί να συνδυάσει τους αχρησιμοποίητους χώρους σε μια μεγάλη εικονική αποθήκη. Επιπλέον για ορισμένες εφαρμογές με μεγάλες αποθηκευτικές απαιτήσεις μπορούν τα δεδομένα να αντιγραφούν σε στρατηγικά σημεία του Grid για γρηγορότερη εξυπηρέτηση σε περίπτωση απομακρυσμένης εκτέλεσης αλλά και για backup σε περίπτωση σφαλμάτων.

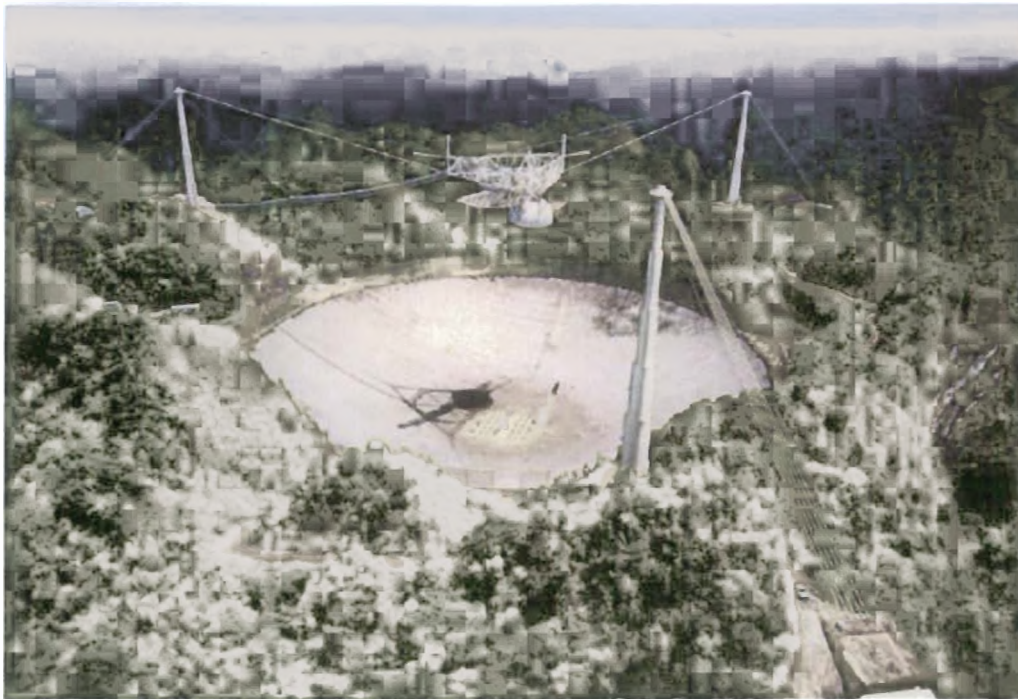
Όπως είπαμε το Grid προσφέρει μαζική υπολογιστική ισχύ. Στην προσπάθεια εκμετάλλευσης αυτής της ισχύος όμως προκύπτουν μερικοί περιορισμοί οι οποίοι οφείλονται στη δυνατότητα διαχωρισμού των εφαρμογών. Αν η εφαρμογή μπορεί να διαχωριστεί μόνο σε ένα περιορισμένο αριθμό ανεξάρτητων υποεφαρμογών τότε προκύπτει ένας φραγμός εξαιτίας της δυνατότητας διαχωρισμού. Ο δεύτερος φραγμός προκύπτει όταν τα διάφορα κομμάτια στα οποία διαχωρίζεται η εφαρμογή δεν είναι

τελείως ανεξάρτητα. Για παράδειγμα αν όλες οι υποεφαρμογές χρειάζεται να γράφουν και να διαβάζουν από ένα κοινό αρχείο ή βάση δεδομένων οι περιορισμοί πρόσβασης σ' αυτά αποτελούν τον παράγοντα περιορισμού της δυνατότητας διαχωρισμού. Επιπλέον δεν υπάρχουν εργαλεία για την αυτόματη μετατροπή αυθαίρετων εφαρμογών ώστε να μπορούν αυτές να εκμεταλλεύονται τις δυνατότητες του Grid και αν υπήρχαν, δεν μπορούν όλες οι εφαρμογές να τροποποιηθούν κατάλληλα για να εκτελεστούν στο Grid. Ωστόσο οι νέες εφαρμογές που γράφονται στις μέρες μας σχεδιάζονται έτσι ώστε να βελτιστοποιούν την παράλληλη εκτέλεση καθιστώντας εύκολη την αξιοποίηση του Grid, αν δεν το υποστηρίζουν εξαρχής και εξολοκλήρου.

Εκτός από υπολογιστική ισχύ και αποθηκευτικούς πόρους το Grid προσφέρει και πρόσβαση σε μεγάλες ποσότητες από διαφορετικού τύπου πόρους, ειδικού εξοπλισμού, άδειες χρήσης λογισμικού και άλλες υπηρεσίες. Για παράδειγμα να κάποιος χρειάζεται να αυξήσει το συνολικό εύρος ζώνης που του διατίθεται για πρόσβαση στο διαδίκτυο ώστε να υλοποιήσει μια μηχανή εξόρυξης δεδομένων, ο φόρτος μπορεί να διαμοιραστεί σε κόμβους του Grid που έχουν ανεξάρτητες συνδέσεις στο Internet. Επιπλέον ορισμένα μηχανήματα μπορεί να έχουν εγκατεστημένες άδειες χρήσης λογισμικού που χρειάζεται κάποιος τότε αυτός μπορεί να στείλει τις εργασίες του να εκτελεστούν σε εκείνο το μηχάνημα εκμεταλλευόμενος αυτές τις άδειες χρήσης λογισμικού.

1.2.7 Ένα επιτυχημένο παράδειγμα

Το SETI@home είναι το μεγαλύτερο, και πίο επιτυχημένο κατανεμημένο υπολογιστικό πρόγραμμα μέχρι σήμερα. Δημιουργήθηκε στο πανεπιστήμιο Berkeley στην Καλιφόρνια τον Μάιο του 1999 και χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό εξωγήινης νοημοσύνης. Ειδικότερα η αναζήτηση γίνεται στα κοσμικά σήματα που συλλέγει το ραδιοτηλεσκόπιο Arecibo στο Πουέρτο Ρίκο (το μεγαλύτερο ραδιοτηλεσκόπιο στον κόσμο). Ο όγκος των σημάτων αυτών είναι της τάξης των πολλών terabyte ημερησίως πράγμα που απαιτούσε πολύ μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύ για την επεξεργασία τους από αυτή που διέθετε το ραδιοτηλεσκόπιο. Η λύση δόθηκε από του εμπνευστές του προγράμματος SETI@home όπου πρότειναν την εκμετάλλευση των προσωπικών υπολογιστών όταν αυτοί παραμένουν αδρανείς (idle time). Με αυτόν τον τρόπο εθελοντές έχουν την δυνατότητα να δωρίσουν τον χρόνο επεξεργασίας που δεν χρησιμοποιούν στο πρόγραμμα "Αναζήτηση Εξωγήινης Νοημοσύνης".



Ραδιοτηλεσκόπιο Arecibo στο Πουέρτο Ρίκο

Αναλυτικότερα σε κάθε εθελοντή του προγράμματος ανατίθεται ένα μικρό τμήμα ενός κοσμικού σήματος. Στη συνέχεια το τμήμα αυτό επεξεργάζεται από ένα ειδικό πρόγραμμα (το οποίο διανέμεται ελεύθερα) στα χρονικά διαστήματα που ο επεξεργαστής δεν χρησιμοποιείται για της ανάγκες των τοπικών προγραμμάτων. Θεωρητικά, οι χρήστες δεν παρατηρούν καμία διαφορά στις δυνατότητες του υπολογιστή τους. Τέλος, όταν η επεξεργασία ολοκληρωθεί τα αποτελέσματα στέλνονται πίσω και ένα νέο τμήμα σήματος ανατίθεται στον εθελοντή. Για την μεταφορά των δεδομένων χρησιμοποιείται το διαδίκτυο.

Περίπου τρία εκατομμύριο άνθρωποι — ο μεγαλύτερος αριθμός εθελοντών για οποιοδήποτε κατανεμημένο πρόγραμμα υπολογισμού — μέχρι σήμερα έχουν εγκαταστήσει το λογισμικό SETI@home. Αυτό το παγκόσμιο δίκτυο των τριών εκατομμυρίων υπολογιστών υπολογίζει ότι κατά μέσο έχει υπολογιστική ισχύ 14 TeraFLOPS περίπου, και έχει συγκεντρώσει πάνω από 500.000 έτη χρόνου επεξεργασίας στα προηγούμενα 2 χρόνια. Κανονικά τέτοια υπολογιστική ισχύ θα κόστιζε εκατομμύρια δολάρια σε έναν ή ακόμα και δύο υπερυπολογιστές.

Το σημαντικότερο πρόβλημα του συστήματος αυτού, από οικονομική σκοπιά, είναι ότι βασίζεται στην καλή θέληση των εθελοντών. Δεν υπάρχει κάποιος μηχανισμός κινήτρων που θα ενθαρρύνει κάποιον να γίνει μέλος της κοινότητας. Το πρόγραμμα αυτό ήταν το πρώτο στο είδος του και είχε μεγάλη απόκριση από το κοινό, ίσως και λόγω του μυστηρίου για την εύρεση εξωγήινης ζωής. Όμως δεν θα ήταν λογικό να περιμένουμε μια αντίστοιχη εξάπλωση σε κάποιο νέο κατανεμημένο πρόγραμμα, χωρίς κατάλληλους μηχανισμούς κινήτρων.

1.3 Γιατί Δημιουργήθηκε

1.3.1 Ποιοι λόγοι οδήγησαν στη δημιουργία του Grid

Οι υπολογιστικές προσεγγίσεις στην επίλυση προβλημάτων απέδειξαν την αξία τους σε σχεδόν όλα τα πεδία της ανθρώπινης προόδου. Οι υπολογιστές χρησιμοποιούνται για μοντελοποίηση και εξομοίωση σύνθετων επιστημονικών και μηχανιστικών προβλημάτων, διάγνωση ιατρικών περιπτώσεων, χειρισμό βιομηχανικού εξοπλισμού, πρόβλεψη του καιρού και για πολλούς άλλους σκοπούς. Ωστόσο, παρόλο που υπάρχουν δύσκολα προβλήματα των οποίων η επίλυση υπερβαίνει τις δυνατότητες μας, οι υπολογιστές δε χρησιμοποιούνται όσο ευρεία θα έπρεπε.

Υπάρχουν αρκετοί λόγοι για αυτήν την σχετική έλλειψη χρήσης αυτών των υπολογιστικών μεθόδων επίλυσης συμπεριλαμβανομένου την έλλειψη κατάλληλης μόρφωσης και εργαλείων. Όμως ένας σημαντικός παράγοντας είναι το γεγονός ότι ο μέσος όρος των υπολογιστικών περιβαλλόντων παραμένει ανεπαρκής για τέτοιου είδους επιτηδευμένους υπολογιστικούς σκοπούς. Παρόλο που οι σημερινοί υπολογιστές είναι πιο γρήγοροι από τον Cray υπερυπολογιστή πριν από 10 χρόνια, είναι ακόμα ανεπαρκείς στην πρόβλεψη του αποτελέσματος σύνθετων εργασιών ή στην προτίμηση μεταξύ πολλών επιλογών. Γι' αυτό, εξάλλου, οι υπερυπολογιστές συνεχίζουν να εξελίσσονται.

1.3.2 Αυξημένη υπολογιστική ισχύς

Είναι γενικώς αποδεκτό ότι υπάρχει η δυνατότητα παροχής στους χρήστες αξιόλογης υπολογιστικής ισχύς στη μορφή αύξησης τριών τάξεων μεγέθους αυτής μέσα σε πέντε χρόνια και πέντε τάξεις μεγέθους μέσα σε μια δεκαετία. Αυτές οι δραματικές αλλαγές θα επιτευχθούν με καινοτομίες σε διάφορες περιοχές.

1. *Βελτίωση της τεχνολογίας:* Προοδευτικές αλλαγές στην τεχνολογία του VLSI και στην αρχιτεκτονική των μικροεπεξεργαστών θα αποδώσουν ένα παράγοντα 10 στην αύξηση των υπολογιστικών δυνατοτήτων τα πέντε επόμενα χρόνια και ένα παράγοντα 100 στα επόμενα δέκα χρόνια.
2. *Αύξηση της ζήτησης στην πρόσβαση σε υπολογιστική ισχύ:* Πολλές εφαρμογές έχουν αποσπασματικές απαιτήσεις σε σημαντικούς υπολογιστικούς πόρους. Για παράδειγμα ένα σύστημα ιατρικής διάγνωσης μπορεί να τρέξει μόνο μετά την πραγματοποίηση ενός καρδιογραφήματος ή η εξομοίωση ενός σεισμού μόνο μετά την εμφάνισή του. Αν υπάρχουν μηχανισμοί που επιτρέπουν αξιόπιστη, άμεση και διάφανη πρόσβαση σε σημαντικούς πόρους, τότε από την πλευρά αυτών των εφαρμογών φαίνεται σαν να είναι οι παραπάνω πόροι αφιερωμένοι σ' αυτούς. Δεδομένης της ύπαρξης των συστημάτων των TeraFLOP μια φαινομενική αύξηση στην υπολογιστική ισχύ με συντελεστή τρία ή και περισσότερο είναι εφικτή.
3. *Αύξηση στη χρησιμοποίηση της αδρανής χωρητικότητας:* Οι περισσότεροι υπολογιστές είναι συχνά αδρανείς. Η χρησιμοποίηση μπορεί να αυξηθεί κατά ένα παράγοντα δύο [7] ακόμα και για προγράμματα που τρέχουν παράλληλα χωρίς να επηρεάζεται σημαντικά η παραγωγικότητα. Το κέρδος σε

μεμονωμένους χρήστες μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερο: έχουν αναφερθεί αυξήσεις στην απόδοση της τάξης του 100 ή και του 1000.

4. *Καλύτερη διαμοίραση των υπολογιστικών αποτελεσμάτων:* Η πρόγνωση του καιρού καθημερινά απαιτεί 10^{14} αριθμητικές πράξεις. Αν υποθέσουμε ότι η πρόγνωση είναι προς όφελος 10^7 ανθρώπων, τότε έχουμε 10^{21} αποτελεσματικές πράξεις σε σύγκριση με τους υπολογισμούς που εκτελούνται καθημερινά στους υπολογιστές όλου του κόσμου. Πολύ λίγα υπολογιστικά αποτελέσματα διαμοιράζονται τόσο αποτελεσματικά σήμερα μπορεί όμως κάτι τέτοιο να συμβεί στο μέλλον. Το κλειδί για περισσότερο διαμοιρασμό ίσως είναι η ανάπτυξη των συνεργασιών. Με τον όρο αυτό εννοούμε κέντρα χωρίς τοίχους όπου οι ερευνητές κάνουν τη δουλειά τους ανεξάρτητα από γεωγραφική τοποθεσία αλληλεπιδρώντας μεταξύ τους, μοιραζόμενοι δεδομένα και υπολογιστικούς πόρους και χρησιμοποιώντας ψηφιακές βιβλιοθήκες.
5. *Νέες μέθοδοι επίλυσης προβλημάτων και νέα εργαλεία:* Μια σειρά από προσεγγίσεις μπορούν να βελτιώσουν την αποδοτικότητα ή την ευκολία με την οποία οι υπολογιστές χρησιμοποιούνται για επίλυση προβλημάτων. Για παράδειγμα χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν το δίκτυο για πρόσβαση σε δικτυακούς λύτες ώστε να αντιμετωπίσουν αριθμητικά προβλήματα χωρίς να εγκαταστήσουν επιπλέον λογισμικό.

Πίσω από αυτές τις βελτιώσεις κρύβεται η συνδυασμένη χρήση της αποδοτικής δικτύωσης, της αυξημένης υπολογιστικής ισχύς και του προχωρημένου λογισμικού για την προσφορά πρόσβασης σε σημαντικές υπολογιστικές δυνατότητες ανεξάρτητα από την τοποθεσία των χρηστών και των πόρων.

1.3.3 Η επίδραση του Grid

Η ιστορία των υπολογιστών μας έχει διδάξει ότι βελτιώσεις μεγάλης τάξης στην τεχνολογία σταθερά παρείχαν τη δυνατότητα για επαναστατικές, συχνά απρόσμενες, εφαρμογές οι οποίες στη συνέχεια οδήγησαν σε περαιτέρω τεχνολογικά επιτεύγματα. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι ότι τα τελευταία 40 χρόνια η όψη των δικτύων υπολογιστών έχει περάσει από πολλούς μετασχηματισμούς.

Υπάρχουν ενδείξεις ότι ακόμα μια τέτοια επανάσταση επίκειται. Οι δυνατότητες τόσο των υπολογιστών όσο και των δικτύων συνεχίζουν να αυξάνονται δραματικά. Δέκα χρόνια ερευνών στους μεταυπολογιστές δημιούργησε μια στέρεα βάση για νέες εφαρμογές που συνδυάζουν δίκτυα υψηλών ταχυτήτων και μεγάλη υπολογιστική ισχύ. Οι καιροί είναι ώριμοι για τη μετάβαση από τις μέρες των μεταυπολογιστών στα πιο ολοκληρωμένα υπολογιστικά Grid με αξιόπιστες και διαδεδομένες υπηρεσίες και συνεπείς διεπαφές. Σ' αυτά τα Grid οι σημερινές εφαρμογές θα είναι απλές ρουτίνες και οι προγραμματιστές θα μπορούν να εξερευνήσουν μια νέα γενιά με πολλές ενδιαφέρουσες εφαρμογές που δίνουν πρόσβαση σε υπολογιστές των TeraFLOP με αποθηκευτικούς χώρους της τάξης των petabyte διασυνδεδεμένους με δίκτυα gigabit ταχυτήτων. Παρακάτω παρατίθενται ένα απλό παράδειγμα ενδεικτικό του πως θα επηρεάσει διάφορες πλευρές της ζωής μας η άφιξη του Grid.

Σήμερα, ομάδες ανθρώπων που τους έχει ανατεθεί η αξιολόγηση ενός σχεδίου αστικής ανάπτυξης πρέπει να μελετήσουν τα πεζά σχέδια της πόλης ή τις φωτογραφίες της με την υποτυπώδη προοπτική για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Ένα υπολογιστικό Grid θα τους επιτρέψει να χρησιμοποιήσουν ισχυρά γραφικά και μεγάλες βάσεις δεδομένων για να μετατρέψουν το αρχιτεκτονικό σχέδιο σε ρεαλιστική απεικόνιση εικονικής πραγματικότητας και να εξερευνήσουν σχεδιαστικά θέματα όπως η κατανάλωση ενέργειας, η αποδοτικότητα ηλεκτροδότησης, και άλλα. Επικοινωνώντας μέσω δικτύου μπορούν να συζητούν και να αξιολογούν εκ νέου την επίδραση του σχεδίου ανάπτυξης στην κοινωνία τους και έτσι να καταλήγουν σε καλύτερους αστικούς σχεδιασμούς και επομένως βελτιωμένη ποιότητα ζωής.

1.3.4 Οι οργανισμοί που υποστήριζαν το Grid

Μια προσέγγιση για να κατανοήσουμε τα υπολογιστικά Grid είναι να συλλογιστούμε τους οργανισμούς τους οποίους εξυπηρετεί. Επειδή τα Grid είναι πάνω απ' όλα μηχανισμοί για τη διαμοίραση πόρων προκύπτει το ερώτημα ποιες ομάδες ανθρώπων θα έχουν σαφές κίνητρο να επενδύσουν στην ανάπτυξη του υποβάθρου του Grid και τι είδους πόρους θα θέλουν αυτοί να διαμοιραστούν.

Μια άποψη για τις παραπάνω ερωτήσεις λέει ότι τα πλεονεκτήματα της διαμοίρασης σχεδόν πάντα θα επικαλύπτουν τα κόστη και έτσι θα αναπτυχθούν Grid που θα ενώνουν μεγάλες κοινωνίες με λίγα κοινά ενδιαφέροντα μέσα στις οποίες η διαμοίραση πόρων θα επεκτείνεται σε μεμονωμένα PC και σταθμούς εργασίας. Από τη άλλη μεριά οι σκεπτικιστές απαντούν ότι το τεχνικό και πολιτικό κόστος της διαμοίρασης πόρων σπάνια θα επικαλύπτει τα πλεονεκτήματα ειδικά όταν η ένωση θα πρέπει να ξεπερνά τα σύνορα των ιδρυμάτων. Έτσι αντιλέγουν ότι οι πόροι θα διαμοιράζονται μόνο όταν υπάρχει σημαντικό κίνητρο: επειδή οι πόροι είναι πολύτιμοι ή σπάνιοι ή επειδή η διαμοίραση προκαλεί ανθρώπινες αλληλεπιδράσεις που διαφορετικά είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθούν. Από αυτήν την πλευρά τα Grid θα είναι ειδικά σχεδιασμένα ώστε να υποστηρίζουν ειδικές κοινωνίες χρηστών με ειδικούς σκοπούς.

Αντί να πάρουμε σαφή θέση για το πως θα εξελιχθούν τα Grid προτείνουμε τέσσερα αληθοφανή σενάρια που το καθένα εξυπηρετεί διαφορετική κοινότητα. Τα μελλοντικά Grid πιθανότατα θα ενσωματώνουν στοιχεία και από τα τέσσερα.

1.3.5 Η κυβερνητική κοινότητα

Η πρώτη κοινότητα με την οποία θα ασχοληθούμε αποτελείται από ένα σχετικά μικρό αριθμό -χιλιάδες ή ίσως δεκάδες χιλιάδες- από κρατικούς λειτουργούς, σχεδιαστές και επιστήμονες που ασχολούνται με προβλήματα τα οποία παραδοσιακά αντιμετωπίζουν οι κυβερνήσεις όπως απόκριση σε καταστροφές, αμυντικοί μηχανισμοί και άλλα. Μπορεί να υπάρξει σημαντικό πλεονέκτημα στην εφαρμογή της συγκεντρωμένης ισχύς των γρηγορότερων υπολογιστών της χώρας, αρχείων δεδομένων και νοητικής λειτουργίας στην επίλυση αυτών των προβλημάτων. Έτσι οραματιζόμαστε ένα Grid που χρησιμοποιεί τα γρηγορότερα δίκτυα για τη διασύνδεση ενός σχετικά μικρού αριθμού πόρων από όλη τη χώρα για δύο κύριους σκοπούς :

1. Να παρέχει ένα “στρατηγικό υπολογιστικό απόθεμα” που επιτρέπει την χρησιμοποίηση σημαντικών υπολογιστικών πόρων σε μεγάλα προβλήματα σε περιόδους κρίσης όπως ο σχεδιασμός αντίδρασης απέναντι σε μεγάλες περιβαλλοντικές καταστροφές ή σεισμούς.

2. Να δρα ως “εθνικό εργαστήριο” που υποστηρίζει συνεργαζόμενες έρευνες πολύπλοκων επιστημονικών και μηχανιστικών προβλημάτων όπως ο σχεδιασμός διαστημικών σταθμών και ο καθαρισμός του περιβάλλοντος.

Ένα σημαντικό δευτερεύων όφελος από αυτό το εθνικό Grid είναι ότι υποστηρίζει την ανταλλαγή πόρων μεταξύ των διαφόρων χρηστών τους αυξάνοντας έτσι την αποδοτικότητα με την οποία χρησιμοποιούνται αυτοί οι πόροι. Το “εθνικό” Grid χαρακτηρίζεται από την ανάγκη να ενοποιεί ανόμοιους πόρους, τη στρατηγική σημασία του απώτερου του σκοπού και τα διάφορα ανταγωνιστικά συμφέροντα που πρέπει να εξισορροπηθούν κατά τον καταμερισμό των πόρων.

1.3.6 Ένας νοσηλευτικός οργανισμός

Σ’ αυτόν τον οργανισμό η κοινότητα που υποστηρίζεται από το Grid αποτελείται από διαχειριστές του Grid και ιατρικό προσωπικό που βρίσκονται σε ένα μικρό αριθμό από νοσοκομεία μέσα σε μια μικρή περιοχή. Οι πόροι που διαμοιράζονται είναι ένας μικρός αριθμός από υπολογιστές, εκατοντάδες σταθμοί εργασίας, μερικές βάσεις δεδομένων, αρχεία ιατρικού περιεχομένου και ειδικός εξοπλισμός όπως μηχανές MRI, CAT scanners και καρδιογράφοι. Η σύνδεση αυτών των πόρων σε Grid παρέχει τη δυνατότητα για μια ευρεία σειρά από νέες υπολογιστικές εφαρμογές όπως desktop εργαλεία που χρησιμοποιούν κεντρικούς υπερυπολογιστές για την εύρεση στο κεντρικό ιατρικό αρχείο παρόμοιων περιστατικών, ή υψίστης σημασίας εφαρμογές όπως τηλεϊατρική και επέμβαση εξ αποστάσεως, ή λογισμικό που χρησιμοποιεί τους σταθμούς εργασίας για την ανακάλυψη απατών στα οικονομικά αρχεία και λογισμικό έρευνας που χρησιμοποιεί τους υπερυπολογιστές και τους αδρανείς σταθμούς εργασίας για επιδημιολογική έρευνα. Κάθε μια από αυτές τις εφαρμογές υπάρχει σήμερα στα εργαστήρια ερευνών άλλα σπάνια έχει εφαρμοστεί σε συνηθισμένα νοσοκομεία εξαιτίας του υψηλού υπολογιστικού κόστους.

Αυτό το “ιδιωτικό” Grid χαρακτηρίζεται από τη σχετικά μικρή κλίμακά του, τη κεντρική του διαχείριση και τους κοινούς σκοπούς από τη μια πλευρά, και την ενυπάρχουσα πολυπλοκότητα στη χρησιμοποίηση ενός κοινού υποβάθρου τόσο για ζωτικής σημασίας εφαρμογές όσο και για λιγότερο ευαίσθητες στην αξιοπιστία, αλλά και από την ανάγκη της υλοποίησης τεχνολογιών μικρού κόστους από την άλλη. Περιμένουμε ότι Grid με παρόμοια χαρακτηριστικά θα είναι πολύ χρήσιμα για πολλούς οργανισμούς.

1.3.7 Μια επιστημονική συνεργασία

Η κοινότητα σ’ αυτήν την περίπτωση είναι μια ομάδα από επιστήμονες που εργάζονται και χρησιμοποιούν ποικίλα εργαλεία όπως ηλεκτρονικά μικροσκόπια, μοριακούς επιταχυντές και ακτίνες X. Αυτή η κοινότητα είναι ρευστή και υψηλά κατανομημένη αποτελούμενη από εκατοντάδες πανεπιστημιακούς ερευνητές σε όλο τον κόσμο στους οποίους προστίθενται και οι χειριστές των διαφόρων εργαλείων. Οι πόροι που διαμοιράζονται εκτός από τα ίδια τα εργαλεία είναι αρχεία δεδομένων που περιέχουν τη συγκεντρωμένη γνώση της κοινότητας, επιτηδευμένο λογισμικό ανάλυσης που αναπτύχθηκε από διαφορετικές ομάδες και ορισμένοι υπερυπολογιστές που χρησιμοποιούνται για ανάλυση. Οι εφαρμογές που υποστηρίζει αυτό το Grid περιλαμβάνουν απομακρυσμένο έλεγχο των εργαλείων, ανάλυση μετά από συνεργασία, και βασιζόμενη στους υπερυπολογιστές δικτυακή ανάλυση.

Το “εικονικό” Grid χαρακτηρίζεται από δυνατή ενοποιημένη εστίαση και σχετικά περιορισμένους στόχους από τη μία πλευρά και δυναμική συμμετοχή και απουσία κεντρικού ελέγχου από την άλλη. Μπορούμε να φανταστούμε την εμφάνιση παρόμοιων Grid που θα απαντούν στις ανάγκες μιας πολυδιάστατης ερευνητικής ομάδας και σε εικονικές ομάδες διαφορετικών εταιριών που δημιουργήθηκαν για την καταδίωξη βραχυπρόθεσμων ή μακροπρόθεσμων στόχων.

1.3.8 Υπολογιστική οικονομική αγορά

Η τέταρτη κοινότητα με την οποία θα ασχοληθούμε αποτελείται από τους συμμετέχοντες μιας ευρείας οικονομικής αγοράς για υπολογιστικές υπηρεσίες. Αυτή είναι μια ενδεχομένως τεράστια κοινότητα χωρίς περαιτέρω συνδέσεις εκτός από τις συνηθισμένες προσανατολισμένες στην αγορά σχέσεις. Μπορούμε να περιμένουμε στους συμμετέχοντες να περιλαμβάνονται και καταναλωτές με τις ποικίλες ανάγκες και ενδιαφέροντά τους: προμηθευτές εξειδικευμένων υπηρεσιών όπως μοντελοποίηση γραφικών ή interactive παιχνιδιών ή προμηθευτές υπολογιστικών πόρων ή προμηθευτές δικτύων που προσφέρουν ορισμένου επιπέδου δικτυακές υπηρεσίες ή και άλλες οντότητες όπως τράπεζες.

Αυτό το “δημόσιο” Grid είναι από κάποια άποψη το πιο ενδιαφέρον από όλα τα σενάρια που εξετάστηκαν αλλά είναι και το λιγότερο συμπαγές. Μια περιοχή αβεβαιότητας αφορά το βαθμό στον οποίο ο μέσος καταναλωτής θα δρα ως προμηθευτής υπολογιστικών πόρων. Η απάντηση σε αυτήν την ερώτηση φαίνεται να εξαρτάται από δύο θέματα. Θα αναδυθούν εφαρμογές που μπορούν να εκμεταλλευτούν αμυδρώς συνδεδεμένους υπολογιστικούς πόρους; Και θα κινητοποιηθούν οι ιδιοκτήτες των πόρων να τους συνεισφέρουν; Αυτή τη στιγμή η ευρεία δραστηριότητα σε αυτήν την περιοχή έχει περιοριστεί σε μερικούς εσωτερικούς υπολογισμούς -όπως η αναζήτηση πρώτων αριθμών, το σπάσιμο κρυπτογραφημένων κωδίκων ή ο εντοπισμός εξωγήινης επικοινωνίας- με το πλεονέκτημα στον καθένα να είναι η διασκέδαση της συμμετοχής και η προοπτική της στιγμιαίας φήμης αν ο υπολογιστής τους λύσει το ερωτηθέν πρόβλημα.

Τελικά μπορούμε να σημειώσουμε ότι καθένα από αυτά τα σενάρια φαίνεται αρκετά πραγματοποιήσιμο. Στην πραγματικότητα σημαντικά πρωτότυπα δημιουργήθηκαν για καθένα από τα Grid με τα οποία ασχοληθήκαμε. Έτσι, περιμένουμε να δούμε όχι μόνο ένα υπολογιστικό Grid αλλά πολλά το καθένα από τα οποία θα εξυπηρετεί διαφορετική κοινότητα με τις δικές της απαιτήσεις και σκοπούς. Το ποια Grid θα εξελιχθούν εξαρτάται δραματικά από τρία θέματα: πρώτον την εξέλιξη των οικονομικών των υπολογιστών και των δικτύων και τις υπηρεσίες που αυτά τα στοιχεία φυσικού υποβάθρου θα χρησιμοποιηθούν για να προσφέρουν, δεύτερον την ιδρυματική, ρυθμιστική και πολιτική υποδομή μέσα στην οποία θα αναπτυχθούν τα Grid και τρίτον και κυριότερων την ανάκυψη εφαρμογών ικανών να κινητοποιήσουν τους χρήστες να επενδύσουν και να χρησιμοποιήσουν τις Grid τεχνολογίες.

1.4 Οι χρήστες του Grid

1.4.1 *Οι κατηγορίες χρηστών που δραστηριοποιούνται στο Grid*

Για να γίνει το Grid πραγματικά χρήσιμο χρειάζεται να προχωρήσουμε τις προγραμματιστικές του δυνατότητες από τη χαμηλού επιπέδου σαν assembly γλώσσα σε άλλες υψηλότερου επιπέδου και από τις περιορισμένες βιβλιοθήκες σε ολοκληρωμένες βιβλιοθήκες εφαρμογών. Οι στόχοι αυτοί είναι γνωστοί από το συμβατικό προγραμματισμό αλλά σε ένα περιβάλλον Grid αντιμετωπίζουμε με το επιπρόσθετο πρόβλημα της προσαρμογής των πόρων ώστε να απαντούν στις απαιτήσεις των χρηστών σε ένα ευρείας περιοχής επιχείρημα. Όπως και στο συμβατικό προγραμματισμό ένα σημαντικό βήμα προς την υλοποίηση των παραπάνω στόχων είναι η ανάπτυξη προτύπων για εφαρμογές, προγραμματιστικά μοντέλα, εργαλεία και υπηρεσίες ώστε ο να επιτευχθεί ο καταμερισμός της εργασίας ανάμεσα στους χρήστες και στους σχεδιαστές των διάφορων συστατικών μερών του Grid.

Στην προσπάθεια αυτή δραστηριοποιούνται διάφορες κατηγορίες χρηστών ή σχεδιαστών η κάθε μια με διαφορετικούς σκοπούς και επιδιώξεις. Στο χαμηλότερο επίπεδο βρίσκονται οι *σχεδιαστές του Grid* οι οποίοι είναι αυτοί που έχουν επωμιστεί με το σχεδιασμό και την υλοποίηση αυτού στο οποίο θα μπορούσαμε να αναφερθούμε ως “Grid πρωτόκολλο” -σε αναλογία με το Internet πρωτόκολλο που προφέρει τις χαμηλού επιπέδου υπηρεσίες στο Internet- και προσφέρει τις βασικές υπηρεσίες που απαιτούνται για την κατασκευή του Grid. Πάνω από αυτούς βρίσκονται οι *σχεδιαστές εργαλείων* που χρησιμοποιούν υπηρεσίες του Grid για να κατασκευάσουν προγραμματιστικά μοντέλα και σχετικά εργαλεία, δημιουργώντας υπηρεσίες υψηλότερου επιπέδου που βρίσκονται πάνω από τις βασικές υπηρεσίες που προσφέρει η Grid αρχιτεκτονική. Οι *σχεδιαστές εφαρμογών* με τη σειρά τους εργάζονται πάνω σ’ αυτά τα προγραμματιστικά μοντέλα, εργαλεία και υπηρεσίες για να κατασκευάσουν Grid εφαρμογές για τους *απλούς χρήστες* που ιδανικά μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτές τις εφαρμογές χωρίς να ενδιαφέρονται για το γεγονός ότι στην ουσία λειτουργούν σε ένα Grid περιβάλλον. Μια πέμπτη ομάδα χρηστών είναι οι *διαχειριστές του Grid* οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για τον έλεγχο των συστατικών module του Grid.

1.4.2 *Σχεδιαστές του Grid*

Μια μικρή ομάδα από σχεδιαστές είναι υπεύθυνοι για την υλοποίηση των βασικών υπηρεσιών που αναφέρθηκαν παραπάνω. Με αυτή την ομάδα και τα προβλήματα που αντιμετωπίζει θα ασχοληθούμε στο επόμενο κεφάλαιο που ασχολείται με την αρχιτεκτονική του Grid.

1.4.3 *Σχεδιαστές εργαλείων*

Η δεύτερη ομάδα χρηστών είναι οι σχεδιαστές των εργαλείων, των compilers, των βιβλιοθηκών και άλλων που υλοποιούν το προγραμματιστικό μοντέλο και τις υπηρεσίες που χρησιμοποιούν οι σχεδιαστές εφαρμογών. Ο περιορισμένος αριθμός των σχεδιαστών εργαλείων πρέπει να κατασκευάσει τα εργαλεία βασιζόμενος σε ένα πολύ στενό υπόβαθρο που αποτελείται από λίγο περισσότερα αντικείμενα απ’ ότι το Internet πρωτόκολλο. Στο μέλλον το Grid θα παρέχει ένα πλουσιότερο σετ βασικών

υπηρεσιών καθιστώντας έτσι δυνατή τη δημιουργία πιο εξελιγμένων και σταθερών εργαλείων. Αυτές οι βασικές υπηρεσίες κυρίως αποτελούνται από εκδόσεις υπηρεσιών που ήταν αποτελεσματικές στα σημερινά ολοκληρωμένα συστήματα, όπως η επικύρωση χρηστών, η διαχείριση διεργασιών, η πρόσβαση δεδομένων και η επικοινωνία και οι οποίες προστίθενται σε κάποιες νέες υπηρεσίες που αντιμετωπίζουν συγκεκριμένα προβλήματα του Grid περιβάλλοντος όπως ο κατάμερισμός πόρων, η ανίχνευση σφαλμάτων, η ασφάλεια και η ηλεκτρονική πληρωμή.

Οι σχεδιαστές εργαλείων πρέπει να χρησιμοποιούν αυτές τις βασικές υπηρεσίες για να παρέχουν αποδοτικές υλοποιήσεις των προγραμματιστικών μοντέλων που θα χρησιμοποιηθούν από τους σχεδιαστές εφαρμογών. Για την κατασκευή αυτών των μεταφράσεων ο σχεδιαστής δεν πρέπει μόνο να ασχολείται με τη μετάφραση του υπάρχοντος μοντέλου στο Grid περιβάλλον αλλά και με την αποκάλυψη στον προγραμματιστή εκείνων των πλευρών του Grid περιβάλλοντος που επηρεάζουν την απόδοση. Για παράδειγμα ένα Grid υποβοηθούμενο MPI μπορεί να αναζητήσει τη προσαρμογή στο MPI μοντέλο για Grid εκτέλεση ενσωματώνοντας ειδικευμένες τεχνικές για *point-to-point* και συλλογική επικοινωνία σε υψηλά ετερογενή συστήματα. Υλοποιήσεις συλλογικών λειτουργιών μπορούν να χρησιμοποιήσουν *multicast* πρωτόκολλα και να υιοθετήσουν μια δομή διασυνδεδεμένου δέντρου σε απάντηση στην αλλαγή του φόρτου του δικτύου. Πιθανότατα θα έπρεπε να επεκτείνει το MPI μοντέλο ώστε να παρέχει στους προγραμματιστές πρόσβαση σε υπηρεσίες εύρεσης πόρων, πληροφορίες για την τοπολογία του Grid και πρωτόκολλα επικοινωνιών μεταξύ των ομάδων.

1.4.4 Σχεδιαστές εφαρμογών

Η τρίτη ομάδα χρηστών αποτελείται από εκείνους που κατασκευάζουν Grid τμήματα και εφαρμογές. Σήμερα αυτοί οι προγραμματιστές γράφουν εφαρμογές σε μια γλώσσα που στην ουσία είναι *assembly*. Είμαστε πολύ μακριά από τις αποδοτικές, υψηλού επιπέδου γλώσσες που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη *sequential* προγραμμάτων και τις προηγμένες υπηρεσίες πάνω στις οποίες στηρίζονται οι προγραμματιστές όταν χρησιμοποιούν αυτές τις γλώσσες όπως η δυναμική διαχείριση μνήμης και υψηλού επιπέδου I/O βιβλιοθήκες.

Τα μελλοντικά Grid θα χρειαστεί να αντιμετωπίσουν τις ανάγκες των σχεδιαστών εφαρμογών με δύο τρόπους. Πρέπει να παρέχουν προγραμματιστικά μοντέλα (υποστηριζόμενα από γλώσσες, βιβλιοθήκες και εργαλεία) που είναι κατάλληλα για Grid περιβάλλοντα και μια σειρά από υπηρεσίες (για ασφάλεια, ανίχνευση λαθών, διαχείριση πόρων, πρόσβαση δεδομένων κ.α.) τις οποίες οι προγραμματιστές θα μπορούν να καλούν όταν αναπτύσσουν εφαρμογές.

Ο σκοπός τόσο των προγραμματιστικών μοντέλων όσο και των υπηρεσιών είναι να απλουστεύσουν τον τρόπο σκέψης για την υλοποίηση σύνθετων αλγοριθμικών δομών προσφέροντας ένα αφαιρετικό σετ εργαλείων που κρύβουν λεπτομέρειες άσχετες με την εφαρμογή ενώ αποκαλύπτουν σχεδιαστικές αποφάσεις που έχουν σημαντική επίδραση στην απόδοση και την ορθότητα του προγράμματος. Στον *sequential* προγραμματισμό συχνά χρησιμοποιούμενα προγραμματιστικά μοντέλα παρέχουν αφαιρέσεις όπως είναι οι υπορουτίνες και η εμβέλεια. Στον παράλληλο προγραμματισμό έχουμε *threads* και μεταβλητές συστήματος, καταναμημένους πίνακες και ειδικού σκοπού μεταβλητές. Σχετικές υπηρεσίες διαβεβαιώνουν ότι οι πόροι έχουν ανατεθεί σε διεργασίες με λογικό τρόπο.

Δεν υπάρχει συμφωνία για το τι προγραμματιστικό μοντέλο είναι κατάλληλο για Grid παρόλο που είναι φανερό ότι πολλά μοντέλα θα χρησιμοποιηθούν. Μια προσέγγιση είναι να υιοθετήσουμε μοντέλα που έχουν ήδη δοκιμαστεί επιτυχώς σε sequential η παράλληλα περιβάλλοντα. Για παράδειγμα ένα καταναμημένο σύστημα διαμοίρασης μνήμης (DSM Distributed Shared Memory) θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως προγραμματιστικό μοντέλο διαμοίρασης μνήμης σε ένα Grid περιβάλλον επιτρέποντας στους προγραμματιστές να καθορίσουν τον παραλληλισμό ως threads και λειτουργίες διαμοίρασης μνήμης. Αυτού του είδους η προσέγγιση έχει το πλεονέκτημα ότι υπάρχουσες εφαρμογές έχουν τη δυνατότητα να ξαναχρησιμοποιηθούν αναλλοίωτες, όμως μπορούν να εισάγουν σοβαρά προβλήματα στην απόδοση αν τα εν λόγω μοντέλα δεν προσαρμοστούν στα δυναμικά, ετερογενή, high-latency Grid περιβάλλοντα.

Μια άλλη προσέγγιση είναι να χτίσουμε πάνω σε τεχνολογίες που αποδείχθηκαν αποτελεσματικές στα καταναμημένα συστήματα όπως το RPC (Remote Procedure Call). Αυτές οι τεχνολογίες έχουν σαφή πλεονεκτήματα στο λογισμικό επειδή οι ιδιότητες τους περικλείουν την τμηματική κατασκευή και την επαναχρησιμοποίηση υπαρχόντων τμημάτων. Ωστόσο παραμένει ανεξακρίβωτο αν αυτά τα μοντέλα μπορούν να υποστηρίξουν προσεγγισμένη λειτουργία, πολύπλοκες εφαρμογές όπως teleimmersion ή την κατασκευή δυναμικών υπολογισμών που εκτείνονται σε εκατοντάδες ή χιλιάδες επεξεργαστές.

Το Grid περιβάλλον μπορεί επίσης να ωθήσει τη δημιουργία νέων προγραμματιστικών μοντέλων και υπηρεσιών. Για παράδειγμα υπολογιστικά συστήματα υψηλής απόδοσης υποστηρίζουν μεθόδους επίλυσης προβλημάτων όπως μελέτες παραμέτρων στις οποίες πολύπλοκα προβλήματα χωρίζονται σε πολλά ανεξάρτητα κομμάτια. Τα συστήματα επικοινωνίας αποτελούν ένα άλλο σημαντικό μοντέλο για τα δυναμικά, απρόβλεπτα Grid περιβάλλοντα. Αυτά προσφέρουν υπηρεσίες για τη διαχείριση ομάδων διεργασιών και για την αξιόπιστη παράδοση μηνυμάτων στα μέλη της ομάδας. Ένα άλλο προγραμματιστικό μοντέλο που ταιριάζει αρκετά καλά στα Grid περιβάλλοντα είναι το Agent-based προγραμματιστικό μοντέλο. Εδώ τα προγράμματα κατασκευάζονται ως ανεξάρτητες οντότητες που διατρέχουν το δίκτυο ψάχνοντας για δεδομένα ή εκτελώντας άλλες εργασίες για κάποιον χρήστη.

Περιμένουμε ότι αρκετές νέες υπηρεσίες θα δημιουργηθούν στα Grid περιβάλλοντα που θα υποστηρίζουν την ανάπτυξη πιο πολύπλοκων εφαρμογών. Επιπροσθέτως σε υπηρεσίες του Grid αντίστοιχες με συμβατικές όπως τα file systems θα δούμε νέες υπηρεσίες για ανεύρεση πόρων, ηλεκτρονική πληρωμή, ανίχνευση και διόρθωση σφαλμάτων, configuration διαχείριση καταναμημένων συστημάτων και πολλές άλλες.

1.4.5 Απλοί χρήστες

Οι περισσότεροι χρήστες του Grid όπως και των υπολογιστών και των δικτύων δε γράφουν προγράμματα. Αντίθετα χρησιμοποιούν Grid εφαρμογές που κάνουν χρήση των Grid πόρων και υπηρεσιών. Αυτές οι εφαρμογές μπορεί να είναι πακέτα χημείας ή περιβαλλοντικά μοντέλα που χρησιμοποιούν Grid πόρους για υπολογισμό δεδομένων ή πακέτα επίλυσης προβλημάτων που βοηθούν στην παραμετροποίηση πειραμάτων ή μαθηματικά πακέτα επαυξημένα με κλήσεις σε δικτυακούς λύτες ή μηχανιστικά πακέτα που επιτρέπουν σε γεωγραφικά καταναμημένους χρήστες να συνεργαστούν για τη σχεδίαση πολύπλοκων συστημάτων.

Οι απλοί χρήστες τυπικά θέτουν αυστηρές απαιτήσεις στα εργαλεία τους με σκοπό την αξιοπιστία, την προβλεψιμότητα, την εμπιστευτικότητα και τη χρησιμότητα. Η κατασκευή εφαρμογών που θα μπορούν να απαντούν σ' αυτές τις απαιτήσεις σε πολύπλοκα Grid περιβάλλοντα καθιστά μια σπουδαία ερευνητική πρόκληση.

1.4.6 Διαχειριστές του Grid

Η τελευταία ομάδα χρηστών με την οποία θα ασχοληθούμε είναι οι διαχειριστές συστήματος που πρέπει να ελέγχουν το υπόβαθρο πάνω στο οποίο λειτουργούν τα Grid. Η εργασία αυτή είναι δύσκολη εξαιτίας του μεγάλου βαθμού διαμοίρασης τον οποίο έχουν σχεδιαστεί να υποστηρίζουν τα Grid. Οι κοινότητες των χρηστών και των πόρων που σχετίζονται με ένα Grid συχνά καλύπτουν πολλές περιοχές διαχειριστών και έτσι νέες υπηρεσίες θα προκύψουν που θα απαιτούν κατανεμημένη διαχείριση. Επιπλέον μεμονωμένοι πόροι μπορούν να συμμετέχουν σε διαφορετικά Grid το καθένα με τη δική του κοινότητα χρηστών, πολιτική πρόσβασης κ.λ.π. Για να είναι ένα Grid αποτελεσματικό κάθε συμμετέχων πόρος πρέπει να διευθύνεται έτσι ώστε επιτυγχάνεται κατάλληλη ισορροπία ανάμεσα στην τοπική πολιτική απαιτήσεων και στις ανάγκες της γενικότερης Grid κοινότητας. Αυτό το πρόβλημα έχει μια σαφή πολιτική διάσταση και νέες τεχνικές χρήσεις απαιτούνται.

Η προηγούμενη εμπειρία από το Internet επισημαίνει ότι δύο κλειδιά για την κλιμάκωση όταν διαχειριζόμαστε μεγάλα κατανεμημένα συστήματα είναι η αποκέντρωση της διαχείρισης και η αυτοματοποίηση trans-site θεμάτων. Για παράδειγμα ονόματα και διαδρομές διαχειρίζονται τοπικά ενώ βασικές trans-site υπηρεσίες όπως η ανεύρεση διαδρομών και η επίλυση ονομάτων είναι αυτοματοποιημένες. Τα Grid θα απαιτούν μια νέα γενιά εργαλείων για τον αυτόματο έλεγχο και χειρισμό πολλών εργασιών που τώρα διαχειρίζονται χειρωνακτικά.

Νέα θέματα διαχείρισης που ανακύπτουν στα Grid περιλαμβάνουν εγκατάσταση, καταγραφή και επιβολή τοπικών πολιτικών σε περιπτώσεις, όπου οι χρήστες είναι πολλοί και δυναμικοί, διαπραγμάτευσης πολιτικών με άλλα site και χρήστες, χρέωσης και πληρωμής λογαριασμών και εγκατάστασης και διαχείρισης αγορών και άλλων ανταλλαγής πόρων μηχανισμών. Υπάρχουν ενδιαφέροντες παραλληλισμοί ανάμεσα σε αυτά τα προβλήματα και στα θέματα διαχείρισης που αναδύονται στις ηλεκτρικές και τραπεζικές βιομηχανίες.

Κεφάλαιο 2 – Αρχιτεκτονική

2.1 Βασικές Υπηρεσίες

2.1.1 Περιγραφή της Αρχιτεκτονικής

Όπως είδαμε και παραπάνω τα υπολογιστικά Grid θα δημιουργηθούν για την κάλυψη διαφόρων αναγκών και απαιτήσεων διαφορετικών κοινοτήτων. Έτσι φαίνεται απίθανο να δούμε μόνο μια Grid αρχιτεκτονική. Ωστόσο πιστεύουμε ότι μπορούμε να αναγνωρίσουμε ορισμένες βασικές υπηρεσίες που τα περισσότερα Grid πρέπει να προσφέρουν με διαφορετικά Grid να υιοθετούν διαφορετικές προσεγγίσεις στην υλοποίηση αυτών των υπηρεσιών.

Ένας από τους σημαντικότερους οδηγούς για τις τεχνικές υλοποίησης Grid υπηρεσιών είναι η κλίμακα. Το υπολογιστικό υπόβαθρο όπως και άλλα υπόβαθρα αποτελείται από πολλά τμήματα που είναι μερικές φορές ίδια μεταξύ τους σε διαφορετικές κλίμακες. Έχουμε δίκτυα μεταξύ χωρών, οργανισμών, clusters, και υπολογιστών, μεταξύ τμημάτων των υπολογιστών και ορισμένες φορές ακόμα μέσα και σε μεμονωμένα τμήματα. Παρ' όλα αυτά σε διαφορετικές κλίμακες συχνά εργαζόμαστε με διαφορετικά φυσικά, οικονομικά και πολιτικά καθεστάτα. Για παράδειγμα οι λύσεις ελέγχου πρόσβασης στην αρτηρία συστήματος ενός laptop πιθανότατα δεν είναι κατάλληλες για ένα υπερατλαντικό καλώδιο. Παρακάτω υιοθετούμε την κλίμακα ως την κύρια διάσταση της σύγκρισης και ασχολούμαστε με τέσσερα συστήματα αυξανόμενης κλίμακας και πολυπλοκότητας ρωτώντας δύο ερωτήσεις: Τι νέα θέματα εισάγει αυτή η αύξηση της κλίμακας; Και πως αυτά τα νέα θέματα επηρεάζουν τις βασικές υπηρεσίες που προσφέρουμε. Τα συστήματα αυτά είναι τα εξής:

1. Τα τελικά συστήματα παρέχουν το καλύτερο μοντέλο που έχουμε για τα υπολογιστικά συστήματα επειδή είναι αυτά στα οποία έχει επικεντρωθεί η έρευνα και η ανάπτυξη τα τελευταία 40 χρόνια.
2. Τα cluster εισάγουν νέα θέματα παραλληλισμού και κατανεμημένης διαχείρισης μολονότι πρόκειται για ομογενή συστήματα.
3. Τα intranet συστήματα εισάγουν επιπρόσθετα θέματα ετερογένειας και γεωγραφικής κατανομής.
4. Τα internet συστήματα εισάγουν θέματα που συσχετίζονται με την έλλειψη κεντρικού ελέγχου.

2.1.2 Περιγραφή των βασικών υπηρεσιών

Ξεκινάμε την περιγραφή της αρχιτεκτονικής ανατρέχοντας στις βασικές υπηρεσίες που προσφέρονται στους συμβατικούς υπολογιστές. Αυτό το κάνουμε επειδή πιστεύουμε ότι υπηρεσίες που έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικές κατά τη διάρκεια αρκετών χρόνων συμβατικού υπολογισμού θα είναι επιθυμητές στα Grid. Τα Grid περιβάλλοντα απαιτούν επιπλέον υπηρεσίες, όμως ισχυριζόμαστε ότι σε ένα

ικανοποιητικό βαθμό, η ανάπτυξη του Grid θα ασχολείται με την επέκταση γνωστών δυνατοτήτων στις πιο πολύπλοκες ευρείες περιοχές του.

Το πρώτο βήμα σε έναν υπολογισμό που εμπεριέχει διαμοίραση πόρων είναι μια διαδικασία επικύρωσης η οποία είναι σχεδιασμένη για να εγκαθιδρύσει την ταυτότητα του χρήστη. Μετά ακολουθεί η διαδικασία εξουσιοδότησης η οποία εγκαθιστά το δικαίωμα του χρήστη να δημιουργεί οντότητες που καλούνται διεργασίες. Μια διεργασία αποτελείται από ένα ή περισσότερα threads ελέγχου που δημιουργήθηκαν είτε για συναίνεση είτε για παραλληλισμό και εκτελούνται σε ένα διαμοιραζόμενο χώρο διεθύνσεων. Μια διεργασία μπορεί επίσης να επικοινωνεί με άλλες διεργασίες μέσω διαφόρων τρόπων όπως διαμοιραζόμενη μνήμη (σημαφόροι και κλειδιά), διασώληνωση, και πρωτόκολλα όπως το TCP/IP.

Ένας χρήστης (ή μια διεργασία που εκτελείται εκ μέρους κάποιου χρήστη) μπορεί να ελέγχει τις δραστηριότητες σε μια άλλη διεργασία -για παράδειγμα να αναστέλλει, να ανακτά ή να τερματίζει την εκτέλεσή της. Ο έλεγχος αυτός επιτυγχάνεται με τη μέθοδο της ασύγχρονης παράδοσης σημάτων.

Μια διεργασία δρα εκ μέρους του δημιουργού της για την απόκτηση πόρων εκτελώντας εντολές, καταλαμβάνοντας μνήμη, διαβάζοντας από και γράφοντας σε δίσκους, στέλνοντας και λαμβάνοντας μηνύματα κ.λ.π. Η ικανότητα μιας διεργασίας να αποκτήσει πόρους περιορίζεται από υποκείμενους μηχανισμούς εξουσιοδότησης οι οποίοι υλοποιούν ένα σύστημα πολιτικής ανάθεσης πόρων που λαμβάνει υπόψη την ταυτότητα του χρήστη, προηγούμενη κατανάλωση πόρων και άλλα κριτήρια. Οι μηχανισμοί χρονοδρομολόγησης αντιμετωπίζουν ανταγωνιστικές απαιτήσεις για πόρους και μπορούν (για παράδειγμα σε συστήματα πραγματικού χρόνου) να υποστηρίξουν αιτήματα χρηστών για εγγυήσεις απόδοσης.

Υποκείμενοι μηχανισμοί απολογισμού καταγράφουν την κατανάλωση και ανάθεση πόρων και μηχανισμοί πληρωμής μεταφράζουν την κατανάλωση πόρων σε κάποιο κοινό νόμισμα. Το υποκείμενο σύστημα θα παρέχει επίσης μηχανισμούς προστασίας για τη διασφάλιση της διάκρισης των διεργασιών μεταξύ των χρηστών.

Άλλες υπηρεσίες παρέχουν αφαιρέσεις για δευτερεύουσα αποθήκευση. Για αυτήν την εικονική μνήμη άμεσες υλοποιήσεις αποτελούν τα συστήματα αρχείων και οι βάσεις δεδομένων.

2.1.3 Τελικά συστήματα

Μεμονωμένα τελικά συστήματα -υπολογιστές, συστήματα αποθήκευσης, αισθητήρες και άλλες συσκευές- χαρακτηρίζονται από τη σχετικά μικρή τους κλίμακα και από το μεγάλο βαθμό ομοιογένειάς τους. Τυπικά υπάρχουν μόνο μερικές δεκάδες από συστατικά μέρη (επεξεργαστές, δίσκοι, κ.τ.λ.) τα οποία είναι κυρίως του ίδιου τύπου και τα άλλα τμήματα και το λογισμικό που τα ελέγχει έχουν σχεδιαστεί να απλοστεύουν τη διαχείριση και τη χρήση και να βελτιστοποιούν την απόδοση.

Αυτά τα τελικά συστήματα απεικονίζουν τα απλούστερα και περισσότερο μελετημένα περιβάλλοντα στα οποία προσφέρονται οι υπηρεσίες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Οι βασικές αρχές που αντιμετωπίζουν οι σχεδιαστές μελλοντικών συστημάτων αυτού του τύπου σχετίζονται με την αλλαγή της αρχιτεκτονικής των υπολογιστών (συγκεκριμένα, παράλληλη αρχιτεκτονική) και με την ανάγκη υλοποίησης τελικών συστημάτων μέσα σε clusters, intranets και internets.

Η αρχιτεκτονικές λογισμικού που έχουν χρησιμοποιηθεί σε συμβατικά τελικά συστήματα είναι ευρέως γνωστές [8]. Οι βασικές υπηρεσίες παρέχονται από προνομιούχα λειτουργικά συστήματα που έχουν τον απόλυτο έλεγχο πάνω στους πόρους του υπολογιστή. Αυτά τα λειτουργικά συστήματα ελέγχουν την επικύρωση

και μεσολαβούν για αιτήσεις απόκτησης πόρων από τις διεργασίες των χρηστών, επικοινωνούν με άλλες διεργασίες, έχουν πρόσβαση σε αρχεία κ.α. Η ολοκληρωμένη φύση του υλικού και των λειτουργικών συστημάτων επιτρέπει υψηλής απόδοσης υλοποιήσεις σημαντικών συναρτήσεων όπως η εικονική μνήμη και οι εργασίες I/O. Οι προγραμματιστές αναπτύσσουν εφαρμογές για αυτά τα τελικά συστήματα χρησιμοποιώντας μια ποικιλία από υψηλού επιπέδου γλώσσες και εργαλεία. Ένας μεγάλος βαθμός ολοκλήρωσης ανάμεσα στην αρχιτεκτονική του επεξεργαστή, τα συστήματα μνήμη και τον compiler σημαίνει ότι υψηλή απόδοση μπορεί συχνά να επιτευχθεί με σχετικά μικρή προγραμματιστική προσπάθεια.

2.1.4 Clusters

Η δεύτερη ομάδα από συστήματα τα οποία εξετάζουμε είναι τα cluster ή δίκτυα σταθμών εργασίας: μια συλλογή από υπολογιστές συνδεδεμένοι με ένα υψηλής ταχύτητας τοπικό δίκτυο σχεδιασμένο να χρησιμοποιηθεί ως υπολογιστικός ή επεξεργασίας δεδομένων πόρος. Ένα cluster όπως ένα μεμονωμένο τελικό σύστημα είναι μια ομογενής οντότητα -τα συστατικά του συστήματα διαφέρουν κυρίως στη διαμόρφωση και όχι τη βασική αρχιτεκτονική- και ελέγχονται από μία διαχειριστική οντότητα που έχει πλήρη έλεγχο πάνω σε κάθε τελικό σύστημα. Οι δύο βασικοί παράγοντες πολυπλοκότητας που εισάγει το cluster είναι οι εξής:

1. *Αυξημένη φυσική κλίμακα:* Ένα cluster μπορεί να αποτελείται από αρκετές εκατοντάδες ή χιλιάδες επεξεργαστές με αποτέλεσμα ότι εναλλακτικοί αλγόριθμοι χρειάζονται για διαχείριση πόρων και την υλοποίηση των συναρτήσεων ελέγχου.
2. *Μειωμένη ολοκλήρωση:* Η επιθυμία να κατασκευάσουμε cluster από φυσικά τμήματα σημαίνει ότι τα cluster είναι συχνά λιγότερο ολοκληρωμένα από τα τελικά συστήματα. Μια επίπτωση αυτού είναι η μειωμένη απόδοση ορισμένων συναρτήσεων (π.χ. επικοινωνία).

Η αυξημένη κλίμακα και η μειωμένη υλοποίηση των cluster περιβαλλόντων καθιστούν την υλοποίηση ορισμένων υπηρεσιών περισσότερη δύσκολη και επιπλέον εισάγουν την ανάγκη για νέες υπηρεσίες που δε χρειάζονται σε ένα μεμονωμένο τελικό σύστημα. Το αποτέλεσμα αυτών τείνει να είναι είτε σημαντική μείωση της απόδοσης (και επομένως εύρος εφαρμογών) ή αρχιτεκτονικές λογισμικού που μεταβάλλουν και/ή επεκτείνουν τα λειτουργικά συστήματα των τελικών συστημάτων με όχι αμελητέους τρόπους.

Θα χρησιμοποιήσουμε το πρόβλημα της υψηλής απόδοσης παράλληλης εκτέλεσης για να δείξουμε τα θέματα που μπορεί να προκύψουν όταν θέλουμε να προσφέρουμε παρόμοιες υπηρεσίες με τα τελικά συστήματα στα cluster. Σε ένα πολυεπεξεργαστικό τελικό σύστημα η υψηλής απόδοσης παράλληλη εκτέλεση τυπικά επιτυγχάνεται είτε χρησιμοποιώντας ειδικευμένες επικοινωνιακές βιβλιοθήκες όπως η MPI ή δημιουργώντας πολλά threads που επικοινωνούν διαβάζοντας από και γράφοντας σε ένα διαμοιραζόμενο χώρο διευθύνσεων.

Τόσο η μετάδοση μηνυμάτων όσο και τα προγραμματιστικά μοντέλα διαμοιραζόμενης μνήμης μπορούν να υλοποιηθούν σε ένα cluster. Η μετάδοση μηνυμάτων είναι αρκετά ευθύς στην υλοποίησή της καθώς τα συστατικά συστήματα από τα οποία αποτελείται το cluster τυπικά υποστηρίζουν τουλάχιστον το TCP/IP επικοινωνιακό πρωτόκολλο. Η διαμοιραζόμενη μνήμη απαιτεί επιπρόσθετη

προσπάθεια: σε ένα τελικό σύστημα οι μηχανισμοί του υλικού διασφαλίζουν ένα ομοιόμορφο χώρο διευθύνσεων για όλα τα threads, αλλά σε ένα cluster αντιμετωπίζουμε πολλούς χώρους διευθύνσεων. Μια προσέγγιση σε αυτό το πρόβλημα είναι η υλοποίηση μιας λογικής διαμοιραζόμενης μνήμης προσφέροντας μηχανισμούς λογισμικού για τη μετάφραση ανάμεσα σε τοπικές και καθολικές διευθύνσεις εξασφαλίζοντας συνέπεια μεταξύ διαφορετικών στιγμιότυπων των δεδομένων κ.λ.π. Μια ποικιλία από τέτοια καταναμημένα συστήματα διαμοιραζόμενης μνήμης υπάρχει διαφέροντας ανάλογα με το βαθμό στον οποίο επιτρέπεται η διαμοίραση.

Γίνεται επομένως φανερό ότι στα cluster η υλοποίηση υπηρεσιών που θεωρούνται δεδομένες στα τελικά συστήματα απαιτούν νέες προσεγγίσεις στην σχεδίαση των υπάρχοντων υπηρεσιών και ανάπτυξη εξολοκλήρου νέων υπηρεσιών. Η πολυπλοκότητα των νέων προσεγγίσεων και υπηρεσιών όπως και ο αριθμός των τροποποιήσεων που απαιτούνται να γίνουν στα συστατικά μέρη των cluster τείνει να αυξάνεται αναλογικά με τις απαιτήσεις αποδοτικότητας.

2.1.5 Intranets

Η τρίτη ομάδα συστημάτων με την οποία θα ασχοληθούμε είναι τα intranet, ένα Grid που αποτελείται από ένα δυνάμει μεγάλο αριθμό πόρων που ωστόσο ανήκουν σε ένα μεμονωμένο οργανισμό. Όπως και τα cluster έτσι και τα intranet μπορούν να αναλάβουν κεντρικό διαχειριστικό έλεγχο και ως εκ τούτου ένα μεγάλο βαθμό συντονισμού των πόρων. Οι τρεις βασικοί παράγοντες πολυπλοκότητας που εισάγουν τα intranet είναι:

1. *Ετερογένεια*: Τα τελικά συστήματα και τα δίκτυα που χρησιμοποιούν τα intranet είναι σχεδόν πάντα διαφορετικών τύπων και δυνατοτήτων. Δε μπορούμε να υποθέσουμε μια μοναδική αναπαράσταση απέναντι σε όλα τα τελικά συστήματα.
2. *Ξεχωριστή διαχείριση*: Μεμονωμένα συστήματα θα διαχειρίζονται ξεχωριστά. Αυτό εισάγει επιπρόσθετη ετερογένεια και την ανάγκη για διαπραγματέυση μεταξύ πιθανά αντικρουόμενων πολιτικών.
3. *Έλλειψη γενικής γνώσης*: Μια συνέπεια των δύο πρώτων παραγόντων και του αυξημένου αριθμού των τελικών συστημάτων είναι ότι δεν είναι πιθανό γενικά για οποιοδήποτε άνθρωπο ή υπολογισμό να έχουν ακριβή γενική γνώση της δομής ή της κατάστασης του συστήματος.

Οι τεχνολογίες λογισμικού που απασχολούνται στα intranet εστιάζονται κυρίως στα προβλήματα της φυσικής και διαχειριστικής ετερογένειας. Το αποτέλεσμα είναι τυπικά ένα απλούστερο, λιγότερο στενά ολοκληρωμένο σετ από υπηρεσίες απ' ότι σε ένα τυπικό cluster. Συχνά οι υπηρεσίες που προσφέρονται ασχολούνται πρωτίστως με τη διαμοίραση των δεδομένων (π.χ. καταναμημένα συστήματα αρχείων, βάσεις δεδομένων, δικτυακές υπηρεσίες) ή με τη προσφορά πρόσβασης σε εξειδικευμένες υπηρεσίες αντί με την υποστήριξη της συγχρονισμένης χρήσης πολλαπλών πόρων. Η πρόσβαση σε μη τοπικούς πόρους συχνά απαιτεί τη χρήση απλών υψηλού επιπέδου διεπαφών σχεδιασμένες για "arm's-length" λειτουργίες σε περιβάλλοντα στα οποία κάθε λειτουργία μπορεί να περιλαμβάνει επικύρωση, μετατροπή σχηματισμών, έλεγχο σφαλμάτων και λειτουργίες λογαριασμών. Παρ' όλα αυτά κεντρική διαχείριση

ελέγχου δε σημαίνει ότι ένας συγκεκριμένος βαθμός ομοιογένειας μηχανισμών και διεπαφών μπορεί να επιτευχθεί. Για παράδειγμα όλες οι μηχανές μπορεί να χρειαστεί να χρησιμοποιήσουν ένα συγκεκριμένο καταναμημένο σύστημα αρχείων ή batch χρονοδρομολογητή ή μπορεί να τοποθετηθούν πίσω από ένα firewall απλουστεύοντας έτσι λύσεις ασφαλείας.

Η μεγάλη ετερογένεια, κλίμακα και κατανομή των intranet περιβαλλόντων εισάγουν επίσης την ανάγκη για υπηρεσίες που δε χρειάζονται στα cluster. Για παράδειγμα μηχανισμοί ανεύρεσης πόρων μπορεί να χρειάζονται για την υποστήριξη της εύρεσης του ονόματος, της τοποθεσίας και άλλων χαρακτηριστικών των πόρων που είναι εκείνη τη στιγμή διαθέσιμες στο δίκτυο. Ένα μειωμένο επίπεδο εμπιστοσύνης και μεγαλύτερη έκθεση σε εξωγενείς απειλές μπορούν να κινητοποιήσουν τη χρήση εξελιγμένων τεχνολογιών ασφάλειας. Εδώ μπορούμε μόνο να εκμεταλλευτούμε τον περιορισμένο κεντρικό έλεγχο που μπορεί να προσφέρει ένας γονικός μηχανισμός.

2.1.6 Internets

Η τελευταία ομάδα συστημάτων με τα οποία θα ασχοληθούμε είναι και η πιο ενδιαφέρουσα στην εφαρμογή του δικτυακού υπολογισμού γιατί αφορά δικτυακά συστήματα που εκτείνονται σε πολλούς οργανισμούς. Όπως και τα intranet τα internet τείνουν να είναι μεγάλα και ετερογενή. Οι τρεις παράγοντες που πολυπλοκότητας που εισάγει ένα internet είναι:

1. *Έλλειψη κεντρικού ελέγχου:* Δεν υπάρχει κεντρική αρχή για να επιβάλλει λειτουργικές πολιτικές ή για να διασφαλίσει την ποιότητα των πόρων και έτσι βλέπουμε μεγάλες διακυμάνσεις τόσο σε πολιτικές όσο και σε ποιότητα.
2. *Γεωγραφική κατανομή:* Τα internet τυπικά διασυνδέουν πόρους που είναι ευρέως γεωγραφικά καταναμημένοι. Αυτή η κατανομή οδηγεί σε δικτυακά χαρακτηριστικά απόδοσης σημαντικά διαφορετικά από εκείνα των cluster ή intranet τοπικών δικτύων ή δικτύων μητροπολιτικών περιοχών. Όχι μόνο η καθυστέρηση εξαρτάται αναλογικά με την απόσταση αλλά και η διχοτόμηση του εύρους ζώνης συνιστά ότι διαθέσιμο εύρος ζώνης τείνει να φθίνει γραμμικά με την απόσταση ως αποτέλεσμα του αυξανόμενου ανταγωνισμού για μακρινούς συνδέσμους.
3. *Διεθνή θέματα:* Αν ένα Grid εκτείνεται πέρα από διεθνή σύνορα έλεγχοι εξαγωγών μπορεί να περιορίζουν τις τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ασφάλεια και άλλα.

Η κλίμακα του internet περιβάλλοντος και η απουσία κεντρικού ελέγχου έχουν μέχρι τώρα εμποδίσει την επιτυχή ευρεία προσφορά Grid υπηρεσιών. Προσεγγίσεις που είναι αποδοτικές στα intranet συχνά δε δουλεύουν εξαιτίας της αυξημένης κλίμακας και της απουσίας κεντρικής διαχείρισης. Οι υποθέσεις που μπορεί να κάνει ένας χρήστης ή ένας πόρος για κάποιον άλλο μειώνονται ακόμα περισσότερο, μια κατάσταση που μπορεί να οδηγήσει στην ανάγκη υλοποίησης τεχνικών βασισμένων στην εύρεση και τη διαπραγμάτευση.

Θα χρησιμοποιήσουμε ένα παράδειγμα για να δείξουμε πως το internet περιβάλλον μπορεί να χρειαστεί νέες προσεγγίσεις. Σε ένα intranet είναι λογικό να θεωρήσουμε ότι κάθε χρήστης έχει εγκαταστήσει μια σχέση εμπιστοσύνης με κάθε

πόρο που επιθυμεί να προσπελάσει. Στα πιο ανοιχτά internet περιβάλλοντα αυτή η υπόθεση γίνεται απείθαρχη εξαιτίας του απόλυτου αριθμού των πιθανών σχέσεων από διεργασία σε πόρο. Το πρόβλημα αυτό οξύνεται από τη δυναμική και πρόσκαιρη φύση του υπολογισμού που κάνει κάθε έμμεση αναπαράσταση αυτών των σχέσεων αδύνατη. Ελεύθερη ροή αλληλεπίδρασης ανάμεσα σε υπολογισμούς και πόρους απαιτεί πιο δυναμικές προσεγγίσεις στην επικύρωση και στον έλεγχο πρόσβασης. Μια υποψήφια λύση είναι η εισαγωγή της ιδέας μεταβίβασης εμπιστοσύνης σε σχέσεις ασφάλειας που σημαίνει: εισάγουμε μηχανισμούς που επιτρέπουν σε ένα οργανισμό A να εμπιστεύεται ένα χρήστη U επειδή ο U έχει την εμπιστοσύνη ενός δεύτερου οργανισμού B, με τον οποίο ο A έχει μια επίσημη σχέση. Ωστόσο η ανάπτυξη τέτοιων μηχανισμών παραμένει ένα ερευνητικό πρόβλημα.

2.2 Ασφάλεια

2.2.1 *Απαιτήσεις ασφαλείας*

Η ανάπτυξη και η δημιουργία των υπολογιστικών Grid θα έχει σοβαρές επιπτώσεις στην ασφάλεια των κατανεμημένων συστημάτων. Οι αμυντικοί μηχανισμοί στα υπάρχοντα συστήματα εστιάζουν στην προστασία του συστήματος από τους χρήστες του και στην προστασία των δεδομένων που διατηρούνται από το σύστημα για λογαριασμό ενός χρήστη από τους άλλους. Παρόλο που αυτού του είδους η ασφάλεια παραμένει σημαντική για τις Grid εφαρμογές αυτά εισάγουν επιπλέον απαιτήσεις για προστασία εφαρμογών και δεδομένα χρηστών από τα συστήματα στα οποία θα εκτελεστεί ένα μέρος των υπολογισμών. Επιπλέον επειδή ο εκτελέσιμος κώδικας μπορεί να προκύψει από πολλά σημεία σε ένα δίκτυο υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα για εκτέλεση κακόβουλου κώδικα, απαιτώντας ισχυρότερες μεθόδους για την επαλήθευση της προέλευσης και της αυθεντικότητας του κώδικα και μέσα για τον περιορισμό της εκτέλεσής του. Επειδή οι πόροι του Grid διαχειρίζονται από πολλούς οργανισμούς συχνά με διαφορετικές απαιτήσεις και πιθανότατα αντικρουόμενες πολιτικές ασφαλείας η διαχείριση της ασφαλείας για αυτά τα συστήματα είναι δύσκολη.

Στο υψηλότερο επίπεδο οι απαιτήσεις ασφαλείας για ένα οποιοδήποτε σύστημα περιλαμβάνουν την αποτροπή της μη εξουσιοδοτημένης αποκάλυψης ή τροποποίησης των δεδομένων και τη διασφάλιση της συνεχούς λειτουργίας του συστήματος. Τα συστήματα διαφέρουν στην πολιτική που καθορίζει πότε επιτρέπεται η πρόσβαση και η τροποποίηση και διαφέρουν επίσης στους τρόπους των επιθέσεων που υπόκεινται. Επειδή τα Grid τυπικά εκτείνονται σε πολλούς οργανισμούς και σε μερικές περιπτώσεις ακόμα και σε διαφορετικές χώρες με διαφορετικούς νόμους οι απαιτήσεις ασφαλείας μπορεί να διαφέρουν από το ένα μέρος του συστήματος στο άλλο. Για τα περισσότερα συστήματα ωστόσο στις απαιτήσεις ασφαλείας περιλαμβάνεται η επικύρωση και η εξουσιοδότηση.

2.2.2 *Επικύρωση*

Η επικύρωση είναι η διαδικασία με την οποία πιστοποιούμε την ταυτότητα ενός συμμετέχοντος σε μια λειτουργία ή αίτηση. Ένα principal είναι μια οντότητα που η ταυτότητά της πιστοποιείται με την επικύρωση και υπό την εξουσία του οποίου η λειτουργία εκτελείται η εξουσιοδοτείται. Το principal μπορεί να είναι ο χρήστης που

έχει εισέλθει σε ένα απομακρυσμένο σύστημα και εκ μέρους του οποίου η εφαρμογή τρέχει, μπορεί να είναι ένας τοπικός χρήστης που χρησιμοποιεί ένα server ή μπορεί να είναι ο server από μόνος του.

Σε υπάρχοντα συστήματα οι απαιτήσεις για επικύρωση συγκεντρώνονται στον πελάτη καθώς ο στόχος της ασφάλειας σε αυτά τα συστήματα είναι η προστασία του (servers) από τους χρήστες. Στα Grid συστήματα η αμοιβαία επικύρωση για τον server είναι εξίσου σημαντική, ώστε να διασφαλίσουμε ότι οι πόροι και τα δεδομένα που παρέχονται από το server δεν παρέχονται στην πραγματικότητα από κάποιον που εκτελεί μια επίθεση. Η επικύρωση του χρήστη και του server προσφέρει πιστοποίηση ότι το principal η ακριβέστερα η διαδικασία που διαθέτει κάποιο αντικείμενο ή μυστικό που διαχειρίζεται από το principal είναι ένας ενεργός συμμετοχος σε μια συναλλαγή με πρωτόκολλο την ώρα που εκτελείται η επικύρωση.

Η επικύρωση προέλευσης δεδομένων προσφέρει πιστοποίηση ότι ένα συγκεκριμένο μήνυμα, ή μονάδα δεδομένων ή εκτελέσιμο αντικείμενο προέρχεται από ένα συγκεκριμένο principal και καθιστά ικανό τον καθορισμό της προέλευσης ενός εισερχόμενου προγράμματος. Αυτή η πληροφορία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καθορίσει αν ένα πρόγραμμα τροποποιήθηκε ή αν στάλθηκε από κάποιον που κάνει επίθεση για να θέσει σε κίνδυνο τους πόρους στους οποίους αυτό έχει πρόσβαση. Από μόνη της όμως η επικύρωση προέλευσης δεδομένων δεν διασφαλίζει ότι τα δεδομένα στάλθηκαν πρόσφατα από το principal μόνο ότι αυτά δημιουργήθηκαν από το principal σε κάποια παρελθοντική στιγμή.

Σε μερικές περιπτώσεις μια εφαρμογή ή μια διαδικασία μπορεί να υποθέσει την ταυτότητα ενός διαφορετικού principal για το σκοπό της εκτέλεσης συγκεκριμένων λειτουργιών. Η εξουσιοδότηση για εκτέλεση ως αυτό το άλλο principal παρέχεται μέσω μιας διαδικασίας που καλείται μεταβίβαση της ταυτότητας.

2.2.3 Εξουσιοδότηση

Η επικύρωση είναι χρήσιμη πρωτίστως γιατί παρέχει τη δυνατότητα για εξουσιοδότηση. Εξουσιοδότηση είναι η διαδικασία με την οποία καθορίζεται αν επιτρέπεται η εκτέλεση μιας συγκεκριμένης λειτουργίας. Σε υπάρχοντα συστήματα η εξουσιοδότηση βασίζεται συνήθως στην επικυρωμένη οντότητα του αιτούντος και στην τοπική πληροφορία στο server. Αυτή η τοπική πληροφορία αναγνωρίζει τα άτομα που έχουν εξουσιοδότηση να εκτελέσουν μια λειτουργία και συχνά παίρνει τη μορφή μιας λίστας ελέγχου πρόσβασης που σχετίζεται με ένα αρχείο, κατάλογο ή υπηρεσία.

Μηχανισμοί εξουσιοδότησης απαιτούνται μέσα σε ένα Grid σύστημα για να καθορίσουν αν επιτρέπεται πρόσβαση σε έναν πόρο. Αυτή η πρόσβαση σε κάποιο πόρο μπορεί να περιλαμβάνει την πρόσβαση σε ένα αρχείο σε μια αποθήκη δεδομένων δεσμεύοντας εύρος ζώνης και χρησιμοποιώντας ένα σύστημα σαν το RSVP ή τρέχοντας μια εργασία σε ένα συγκεκριμένο κόμβο επεξεργασίας.

Σε μερικές περιπτώσεις η ικανότητα εκτέλεσης μιας εργασίας σε ένα κόμβο επεξεργασίας μπορεί να βασίζεται όχι μόνο στην ταυτότητα του χρήστη που επιθυμεί να τρέξει την εργασία αλλά και στην ταυτότητα της εργασίας ή της εφαρμογής που θα εκτελεστεί. Όταν ο κώδικας για μια εφαρμογή αποθηκεύεται τοπικά στον κόμβο εκτέλεσης η ταυτότητα της εφαρμογής μπορεί να καθοριστεί από το όνομα της εφαρμογής αλλά αν ο χρήστης παρέχει τον κώδικα που θα τρέξει τότε η εφαρμογή πρέπει να επικυρωθεί χρησιμοποιώντας επικύρωση προέλευσης δεδομένων -συνήθως επαληθεύοντας ένα ψηφιακό άθροισμα ελέγχου του εκτελέσιμου αρχείου. Για την αναγνώριση των συγκεκριμένων προγραμμάτων λίστες ελέγχου πρόσβασης μπορεί να

περιέχουν τα ονόματα ή τα αθροίσματα ελέγχου εξουσιοδοτημένων προγραμμάτων μαζί με τα ονόματα των principal που έχουν εξουσιοδοτηθεί να καλούν το πρόγραμμα.

Πολλές εφαρμογές μπορούν να ωφεληθούν από ένα μηχανισμό εξουσιοδότησης που υποστηρίζει μεταβίβαση εξουσιοδότησης. Η μεταβίβαση εξουσιοδότησης είναι ένα μέσο με το οποίο ένας χρήστης ή μια διαδικασία που έχει εξουσιοδοτηθεί να εκτελέσει μια λειτουργία μπορεί να παρέχει αυτήν την εξουσιοδότηση για εκτέλεση σε μια άλλη διαδικασία. Αυτή είναι μια πιο περιορισμένη μορφή μεταβίβασης από τη μεταβίβαση ταυτότητας. Η μεταβίβαση εξουσιοδότησης είναι σημαντική για εργασίες που τρέχουν απομακρυσμένα πάνω στο Grid αλλά που πρέπει να κάνουν αιτήσεις για ανάγνωση εγγραφή δεδομένων αποθηκευμένων σε άλλο μέρος του δικτύου. Για παράδειγμα στην υλοποίηση κατανεμημένης εξουσιοδότησης [9] ένας διαχειριστής πόρων μπορεί να αναθέσει ένα κόμβο σε μια εργασία και μπορεί να μεταβιβάσει στον δημιουργό της εργασίας την εξουσιοδότηση να χρησιμοποιήσει αυτόν τον κόμβο.

2.2.4 Πιστοποίηση

Ενώ οι μηχανισμοί εξουσιοδότησης επιτρέπουν στον πάροχο μιας υπηρεσίας να αποφασίζει αν θα εκτελέσει μια λειτουργία εκ μέρους κάποιου αιτούντος μιας υπηρεσίας, οι μηχανισμοί πιστοποίησης επιτρέπουν στον αιτών να αποφασίζει αν ένα υποψήφιο σύστημα ή κάποιος προμηθευτής της υπηρεσίας πληροί τις απαιτήσεις του για ασφάλεια, αξιοπιστία ή άλλα χαρακτηριστικά. Παραδείγματα πιστοποίησης σε γενικότερο επίπεδο περιλαμβάνουν τη διατίμηση των ξενοδοχείων από διάφορους διεθνείς οργανισμούς.

Η πιστοποίηση είναι μια μορφή εξουσιοδότησης που χρησιμοποιείται για την επικύρωση της δικαιοδοσίας του πάροχου της υπηρεσίας. Όταν εφαρμόζεται σε υπολογιστικά συστήματα αυτή η εξουσιοδότηση των συστημάτων για χρήση σε συγκεκριμένες εφαρμογές καλείται μερικές φορές διαπίστευση.

Σε ένα υπολογιστικό Grid τα διαπιστευτήρια της πιστοποίησης πρέπει να ελέγχονται κατά την επιλογή κόμβων για υπολογισμό ώστε να διασφαλίσουμε ότι πληρούν τις απαιτήσεις απόδοσης, αξιοπιστίας και ασφάλειας της εφαρμογής και ότι η υπηρεσία που εκτελεί τον υπολογισμό ελέγχεται από ένα οργανισμό που είναι έμπιστος για την διαχείριση των δεδομένων που χρησιμοποιούνται από την εφαρμογή η οποία θα εκτελεστεί στους επιλεγμένους κόμβους. Όταν εφαρμόζεται σε προγράμματα αυτός ο μηχανισμός ένας διαχειριστής πόρων μπορεί να επαληθεύσει τα διαπιστευτήρια που επισυνάπτονται σε ένα πρόγραμμα πριν την εκτέλεσή του.

2.2.5 Έλεγχος λογαριασμών

Ο έλεγχος λογαριασμών προσφέρει το υπόβαθρο για εύρεση, περιορισμό και χρέωση για την κατανάλωση των πόρων του συστήματος και έτσι είναι κρίσιμος για τη δίκαιη κατανομή των διαθέσιμων πόρων στους χρήστες που τους χρειάζονται. Ο έλεγχος λογαριασμών είναι σημαντικός στην ανάθεση Grid εφαρμογών, τη διαχείριση των πληρωμών για τη χρήση υπολογιστικών πόρων και την προσφορά κινήτρων στους ιδιοκτήτες πόρων για τη διάθεση των ανενεργών πόρων σε άλλους. Επιπλέον όταν το άθροισμα των απαιτήσεων μιας εφαρμογής υπερβαίνει τους διαθέσιμους πόρους ο έλεγχος λογαριασμών θα παρέχει ένα χρήσιμο εργαλείο για την απόφαση ποια εφαρμογή θα εκτελεστεί.

Κάθε Grid μηχανισμός ελέγχου λογαριασμών πρέπει να είναι κατανεμημένος ώστε να διαχωριστεί κάθε κόμβος σε μερίδια κάνοντας έτσι την ανάθεση πόρων πιο

ευέλικτη από ότι θα ήταν αν τα μερίδια διατηρούνταν ξεχωριστά σε κάθε κόμβο. Επίσης επειδή τα υπολογιστικά Grid θα ξεπερνούν τα όρια ενός οργανισμού οι servers των λογαριασμών πρέπει να είναι κατανεμημένοι και κλιμακωμένοι ανάλογα με τις περιοχές διαχείρισης. Αυτό το χαρακτηριστικό θα επιτρέψει σε ένα οργανισμό να διαχειριστεί μερίδια για τους χρήστες του ανεξάρτητα με τα μερίδια που έχουν χορηγηθεί και διατηρηθεί από άλλους οργανισμούς. Για την αποφυγή της υποδιαίρεσης των υπολογιστικών πόρων σε αυτές τις περιοχές ένας διακανονισμός και μια διεργασία εκκαθάρισης πρέπει να διατεθούν στους servers λογαριασμών σε διαφορετικές περιοχές.

2.2.6 Κρυπτογράφηση

Η κρυπτογράφηση είναι η πιο βασική τεχνολογία για κατανεμημένα συστήματα ασφαλείας. Σχεδόν όλες οι αποδοτικές τεχνικές που παρέχουν ασφάλεια σε δίκτυα απαιτούν κρυπτογράφηση για τη σωστή λειτουργία τους. Αυτή η απαίτηση προκύπτει επειδή ο καθένας που είναι συνδεδεμένος σε ένα κομμάτι του δικτύου μπορεί να παρατηρήσει, να εισάγει και σε μερικές περιπτώσεις να αφαιρέσει μηνύματα σε αυτό το κομμάτι του δικτύου κατά βούληση.

Η κρυπτογράφηση συνδυάζει δύο μετασχηματισμούς στα μηνύματα. Η *κωδικοποίηση* είναι ένας μετασχηματισμός που αλλοιώνει τα δεδομένα με ένα τρόπο που διαφέρει εξαρτώμενο από μια μυστική παράμετρο που καλείται *κλειδί κωδικοποίησης*. Η *αποκωδικοποίηση* είναι ο αντίστροφος μετασχηματισμός χρησιμοποιώντας το αντίστοιχο *κλειδί αποκωδικοποίησης*, επαναφέροντας τα δεδομένα στην αρχική τους μορφή. Τα αλλοιωμένα δεδομένα αποκαλούνται *κρυπτογραφήματα* και τα αρχικά δεδομένα *καθαρό κείμενο*.

Πολλοί αλγόριθμοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τους μετασχηματισμούς κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης. Είναι γενικά αποδεκτό ότι η ασφάλεια ενός συστήματος κρυπτογράφησης εξαρτάται από την απόκρυψη των κλειδιών από τους επιτήδειους αλλά αυτοί γενικά υποθέτουμε ότι γνωρίζουν τους αλγόριθμους που χρησιμοποιούν τα κλειδιά ως παραμέτρους. Σε ένα αποδοτικό σύστημα κρυπτογράφησης οι παράμετροι που χρειάζονται για κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση δε μπορούν να καθοριστούν απλά παρατηρώντας τα μηνύματα που έχουν κωδικοποιηθεί. Οι παράμετροι παρέχονται στους νόμιμους κάτοχους που χρειάζεται να τους χρησιμοποιήσουν, μέσα από μια διαδικασία που καλείται *διανομή κλειδιών*.

2.2.7 Επιβεβαίωση

Η κρυπτογράφηση παρέχει την τεχνολογική βάση για έμπιστη επικοινωνία δεδομένων και οι μέθοδοι επικύρωσης για κατανεμημένα συστήματα επιτρέπουν σε ένα χρήστη να αποδείξει την κατοχή ενός κλειδιού κωδικοποίησης που μόνο αυτός γνωρίζει αλλά είναι ο μηχανισμός επιβεβαίωσης αυτός που παρέχει τη σύνδεση ανάμεσα σε ένα συγκεκριμένο κλειδί κωδικοποίησης και την επικυρωμένη ταυτότητα ενός χρήστη. Ένα *πιστοποιητικό επιβεβαίωσης (CA-Certificate Authority)* είναι ο τρίτος που επιβεβαιώνει αυτό το δέσιμο εκδίδοντας ένα πιστοποιητικό που έχει υπογραφεί από το CA επικυρώνοντας την ισχύ του δεσίματος.

Ένα πιστοποιητικό είναι ένα αντικείμενο δεδομένων που καθορίζει ένα διακεκριμένο όνομα ενός principal και επίσης καθορίζει, για πιστοποιητικά που βασίζονται στην κρυπτογράφηση δημόσιου κλειδιού, το δημόσιο κλειδί που εκδόθηκε ή επιλέχθηκε από το principal και που είναι το αντίστροφο από το ιδιωτικό κλειδί που

γνωρίζει μόνο το principal. Το πιστοποιητικό μπορεί να περιέχει επιπλέον χαρακτηριστικά του principal. Ανάλογα με τον τύπο του πιστοποιητικού αυτό μπορεί να περιλαμβάνει εξουσιοδοτήσεις, συνδρομές μελών, διευθύνσεις email ή εναλλακτικά ονόματα. Μετά τη δημιουργία του πιστοποιητικού αυτό υπογράφεται από το CA διασφαλίζοντας την αυθεντικότητά του.

Για την επικύρωση της σύνδεσης του κλειδιού του πιστοποιητικού με ένα διακεκριμένο όνομα και με άλλα χαρακτηριστικά ο μηχανισμός επικύρωσης πρέπει να ελέγξει την ισχύ της υπογραφής του CA. Αυτή η επικύρωση απαιτεί γνώση του δημόσιου κλειδιού του CA. Το κλειδί μπορεί να είναι γνωστό εκ των προτέρων στο μηχανισμό ή μπορεί να αποκτηθεί από το πιστοποιητικό του CA το οποίο εκδόθηκε από ένα CA υψηλότερου επιπέδου. Έτσι η επιβεβαίωση είναι συνήθως ιεραρχική με τα CA να είναι εξουσιοδοτημένα να εκδίδουν πιστοποιητικά μόνο για διακεκριμένα ονόματα που αποστέλλονται από τα υψηλότερου επιπέδου CA.

Οι πελάτες εξοπλίζονται με συγκεκριμένα γνωστά δημόσια κλειδιά που στις περισσότερες περιπτώσεις αποκτώνται κατά την εγκατάσταση του λογισμικού. Αυτά τα κλειδιά χρησιμοποιούνται για την επικύρωση των πιστοποιητικών των χαμηλότερου επιπέδου CA των οποίων τα κλειδιά χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για την επικύρωση των πιστοποιητικών των τελικών χρηστών και άλλων CA. Επειδή τα πιστοποιητικά χρησιμοποιούνται για πολλούς σκοπούς και εξαιτίας της έλλειψης ενός γενικής εμπιστοσύνης πιστοποιητικού επιβεβαίωσης, οι ιεραρχίες επιβεβαίωσης που χρησιμοποιούνται στην πράξη έχουν πολλαπλές ρίζες και οι εφαρμογές και οι servers διαμορφώνονται με τα γενικά κλειδιά εκείνων των κόμβων ριζών των οποίων τα πιστοποιητικά είναι έμπιστα.

2.3 Χρονοπρογραμματισμός

2.3.1 Χρονοπρογραμματισμός Grid εφαρμογών

Οι Grid εφαρμογές αποτελούνται από μια ή περισσότερες εργασίες που μπορούν να επικοινωνούν και να συνεργάζονται σχηματίζοντας μια ευρύτερη εφαρμογή. Ο χρονοπρογραμματισμός Grid εφαρμογών περιλαμβάνει μια σειρά από δραστηριότητες μερικές από τις οποίες είναι:

1. Επιλογή των πόρων στους οποίους θα χρονοπρογραμματιστούν οι εργασίες μιας εφαρμογής.
2. Ανάθεση στις εργασίες μιας εφαρμογής του υπολογισμού των πόρων.
3. Διανομή των δεδομένων ή συνδυασμός τους για υπολογισμούς.
4. Διάταξη των εργασιών στους υπολογισμένους πόρους.
5. Διάταξη των επικοινωνιών μεταξύ των εργασιών.

Στη βιβλιογραφία το 1 συχνά αναφέρεται ως εύρεση πόρων, επιλογή πόρων ή ανακάλυψη πόρων. Η επιλογή πόρων αναφέρεται στη διαδικασία επιλογή υποψήφιων πόρων από τους διαθέσιμους. Η ανακάλυψη και η εύρεση πόρων αναφέρεται στον προσδιορισμό των πόρων που θα χρησιμοποιηθούν από την εφαρμογή. Το 2 μπορεί να αποκαλεστεί αντιστοίχιση, τεμαχισμός και τοποθέτηση. Για προγράμματα παράλληλων εργασιών ο υπολογισμός δεδομένων μπορεί να βρίσκεται σε διαφορετικές περιοχές και ο χρονοδρομολογητής πρέπει να καθορίζει ποια χρειάζεται να μεταφερθούν. Για προγράμματα παράλληλων δεδομένων όλοι οι υπολογιστικοί πόροι εκτελούν το ίδιο πρόγραμμα και η πολυπλοκότητα της χρονοπρογραμματιζόμενης διεργασίας εναπόκειται στον καθορισμό μιας αποδοτικής

προς εκτέλεση διανομής ή διάσπασης των δεδομένων (3). Για προγράμματα παράλληλων δεδομένων η ανάθεση ίσων ποσοτήτων εργασίας στους επεξεργαστές που θα εργαστούν ταυτόχρονα είναι συχνά η πολιτική χρονοπρογραμματισμού της για την επιλογή του αποδοτικότερου χρονοδρομολογητή.

Οι δραστηριότητες από 1-3 συγκεντρώνονται στη ανάθεση επεξεργαστικής ισχύς και δεδομένων “στο χώρο” ενώ οι 4 και 5 ασχολούνται με την ανάθεση υπολογισμών και επικοινωνιών “στο χρόνο” .

2.3.2 Ένα μοντέλο Grid χρονοπρογραμματισμού

Η αποτελεσματικότητα ενός υψηλού επιπέδου χρονοπρογραμματιστή εξαρτάται από την ανάπτυξη επαρκών μοντέλων χρονοπρογραμματισμού για υπολογιστικά Grid. Η μοντελοποίηση όμως της απόδοσης των εφαρμογών δεν είναι και τόσο εύκολη εξαιτίας της ετερογένειας του υλικού και του λογισμικού αλλά και της ποικιλομορφίας των διαθέσιμων πόρων που προκύπτει από τον ανταγωνισμό των συνολικά διαμοιραζόμενων πόρων. Για να προβλέψουμε την απόδοση σε αυτό το δυναμικά κατανεμημένο περιβάλλον, μοντέλα πρέπει να αναπαριστούν τα Grid χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την απόδοση των εφαρμογών. Συγκεκριμένα η πρόκληση είναι η ανάπτυξη ενός μοντέλου χρονοπρογραμματισμού που μπορεί να κάνει τα εξής:

- *Να παράγει εκτιμήσεις απόδοσης που να είναι ακριβείς με ακρίβεια πλαισίου:* Εφόσον η διαθεσιμότητα των πόρων του συστήματος και η ζήτησή τους από τις εφαρμογές εξαρτάται από το χρόνο, προβλέψεις της απόδοσης εκτέλεσης πρέπει επίσης να εξαρτώνται από το χρόνο.
- *Να χρησιμοποιεί δυναμική πληροφορία για την αναπαράσταση διαφοροποιήσεων στην απόδοση:* Εφόσον τα υπολογιστικά Grid είναι δυναμικά, η απόδοση των εφαρμογών μπορεί να ποικίλει δραματικά με το χρόνο και τους πόρους. Τα μοντέλα απόδοσης μπορούν να αντανακλούν την εξελισσόμενη κατάσταση του συστήματος χρησιμοποιώντας δυναμικές παραμέτρους. Επιπροσθέτως ορισμένοι παράγοντες όπως το εύρος της ακρίβειας των δυναμικών τιμών μπορεί να προσφέρει σημαντικές meta-πληροφορίες ικανές να βοηθήσουν στην ανάπτυξη Grid-εξειδικευμένων χρονοπρογραμματιστών.
- *Να προσαρμόζονται σε ένα ευρύ φάσμα εν δυνάμει υπολογιστικών περιβαλλόντων:* Οι εφαρμογές μπορεί να έχουν την επιλογή για εκτέλεση σε εν δυνάμει πλατφόρμες. Τα μοντέλα πρόβλεψης απόδοσης πρέπει να μπορούν να εντοπίζουν διακεκριμένα περιβάλλοντα εκτέλεσης και να προσαρμόζονται στην απόδοση των πόρων που προσφέρονται σε αυτά τα περιβάλλοντα. Ενώ οι δυναμικές πληροφορίες βοηθούν τα μοντέλα να διακρίνουν τις αλλαγές στην απόδοση η προσαρμογή προσφέρει τον τρόπο ώστε τα μοντέλα να αντιδρούν στα αποτελέσματά τους. Μια τεχνική που υποθάλλει την προσαρμογή είναι η ανάπτυξη μοντέλων στα οποία οι παράμετροι μπορούν να αλλάζουν ή εναλλακτικά μοντέλα να μπορούν να αντικαθίστανται ανάλογα με τα δυναμικά χαρακτηριστικά της εφαρμογής και της πλατφόρμας εκτέλεσης.

Μια προσέγγιση για την ανάπτυξη Grid μοντέλων είναι η σύνθεση των μοντέλων από μικρότερα συνθετικά κομμάτια που αντανακλούν τις δραστηριότητες απόδοσης

των εφαρμογών. Ως παράδειγμα ας θεωρήσουμε ένα απλό μοντέλο που προβλέπει το χρόνο εκτέλεσης μιας Grid εφαρμογής που εκτελεί μια εργασία A ως την ολοκλήρωσή της και μετά μεταφέρει τα δεδομένα σε μια εργασία B που επίσης εκτελείται ως την ολοκλήρωσή της. Ένα μοντέλο απόδοσης για αυτήν την εφαρμογή είναι το παρακάτω:

$$\text{ExecTime}(t_1) = \text{CompA}(t_1) + \text{Comm}(t_2) + \text{CompB}(t_3)$$

όπου τα $\text{CompA}(t_1)$, $\text{Comm}(t_2)$, $\text{CompB}(t_3)$ συστατικά παρέχουν πρόβλεψη της απόδοσής τους όταν αρχικοποιηθούν στους χρόνους t_1, t_2, t_3 αντίστοιχα και συνδυάζονται για να δημιουργήσουν μια χρονικά εξαρτώμενη πρόβλεψη του χρόνου εκτέλεσης ExecTime . Κάθε ένα από τα συστατικά μοντέλα μπορεί με τη σειρά του να αναλυθεί σε περαιτέρω συστατικά μέρη και παραμέτρους που επηρεάζουν τις δραστηριότητες απόδοσης.

2.3.3 Μοντέλο προγραμματισμού

Τα μοντέλα προγραμματισμού για τους υπάρχοντες χρονοπρογραμματιστές γενικά αναπαριστούν το πρόγραμμα μέσω ενός γράφου σε στιλ διαγράμματος ροής ή μέσω ενός σετ προγραμματιστικών χαρακτηριστικών.

Οι γράφοι σε στιλ διαγράμματος ροής είναι μια συχνή αναπαράσταση για Grid προγράμματα. Οι Dome [10] και SPP(X) [11] 289 παρέχουν μια αφαιρετική γλώσσα για το πρόγραμμα η οποία μεταφράζεται σε μια εξαρτημένη αναπαράσταση γραφήματος χαμηλότερου επιπέδου. Ο MARS [12] υποθέτει ότι τα προγράμματα χωρίζονται σε φάσεις και κατασκευάζει το γράφο εξάρτησης ως μέρος της διαδικασίας χρονοπρογραμματισμού.

Σε άλλες προσπάθειες το πρόγραμμα αναπαρίσταται από τα χαρακτηριστικά του. Στα AppLeS [13] και I-SOFT [14] υλοποιείται αυτή η προσέγγιση: η αναπαράσταση των προγραμμάτων με βάση τις απαιτήσεις τους σε πόρους. Οι AppLeS και I-SOFT εστιάζουν σε αδρές εφαρμογές. Ο IOS από την άλλη μεριά παριστάνει πραγματικού χρόνου, λεπτές, επαναλαμβανόμενες, αυτόματης αναγνώρισης στόχων εφαρμογές. Κάθε εργασία στο IOS είναι συνδεδεμένη με ένα σετ από πιθανούς αλγορίθμους επεξεργασίας εικόνας. Αυτή η προσέγγιση συνδυάζει τόσο τον προγραμματιστικό γράφο όσο και τις προσεγγίσεις απαιτήσεων πόρων στα προγραμματιστικά μοντέλα.

2.3.4 Μοντέλο απόδοσης

Ένα μοντέλο απόδοσης παρέχει τον τρόπο συμπεριφοράς μιας εφαρμογής σε ένα υποκείμενο σύστημα και παράγει προβλέψεις της απόδοσης της εφαρμογής σε ένα συγκεκριμένο χρονικό πλαίσιο. Οι υπάρχοντες χρονοδρομολογητές υψηλής απόδοσης ενσωματώνουν ένα ευρύ φάσμα προσεγγίσεων για τα μοντέλα απόδοσης, ωστόσο η παραμετροποίηση αυτών των μοντέλων με δυναμική ή στατική πληροφορία είναι συνηθισμένο φαινόμενο. Οι προσεγγίσεις διαφέρουν σε μερικούς όρους όπως το ποιος είναι ο πάροχος του μοντέλου απόδοσης (το σύστημα, ο προγραμματιστής, κάποιος συνδυασμός), η μορφή τους και η παραμετροποίησή τους.

Από τη μια μεριά έχουμε τα μοντέλα απόδοσης που προκύπτουν από τους χρονοδρομολογητές. Μερικοί αλγόριθμοι σ' αυτήν την κατεύθυνση χρησιμοποιούν το γράφο εξάρτησης προγράμματος που κατασκευάστηκε κατά τη διάρκεια μιας επαναληπτικής διαδικασίας εκτέλεσης και παραμετροποιήθηκε από δυναμικές πληροφορίες. Κάποιοι άλλοι χρησιμοποιούν την τελευταία επανάληψη του

προγράμματος ως μετροπρόγραμμα για τις μελλοντικές αποδόσεις. Τέλος κάποιιοι άλλοι χρησιμοποιούν μια αναπαράσταση του γράφου προγράμματος ως μοντέλου απόδοσης στην οποία ο χρονοδρομολογητής αξιολογεί υποψήφιος χρονοδρομολογήσεις βασισμένες στις προβλέψεις των χρόνων εκτέλεσης των εργασιών. Όλες αυτές οι προσεγγίσεις απαιτούν μικρή παρέμβαση από το χρήστη.

Από την άλλη μεριά υπάρχουν τα βασισμένα στο χρήστη μοντέλα απόδοσης. Μερικές προσεγγίσεις υποθέτουν ότι το μοντέλο απόδοσης θα το παρέχει απευθείας ο χρήστης. Άλλες εφαρμογές βασίζονται σε κατασκευαστικά μοντέλα απόδοσης τα οποία συνθέτουν τις δραστηριότητες απόδοσης (με παραμέτρους από στατικές και δυναμικές πληροφορίες) σε μια πρόβλεψη απόδοσης των εφαρμογών. Τέλος κάποιιοι αλγόριθμοι υποθέτουν ότι και το μοντέλο απόδοσης και η προκύπτουσα χρονοδρομολόγηση καθορίζονται από το χρήστη. Πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά του συστήματος είναι διαθέσιμες αλλά η χρήση αυτών των πληροφοριών αφήνεται στον προγραμματιστή.

Μερικές προσεγγίσεις συνδυάζουν τις βασισμένες στο χρήστη και στο χρονοδρομολογητή τεχνικές. Μια από αυτές χρησιμοποιεί το γράφο προγράμματος σε μορφή διαγράμματος ροής ως είσοδο σε ένα σύστημα που υπολογίζει ποιες εργασίες είναι προς το παρόν “έτοιμες”. Αυτές οι προσεγγίσεις απαιτούν πληροφορίες τόσο από τον προγραμματιστή όσο και από το χρονοδρομολογητή.

2.3.5 Πολιτική χρονοπρογραμματισμού

Ο στόχος ενός υψηλής απόδοσης χρονοδρομολογητή είναι ο καθορισμός μιας χρονοδρομολόγησης που βελτιστοποιεί το στόχο απόδοσης των εφαρμογών. Αυτός ο στόχος απόδοσης μπορεί να ποικίλει από εφαρμογή σε εφαρμογή παρόλο που κοινός στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του χρόνου εκτέλεσης. Οι τρέχουσες προσπάθειες στην ανάπτυξη υψηλής απόδοσης χρονοδρομολογητών χρησιμοποιούν έναν αριθμό από πολιτικές χρονοπρογραμματισμού για να πετύχουν αυτό το στόχο.

Σε πολλές προσπάθειες η πολιτική χρονοπρογραμματισμού είναι η επιλογή της καλύτερης (σύμφωνα με το μοντέλο και τα κριτήρια απόδοσης) από τις υποψήφιος κατανομές πόρων. Μερικοί χρονοδρομολογητές πραγματοποιούν επιλογή πόρων ως ένα προκαταρκτικό βήμα για το φιλτράρισμα των υποψήφιος σετ σε ένα διαχειρίσιμο αριθμό και μερικοί όχι.

Ο AppLeS εκτελεί μια επιλογή πόρων ως αρχικό βήμα και η default πολιτική χρονοπρογραμματισμού επιλέγει την καλύτερη χρονοδρομολόγηση ανάμεσα στις υποψήφιος που προκύπτουν βασισμένες στα κριτήρια απόδοσης του χρήστη που μπορεί να μην είναι πάντα ο χρόνος εκτέλεσης. Άλλες πολιτικές χρονοπρογραμματισμού μπορεί να παρέχονται από το χρήστη. Άλλοι αλγόριθμοι χρησιμοποιούν παρόμοιες προσεγγίσεις παρόλο που δεν παρέχουν τόσο μεγάλο περιθώριο για παρέμβαση από το χρήστη καθορισμού της πολιτικής χρονοπρογραμματισμού ή των κριτηρίων απόδοσης: ο στόχος απόδοσης όλων των εφαρμογών είναι η ελαχιστοποίηση του χρόνου εκτέλεσης.

2.4 Διαχείριση Πόρων

2.4.1 Σύστημα διαχείρισης πόρων

Το σύστημα διαχείρισης πόρων (RMS – Resource Management System) είναι το σύστημα που ελέγχει τους καταναμημένους πόρους ενός Grid περιβάλλοντος. Το

RMS προσφέρει υπηρεσίες διαχείρισης πόρων στην κοινότητα των χρηστών οι οποίοι αποτελούνται από τέσσερις ομάδες χρηστών: τους ιδιοκτήτες, τους διαχειριστές, τους συγγραφείς εφαρμογών και τους πελάτες. Η διάταξη σε αυτή τη λίστα είναι ξεκάθαρη γιατί οι ιδιοκτήτες είναι η πιο σημαντική ομάδα σε ένα καταναμημένο περιβάλλον. Χωρίς τους πόρους που έχουν “δωριστεί” από τους ιδιοκτήτες το RMS παύει να υπάρχει. Το διαχωριστικό στοιχείο της καταναμημένης ιδιοκτησίας είναι ότι η δωρεά δεν είναι άνευ όρων: το RMS πρέπει να διασφαλίσει ότι οι ιδιοκτήτες έχουν ανεμπόδιστη πρόσβαση στους πόρους τους, ότι δεν υπάρχει εμφανής υποβάθμιση στην διαθεσιμότητα ή την απόδοση ενός πόρου κατά τη χρήση του και ότι η πολιτική πρόσβασης του πόρου που καθορίζεται από τον ιδιοκτήτη δεν παραβιάζεται. Επιπλέον οι διαχειριστές του συστήματος πρέπει να αισθάνονται ότι το RMS είναι στιβαρό και ότι μπορεί να τρέχει συνέχεια με λίγη ή καθόλου παρέμβαση. Αν το RMS δεν καταφέρει να κερδίσει την εμπιστοσύνη των διαχειριστών η εγκατάσταση και χρήση του δεν είναι εφικτές. Ακόμα και με την παρουσία ενός στιβαρού και αξιόπιστου συστήματος, άκαμπτα και ασαφή APIs για τις υπηρεσίες που προσφέρονται από το RMS αχρηστεύουν τη δύναμή του εφόσον τα διαθέσιμα χαρακτηριστικά δεν μπορούν να χαλιναγωγηθούν για αποδοτικούς υπολογισμούς. Έτσι είναι πολύ σημαντικό να θέτονται θέματα απαιτήσεων των εφαρμογών στους συγγραφείς τους κατά τη σχεδίαση και υλοποίηση του RMS. Οι πελάτες είναι από πολλές πλευρές η ευκολότερη ομάδα να ικανοποιηθεί επειδή είναι αυτοί που σε τελική ανάλυση ωφελούνται από τα πλεονεκτήματα του RMS. Ωστόσο αν το σύστημα δεν είναι ευλύγιστο ώστε να υιοθετήσει τις απαιτήσεις των πελατών τότε θα αποτύχει να ικανοποιήσει τα αιτήματά τους και θα παραγκωνιστεί.

Γίνεται λοιπόν φανερό ότι οι απαιτήσεις ενός RMS είναι σημαντικές και η κατασκευή ενός επιτυχούς RMS είναι πολύπλοκη εργασία. Η επιτυχία ενός RMS εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από την ικανότητά του να τρέχει συνεχώς και αξιόπιστα σε “παραγωγική λειτουργία” με ιδιοκτήτες και πελάτες που ικανοποιούνται από την προσφερόμενη ποιότητα υπηρεσιών και με τους διαχειριστές του συστήματος και τους συγγραφείς εφαρμογών να μπορούν να βασιστούν στη στιβαρότητα και ευλwgισία του συστήματος. Αυτές οι απαιτήσεις υποθέτουν ότι το σύστημα μπορεί να κατασκευαστεί χρησιμοποιώντας μια διαστρωματωμένη προσέγγιση με έλεγχο των πόρων, παρακολούθηση και αλληλεπίδραση στα χαμηλότερα επίπεδα και διεπαφές για τους συγγραφείς εφαρμογών και τους πελάτες στα υψηλότερα επίπεδα.

2.4.2 Επίπεδα διαχείρισης πόρων

Τα επίπεδα χαρακτηρίζονται από τις αρμοδιότητές τους και τα πρωτόκολλα με τα οποία αλληλεπιδρούν με τα άλλα επίπεδα. Ακριβείς υλοποιήσεις των κομματιών στα επίπεδα μπορούν να ποικίλουν στο RMS. Έτσι για παράδειγμα είναι πιθανό να έχουμε διαφορετικές υλοποιήσεις ελέγχου πρόσβασης στο επίπεδο των ιδιοκτητών για διαφορετικούς πόρους εφόσον κάθε υλοποίηση είναι συμμορφωμένη με τις προδιαγραφές συμπεριφοράς αυτού του επιπέδου. Τα παραπάνω ισχύουν για κάθε επίπεδο ενώ παρακάτω ακολουθεί η απαρίθμηση των επιπέδων:

1. *Τοπικό επίπεδο διαχείρισης πόρων:* Το πρώτο επίπεδο του RMS δεν είναι ουσιαστικά μέρος του συστήματος αλλά είναι λογικά μέρος των πόρων. Είναι ένα επίπεδο λογισμικού (π.χ. λειτουργικό σύστημα, batch σύστημα ή ακόμα και κάποιο άλλο Grid) που προσφέρει βασικές υπηρεσίες διαχείρισης πόρων για διεργασίες που εκτελούνται στο domain αυτού του πόρου. Το επίπεδο

αυτό είναι θεμελιώδες επειδή αναξιόπιστο υλικό και τοπικές υπηρεσίες μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τη λειτουργία του συστήματος.

2. *Επίπεδο ιδιοκτητών*: Το επίπεδο ιδιοκτητών του RMS αναπαριστά τα συμφέροντα του ιδιοκτήτη του πόρου. Ένας σημαντικός σκοπός του επιπέδου ιδιοκτησίας είναι η παροχή μηχανισμών ελέγχου πρόσβασης στους πόρους που αλληλεπιδρά με και επιβάλλει την πολιτική του ιδιοκτήτη. Αυτές οι πολιτικές είναι διαφορετικές από αυτές που επιβάλλονται από το ίδιο το RMS και υποδηλώνουν την αναγκαιότητα των περιορισμών που καθορίζουν το πότε και το ποιος μπορεί να έχει πρόσβαση στον πόρο. Ανάμεσα στους περιορισμούς της πολιτικής του ιδιοκτήτη το επίπεδο ιδιοκτησίας επιπλέον ενημερώνει το επίπεδο συστήματος για τα χαρακτηριστικά και τη διαθεσιμότητα των πόρων.
3. *Επίπεδο συστήματος*: Το επίπεδο συστήματος μπορεί να αντιμετωπιστεί ως το καθολικό επίπεδο ανάθεσης πόρων. Η κύρια λειτουργία του είναι το matchmaking δηλαδή η αντιστοίχιση προσφορών και ζητήσεων από πόρους ώστε να ικανοποιούνται οι περιορισμοί και των δύο. Αυτό το matchmaking προκύπτει στο γενικό πλαίσιο των υψηλού επιπέδου πολιτικών που υλοποιούν τη πολιτική χρονοδρομολόγησης. Παρόλο που αυτή η πολιτική δεν είναι άμεσα συσχετισμένη με την αρχιτεκτονική του RMS αυτή μπορεί να επιβάλλει πότε και που μπορεί να συμβεί το matchmaking.
4. *Επίπεδο πελατών*: Το επίπεδο πελατών είναι το επίπεδο που αναπαριστά τα συμφέροντα των πελατών στο RMS. Αυτό το επίπεδο παρέχει την αφαίρεση ότι ο χρήστης είναι μια ουρά από αιτήσεις πόρων. Ο πρωταρχικός στόχος αυτού του επιπέδου είναι η συντήρηση αυτής της ουράς με ένα διαρκή και fault-tolerant τρόπο και η αλληλεπίδραση με το επίπεδο συστήματος με το να διαχέει αιτήσεις πόρων για matchmaking, διεκδικώντας αντιστοιχημένους πόρους για τις αιτήσεις και προσφέροντας αυτούς τους πόρους στο επίπεδο εφαρμογών διαχείρισης πόρων. Η διάχυση των αιτήσεων συμβαίνει στο πλαίσιο μιας αιτητικής πολιτικής διαχείρισης πόρων που μπορεί να επιβάλλει για παράδειγμα ποιες αιτήσεις έχουν προτεραιότητα έναντι άλλων ή ποιες αιτήσεις εξαρτώνται από άλλες έτσι ώστε ορισμένες αιτήσεις να ικανοποιούνται πριν από άλλες. Μια άλλη σημαντική λειτουργία αυτού του επιπέδου είναι η παροχή μιας διεπαφής για επικοινωνία με ανθρώπους και εφαρμογές.
5. *Επίπεδο εφαρμογής διαχείρισης πόρων*: Μετά την απαίτηση ενός πόρου από το επίπεδο πελατών, αυτός μεταφέρεται στο επίπεδο εφαρμογών διαχείρισης πόρων που υλοποιεί υπηρεσίες διαχείρισης πόρων για εφαρμογές. Αυτό το επίπεδο είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία με το τμήμα ελέγχου πρόσβασης πόρων ώστε να εγκατασταθεί το περιβάλλον εργασίας για την εφαρμογή. Επίσης προσφέρει εκτελέσιμες υπηρεσίες για διαχείριση ουρών και αιτήσεων για περισσότερους πόρους. Αυτή η λειτουργία είναι εξαιρετικά χρήσιμη επειδή παρέχει ένα υπόβαθρο για την ανάπτυξη εφαρμογών που είναι προσαρμοζόμενες και που μπορούν να μεγαλώνουν και να εκμεταλλεύονται πόρους όταν αυτοί γίνονται διαθέσιμοι. Αυτή η λειτουργία παρέχεται από στενή αλληλεπίδραση του επιπέδου εφαρμογής διαχείρισης πόρων με την ίδια την εφαρμογή και το επίπεδο πελατών μέσω καλά καθορισμένων διεπαφών.

Νέες αιτήσεις για πόρους που έγιναν από εφαρμογές εμφανίζονται στην ουρά του επιπέδου των πελατών που στη συνέχεια διαπραγματεύεται για ένα πόρο με το συνηθισμένο τρόπο. Μια άλλη ευθύνη αυτού του επιπέδου είναι η υλοποίηση εργασιακών διαχειριστών πόρων που καθορίζουν ποιοι πόροι θα χρησιμοποιηθούν για την εκπλήρωση ποιας αίτησης ποιας εργασίας.

6. *Επίπεδο εφαρμογών*: Το επίπεδο εφαρμογών παριστάνει στιγμιότυπα από τις εφαρμογές των χρηστών. Αυτές οι εργασίες επιτυγχάνουν κομμάτια από το τελικό αποτέλεσμα των υπολογισμών με το να χρησιμοποιούν πόρους που προσφέρθηκαν στο διαχειριστή πόρων της εφαρμογής. Οι υπηρεσίες χρόνου εκτέλεσης διαχείρισης πόρων που απαιτούνται από την εφαρμογή προωθούνται στο επίπεδο εφαρμογών διαχείρισης πόρων που μπορεί να εξυπηρετήσει αυτές τις αιτήσεις άμεσα ή έμμεσα διενεργώντας ως μεσολαβητής στο επίπεδο πελατών.

2.4.3 Matchmaking και Claiming

Από τις πρωταρχικές επιδιώξεις στη διαχείριση κατανεμημένων πόρων σε μεγάλα υπολογιστικά Grid είναι η δυνατότητα διαστρωμάτωσης, η ελαστικότητα και η στιβαρότητα του matchmaking μηχανισμού. Ο μηχανισμός αυτός έχει ως στόχο την αντιστοίχιση των αιτήσεων για πόρους με τους διαθέσιμους από αυτούς. Κάθε matchmaker μπορεί να είναι διαφορετικός διαφέροντας σε ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά όπως στο πεδίο στο οποίο γίνεται η αντιστοίχιση, ο αλγόριθμος αντιστοίχισης που χρησιμοποιείται, η σημασιολογία της αντιστοίχισης και το πρωτόκολλο επικοινωνίας.

Συμπληρωματικός μηχανισμός του matchmaking είναι ο claiming ο οποίος υλοποιεί τη διεργασία με την οποία συμφωνούν οι συμβαλλόμενοι να χρησιμοποιήσουν τις υπηρεσίες ο ένας του άλλου: ο πάροχος που εξυπηρετεί την αίτηση και ο καταναλωτής του οποίου η αίτηση εξυπηρετείται. Το claiming διαδραματίζει δύο πολύ σημαντικούς σκοπούς. Πρώτον εφόσον ο matchmaker δεν περιορίζει η επικυρώνει τους προσφερόμενους πόρους είναι πιθανό για μια οντότητα εσφαλμένα να αναπαραστήσει τους πόρους που θέλει να διαθέσει. Η επικύρωση αυτής της αναπαράστασης είναι λειτουργία του claiming. Δεύτερον και οι δύο συμβαλλόμενοι χρησιμοποιούν το claiming για να επικυρώσουν ότι οι περιορισμοί που έχουν θέσει όντως ικανοποιούνται σύμφωνα με την παρούσα κατάστασή τους.

2.5 Δικτυακή Επικοινωνία

2.5.1 Απαιτήσεις εφαρμογών

Το κλασικό δικτυακό πρωτόκολλο παρέχει υπηρεσίες μεταφοράς μηνυμάτων με τη σειρά που στάλθηκαν, με καλή αξιοπιστία και με μέτρο της απόδοσης την ρυθμικόδοση. Ωστόσο κάθε εφαρμογή έχει τους δικούς της λόγους που επικοινωνεί και τους δικούς της τύπους πληροφορίας που πρέπει να μεταδοθούν που μπορεί να επιβάλλουν διαφορετικές απαιτήσεις στα δικτυακά πρωτόκολλα.

Το Teleimersion και τα συνεργατικά εικονικά περιβάλλοντα είναι από τις πιο απαιτητικές εφαρμογές εξαιτίας των ποικιλόμορφων απαιτήσεών τους. Αυτές οι εφαρμογές απαιτούν τα παρακάτω πρωτόκολλα:

- Streaming πρωτόκολλα δεδομένων για μουσική και βίντεο συχνά multicast μετάδοσης και σε υψηλούς ρυθμούς.
- Αξιόπιστα πρωτόκολλα μεταφοράς δεδομένων για συνεργατικότητα πάλι συχνά multicast μετάδοσης.
- Συγχρονισμένα πρωτόκολλα ελέγχου και πρωτόκολλα μελών για συνεργατικότητα.
- Πρωτόκολλά για την υλοποίηση πολύπλοκων ανεξάρτητα κατασκευασμένων κομματιών.

Εφαρμογές πραγματικού χρόνου επίσης έχουν σημαντικές απαιτήσεις και περιορίζονται προς το παρόν από μια διστακτικότητα παράδοσης αυτών των κρίσιμων εφαρμογών στην αναξιοπιστία του Internet. Αυτές οι εφαρμογές χρειάζονται τα ακόλουθα πρωτόκολλα:

- Πρωτόκολλα μεταφοράς δεδομένων που παρέχουν αξιόπιστη παράδοση μηνυμάτων και επίσης αδιάψευστη και με σήμανση χρόνου παράδοση μηνυμάτων που περιέχει τα πιο πρόσφατα δεδομένα.
- Συγχρονισμένα πρωτόκολλα ελέγχου με ανοχή σφαλμάτων
- Πρωτόκολλα για την υλοποίηση πολύπλοκων ανεξάρτητα κατασκευασμένων κομματιών.

Εφαρμογές ευαίσθητες σε δεδομένα χρειάζονται μια διαφορετική ομάδα από πρωτόκολλα:

- Πρωτόκολλα μεταφοράς δεδομένων για την αποδοτική, γρήγορη και αξιόπιστη μεταφορά μεγάλων σετ δεδομένων.
- Πρωτόκολλα για την υλοποίηση πολύπλοκων ανεξάρτητα κατασκευασμένων κομματιών.
- Πρωτόκολλα για την ενθυλάκωση υπαρχόντων κομματιών και μεταφορά εκτελέσιμου κώδικα σε απομακρυσμένες τοποθεσίες όπου βρίσκονται τα δεδομένα.

Κατανεμημένες υπολογιστικές εφαρμογές τόσο σε διασυνδεδεμένους υπερυπολογιστές όσο και σε συστάδες μικρών υπολογιστών είναι ίσως η μεγαλύτερα ανεπτυγμένες από τις τέσσερις κατηγορίες εφαρμογών. Αυτές απαιτούν τα εξής πρωτόκολλα:

- Μικρής καθυστέρησης, αξιόπιστα πρωτόκολλα μεταφοράς δεδομένων, ορισμένες φορές multicast μετάδοσης.
- Μικρής καθυστέρησης πρωτόκολλα ελέγχου και συγχρονισμού που μπορούν να διαχωριστούν σε μεγάλο αριθμό από κόμβους.
- Πρωτόκολλα για την ενθυλάκωση υπάρχοντων κομματιών και μεταφορά εκτελέσιμου κώδικα σε απομακρυσμένες τοποθεσίες όπου θα εκτελεστούν οι υπολογισμοί.

2.5.2 Κατηγορίες πρωτοκόλλων

Παρά την ποικιλομορφία των δικτυακών πρωτοκόλλων που προτάθηκαν, μερικές μεγάλες κλάσεις έχουν αρχίσει να αναδύονται. Θα ασχοληθούμε με τέσσερις από αυτές παρακάτω.

Τα πρωτόκολλα μεταφοράς δεδομένων είναι οι “εργάτες” του διαδικτύου και χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου πρωτοκόλλου είναι το παλαιό αλλά εξαιρετικά αποδοτικό Transmission Control Protocol (TCP). Τυπικά παρέχουν αξιόπιστη παράδοση μηνυμάτων με εξαιρετική διαχείριση ροής και έλεγχο των buffers. Τα περισσότερα πρωτόκολλα μεταφοράς δεδομένων είναι σημείου προς σημείο αλλά εκείνα της multicast μετάδοσης γίνονται όλο και πιο διαδεδομένα.

Τα streaming πρωτόκολλα τυπικά χρησιμοποιούνται για μετάδοση ήχου, βίντεο και πολυμέσων. Αυτές οι εφαρμογές δεν απαιτούν αξιόπιστη παράδοση και μπορούν να δεχτούν απώλειες μηνυμάτων ειδικά όταν χρησιμοποιούνται selective loss αλγόριθμοι. Το multicast είναι κοινό σε αυτές τις εφαρμογές αλλά επαρκεί και η αναξιόπιστη παράδοση βασισμένη στην παραγγελία της πηγής. Ακόμα και όταν η κίνηση συμβαίνει με καταγισμούς ο έλεγχος ροής είναι μη αποδοτικός και η κράτηση του εύρους ζώνης πιο επιθυμητή.

Αυτό που ξεχωρίζει τα πρωτόκολλα επικοινωνίας ομάδας από τα streaming και τα μεταφοράς δεδομένων είναι ότι αυτά ασχολούνται με κάτι περισσότερο από απλή μετακίνηση δεδομένων. Σε ένα καταναμημένο σύστημα, για να επιτρέψουμε αποδοτική συνεργασία και να παρέχουμε ανοχή σφαλμάτων, μια ομάδα από διεργασίες πρέπει να διατηρεί αντίγραφα των ίδιων δεδομένων και τα αντίγραφα των δεδομένων πρέπει να διατηρούνται συνεπή καθώς εκτελείται η εφαρμογή. Η διατήρηση αυτής της συνέπειας είναι δύσκολη για τον προγραμματιστή της εφαρμογής ειδικότερα με την παρουσία σφαλμάτων. Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας ομάδας βοηθούν τους προγραμματιστές των εφαρμογών στη διατήρηση της συνέπειας των αντιγραμμένων δεδομένων με το να συντηρούν τα μέλη των ομάδων διεργασιών και με το να μεταδίδουν μηνύματα με τη μέθοδο multicast μετάδοσης σε αυτές τις ομάδες διεργασιών.

Μια νέα περιοχή ανάπτυξης πρωτοκόλλων είναι τα καταναμημένα πρωτόκολλα αντικειμένων για ετερογενή καταναμημένα συστήματα χαρακτηριστικό παράδειγμα των οποίων αποτελεί το Internet Inter-Orb [15] πρωτόκολλο (IIO) που αναπτύχθηκε από το OMG για CORBA. Το CORBA υποστηρίζει τη χρήση του υπάρχοντος νόμιμου κώδικα, παρέχει λειτουργικότητα ανάμεσα σε διαφορετικές πλατφόρμες και αποκρύπτει την καταναμημένη φύση των υπολογισμών και την τοποθεσία των αντικειμένων από την εφαρμογή. Ωστόσο η επιβάρυνσή του παραμένει ακόμα υψηλή.

2.5.3 Έλεγχος ροής και συμφόρησης

Με τους νέους επικοινωνιακούς εξοπλισμούς η απώλεια των πακέτων προκαλείται σχεδόν πάντα εξαιτίας της συμφόρησης, είτε στα switches και τους δρομολογητές του δικτύου είτε στους buffers εισόδου στους προορισμούς, παρά από αλλοίωση των δεδομένων των πακέτων. Επομένως το TCP πρωτόκολλο χρησιμοποιεί την απώλεια πακέτων ως ένδειξη ότι θα πρέπει να μειώσει το ρυθμό μετάδοσής του. Ο TCP backoff αλγόριθμος που χρησιμοποιεί ταχεία μείωση του ρυθμού όταν συμβεί απώλεια πακέτων και μικρή αύξηση του ρυθμού στην απουσία τέτοιων απωλειών, είναι πολύ αποτελεσματικός στη μετάδοση δεδομένων, όπως για παράδειγμα σε ευαίσθητες σε δεδομένα και καταναμημένες υπολογιστικές εφαρμογές. Επιτρέπει σε πολλές TCP συνδέσεις να μοιραστούν το δίκτυο δίκαια και αποδοτικά χωρίς συγκεκριμένο συγχρονισμό.

Η στρατηγική υποφέρει, ωστόσο, από μερικά προβλήματα. Πρώτον δεν είναι κατάλληλη για streaming δεδομένων όπως οι πολυμεσικές συνδέσεις μιας εφαρμογής telleimmersion όπου ο ρυθμός μετάδοσης είναι σχετικά υψηλός αλλά και προβλέψιμος και συνεχής. Αυτές οι συνδέσεις εξυπηρετούνται καλύτερα από μια συγκεκριμένη στρατηγική κράτησης που προσφέρει για παράδειγμα το ATM και έχει προτείνει το RSVP για το διαδίκτυο.

Ένα δεύτερο πρόβλημα είναι ότι οι συνδέσεις που συμμορφώνονται με την TCP backoff στρατηγική μπορούν να συνθλιφτούν από συνδέσεις που μειώνουν το ρυθμό μετάδοσής τους στην παρουσία συμφόρησης και απωλειών πακέτων. Αυτό το πρόβλημα αντιμετωπίζεται από το μηχανισμό traffic-policing του ATM και για το διαδίκτυο από random early drop (RED) αλγορίθμους. Αυτοί ρητά διαχωρίζουν, με το να απορρίπτουν πακέτα, τις συνδέσεις που δε μειώνουν το ρυθμό μετάδοσής τους στην παρουσία συμφόρησης.

Η backoff στρατηγική του TCP επίσης γίνεται λιγότερο αποδοτική για συνδέσεις που επικοινωνούν σε υψηλούς ρυθμούς για μεγάλες αποστάσεις. Ο χρόνος που χρειάζεται για την ανίχνευση της απώλειας ενός πακέτου σε ένα 1 Gb/s υπερατλαντικό σύνδεσμο αντιστοιχεί σε περίπου 5 MB μεταδιδόμενης πληροφορίας δεδομένης της 40 ms καθυστέρησης διάδοσης. Σε 40 Gb/s αυτό γίνεται 200 MB και οι απαιτήσεις σε switch buffers γίνονται παράλογες.

2.5.4 ρυθμαπόδοση, Καθυστέρηση και Διακύμανση

Κρίσιμες μετρικές απόδοσης για δικτυακά πρωτόκολλα και για τις εφαρμογές τους είναι η ρυθμαπόδοση, η καθυστέρηση και η διακύμανση. Η ρυθμαπόδοση είναι ο αριθμός των bits δεδομένων του χρήστη που μεταφέρονται ανά δευτερόλεπτο. Η καθυστέρηση είναι ο χρόνος από την εκπομπή ενός μηνύματος στην πηγή ως την παραλαβή του στον αποδέκτη και η διακύμανση είναι η διασπορά της καθυστέρησης.

Εξαιτίας της ανεπαρκούς απόδοσης του δικτυακού υποβάθρου, τα πρωτόκολλα εστίαζαν στην μεγιστοποίηση της ρυθμαπόδοσης του δικτύου που ήταν και το σημείο δυσχέρειας. Καθώς η ρυθμαπόδοση του δικτύου βελτιώθηκε η προσοχή στράφηκε στην καθυστέρηση και τη διακύμανση. Μηχανισμοί πρωτοκόλλων που αυξάνουν την ρυθμαπόδοση του δικτύου μπορεί να αυξάνουν επίσης και την καθυστέρηση.

Μεγάλες καθυστερήσεις είναι ανεπιθύμητες για μερικές εφαρμογές όπως οι καταναμημένοι υπολογισμοί και οι εφαρμογές πραγματικού χρόνου. Πρωτόκολλα αναπτύχθηκαν, συγκεκριμένα για καταναμημένους υπολογισμούς, με μηχανισμούς μείωσης της καθυστέρησης που προκαλείται από τη stack του πρωτοκόλλου και το λειτουργικό σύστημα. Αυτοί οι μηχανισμοί είναι αποτελεσματικοί, ωστόσο, μόνο για

ελαφριά φορτωμένα συστήματα στα οποία οι καθυστερήσεις στις ουρές δεν είναι σημαντικές. Για βαριά φορτωμένα πολύπλοκα συστήματα η υψηλή ρυθμαπόδοση μειώνει τις καθυστερήσεις στις ουρές και είναι η πιο αποτελεσματική προσέγγιση για τη μείωση της συνολικής καθυστέρησης του συστήματος.

Η διακύμανση είναι εξαιρετικά ανεπιθύμητη για ήχο, βίντεο και πολυμεσικές εφαρμογές όπως η teleimmersion. Ειδικά πρωτόκολλα που σημαίνουν το χρόνο για κάθε πακέτο επιτρέπουν ακριβή μέτρηση της καθυστέρησης που είναι αποτελεσματική στη βοήθεια για τη μείωση της διακύμανσης. Επίσης σημαντικό για πολυμεσικές εφαρμογές ειδικότερα εκείνων που χρησιμοποιούν MPEG κωδικοποίηση είναι πρωτόκολλα και switches που επιλέγουν έξυπνα τα πακέτα που θα απορριφθούν όταν συμβαίνει συμφόρηση.

2.5.5 Μηχανισμοί multicast μετάδοσης και βεβαίωσης

Η καλή απόδοση των πρωτοκόλλων επικοινωνιών ομάδας και ακόμα η δυνατότητα μετάδοσης βίντεο στο διαδίκτυο απαιτούν ότι η multicast μετάδοση είναι δυνατή να φθάσει σε πολλούς προορισμούς με μία μόνο μετάδοση, μοιραζόμενη το εύρος ζώνης και αποφεύγοντας περιττές πολλαπλές μεταδόσεις της ίδιας πληροφορίας. Με ένα μοντέρνο δίκτυο υψηλής απόδοσης και πολλαπλές πηγές να μεταδίδουν με multicast ταυτόχρονα, όπως σε ένα συνεργατικό εικονικό περιβάλλον, είναι εύκολη η μετάδοση πληροφορίας γρηγορότερα από ότι ο αποδέκτης μπορεί να την επεξεργαστεί. Κατά τη χρησιμοποίηση LAN υψηλής απόδοσης αντί του αργότερου Internet τα καλύτερα πρωτόκολλα επικοινωνίας ομάδας εστιάζουν τους μηχανισμούς ελέγχου ροής τους στην αποφυγή υπερχείλισης των buffers εισόδου.

Πολλά πρόσφατα πρωτόκολλα εκμεταλλεύονται τις αρνητικές επιβεβαιώσεις αντί τις κανονικές για να επιτύχουν καλύτερη απόδοση και υψηλότερη αξιοπιστία. Τα πρωτόκολλα κανονικής επιβεβαίωσης που καλούνται επίσης και πρωτόκολλα βασισμένα στον αποστολέα απαιτούν ότι ο αποδέκτης πρέπει να στείλει μια επιβεβαίωση στον αποστολέα αν έλαβε το μήνυμα. Αν ο αποστολέας δε λάβει μια επιβεβαίωση σε συγκεκριμένο χρονική περίοδο μεταδίδει ξανά το μήνυμα. Σε αντίθεση τα πρωτόκολλα αρνητικής επιβεβαίωσης ή πρωτόκολλα βασισμένα στον παραλήπτη απαιτούν ότι ο παραλήπτης πρέπει να στείλει μια αρνητική επιβεβαίωση στον αποστολέα αν δεν έλαβε το μήνυμα μέσα σε καθορισμένο χρονικό διάστημα. Με ένα μεγάλο αριθμό από παραλήπτες σε ένα multicast γκρουπ τα πρωτόκολλα κανονικής επιβεβαίωσης μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα ο αποστολέας να κατακλυστεί από κανονικές επιβεβαιώσεις καθιστώντας έτσι καταλληλότερο ένα πρωτόκολλο αρνητικής επιβεβαίωσης.

Για να επιτύχουμε αξιόπιστη μετάδοση, οι κανονικές επιβεβαιώσεις τυπικά συνδυάζονται με αρνητικές επιβεβαιώσεις. Αυτός ο συνδυασμός επιτρέπει να απομακρυνθούν μηνύματα από τους buffers του αποστολέα όταν αυτά δε χρειάζονται περαιτέρω για μελλοντική επαναμετάδοση. Καθώς μεγαλύτερες ποσότητες από δεδομένα μεταδίδονται σε μεγαλύτερες αποστάσεις και σε υψηλότερες ταχύτητες οι buffers πρέπει να γίνουν μεγαλύτεροι και η διαχείρισή τους καθίσταται πιο σημαντική.

Κεφάλαιο 3 – Globus Toolkit

3.1 Grid Security Infrastructure (GSI)

3.1.1 *Η πολιτική ασφάλειας στο Globus*

Το πρωταρχικό βήμα στο σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής ασφαλείας είναι ο καθορισμός μιας πολιτικής ασφαλείας δηλαδή ο καθορισμός μιας ακριβούς ερμηνείας του τι σημαίνει για το σύστημα ο όρος να είναι ασφαλές. Αυτή η πολιτική προσδιορίζει ποια κομμάτια θα προστατεύονται και από τι και καθορίζει τις λειτουργίες ασφαλείας σε επίπεδο αφηρημένων αλγορίθμων. Η πολιτική που καθορίστηκε για το Globus είναι σφυρηλατημένη από την ανάγκη για υποστήριξη N-way security contexts και τοπικής ετερογένειας. Η πολιτική προσδιορίζει ότι ένας χρήστης επικυρώνεται μόνο μια φορά για κάθε υπολογισμό κατά την οποία στιγμή δημιουργούνται τα διαπιστευτήρια που επιτρέπουν στις διεργασίες δημιουργημένες για λογαριασμό του χρήστη, να αποκτήσουν πόρους, χωρίς περαιτέρω παρέμβασή του. Η τοπική ετερογένεια διαχειρίζεται με την αντιστοίχιση της ταυτότητας του χρήστη στο Globus με την τοπική ταυτότητα του χρήστη σε κάθε πόρο.

3.1.2 *Η λειτουργία του GSI*

Η πολιτική ασφαλείας του Globus υλοποιείται από το GSI. Το GSI όπως και άλλα κομμάτια του Globus έχει modular σχεδίαση στην οποία διαφορετικές καθολικές υπηρεσίες κατασκευάζονται στην κορυφή μιας απλής τοπικής υπηρεσίας που αντιμετωπίζει θέματα τοπικής ετερογένειας. Η τοπική υπηρεσία ασφαλείας υλοποιεί μια πύλη ασφαλείας που αντιστοιχίζει επικυρωμένα Globus διαπιστευτήρια σε τοπικά αναγνωρίσιμα διαπιστευτήρια σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία – για παράδειγμα, τα εισιτήρια του Kerberos, ή τοπικά ονόματα και κωδικούς χρηστών. Ένα πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι δεν απαιτούνται γκρουπ λογαριασμών και έτσι μπορεί να διαφυλαχθεί η ακεραιότητα των μηχανισμών τοπικής διαχείρισης λογαριασμών.

Η εσωτερική σχεδίαση του GSI δίνει έμφαση στον πολύ σημαντικό ρόλο που παίζουν τα πρότυπα στον καθορισμό των Grid υπηρεσιών και εργαλείων. Μερικά από τα προβλήματα που το GSI σχεδιάστηκε να επιλύει –υποστήριξη για διαφορετικούς τοπικούς μηχανισμούς και N-way security contexts– δεν υποστηρίζονται από κανένα από τα υπάρχοντα συστήματα. Παρόλα αυτά η δυνατότητα του GSI να λειτουργεί μαζί με άλλα συστήματα, να επιτυγχάνει ανεξαρτησία των μηχανισμών κατώτερου επιπέδου και να επηρεάζει τον υπάρχοντα κώδικα εντείνεται από την κωδικοποίηση όλων των αλγορίθμων ασφαλείας με τους όρους του προτύπου GSS (Generic Security Standard) [16]. Το GSS καθορίζει μια στάνταρ διαδικασία και API για την απόκτηση των διαπιστευτηρίων (κωδικοί πρόσβασης ή πιστοποιητικά), για αμοιβαία επικύρωση (client και server) και προσανατολισμένη στα μηνύματα υπογραφή, κρυπτογράφηση και αποκρυπτογράφηση. Το GSS είναι ανεξάρτητο από συγκεκριμένους μηχανισμούς ασφαλείας και μπορεί να τοποθετηθεί στην κορυφή διαφορετικών μεθόδων ασφαλείας. Για να προάγουμε τη συνδεσιμότητα το GSS πρότυπο καθορίζει πως η λειτουργικότητά του θα έπρεπε να υλοποιηθεί στην κορυφή του Kerberos και της κρυπτογράφησης δημόσιου κλειδιού. Το GSS επίσης καθορίζει μηχανισμό

διαπραγμάτευσης που επιτρέπει σε δύο μεριές να επιλέξουν μια κοινά αποδεκτή σουίτα μηχανισμών ασφάλειας αν υπάρχουν περισσότερες από μια επιλογές.

3.1.3 Πιστοποιητικά και αμοιβαία επικύρωση

Μια κεντρική ιδέα στην GSI επικύρωση είναι τα πιστοποιητικά. Κάθε χρήστης και υπηρεσία στο Grid αναγνωρίζεται διαμέσω του πιστοποιητικού το οποίο περιέχει πληροφορίες ζωτικής σημασίας για την ταυτοποίηση και επικύρωση του χρήστη ή της υπηρεσίας.

Ένα GSI πιστοποιητικό περιέχει τέσσερα κύρια σημεία πληροφοριών:

- Ένα θεματικό όνομα που ταυτοποιεί το άτομο ή το αντικείμενο που αντιπροσωπεύει το πιστοποιητικό.
- Το δημόσιο κλειδί που ανήκει στο θέμα.
- Την ταυτότητα ενός CA που επικύρωσε το πιστοποιητικό για να πιστοποιήσει ότι το δημόσιο κλειδί και η ταυτότητα ανήκουν στο θέμα.
- Την ψηφιακή υπογραφή του συγκεκριμένου CA.

Σημειώνουμε ότι κάποιος τρίτος (ένα CA) χρησιμοποιείται για να επικυρώσει το σύνδεσμο μεταξύ του δημόσιου κλειδιού και του θέματος στο πιστοποιητικό. Για να μπορούμε να εμπιστευόμαστε το πιστοποιητικό και τα περιεχόμενά του πρέπει το πιστοποιητικό του CA να είναι έμπιστο. Ο σύνδεσμος ανάμεσα στο CA και το πιστοποιητικό του πρέπει να δημιουργείται μέσω μη κρυπτογραφικών μεθόδων ειδάλλως το σύστημα δε θα είναι έμπιστο.

Στο GSI τα πιστοποιητικά είναι κωδικοποιημένα με το X.509 πρότυπο το οποίο είναι το στάνταρ για πιστοποιητικά δημιουργημένα από την IETF (Internet Engineering Task Force).

Αν δύο πλευρές έχουν πιστοποιητικά και αν και οι δύο εμπιστεύονται τα CA που επικύρωσαν τα πιστοποιητικά τους, τότε οι δύο πλευρές μπορούν να αποδείξουν η μία στην άλλη ότι είναι αυτοί που ισχυρίζονται ότι είναι. Αυτό είναι γνωστό ως αμοιβαία επικύρωση. Το GSI χρησιμοποιεί το SSL (Secure Socket Layer) για την υλοποίηση του πρωτοκόλλου του αμοιβαίας επικύρωσης που περιγράφεται παρακάτω.

Πριν την εκδήλωση της αμοιβαίας επικύρωσης οι δύο πλευρές πρέπει πρώτα να εμπιστεύονται τα CA που τις επικύρωσαν. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι πρέπει να έχουν αντίγραφα των πιστοποιητικών των CA – που περιέχουν τα δημόσια κλειδιά των CA – και πρέπει να εμπιστεύονται ότι αυτά τα πιστοποιητικά πραγματικά ανήκουν στα CA.

Για την αμοιβαία επικύρωση το πρώτο μέλος (A) εγκαθιστά μια σύνδεση με το δεύτερο (B). Για την εκκίνηση της διαδικασίας επικύρωσης ο A δίνει στο B το πιστοποιητικό του. Το πιστοποιητικό λέει στο B ποιος ισχυρίζεται ότι είναι ο A, ποιο είναι το δημόσιο κλειδί του A και ποιο CA χρησιμοποιείται για την επικύρωση του πιστοποιητικού. Ο B κατ' αρχήν θα διασφαλίσει ότι το πιστοποιητικό είναι έγκυρο ελέγχοντας την ψηφιακή υπογραφή του CA ώστε να σιγουρευτεί ότι το CA πραγματικά επικύρωσε το πιστοποιητικό και ότι αυτό δεν αλλοιώθηκε από τότε.

Εφόσον ο B ήλεγξε το πιστοποιητικό του A πρέπει να σιγουρευτεί ότι ο A είναι όντως το μέλος που αναγνωρίζεται στο πιστοποιητικό. Ο B δημιουργεί ένα τυχαίο μήνυμα και το στέλνει στον A ζητώντας του να το κρυπτογραφήσει. Ο A το

κρυπτογραφεί χρησιμοποιώντας το ιδιωτικό του κλειδί και το στέλνει πίσω στο Β. Ο Β το αποκρυπτογραφεί χρησιμοποιώντας το δημόσιο κλειδί του Α. Αν ως αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας προκύπτει το αρχικό μήνυμα τότε ο Β γνωρίζει ότι ο Α είναι αυτός που ισχυρίζεται ότι είναι.

Τώρα που ο Β εμπιστεύεται τον Α η ίδια λειτουργία πρέπει να συμβεί αντίστροφα. Ο Β στέλνει το πιστοποιητικό του στον Α, ο Α κοιτά την εγκυρότητά του και στέλνει ένα μήνυμα για κρυπτογράφηση. Ο Β το κρυπτογραφεί και το στέλνει πίσω. Ο Α το αποκρυπτογραφεί και το συγκρίνει με το αρχικό. Αν είναι ίδια τότε ο Β είναι αυτός που ισχυρίζεται.

Σε αυτό το σημείο ο Α και ο Β έχουν εγκαταστήσει μια σύνδεση και είναι σίγουροι ότι γνωρίζουν ο ένας την ταυτότητα του άλλου.

3.1.4 Έμπιστη επικοινωνία και αποθήκευση των ιδιωτικών κλειδιών

Εκ προοιμίου το GSI δεν εγκαθιστά έμπιστη επικοινωνία μεταξύ των πλευρών. Εφόσον έγινε η αμοιβαία επικύρωση το GSI βγαίνει από τη μέση ώστε η επικοινωνία να συμβαίνει χωρίς το κόστος της συνεχούς κρυπτογράφησης και αποκρυπτογράφησης. Το GSI μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί για την εγκατάσταση ενός διαμοιραζόμενου κλειδιού για κρυπτογράφηση αν είναι επιθυμητή έμπιστη επικοινωνία.

Ένα σχετικό χαρακτηριστικό ασφάλειας είναι η ακεραιότητα της επικοινωνίας. Ακεραιότητα σημαίνει ότι κάποιος παρεισακτος μπορεί να διαβάσει την επικοινωνία μεταξύ δύο πλευρών αλλά δεν μπορεί να επηρεάσει αυτήν την επικοινωνία με κανένα τρόπο. Το GSI παρέχει ακεραιότητα στην επικοινωνία από default. Η ακεραιότητα στην επικοινωνία εισάγει κάποιο επιπλέον κόστος στην επικοινωνία αλλά όχι τόσο μεγάλο όσο αυτό της κρυπτογράφησης.

Το GSI που παρέχεται από το Globus περιμένει ότι το ιδιωτικό κλειδί του χρήστη θα είναι αποθηκευμένο σε ένα αρχείο στον τοπικό υπολογιστή. Για να αποτρέψουμε άλλους χρήστες του υπολογιστή από το να κλέβουν το ιδιωτικό κλειδί το αρχείο που περιέχει το κλειδί κρυπτογραφείται μέσω κωδικού πρόσβασης. Για να χρησιμοποιήσει το GSI ο χρήστης πρέπει να εισάγει τον κωδικό πρόσβασης που απαιτείται για την αποκρυπτογράφηση του αρχείου που περιέχει το ιδιωτικό του κλειδί [17].

Σε αυτή την κατεύθυνση υπάρχει ακόμα η χρήση κρυπτογραφημένων έξυπνων καρτών σε συνδυασμό με το GSI. Αυτό επιτρέπει στους χρήστες να αποθηκεύουν τα ιδιωτικά τους κλειδιά σε μια έξυπνη κάρτα αντί για ένα αρχείο καθιστώντας έτσι ακόμα πιο δύσκολη την πρόσβαση σε επιτήδειους στο ιδιωτικό τους κλειδί.

3.1.5 Εξουσιοδότηση και μοναδική επικύρωση

Το GSI παρέχει δυνατότητες εξουσιοδότησης: μια επέκταση του προτύπου SSL που μειώνει τον αριθμό των φορών που ένας χρήστης πρέπει να εισάγει τον κωδικό πρόσβασής του. Αν ένας Grid υπολογισμός απαιτεί ότι μερικοί Grid πόροι χρησιμοποιούνται ή αν υπάρχει ανάγκη για μεσάζοντες να αιτούνται υπηρεσίες εκ μέρους ενός χρήστη, η ανάγκη να εισάγει ξανά ένας χρήστης τον κωδικό πρόσβασής του μπορεί να αποφευχθεί με τη χρήση ενός proxy.

Ένας proxy αποτελείται από ένα νέο πιστοποιητικό (με ένα νέο δημόσιο κλειδί μέσα του) και ένα νέο ιδιωτικό κλειδί. Το νέο πιστοποιητικό περιέχει την ταυτότητα του ιδιοκτήτη, ελαφρά τροποποιημένη ώστε να διαφαίνεται ότι είναι proxy. Το νέο

πιστοποιητικό υπογράφεται από τον ιδιοκτήτη αντί από το CA. Το πιστοποιητικό επίσης περιέχει μια χρονική καταχώρηση μετά από την οποία ο proxy δεν πρέπει να γίνεται αποδεκτός από τους άλλους. Οι proxies έχουν περιορισμένη διάρκεια ζωής.

Το ιδιωτικό κλειδί του proxy πρέπει να φυλάσσεται σε ασφαλές μέρος αλλά επειδή ο proxy δεν είναι έγκυρος για πολύ ώρα δε χρειάζεται να είναι τόσο ασφαλής όσο το ιδιωτικό κλειδί του ιδιοκτήτη. Είναι έτσι εφικτό να αποθηκεύουμε το ιδιωτικό κλειδί του proxy σε ένα τοπικό σύστημα αποθήκευσης χωρίς κρυπτογράφηση εφόσον τα permissions του αρχείου δεν επιτρέπουν σε οποιονδήποτε άλλο να το δει εύκολα. Από τη στιγμή της δημιουργίας και αποθήκευσης ενός proxy ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει το πιστοποιητικό του και το ιδιωτικό του κλειδί για αμοιβαία επικύρωση χωρίς την εισαγωγή κωδικού πρόσβασης.

Όταν χρησιμοποιούνται proxies η διαδικασία της αμοιβαίας επικύρωσης διαφέρει λίγο. Το απομακρυσμένο μέλος δε λαμβάνει μόνο το πιστοποιητικό του proxy (υπογραμμένο από τον ιδιοκτήτη) αλλά και το πιστοποιητικό του ιδιοκτήτη. Κατά τη διάρκεια της αμοιβαίας επικύρωσης το ιδιωτικό κλειδί του ιδιοκτήτη χρησιμοποιείται για την επικύρωση της υπογραφής στο πιστοποιητικό του proxy. Το δημόσιο κλειδί του CA χρησιμοποιείται κατόπιν για την επικύρωση της υπογραφής στο πιστοποιητικό του ιδιοκτήτη. Αυτό εγκαθιστά μια αλυσίδα εμπιστοσύνης από το CA στον proxy μέχρι τον ιδιοκτήτη.

3.2 Grid Resource Allocation Manager (GRAM)

3.2.1 Διαχείριση πόρων στο Globus

Η διαχείριση πόρων στο Globus υλοποιείται μέσω του Grid Resource Allocation Manager. Το Globus έχει διαστρωματωμένη αρχιτεκτονική στην οποία οι υψηλού επιπέδου καθολικές υπηρεσίες είναι χτισμένες πάνω σε ένα βασικό σετ τοπικών υπηρεσιών. Το GRAM παρέχει τα τοπικά κομμάτια για διαχείριση πόρων. Ένα GRAM είναι υπεύθυνο για ένα σετ πόρων που λειτουργούν κάτω από την ίδια πολιτική διαχείρισης για συγκεκριμένες τοποθεσίες. Για παράδειγμα ένας μόνο διαχειριστής μπορεί να παρέχει πρόσβαση σε κόμβους ενός παράλληλου υπολογιστή, σε μια συστάδα σταθμών εργασίας ή σε ένα σετ από μηχανές που λειτουργούν στα πλαίσια ενός Condor Pool [18]. Έτσι ένα Grid που κατασκευάστηκε χρησιμοποιώντας το Globus τυπικά περιέχει πολλά GRAM το καθένα υπεύθυνο για μια συγκεκριμένη ομάδα πόρων.

Το GRAM παρέχει μια στάνταρ διεπαφή στα τοπικά συστήματα διαχείρισης πόρων. Ως εκ τούτου τα Grid εργαλεία και εφαρμογές μπορούν να διατυπώνουν τα αιτήματα απόκτησης πόρων και διαχείρισης διεργασιών με τους όρους ενός στάνταρ API ενώ μεμονωμένες τοποθεσίες δεν περιορίζονται στην επιλογή των εργαλείων διαχείρισης πόρων.

3.2.2 Αρχιτεκτονική του GRAM

Οι GRAM υπηρεσίες παρέχουν δομικά στοιχεία από τα οποία μπορούν να κατασκευαστούν ένα εύρος από καθολικές στρατηγικές διαχείρισης πόρων. Μια ποικιλία από μεσίτες πόρων, υλοποιούν για συγκεκριμένες περιοχές, πολιτικές επιλογής και ανεύρεσης πόρων ενώ μηχανισμοί ανάθεσης πόρων υλοποιούν διαφορετικές προσεγγίσεις στα προβλήματα ανάθεσης και διαχείρισης πόρων. Η υπηρεσία πληροφόρησης παρέχει μια βάση για ανεύρεση και επιλογή πόρων. Η Resource Specification Language (RSL) χρησιμοποιείται σε αυτήν την αρχιτεκτονική ως κοινή σημειογραφία για να εκφραστούν οι απαιτήσεις σε πόρους. Μέσα στην αρχιτεκτονική διαχείρισης πόρων του Globus, υψηλού επιπέδου αφηρημένες προδιαγραφές για απαιτήσεις εφαρμογών μεταφράζονται από μεσίτες σε προοδευτικά πιο συγκεκριμένες απαιτήσεις μέχρι να αναγνωρισθεί ένα συγκεκριμένο σετ από πόρους. Αυτές οι αποκαλούμενες εκφράσεις RSL στέλνονται στους μηχανισμούς ανάθεσης που με τη σειρά τους αποστέλλουν κομμάτια των RSL εκφράσεων στα κατάλληλα GRAM.

Μια συνέπεια αυτής της αρχιτεκτονικής είναι ότι οι υπηρεσίες διαχείρισης πόρων και υπολογισμών υλοποιούνται σε ιεραρχική μορφή. Ένα μεμονωμένο GRAM υποστηρίζει τη δημιουργία και διαχείριση ενός σετ διεργασιών ή Globus εργασιών πάνω σε ένα σετ από τοπικούς πόρους. Ένας υπολογισμός που δημιουργήθηκε από μια καθολική υπηρεσία μπορεί τότε να αποτελείται από μια ή περισσότερες εργασίες καθεμιά δημιουργημένη από μια αίτηση στο GRAM και διαχειρισμένη από μηχανισμούς διαχείρισης του συγκεκριμένου GRAM.

3.2.3 Η λειτουργία του GRAM

Το GRAM απλοποιεί τη χρήση των απομακρυσμένων συστημάτων παρέχοντας μια διεπαφή για αίτηση και χρήση απομακρυσμένων πόρων απαραίτητους για την εκτέλεση εργασιών. Η πιο κοινή χρήση του GRAM είναι η απομακρυσμένη υποβολή εργασιών και ο έλεγχός τους. Αυτό τυπικά χρησιμοποιείται για να υποστηρίξει κατανεμημένες υπολογιστικές εφαρμογές.

Το GRAM έχει σχεδιαστεί για να παρέχει ένα κοινό πρωτόκολλο και API για την αίτηση και χρήση απομακρυσμένων πόρων συστήματος, παρέχοντας μια σταθερή, ελαστική διεπαφή στα τοπικά συστήματα χρονοπρογραμματισμού εργασιών. Το GSI προσφέρει αμοιβαία επικύρωση και των χρηστών και των απομακρυσμένων πόρων ενώ το GRAM παρέχει έναν απλό μηχανισμό εξουσιοδότησης που βασίζεται στις ταυτότητες του GSI και ένα μηχανισμό που αντιστοιχίζει τις ταυτότητες του GSI σε τοπικούς λογαριασμούς χρηστών.

Το GRAM μειώνει τον αριθμό των μηχανισμών που απαιτούνται για τη χρήση των απομακρυσμένων πόρων (όπως απομακρυσμένα υπολογιστικά συστήματα). Τα τοπικά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιούν μια ευρεία ποικιλία από μηχανισμούς διαχείρισης (χρονοπρογραμματιστές, συστήματα διαχείρισης ουρών, συστήματα κράτησης και διεπαφές ελέγχου) αλλά οι χρήστες και οι προγραμματιστές εφαρμογών χρειάζονται να μάθουν μόνο πως να χρησιμοποιούν το GRAM για να ζητήσουν και να χρησιμοποιήσουν αυτούς τους πόρους. Αυτή η δυνατότητα είναι συνεπής με το ρόλο κλεψύδρας που παίζουν τα περισσότερα τμήματα του Globus: το GRAM είναι ο λαιμός της κλεψύδρας με εφαρμογές και υπηρεσίες υψηλότερου επιπέδου (όπως οι μεσίτες πόρων και οι metashedulers) στην πάνω μεριά και τοπικό έλεγχο και μηχανισμούς πρόσβασης στην κάτω. Και οι δύο πλευρές χρειάζεται να εργάζονται μόνο με το GRAM έτσι ο αριθμός των API αλληλεπίδρασης και των πρωτοκόλλων που χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν μειώνεται σημαντικά.

Περιμένουμε το GRAM να συνεχίσει να αναπτύσσεται ραγδαία στα πλαίσια του OGSi καθώς το πρωτόκολλο θεσμοθετείται και καθώς προστίθενται πλουσιότερες περιγραφές εργασιών και δυνατότητες παροχής πόρων.

Το GRAM δεν παρέχει δυνατότητες χρονοπρογραμματισμού ή διαπραγμάτευσης πόρων. Ένας ευρύς αριθμός από metaschedulers και μεσιτών πόρων που ελέγχουν μηχανισμούς του GRAM έχουν αναπτυχθεί σε άλλα project. Εξαιτίας της πρόσφατης κυκλοφορίας του το WS GRAM μπορεί να μην έχει ακόμα υλοποιημένους τους διάφορους metaschedulers και τους μεσίτες πόρων, ωστόσο αυτές οι εφαρμογές δε θα αργήσουν να προστεθούν.

3.3 Metacomputing Directory Service (MDS)

3.3.1 Λειτουργία του MDS

Αυτή η υπηρεσία του Globus ασχολείται με την πρόσβαση σε πληροφορίες. Το δυναμικό περιβάλλον του Grid σημαίνει ότι τα εργαλεία του συστήματος, τα προγραμματιστικά εργαλεία και οι εφαρμογές πρέπει να μπορούν να προσαρμόζονται τη συμπεριφορά τους ως απόκριση στις αλλαγές της δομής ή της κατάστασης του συστήματος. Το MDS έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίζει αυτού του είδους την προσαρμογή παρέχοντας ένα περιβάλλον πλούσιο σε πληροφορίες στο οποίο οι πληροφορίες για τα τμήματα του συστήματος είναι πάντα διαθέσιμες. Το MDS αποθηκεύει πληροφορίες όπως ο τύπος της αρχιτεκτονικής, το λειτουργικό σύστημα, η μνήμη των υπολογιστών, το εύρος ζώνης και η καθυστέρηση του δικτύου, τα διαθέσιμα πρωτόκολλα επικοινωνίας και την αντιστοίχιση ανάμεσα στις IP διευθύνσεις και τη δικτυακή τεχνολογία.

3.3.2 MDS και Lightweight Directory Access Protocol (LDAP)

Το MDS παρέχει μια σουίτα εργαλείων και API για την ανακάλυψη, δημοσίευση και πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με τη δομή και την κατάσταση του Grid. Όπως και σε άλλα τμήματα του Globus επίσημα ή ντε φάκτο πρότυπα χρησιμοποιούνται οποιοδήποτε αυτό είναι δυνατό. Σε αυτήν την περίπτωση τα στάνταρ στην ερώτηση είναι η απεικόνιση των δεδομένων και η διεπαφή προγραμματισμού εφαρμογών που καθορίζεται από το LDAP που μαζί παρέχουν μια ομοιόμορφη, εκτενή αναπαράσταση των πληροφοριών για τα διάφορα τμήματα του Grid. Το LDAP καθορίζει μια ιεραρχική δεντρική δομή ονομάτων που καλείται δέντρο πληροφοριών καταλόγου και έχει σχεδιαστεί ως κατανεμημένη υπηρεσία: αυθαίρετα υποδέντρα μπορούν να συσχετιστούν με διακριτούς servers. Ως εκ τούτου οι τοπικές υπηρεσίες που χρειάζονται για να υποστηρίξουν το MDS είναι ακριβώς ένας LDAP server συν τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την επόικιση του server με ενημερωμένες πληροφορίες για τη δομή και την κατάσταση των πόρων μέσα σε εκείνη την τοποθεσία. Η καθολική MDS υπηρεσία είναι απλά το σύνολο όλων αυτών των servers.

Ένα περιβάλλον πλούσιο σε πληροφορίες είναι περισσότερο από ένας μηχανισμός για ονοματοποίηση πληροφοριών απαιτεί επιπλέον πράκτορες που παράγουν

χρήσιμες πληροφορίες και μέρη που έχουν πρόσβαση και χρησιμοποιούν αυτές τις πληροφορίες. Μέσα στο Globus και οι δύο αυτοί ρόλοι είναι κατανοημένοι σε κάθε τμήμα του συστήματος και πιθανώς πάνω σε κάθε εφαρμογή. Κάθε Globus υπηρεσία είναι υπεύθυνη για την προσφορά πληροφοριών που οι χρήστες της υπηρεσίας μπορεί να βρουν χρήσιμες και για τη χρησιμοποίηση πληροφοριών που θα φέρουν την αύξηση στην απόδοση και την ελαστικότητα. Για παράδειγμα κάθε τοπικός διαχειριστής πόρων ενσωματώνει ένα κομμάτι που καλείται Gram reporter το οποίο συλλέγει και δημοσιοποιεί πληροφορίες σχετικά με τον τύπο των πόρων που διαχειρίζονται, τη διαθεσιμότητά τους κ.λ.π. Οι μεσίτες πόρων χρησιμοποιούν αυτές και άλλες πληροφορίες για την ανακάλυψη πόρων.

3.3.3 Πλεονεκτήματα της χρήσης του MDS

Από τη χρήση του MDS προκύπτουν τα παρακάτω οφέλη:

- Μια διεπαφή για σύνδεση εξωτερικών προγραμμάτων παροχής υπηρεσιών δεδομένων με στιγμιότυπα υπηρεσιών. Το MDS παρέχει ένα στάνταρ μηχανισμό για δυναμική κατασκευή υπηρεσιών δεδομένων διαμέσω εξωτερικών προγραμμάτων.
- Ένα χαρακτηριστικό υπόβαθρο για συγκέντρωση των υπηρεσιών δεδομένων. Οι υπηρεσίες δεδομένων που μπορούν να δημιουργηθούν από πολλαπλά προγράμματα παροχής υπηρεσιών δεδομένων και περιέχονται σε μηνύματα που παραδόθηκαν από άλλες Grid υπηρεσίες μπορούν να δεικτοδοτηθούν με διαφορετικούς τρόπους έτσι ώστε να παρέχουν διαφορετικές αθροιστικές απόψεις των δεδομένων. Ποικίλα εργαλεία γραμμής εντολών και GUIs μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πελάτες στα αθροιστικά δεδομένα.
- Ένα μητρώο Grid υπηρεσιών. Ένα σετ από διαθέσιμες Grid υπηρεσίες διατηρείται σε ένα μητρώο. Το μητρώο επιτρέπει την καταχώρηση σετ υπηρεσιών και την περιοδική ανανέωσή τους. Το μητρώο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την υποστήριξη λειτουργιών ερωτήσεων, άθροισης υπηρεσιών δεδομένων ή άλλων σε μια δεδομένη ομάδα υπηρεσιών.
- Ένα δυναμικό κόμβο δεικτοδότησης και δημιουργίας δεδομένων κατάλληλο για χρήση στην ιεραρχία ή το συνασπισμό υπηρεσιών. Το MDS συνδυάζει κομμάτια του ServiceDataProviderExecution με κομμάτια του DataAggregation και τον ServiceGroup για τη δημιουργία ενός δυναμικού κόμβου δεικτοδότησης και δημιουργίας δεδομένων. Οι υπηρεσίες δεικτοδότησης μπορούν να συνδυαστούν σε μια ποικιλία τοπολογιών χρήσιμες στην κατασκευή Virtual Organizations.

3.3.4 Κυριότερες υπηρεσίες του MDS

Κάθε στιγμιότυπο Grid υπηρεσίας έχει ένα συγκεκριμένο σετ από δεδομένα που σχετίζονται με αυτό. Το MDS παρέχει μια διεπαφή λειτουργιών συνάθροισης και δημιουργίας αυτών των δεδομένων.

Το OGSA [19] μοντέλο αποτελείται από διαρκής υπηρεσίες (τυπικά είναι λίγες) και παροδικές υπηρεσίες (πιθανών στο μέλλον να είναι πολλές). Όλες οι υπηρεσίες υπακούουν σε καθορισμένες Grid υπηρεσίες διεπαφές και συμπεριφορές.

Οι διεπαφές και οι λειτουργίες που είναι περισσότερο σχετικές με το MDS συνοψίζονται παρακάτω.

- *Factory*: Χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ενός νέου στιγμιότυπου Grid υπηρεσίας διαμέσω της λειτουργίας της CreateService. Ένα factory επιστρέφει ένα Grid Service Handle (GSH) όπως περιγράφεται παρακάτω και διατηρεί ένα σετ από δεδομένα υπηρεσιών που μπορούν να επεξεργαστούν.
- *Grid Service Handle*: Το GSH είναι ένα URL που χρησιμοποιείται για ονομάσουμε καθολικά ένα στιγμιότυπο μιας Grid υπηρεσίας για όλο το χρόνο. Το GSH πρέπει να μετασχηματιστεί σε ένα Grid Service Reference για να χρησιμοποιηθεί η υπηρεσία.
- *Grid Service Reference*: Περιγράφει πως ένας πελάτης μπορεί να επικοινωνήσει με ένα στιγμιότυπο μιας Grid υπηρεσίας. Η HandleMap διεπαφή επιτρέπει σε ένα πελάτη να αντιστοιχίζει ένα GSH σε ένα GSR. Καθώς το GSH αναπαριστά μόνο ονόματα το GDR περιέχει πληροφορίες για το πρωτόκολλο μετάδοσης και την κωδικοποίηση των δεδομένων.
- *Query*: Παρέχει δυνατότητες ερωτήσεων στα δεδομένα. Ένα στιγμιότυπο μιας Grid υπηρεσίας διατηρεί ένα σετ από δεδομένα υπηρεσίας. Η FindServiceData λειτουργία από τη GridService διεπαφή χρησιμοποιείται για επεξεργασία αυτών των πληροφοριών.
- *Registry*: Υποστηρίζει εύρεση με το να επιστρέφει τα GSHs από ένα σετ Grid υπηρεσιών. Ένα Registry επιτρέπει την καταχώρηση των Grid υπηρεσιών έτσι ώστε περιοδικά μια ομάδα από αυτές να καταχωρούν τα GSHs τους ώστε να είναι δυνατή η ανεύρεση υπηρεσιών μέσα από αυτή την ομάδα.

3.4 GridFTP

3.4.1 Μεταφορά δεδομένων στο Globus

Το Globus project έχει ως σκοπό την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών που θα καταστήσουν δυνατή τη δημιουργία σταθερών υπολογιστικών Grid. Μέσα σε αυτήν την κατεύθυνση αναπτύσσονται υπηρεσίες στο μέσο επίπεδο όπου γενικεύονται οι απαιτήσεις των Grid εφαρμογών και δημιουργούνται τεχνολογίες που υποστηρίζουν ολόκληρες κλάσεις από εφαρμογές. Μια από αυτές τις τεχνολογίες είναι και η διαμοίραση δεδομένων ανάμεσα στις καταναμημένες υπηρεσίες αποθήκευσης. Αυτό

χρειάζεται επειδή οι περισσότερες από αυτές τις καταναμημένες υπηρεσίες αποθήκευσης χρησιμοποιούν ασυμπίεστα πρωτόκολλα για την πρόσβαση των δεδομένων και απαιτούν τη χρήση των δικών τους πελατών. Η χρήση πολλαπλών ασυμπίεστων πρωτοκόλλων για αποθήκευση δεδομένων αποτελεσματικά διαιρεί τα διαθέσιμα datasets στο Grid αλλά εφαρμογές που χρειάζονται πρόσβαση στα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα σε διαφορετικά συστήματα αποθήκευσης πρέπει να χρησιμοποιούν διαφορετικές μεθόδους για να ανακτήσουν δεδομένα από το κάθε σύστημα. Μπορεί να γίνει δύσκολο τελικά να μεταφέρεις ένα dataset από ένα σύστημα σε ένα άλλο.

Γι' αυτό θα ήταν αμοιβαία αποτελεσματικό να υπάρχει ένα κοινό επίπεδο για συνδεσιμότητα ανάμεσα σε όλα αυτά τα διαφορετικά συστήματα: ένας κοινό αλλά επεκτάσιμο πρωτόκολλο μεταφοράς δεδομένων. Ένα κοινό πρωτόκολλο μεταφοράς δεδομένων για όλα αυτά τα συστήματα αποθήκευσης θα είχε θετικά αποτελέσματα τόσο σε αυτού που διατηρούν μεγάλα datasets όσο και στους χρήστες αυτών των datasets. Οι πάροχοι των datasets κερδίζουν μια ευρύτερη βάση χρηστών επειδή τα δεδομένα τους θα είναι διαθέσιμα σε κάθε πελάτη. Οι χρήστες των datasets θα κερδίσουν πρόσβαση σε ένα ευρύτερο φάσμα συστημάτων αποθήκευσης και δεδομένων.

Επιπλέον η δημιουργία ενός κοινού πρωτοκόλλου μεταφοράς δεδομένων θα εξαφάνιζε την υπάρχουσα πρόσθετη προσπάθεια στην ανάπτυξη μοναδικών δυνατοτήτων μεταφοράς δεδομένων για διαφορετικά συστήματα αποθήκευσης. Το κοινό αυτό πρωτόκολλο μεταφοράς δεδομένων είναι το GridFTP που είναι περισσότερο αξιόπιστο και αποδοτικό αλλά και με γενικότερα χρήσιμα χαρακτηριστικά τα οποία θα γίνουν διαθέσιμα σε όλα τα καταναμημένα συστήματα αποθήκευσης.

3.4.2 Κίνητρο για ένα κοινό μηχανισμό μεταφοράς δεδομένων

Όπως είπαμε και προηγουμένως η χρήση πολλαπλών συστημάτων αποθήκευσης οδήγησε σε διαίρεση των διαθέσιμων datasets και υπηρεσιών αποθήκευσης. Για να διασπάσουμε αυτά τα διαιρεμένα κομμάτια που δημιουργήθηκαν από αυτά τα ασυμπίεστα μεταξύ τους συστήματα αποθήκευσης πρέπει να δημιουργήσουμε ένα επίπεδο για συνδεσιμότητα είτε πάνω είτε κάτω από αυτά συστήματα αποθήκευσης.

Προσθέτοντας ένα επίπεδο για συνδεσιμότητα πάνω από το σύστημα αποθήκευσης είναι η πιο φανερή προσέγγιση. Αυτή θα περιελάμβανε τη δημιουργία ενός συστήματος "metastorage" ή μια αφαιρετική έκδοση ενός υπάρχοντος συστήματος που χρησιμοποιεί έναν αριθμό από διαφορετικά λογικά συστήματα αποθήκευσης για να υλοποιήσει υψηλού επιπέδου λειτουργίες αποθήκευσης. Στα πλεονεκτήματα αυτής της προσέγγισης περιλαμβάνονται μια κοινή διεπαφή για εφαρμογές που απαιτούν λειτουργίες αποθήκευσης δεδομένων και η ικανότητα να επιτύχουμε το στόχο χωρίς αλλαγές στα υπάρχοντα συστήματα αποθήκευσης. Στα μειονεκτήματα περιλαμβάνονται η ανάγκη για ανάπτυξη διεπαφών στα υπάρχοντα συστήματα αποθήκευσης και το ατυχές αποτέλεσμα ότι συγκεκριμένα χαρακτηριστικά από καθορισμένα συστήματα αποθήκευσης θα ήταν κρυμμένα πίσω το αφηρημένο επίπεδο υπηρεσιών.

Η πρόσθεση ενός επιπέδου για συνδεσιμότητα από κάτω από το σύστημα αποθήκευσης θα περιελάμβανε διάζευξη των χαμηλού επιπέδου μηχανισμών μεταφοράς δεδομένων από τα καταναμημένα συστήματα υπηρεσιών που τα χρησιμοποιούν. Εφόσον γίνει αυτό ένας κοινός μηχανισμός μεταφοράς δεδομένων (χρησιμοποιώντας ένα μοναδικό καθολικό πρωτόκολλο μεταφοράς δεδομένων)

μπορεί να χρησιμοποιηθεί για όλα τα συστήματα αποθήκευσης. Στα πλεονεκτήματα αυτής της προσέγγισης είναι η δυνατότητα της ανάπτυξης νέων εξειδικευμένων συστημάτων αποθήκευσης που είναι αυτόματα συμβατά με τα υπάρχοντα συστήματα και το γεγονός ότι τα υπάρχοντα συστήματα αποθήκευσης δεδομένων μπορούν να εκμεταλλευτούν ένα πλουσιότερο σετ λειτουργιών μεταφοράς δεδομένων. Το κυριότερο μειονέκτημα είναι ότι αυτοί που αναπτύσσουν τα υπάρχοντα συστήματα αποθήκευσης πρέπει να ενσωματώσουν τη δυνατότητα στα συστήματά τους να χρησιμοποιούν τον κοινό μηχανισμό μεταφοράς δεδομένων.

Η ύπαρξη ενός κοινού πρωτοκόλλου μεταφοράς δεδομένων σημαίνει ότι υπάρχει ένα σημαντικό επίπεδο για συνδεσιμότητα ανάμεσα στα συστήματα που χρησιμοποιούν το εν λόγω πρωτόκολλο. Είτε σχεδιαστές συστημάτων αποθήκευσης γράφουν το δικό τους κώδικα για την υλοποίηση του κοινού πρωτοκόλλου είτε χρησιμοποιούν κώδικα που παρέχεται από το Globus, η χρήση του κοινού πρωτοκόλλου διασφαλίζει ότι τα συστήματα αποθήκευσης θα έχουν υψηλή απόδοση στη μεταφορά δεδομένων που αυτόματα ενσωματώνεται και στα άλλα συστήματα αποθήκευσης.

3.4.3 Χαρακτηριστικά του GridFTP

Για να είναι όλη αυτή η πρόταση που αναπτύχθηκε ελκυστική στους χρήστες και τους σχεδιαστές των υπάρχοντων συστημάτων αποθήκευσης πρέπει να προσφέρουμε ένα μηχανισμό μεταφοράς που παρέχει πολλά χαρακτηριστικά επιπλέον από αυτά που προσφέρουν οι υπάρχοντες μηχανισμοί. Ένα κοινό πρωτόκολλο μεταφοράς δεδομένων για το Grid ιδανικά θα προσέφερε όλα τα χαρακτηριστικά που είναι τώρα διαθέσιμα από καθένα από τα πρωτόκολλα που είναι αυτή τη στιγμή σε χρήση [20].

Έχουμε παρατηρήσει ότι το FTP πρωτόκολλο είναι το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται περισσότερο για μεταφορά δεδομένων στο διαδίκτυο και ο πιο πιθανός υποψήφιος να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Grid. Είναι δε ελκυστικό για τα παρακάτω χαρακτηριστικά του:

- Είναι ευρέως υλοποιημένο και αποδεκτό IETF στάνταρ πρωτόκολλο.
- Παρέχει μια καλά καθορισμένη αρχιτεκτονική για επεκτάσεις του πρωτοκόλλου και υποστηρίζει δυναμική εύρεση των επεκτάσεων που υποστηρίζονται από μια συγκεκριμένη υλοποίηση.
- Πολλά γκρουπ έχουν προσθέσει διάφορες επεκτάσεις διαμέσω της IETF. Κάποιες από αυτές θα είναι εξαιρετικά χρήσιμες στο Grid.
- Υποστηρίζει μεταφορές μεταξύ client και server.
- Υποστηρίζει μεταφορές τρίτων μέσω δύο servers.

Σκοπεύουμε να επιλέξουμε ένα σετ από τα υπάρχοντα FTP στάνταρ και να το επεκτείνουμε περαιτέρω προσθέτοντας τα παρακάτω χαρακτηριστικά. Το πρωτόκολλο που προκύπτει έτσι είναι το κατάλληλο για μεταφορά δεδομένων στο Grid δηλαδή το GridFTP.

- *Αυτόματη διαπραγμάτευση των TCP buffer/window μεγεθών.* Η διαδικασία χειροκίνητου καθορισμού του μεγέθους των TCP buffer/window είναι

επιρρεπής σε σφάλματα και συχνά δε γίνεται καθόλου. Το GridFTP υποστηρίζει αυτόματη διαπραγμάτευση αυτών των μεγεθών τόσο για μεγάλα αρχεία αλλά και για μεγάλες ομάδες μικρών αρχείων.

- *Παράλληλη μεταφορά δεδομένων.* Σε συνδέσμους ευρείας περιοχής η χρήση πολλαπλών TCP streams (ακόμα και ανάμεσα στο ίδιο ζεύγος αφετηρίας προορισμού) μπορεί να βελτιώσει το εύρος ζώνης από τη χρήση ενός μοναδικού TCP stream. Επιπλέον η διαίρεση των δεδομένων σε πολλούς server θα βελτιώσει περαιτέρω την απόδοση. Το GridFTP υποστηρίζει παράλληλη μεταφορά δεδομένων τόσο από ένα μοναδικό server όσο και από πολλούς. Επιπροσθέτως θα προταθεί και ένας μηχανισμός για αυτόματη διαπραγμάτευση του επιπέδου παραλληλισμού σε μια μεταφορά.
- *Έλεγχος από τρίτο της μεταφοράς δεδομένων.* Για να διαχειριστούμε μεγάλα datasets είναι αναγκαίο να παρέχουμε έλεγχο από τρίτο στις μεταφορές ανάμεσα στους server αποθήκευσης. Το GridFTP παρέχει αυτή τη δυνατότητα προσθέτοντας GSSAPI ασφάλεια στην υπάρχουσα δυνατότητα που καθορίζεται στο FTP πρωτόκολλο.
- *Μερική μεταφορά αρχείου.* Πολλές εφαρμογές απαιτούν μεταφορά μέρους μόνο από ένα αρχείο. Η μεταφορά ολόκληρου του αρχείου μπορεί να είναι πολύ ακριβή. Το GridFTP υποστηρίζει μερική μεταφορά αρχείου.
- *Ασφάλεια.* Η ασφάλεια είναι κρίσιμη στη μεταφορά και τη διαχείριση αρχείων. Το GridFTP υλοποιεί ανώνυμη και GSSAPI επικύρωση με προαιρετική αρτιότητα και μυστικότητα όπως καθορίζεται από το υπάρχον GSSAPI-enabled FTP στάνταρ.
- *Αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων.* Η αξιόπιστη μεταφορά είναι σημαντική για πολλές εφαρμογές που διαχειρίζονται δεδομένα. Μέθοδοι ανάκαμψης από σφάλματα για τη διαχείριση παροδικών δικτυακών βλαβών, ή αποτυχιών των server κ.λ.π είναι απαραίτητες. Το FTP πρωτόκολλο περιλαμβάνει κάποια βασικά χαρακτηριστικά για την επανεκκίνηση αποτυχημένων μεταφορών που δεν είναι ευρέως υλοποιημένες. Αυτές θα παρέχονται στην υλοποίηση του GridFTP.

Με αυτά τα χαρακτηριστικά επιπλέον σε εκείνα που προσφέρει το πρωτόκολλο FTP, το GridFTP θα μπορεί να παρέχει ασφαλή αξιόπιστη και αποδοτική μεταφορά δεδομένων στα πλαίσια των Grid περιβαλλόντων.

Κεφάλαιο 4 – Εφαρμογές & Υποδομές

4.1 Κατανεμημένες εφαρμογές με αυξημένη ανάγκη σε υπολογιστική ισχύ

4.1.1 Παρουσίαση των εφαρμογών

Οι εφαρμογές με αυξημένη ανάγκη σε υπολογιστική ισχύ είναι μια κλάση εφαρμογών των οποίων οι υπολογιστικές απαιτήσεις είναι τόσο μεγάλες που μπορούν να αντιμετωπιστούν μόνο με συνδυασμό πολλών πόρων ενός υπολογιστικού Grid σε ένα μοναδικό εικονικό κατανεμημένο υπερυπολογιστή. Στις εφαρμογές αυτές περιλαμβάνονται οι εξής:

- Παραδοσιακές batch φυσικές εξομοιώσεις και μοντέλα.
- Interactive εφαρμογές διαφόρων τύπων όπως κατανεμημένες interactive εξομοιώσεις που περιλαμβάνουν έλεγχο του εδάφους και του καιρού συγκεκριμένης τοποθεσίας.
- Εφαρμογές που περιστασιακά χρειάζονται πολύ περισσότερη υπολογιστική ισχύ για κάποια φάση των υπολογισμών όπως για παράδειγμα συμβαίνει στις ιατρικές εφαρμογές.
- Σύνθετη ανάλυση σε δεδομένα από μεγάλα κατανεμημένα αρχεία δεδομένων όπως για παράδειγμα αστρονομικά δεδομένα από παρατηρήσεις των ουράνιων σωμάτων.

4.1.2 Καθυστέρηση και εύρος ζώνης

Μια κατανεμημένη υπολογιστική εφαρμογή μπορεί να βλέπει το Grid ως ένα μεγάλο παράλληλο υπολογιστή κατανεμημένης μνήμης που αποτελείται από πολλούς επεξεργαστές οι οποίοι ανταλλάσσουν δεδομένα μέσω συνδέσμων επικοινωνίας. Σε συστήματα συστάδων σταθμών εργασίας που συχνά χρησιμοποιούνται ως παράλληλοι υπολογιστές οι σύνδεσμοι μπορεί να είναι δίκτυα τύπου Ethernet ή υψηλότερης απόδοσης και μικρότερης καθυστέρησης δίκτυα Myrinet. Στους κατανεμημένους υπερυπολογιστές οι σύνδεσμοι επικοινωνίας προσφέρονται από δίκτυα ευρείας περιοχής. Έτσι η υψηλού επιπέδου αντιμετώπιση των κατανεμημένων υπερυπολογιστών είναι αυτή ενός metacomputer: ένα παράλληλο σύστημα με λίγους, πολύ μεγάλους ετερογενείς κόμβους που συνδέονται με ένα σχετικά αργό, υψηλής καθυστέρησης επικοινωνιακό υπόβαθρο που παρέχεται από δίκτυα ευρείας περιοχής.

Τα metacomputing projects απέκτησαν εμπιστοσύνη στα δίκτυα έχοντας τη γνώση ότι κάποια από τα πρώτα παράλληλα συστήματα υπολογιστών χρησιμοποιήθηκαν επιτυχώς για μεγάλες επιστημονικές εφαρμογές παρά το γεγονός ότι τα δίκτυα διασύνδεσης είχαν καθυστερήσεις της τάξης των millisecond και εύρη ζώνης μεγέθους 1 Mb/s ή λιγότερο. Δεδομένου ότι αποτελεσματικοί αλγόριθμοι κατασκευάστηκαν για αυτά τα συστήματα φαινόταν πιθανό ότι κάποιος θα μπορούσε

να χρησιμοποιήσει αποδοτικά τους κατανεμημένους υπερυπολογιστές αν υιοθετούσε κατάλληλες τεχνικές.

Ξεκινώντας με την προοπτική του Grid ως ενός μεγάλου, παράλληλου υπολογιστή μια σειρά από τεχνικές διάσπασης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή μιας κατανεμημένης υπολογιστικής εφαρμογής:

- *Pipeline or dataflow decomposition*: Σε μερικές εφαρμογές οι υπολογισμοί μπορούν να δομηθούν ως pipeline διαδικασία στην οποία μια σειρά από πολύπλοκες λειτουργίες εφαρμόζεται σε μια άλλη σειρά από στοιχεία δεδομένων. Αυτού του τύπου οι εφαρμογές μπορούν εύκολα να μετασχηματιστούν σε μια κατανεμημένη υπολογιστική εφαρμογή με το να ανατίθενται στάδια του pipeline σε ξεχωριστούς υπερυπολογιστές.
- *Functional decomposition*: Αυτού του είδους η διάσπαση στην οποία οι λειτουργίες των εφαρμογών είναι κατανεμημένες στους Grid πόρους, είναι εφικτή σε εφαρμογές όπως οι πειθαρχημένες εξομοιώσεις και τα λεπτομερή μοντέλα. Για παράδειγμα τα μοντέλα κλίματος που βασίζονται στα μοντέλα ροής της ατμόσφαιρας και των ωκεανών μπορούν να εκτελεστούν με την τοποθέτηση του μοντέλου του ωκεανού σε ένα σύστημα και το μοντέλο της ατμόσφαιρας σε ένα άλλο. Τα δεδομένα μεταξύ των μοντέλων δε μεταβιβάζονται συχνά ενώ η μεταφορά δεδομένων μέσα σε ένα μοντέλο συμβαίνει πολύ συχνότερα.
- *Data-Parallel decomposition*: Αυτή η προσέγγιση, στην οποία ο ίδιος αλγόριθμος εφαρμόζεται σε κάθε δεδομένο στην εφαρμογή, είναι περισσότερο αποδοτική όταν υπάρχει χαλαρή σύνδεση μεταξύ των στοιχείων. Αυτές οι εφαρμογές, που συχνά καλούνται ευχάριστα παράλληλες, παρουσιάζονται σε πολλές εξομοιώσεις. Αυτού του είδους η διάσπαση είναι πιο δύσκολη και μπορεί να αποδειχθεί και μη πρακτική όταν υπάρχουν στενότεροι δεσμοί.

Οι παραπάνω διασπάσεις μπορούν να αντιμετωπιστούν ως ένα καθοριστικό σετ από πρότυπα για την κατασκευή κατανεμημένων υπολογιστικών εφαρμογών. Συνδυασμοί αυτών των προτύπων καθώς και εναλλακτικά πρότυπα είναι επίσης πιθανά. Η επιλογή μιας κατάλληλης διάσπασης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά τόσο της εφαρμογής όσο και από τους πόρους που είναι διαθέσιμοι σε αυτήν. Το κεντρικό θέμα είναι πάντως πως θα διαχειριστούμε πιθανές μεγάλες καθυστερήσεις στην επικοινωνία και περιορισμένο εύρος ζώνης ανάμεσα στα τμήματα των εφαρμογών.

Μπορούμε να πάρουμε μια γεύση της επίδρασης της καθυστέρησης των δικτύων ευρείας περιοχής και των περιορισμών τους σε εύρος ζώνης αν αναλογιστούμε ότι η καθυστέρηση διάδοσης σε ένα υπερατλαντικό σύνδεσμο είναι φραγμένη κάτω από τη ταχύτητα διάδοσης και σε αυτήν την περίπτωση είναι περίπου 20 ms. Παρά το γεγονός ότι στα μελλοντικά δίκτυα περιμένουμε να αυξηθεί το εύρος ζώνης η καθυστέρηση που κυριαρχείται από τη ταχύτητα διάδοσης δεν περιμένουμε να αλλάξει σημαντικά.

Τα προβλήματα της καθυστέρησης και του περιορισμένου εύρους ζώνης περιπλέκονται ακόμα περισσότερο από το γεγονός ότι η απόδοση του δικτύου μπορεί να διαφέρει σημαντικά κατά την εκτέλεση της εφαρμογής. Η πρωταρχική πηγή αυτής της διακύμανσης είναι η εξάρτηση των περισσότερων υψηλής απόδοσης δικτύων

ευρείας περιοχής από διαμοιραζόμενα μέσα καθώς το κόστος αφιέρωσης των δικτυακών συνδέσμων είναι απαγορευτικό.

Οι υπολογιστικές εφαρμογές συχνά περιέχουν στενά συνδεδεμένους υπολογισμούς υποδηλώνοντας έτσι την ανάγκη για αποδοτικό συγχρονισμό και εξισορρόπηση των φορτίων. Γι' αυτό τα αποτελέσματα της μεγάλης ή υψηλά μεταβλητής καθυστέρησης μπορεί να είναι εξαιρετικά επώδυνη για αυτές τις εφαρμογές. Οι υπολογιστικές εφαρμογές μπορεί επίσης να χρειάζονται εκτεταμένες εισόδους, εξόδους και επικοινωνία μεταξύ των επεξεργαστών. Οι ρυθμοί μεταφορά δεδομένων τείνουν να έχουν υψηλά ποικίλες περιόδους και διάρκεια και τείνουν να έχουν το ίδιο μέγεθος και προς τις δύο κατευθύνσεις διαφέροντας από άλλες εφαρμογές (π.χ. πραγματικού χρόνου).

Πρέπει να αναπτυχθούν μια σειρά από τεχνικές για την αντιμετώπιση θεμάτων καθυστέρησης και εύρους ζώνης στα Grid. Το πιο σημαντικό από αυτά πρέπει να είναι η ανάπτυξη νέων αλγορίθμων ανοχής καθυστέρησης. Επιπλέον ετερογενή συστήματα με δυναμική συμπεριφορά θα κινητοποιήσουν την ανάπτυξη δυναμικών τεχνικών που θα μπορούν να προσαρμόζονται στη χρονική διαθεσιμότητα των πόρων.

4.1.3 Χρονοπρογραμματισμός

Ο χρονοπρογραμματισμός και η διαμόρφωση των εφαρμογών είναι επίσης πολύ σημαντικές προκλήσεις στο πεδίο των υπερυπολογιστών. Η επίτευξη της καλύτερης επίδοσης εξαρτάται από την επιλογή του τύπου και του αριθμού των επεξεργαστών, τα χαρακτηριστικά των εφαρμογών, το διαθέσιμο εύρος ζώνης και την καθυστέρηση και την τοποθεσία και το μέγεθος των δεδομένων εισόδου και εξόδου.

Για παράδειγμα οι σημερινές εφαρμογές στη χημεία συχνά υπολογίζουν ξανά τις ποσότητες επειδή είναι πιο γρήγορο από το να αποθηκευτούν τα αποτελέσματα στο δίσκο και να ανακτηθούν αργότερα. Κάποιος θα μπορούσε να φανταστεί τη γενίκευση αυτής της τεχνικής αναλογιζόμενος τον επανυπολογισμό των δεδομένων ανάλογα με την περίπτωση και τους διαθέσιμους πόρους όπως για παράδειγμα την ποσότητα της διαθέσιμης μνήμης ή την τοποθεσία αποθήκευσης και το μέγεθος των δεδομένων. Ένα άλλο παράδειγμα τέτοιας αντιμετώπισης είναι η εξισορρόπηση του αριθμού των κόμβων σε σχέση με το εύρος ζώνης του δικτύου και η ικανότητα της επικάλυψης των υπολογισμών και των επικοινωνιών.

Η δυνατότητα να χρονοπρογραμματίσουμε τα τμήματα ενός καταναμημένου υπερυπολογιστή βασίζεται στην ικανότητα της απόκτησης ταυτόχρονης πρόσβασης σε έναν επαρκή αριθμό από πόρους. Τα σύγχρονα συστήματα διαχείρισης πόρων των υπερυπολογιστών δεν υποστηρίζουν κράτηση που είναι γενικά προαπαιτούμενο για την εγγύηση της ταυτόχρονης πρόσβασης σε ένα συγκεκριμένο σετ πόρων. Αυτό είναι ένα πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί στα μελλοντικά Grid περιβάλλοντα. Μια ενδεικτική ερώτηση για έρευνα είναι πως θα υποστηρίζεται η κράτηση χωρίς σημαντική υποβάθμιση της χρήσης του πόρου που κρατείται.

4.1.4 Ανάκαμψη από σφάλματα

Οι υπολογιστικές εφαρμογές συχνά απαιτούν πολλές ώρες, ημέρες ή ακόμα και εβδομάδες εκτέλεσης για την επίλυση ενός προβλήματος. Στα παραδοσιακά υπολογιστικά συστήματα τμήματα εκτελέσεων ορισμένων ωρών υποβάλλονται και τα ενδιάμεσα αποτελέσματα αποθηκεύονται μέχρι την έναρξη της επόμενης εκτέλεσης. Το checkpointing, δηλαδή η αποθήκευση της κατάστασης του υπολογισμού σε δευτερογενή ή τριτογενή αποθήκη, χρησιμοποιείται για αυτό το σκοπό και επιπλέον

για την αποφυγή της επανεκτέλεσης ολόκληρης της εφαρμογής σε περίπτωση σφαλμάτων του συστήματος. Γενικά το checkpointing μιας παράλληλης εφαρμογής είναι περιπλεγμένο από τη δυσκολία καθορισμού μιας συνεπούς κατάστασης των εφαρμογών. Συγκεκριμένα η κατάσταση μπορεί να περιλαμβάνει μηνύματα που είναι σε διακίνηση. Παρόλο που έχουν αναπτυχθεί αλγόριθμοι checkpointing για παράλληλες μηχανές [21], η δημιουργία ενός checkpoint σε μια κατανεμημένη υπολογιστική εφαρμογή είναι πολύπλοκη εξαιτίας του μεγάλου μεγέθους της εφαρμογής, των ασθενών συνδέσεων μεταξύ των υπολογιστικών πόρων και το γεγονός ότι τα περισσότερα δίκτυα ευρείας χρήσης δεν εγγυώνται αξιόπιστη και διατεταγμένη παράδοση.

Μια εναλλακτική λύση του checkpointing είναι η εκμετάλλευση της κατανεμημένης φύσης του υποκείμενου Grid. Σε μια υπολογιστική εφαρμογή ολόκληρη η εφαρμογή γενικά αποτυγχάνει αν κάποιος κόμβος πέσει. Ωστόσο αυτό δε συμβαίνει σε μια κατανεμημένη υπολογιστική εφαρμογή. Αλγόριθμοι ανοχής σφαλμάτων σε συνεργασία με πρωτόκολλα επικοινωνίας μπορούν να εκμεταλλευτούν την κατανεμημένη φύση του Grid με το να μειώσουν ή και να εξαφανίσουν την ανάγκη για checkpointing.

4.2 Κατανεμημένες εφαρμογές πραγματικού χρόνου

4.2.1 Cardioangiography: Καταχώρηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο

Σε πολλά περιβάλλοντα το κλειδί για τα δεδομένα πραγματικού χρόνου είναι η άμεση και αυτόματη επεξεργασία που είναι απαραίτητη για την οργάνωση και καταχώρηση των δεδομένων έτσι ώστε αυτά να είναι διαθέσιμα σε απομακρυσμένες τοποθεσίες. Το cardioangiography σύστημα που περιγράφουμε εδώ είναι τυπικό τέτοιου περιβάλλοντος. Τα δεδομένα δημιουργούνται σε μεγάλες ποσότητες και με υψηλή απόδοση και οι άνθρωποι που δημιουργούν τα δεδομένα είναι γεωγραφικά διαχωρισμένοι από τους ανθρώπους που καταχωρούν ή χρησιμοποιούν τα δεδομένα.

Υπάρχουν διάφορα ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν όσον αφορά τη διαχείριση αυτού του τύπου των δεδομένων δημιουργημένων από ιατρικά όργανα.

1. Αυτόματη δημιουργία τουλάχιστον των λιγότερο δυνατών απαιτούμενων metaδεδομένων.
2. Αυτόματη καταχώρηση των δεδομένων και των metaδεδομένων καθώς έρχονται αυτά ή όσο το δυνατόν πιο κοντά γίνεται στην επεξεργασία πραγματικού χρόνου.
3. Διαφανής διαχείριση τριτογενών συστημάτων αποθήκευσης όπου αρχειοθετούνται τα αρχικά δεδομένα.
4. Προώθηση της συνεργατικής έρευνας με τη παροχή σε καθορισμένους χρήστες τοπικών ή απομακρυσμένων τοποθεσιών άμεση και διαρκή πρόσβαση στα δεδομένα.
5. Ενσωμάτωση των δεδομένων σε άλλα έγγραφα ή βάσεις δεδομένων.

Για αυτό το σύστημα μια ψηφιακή πραγματικού χρόνου βιβλιοθήκη συγκεντρώνει δεδομένα από τα όργανα και αυτόματα τα επεξεργάζεται, τα καταχωρεί και τα αρχειοθετεί μαζί με τα metaδεδομένα με αποτέλεσμα ένα web-based αντικείμενο να αναπαριστά το κάθε dataset.

4.3 Grid Υποδομές στην Ευρώπη

4.3.1 Τάσεις στην ανάπτυξη υποδομών

Τα μεγάλα Grid project στην Ευρώπη χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: σε αυτά που αναφέρονται ως πρώτο κύμα και σε αυτά που αναφέρονται ως δεύτερο κύμα. Στο πρώτο κύμα συμπεριλαμβάνονται τα project που θεωρούνται “παλαιότερα” δηλαδή εκείνα που ελάμβαναν χρηματοδότηση πριν το 2001 ενώ στο δεύτερο κύμα περιλαμβάνονται εκείνα που θεωρούνται “νεότερα” . Παρακάτω αναφέρουμε συνοπτικά τα project που ανήκουν στο πρώτο και στο δεύτερο κύμα.

Στο πρώτο κύμα περιλαμβάνονται τα εξής project: AVO, CrossGrid, DAMIEN, DataGrid, DataTAG, EGSO, EUROGRID, GRIA, GridLab και GRIP.

Στο δεύτερο κύμα συμπεριλαμβάνονται τα παρακάτω project: BioGrid, COG, FlowGrid, GEMSS, GRACE, GRASP, MammoGrid, MOSES, OpenMolGRID και SeLeVe [22].

4.3.2 Υποδομές του πρώτου κύματος

Παρακάτω παραθέτουμε τις υποδομές του πρώτου κύματος και αναφέρουμε συνοπτικά τους κύριους στόχους που εξυπηρετεί η λειτουργία τους [23].

AVO

Ο κύριος στόχος του AVO είναι το χτίσιμο ενός Grid δεδομένων και η παροχή μιας συλλογής από αρχεία δεδομένων και εργαλεία λογισμικού για την εγκατάσταση ενός Visual Observatory. Αυτό το project ασχολείται με την ανάπτυξη ενός κοινού υπόβαθρου πρότυπων meta-δεδομένων για τη συνένωση διαφορετικών σετ δεδομένων έτσι ώστε αυτά να περιέχουν και domain specific και non-specific meta-δεδομένα. Το project έχει επίσης δώσει προσοχή στην ανάπτυξη επιστημονικών μεθόδων για την εκμετάλλευση ευρείων βάσεων δεδομένων. Το AVO δεν καθορίζει προς το παρόν μοντέλα αρχιτεκτονικής αλλά εξετάζει τα υπάρχοντα.

CrossGrid

Το CrossGrid θα αναπτύξει τεχνικές για ευρείας κλίμακας εξομοιώσεις και οπτικοποιήσεις που απαιτούν αποκρίσεις σε πραγματικό χρόνο.

Το CrossGrid αντιμετωπίζει θέματα όπως η κατανομή των δεδομένων εισόδου, η εξομοίωση και η οπτικοποίηση, η ανάπτυξη προγραμμάτων, η ανάλυση της απόδοσης και η ανεξαρτήτου πλατφόρμας εικονική πραγματικότητα.

DAMIEN

Αυτό το project προέρχεται από το χώρο των υψηλής απόδοσης υπολογιστικών εφαρμογών και ασχολείται με το πρόβλημα της ανάπτυξης εφαρμογών για

υπολογιστικά Grid. Στις εφαρμογές υψηλής υπολογιστικής απόδοσης εκείνος που αναπτύσσει την εφαρμογή εξαντλείται στην επιλογή από τα διαθέσιμα πρότυπα όπως το Message Passing Standard MPI και σε μερικά εργαλεία που διευκολύνουν την ανάπτυξη και ανάλυση της εφαρμογής του. Ο κεντρικός στόχος του project είναι έτσι η παροχή αυτών των γνωστών και υψηλά αποδεκτών εργαλείων στα υπολογιστικά Grid. Για την επίτευξη αυτού του στόχου τα εργαλεία πρέπει να επεκταθούν στις ιδιότητες του Grid. Επιπλέον αυτά τα εργαλεία θα ελεγχθούν στα βιομηχανικά περιβάλλοντα με εφαρμογές που χρησιμοποιούνται στην καθημερινή παραγωγή.

DataGrid

Το DataGrid σχεδιάζει, υλοποιεί και εκμεταλλεύεται ένα Grid από δεδομένα και επεξεργαστές. Αυτό επιτρέπει σε καταναμημένα δεδομένα και επεξεργαστές να εκτελούν ευαίσθητους επιστημονικούς υπολογισμούς. Το project αναπτύσσει το απαιτούμενο λογισμικό για την υλοποίηση αυτής της λειτουργικότητας σε συνεργασία με κάποια κέντρα ανάπτυξης της τεχνολογίας Grid που ενσωματώνουν πρακτική και εμπειρία από προηγούμενες πρωτοβουλίες στην Ευρώπη και αλλού.

DataTag

Το DataTAG project θα δημιουργήσει ένα ευρύ διηπειρωτικό Grid που εστιάζει σε προηγμένα θέματα δικτύων και της διασύνδεσής τους επεκτείνοντας έτσι τις δυνατότητες της Grid ανάπτυξης. Το project θα αντιμετωπίζει τα θέματα που αναδύονται στον τομέα της υψηλής απόδοσης των Grid δικτύων συμπεριλαμβάνοντας την αξιόπιστη και υψηλής απόδοσης μεταφορά δεδομένων και την από άκρη σε άκρη προσφοράς προχωρημένων δικτυακών υπηρεσιών. Το project επίσης θα αντιμετωπίζει θέματα που προκύπτουν στη σύνδεση ανάμεσα στα Grid επίπεδα όπως η πληροφόρηση και οι υπηρεσίες ασφαλείας.

EGSO

Το EGSO αντιμετωπίζει το πρόβλημα του συνδυασμού ετερογενών δεδομένων από διασκορπισμένα αρχεία παρατηρήσεων σε ένα μοναδικό εικονικό dataset. Ένας νέος ενοποιημένος κατάλογος θα επιτρέπει στους χρήστες να ψάχνουν για παρατηρήσεις από φαινόμενα ανεξαρτήτως χρόνου και τοποθεσίας που αυτά συμβαίνουν. Το EGSO θα προσφέρει ένα απλό interface για την επιλογή ανάκτησης ή επεξεργασίας δεδομένων από τα αρχεία των συμμετεχόντων οργανισμών.

EUROGRID

Το EUROGRID έχει τους παρακάτω στόχους:

- Την εγκατάσταση ενός Ευρωπαϊκού Grid δικτύου από υψηλής απόδοσης υπολογιστικά κέντρα διαφόρων Ευρωπαϊκών χωρών.
- Τη λειτουργία και υποστήριξη του EUROGRID λογισμικού υποβάθρου. Το EUROGRID λογισμικό θα χρησιμοποιεί το υπάρχον διαδίκτυο και θα προσφέρει ασφαλή πρόσβαση στους χρήστες του.

- Την ανάπτυξη σημαντικών Grid τμημάτων λογισμικού και την υλοποίησή τους μέσα στο EUROGRID.
- Την επίδειξη κατανεμημένων κωδικών εξομώσεως από διαφορετικές περιοχές εφαρμογής.
- Τη συνεισφορά στην διεθνή Grid ανάπτυξη και τη σύνδεση με τα μεγάλα διεθνή Grid project.
- Την παραγωγή του EUROGRID λογισμικού. Μετά το τέλος του project και το λογισμικό θα είναι διαθέσιμο ως προϊόν.

GRIA

Το project GRIA έχει ως σκοπό να κάνει το Grid εύχρηστο από βιομηχανίες και επιχειρήσεις. Το GRIA θα κατασκευάζει εργασιακά μοντέλα και διαδικασίες που θα καθιστούν εφικτή και οικονομικά αποτελεσματική την προσφορά και χρησιμοποίηση υπολογιστικών υπηρεσιών σε μια ανοικτή Grid αγορά. Το GRIA ιδρύθηκε στην ιδέα ότι θα έπρεπε να υποστηρίζει διαδικασίες εργασίας για την πρόσβαση σε Grid πόρους υποκείμενες σε περιορισμούς απόδοσης και ασφάλειας.

GridLab

Ο κύριος στόχος του GridLab είναι να καταστήσει ικανή την εξομώση και οπτικοποίηση της συνεχούς αλλαγής των δυναμικών Grid περιβαλλόντων και την παροχή της δυνατότητας για πλήρη εκμετάλλευση των δυναμικών πόρων. Για να το πετύχει αυτό το project σκοπεύει την κατασκευή τμημάτων για Grid εφαρμογές και ρεαλιστικά δοκιμαστικά για τον έλεγχο της ανάπτυξής τους.

GRIP

Ο αντικειμενικός σκοπός του GRIP είναι η υλοποίηση της σύνδεσης του Globus και του UNICORE δύο από τα μεγαλύτερα project λογισμικού για την υλοποίηση της λειτουργίας του Grid. Το GRIP θα επιδεικνύει τη συνδεσιμότητα εργασιών που υποβλήθηκαν από το UNICORE και τρέχουν πάνω σε πόρους που ελέγχονται αποκλειστικά από το Globus. Η επίδειξη θα γίνεται με τη χρήση μοριακών εφαρμογών ένα μοντέλο πρόγνωσης του καιρού που θα μπορεί να προσαρμόζεται δυναμικά τόσο σε τοπικούς όσο και σε απομακρυσμένα τοποθετημένους πόρους.

4.3.3 Υποδομές του δεύτερου κύματος

Στη συνέχεια παραθέτουμε τις υποδομές του δεύτερου κύματος και αναφέρουμε συνοπτικά τους κύριους στόχους που εξυπηρετεί η λειτουργία τους.

BIOGRID

Ο σκοπός του BIOGRID είναι η διεξαγωγή ενός δοκιμαστικού για την Grid προσέγγιση της βιοτεχνολογικής βιομηχανίας. Αυτό το δοκιμαστικό αποτελείται από δύο μεγάλα βήματα. Πρώτον την υλοποίηση τριών υπάρχοντων τεχνολογιών και

δεύτερον την παραγωγή ενός λειτουργικού πρωτοτύπου. Οι υπάρχουσες τεχνολογίες που πρέπει να υλοποιηθούν είναι η 1) PSIMAP agent τεχνολογία 2) classification server 3) space explorer. Το BIOGRID θα αλλάξει την προοπτική των βιολόγων από μια ορισμένη οπτική γωνία βιολογικών δεδομένων σε μια πιο ολιστική άποψη από καταγραμμένα δεδομένα συνυφασμένα με δεδομένα αλληλεπίδρασης. Αυτό αποτελεί τη βάση της νέας γενιάς για την έρευνα στις μεγάλες βιολογικές βάσεις δεδομένων.

COG

Το COG project αντιμετωπίζει το πρόβλημα της πρόσβασης και της επικοινωνίας δεδομένων που διατηρούνται σε διαφορετικά format και που είναι διασκορπισμένα σε διαφορετικά συστήματα. Ο σκοπός του COG είναι η χειροπιαστή επίδειξη της αξίας της εφαρμογής των Grid τεχνολογιών στη βιομηχανία. Το COG θα λειτουργεί σε επίπεδο test-bed για επιστημονικές και τεχνολογικές καινοτόμες προσεγγίσεις.

FlowGrid

Ο στόχος του FlowGrid είναι η εγκαθίδρυση ενός CFD εικονικού οργανισμού με την εγκατάσταση μιας Grid υποδομής και με την ανάπτυξη και διαμοίραση λογισμικού, υπολογιστικών πόρων και γνώσης. Το FlowGrid είναι ένα παράδειγμα υπολογιστικού Grid περιβάλλοντος με την προοπτική να φέρει την επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο οι CFD εξομοιώσεις ρυθμίζονται, εκτελούνται και παρακολουθούνται σε γεωγραφικά κατανεμημένους υπολογιστικού πόρους.

GEMSS

Το GEMSS θα επιδείξει πως οι Grid τεχνολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βελτιώσουν την ιατρική περίθαλψη και να βοηθήσουν την Ευρώπη να ηγηθεί αυτής της προσπάθειας. Το GEMSS θα είναι το πρώτο Ευρωπαϊκό ιατρικό υπολογιστικό Grid παρέχοντας πληθώρα ψηφιακών υπηρεσιών σε ένα ιατρικό περιβάλλον. Η παροχή πρόσβασης σε νέα εργαλεία για βελτιωμένες διαγνώσεις, σε σχεδιασμούς και διαδικασίες εγχειρήσεων θα δημιουργήσει όφελος στον τομέα της υγείας. Επιπλέον το GEMSS θα αναπτύξει ένα λειτουργικό καινοτόμο Grid για ιατρικές υπηρεσίες βασιζόμενο στο κοινό Grid στάνταρ OGSA. Η προσοχή είναι στις καινούριες προεκτάσεις που θα υποστηρίζουν ιατρικές εφαρμογές συμπεριλαμβανομένου μοντέλα ασφαλείας συμμορφωμένα με νομικά θέματα και ανάκαμψη από σφάλματα.

GRACE

Το GRACE σκοπεύει να κάνει terabytes πληροφορίας η οποία είναι κατανεμημένη γεωγραφικά σε απομακρυσμένες τοποθεσίες άμεσα προσβάσιμη. Το GRACE χειρίζεται αδόμητες πληροφορίες κειμένου (text αρχεία, έγγραφα, ιστοσελίδες κ.λ.π.). Αυτού του είδους η πληροφορία τυπικά είναι εκείνη που χρησιμοποιείται από τις μηχανές αναζήτησης. Σήμερα οι μηχανές αναζήτησης είναι εξαιρετικά συγκεντρωμένες. Για να δεικτοδοτήσουν ένα έγγραφο πρέπει να το κατεβάσουν να το επεξεργαστούν και να αποθηκεύσουν το ευρετήριο με όλα αυτά να γίνονται σε μια κεντρική τοποθεσία. Ωστόσο η κεντρική προσέγγιση μπορεί μερικές φορές να μην είναι εφαρμόσιμη. Το GRACE συγκεκριμένα αντιμετωπίζει αυτές τις καταστάσεις στις οποίες ένα κεντρικό ευρετήριο είναι απλά ανέφικτο.

GRASP

Το GRASP project έχει ως σκοπό τη μελέτη, τη σχεδίαση, την ανάπτυξη και την επικύρωση ενός νέου αναπτυγμένου συστήματος υποβάθρου για Application Service Provision (ASP) που βασίζεται σε Grid τεχνολογίες. Το ASP υλοποιημένο με τη χρήση Grid τεχνολογιών θα χαρακτηρίζεται από ένα υψηλό επίπεδο διαστρωμάτωσης, αξιοπιστίας και ασφάλειας, προηγμένες λειτουργίες διαχείρισης λογαριασμών, ποιότητας υπηρεσίας και διαχείρισης πόρων. Το GRASP αποτελεί μια καινοτομία στο ASP πεδίο τόσο από τεχνολογικής όσο και από επιχειρησιακής άποψης. Αυτή η καινοτομία υλοποιείται με τη προμήθεια νέων και ανεπτυγμένων υπηρεσιών για την υποστήριξη της συνεργασίας και των εργασιακών μοντέλων των εικονικών οργανισμών.

MammoGrid

Το MammoGrid project θα αναπτύξει μια ευρεία Ευρωπαϊκή βάση δεδομένων από mammograms που θα χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ενός σετ σημαντικών ιατρικών εφαρμογών και τη διερεύνηση πιθανής δυνατότητας του Grid να υποστηρίξει αποτελεσματικά τη συνεργασία ανάμεσα σε επαγγελματίες από όλη την Ευρώπη. Το MammoGrid consortium σκοπεύει να χρησιμοποιήσει ένα Grid μοντέλο για να επιτρέψει κατανεμημένους υπολογισμούς που επεκτείνονται πέρα από τα εθνικά σύνορα. Αυτό το Grid υπόβαθρο θα χρησιμοποιηθεί για την εκτέλεση νέων αλγορίθμων ως λογισμικό που έχει αναπτυχθεί απευθείας μέσα από το project.

MOSES

Το MOSES είναι τα αρχικά από το MOdular and Scalable Environment for the Semantic web. Το MOSES σκοπεύει στην ανάπτυξη νέου λογισμικού και μεθοδολογικών περιβαλλόντων που θα βοηθήσουν τους πάροχους των περιεχομένων να χτίσουν ένα τμηματικό και scalable Grid στο οποίο τα περιεχόμενα των ιστοσελίδων μπορούν να διαχειριστούν και να ερωτηθούν. Με το MOSES οι χρήστες θα είναι ικανοί να βρίσκουν και να εξάγουν γνώση, να θέτουν ερωτήσεις εκφρασμένες σε φυσική γλώσσα και να παίρνουν απαντήσεις σε φυσική γλώσσα δημιουργημένες από το σύστημα σύμφωνα με την αποθηκευμένη γνώση. Αυτό ανοίγει ένα παράθυρο στις μελλοντικές Web εφαρμογές στις οποίες η φυσική γλώσσα θα επιτρέπεται ως μέσο επικοινωνίας ανάμεσα στους ανθρώπους και τους υπολογιστές.

OpenMolGRID

Ο κύριος στόχος του OpenMolGRID είναι η παροχή ενός ενοποιημένου και επεκτεταμένου περιβάλλοντος για την επίλυση μοριακών σχεδιαστικών εργασιών σχετικές με τη χημεία, τη φαρμακευτική και την βιοπληροφορική.

SeLeVe

Το Self e-Learning Network είναι μια κατανεμημένη αποθήκη από εκπαιδευτικά μεταδεδομένα που περιγράφουν αντικείμενα εκμάθησης τα οποία είναι διαθέσιμα στο Web και μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον καθένα που το επιθυμεί ή και να ανανεωθούν με καινούρια, πάλι από οποιονδήποτε το θελήσει. Τα πληροφοριακά και γνωστικά Grid απαιτούν semantic integration των ετερογενών πηγών πληροφορίας. Για την επίτευξη αυτού απαιτούνται κοινά μεταδεδομένα και στάνταρ, αυτόματη συνδιαλλαγή και υλοποίηση των meta δεδομένων, καθορισμό προσωποποιημένων οπτικών πάνω στα metadata, υποστήριξη των δομημένων και αδόμητων ερωτήσεων πάνω σε αυτά και ανίχνευση ενημέρωσης των αλλαγών των μεταδεδομένων.

Κεφάλαιο 5 – Grid economics και επιχειρηματικά μοντέλα

5.1 Εισαγωγή στα Grid Economics

5.1.1 Εισαγωγή

Τα Grid συστήματα επιτρέπουν τον διαμοιρασμό εκατομμυρίων πόρων οι οποίοι είναι γεωγραφικά διασκορπισμένοι σε διάφορους οργανισμούς και σε χώρους με διαφορετική πολιτική διαχείρισης των πόρων. Με τον όρο παραγωγοί θα εννοούμε τους ιδιοκτήτες των διαθέσιμων πόρων ενώ με τον όρο καταναλωτές θα εννοούμε τους χρήστες των πόρων αυτών. Οι καταναλωτές και οι παραγωγοί έχουν διαφορετικούς αντικειμενικούς σκοπούς και εφαρμόζουν διαφορετικές στρατηγικές που πολλές φορές αλληλοαντικρουόμενες. Για παράδειγμα ένας παραγωγός σκοπεύει στην μεγιστοποίηση του κέρδους του από την διάθεση των πόρων ενώ ένας καταναλωτής ενδιαφέρεται για την ελαχιστοποίηση του κόστους.

Σε ένα τέτοιο γιγαντιαίο σύστημα όπου η ζήτηση και η προσφορά των πόρων είναι άκρως δυναμική και μεταβλητή ο τελικός χρήστης από μόνος του αδυνατεί να πετύχει τους αντικειμενικούς του στόχους. Φανταστείτε ένα καταναλωτή να ψάχνει σε ολόκληρο το Grid για την εύρεση κατάλληλου πόρου που ταυτόχρονα να προσφέρεται στην χαμηλότερη τιμή. Είναι σαφές ότι το μέγεθος του Grid κάνει απαγορευτική κάθε τέτοια αναζήτηση. Επίσης πολλές φορές ένας καταναλωτής μπορεί να επιθυμεί να χρησιμοποιήσει ένα συνδυασμό πόρων ή να έχει χαλαρούς χρονικούς περιορισμούς και να προτιμά να περιμένει την κατάλληλη χρονική στιγμή

όπου οι τιμές των πόρων είναι χαμηλές (π.χ. τις νυχτερινές ώρες). Επιπρόσθετα οι τιμές των πόρων ενδέχεται να μεταβάλλονται σε τέτοιο ρυθμό που να είναι αδύνατον να τις παρακολουθήσει άνθρωπος. Τα παραπάνω παραδείγματα δείχνουν ότι οι καταναλωτές χρειάζονται κατάλληλο «έξυπνο» λογισμικό το οποίο θα είναι υπεύθυνο για την όσο το δυνατόν καλύτερη επίτευξη των αντικειμενικών στόχων του καταναλωτή. Το λογισμικό αυτό θεωρείτε ως αντιπρόσωπος του χρήστη (broker) και από εδώ και στο εξής θα αναφέρεται ως GRB (Greed Resource Broker). Οι GRBs με δεδομένο μια εργασία και ένα μοντέλο χρησιμότητας (utility model) – προδιαγραφές των πόρων που θα χρησιμοποιηθούν και περιορισμούς του χρήστη – επιδιώκουν την εκτέλεση της εργασίας μεγιστοποιώντας το κέρδος του χρήστη (user's surplus).

Από την άλλη μεριά οι παραγωγοί χρειάζονται «έξυπνο» λογισμικό το οποίο θα επιδιώκει την μεγιστοποίηση του κέρδους του παραγωγού διατηρώντας τις τιμές των πόρων σε ανταγωνιστικά επίπεδα . Το λογισμικό αυτό είναι αντιπρόσωπος του παραγωγού στην αγορά των διαμοιραζόμενων πόρων και θα αναφέρεται ως GSP (Greed Service Provider). Τέλος για να είναι η αγορά υγιής και ανταγωνιστική πρέπει να υπάρχουν μηχανισμοί που να οδηγούν την αγορά σε ένα σημείο ισορροπίας, δηλαδή στο σημείο όπου η ζήτηση ισούται με την προσφορά .

5.1.2 Οι παίκτες στην αγορά του Grid

Οι δύο παίκτες «κλειδιά» οι οποίοι οδηγούν την αγορά του grid είναι οι GRBS που αντιπροσωπεύουν τους καταναλωτές και οι GSPs ως παραγωγοί . Οι τελικοί χρήστες αλληλοεπιδρούν με τους GRBS για την διαχείριση και τον χρονοπρογραμματισμό των εργασιών τους. Το περιβάλλον του Grid παρέχει τους κατάλληλους μηχανισμούς για την ασφαλή και διαφανή (transparent) πρόσβαση στους απομακρυσμένους πόρους καθώς και υπηρεσίες πληροφόρησης για την γεφύρωση των GRBS με τους GSPs. Ειδικότερα η αλληλεπίδραση μεταξύ των GRBs και των GSPs γίνεται μέσω ενός καταλόγου αγοράς Grid ο οποίος θα αναφέρεται ως GMD (Greed Market Directory) Για παράδειγμα ένα GMD θα μπορούσε να ήταν μια υπηρεσία όπου οι παραγωγοί δηλώνουν του πόρους και οι καταναλωτές κάνουν αναζητήσεις για την εύρεση του καταλληλότερου πόρου που ικανοποιεί τις απαιτήσεις τους.

Όπως είναι λογικό , το σύνολο των χρηστών (GRBs) καθορίζει την ζήτηση ενώ οι ιδιοκτήτες των πόρων (GSPs) την προσφορά . Ένα σημαντικό ερώτημα είναι πως οι χρήστες επηρεάζουν τις τιμές των πόρων μέσω των αντιπροσώπων τους (GRBs) . Πολυάριθμα οικονομικά μοντέλα έχουν προταθεί με βάση μικροοικονομικές και μακροοικονομικές αρχές , μερικά από τα οποία θα παρουσιαστούν σύντομα στο κεφάλαιο «Οικονομικά μοντέλα σε Grid περιβάλλον» . Πολλά ερευνητικά συστήματα Grid επιχείρησαν να εφαρμόσουν κάποια από τα μοντέλα αυτά . Τα περισσότερα από αυτά τα συστήματα υποστηρίζουν ένα μόνο μοντέλο ανταλλαγής πόρων, παρέχουν το δικό τους προγραμματιστικό μοντέλο και τα δικά τους πρωτόκολλα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα συστήματα αυτά να μην μπορούν να ενοποιηθούν σε ένα ενιαίο σύστημα ενώ υπάρχει ασυμβατότητα μεταξύ των GRBs και των GSPs διαφορετικών συστημάτων. Για να ξεπεραστούν αυτοί οι περιορισμοί, τα σύγχρονα συστήματα Grid χρησιμοποιούν στρωματοποιημένα αρχιτεκτονική. Συνήθως στις αγορές Grid οι ιδιοκτήτες των πόρων και οι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν οποιοδήποτε

οικονομικά μοντέλο ή ακόμα και συνδυασμό αυτών για να πετύχουν τους αντικειμενικούς του σκοπούς . Οι ιδιοκτήτες των πόρων συνήθως υιοθετούν στρατηγικές για την αποκόμιση του μεγαλύτερου δυνατού κέρδους από την επένδυση τους, ενώ ταυτόχρονα προσπαθούν να μεγιστοποιήσουν την χρησιμοποίηση των πόρων έχοντας ανταγωνιστικές τιμές για την προσέλκυση όσο το δυνατόν περισσότερων πελατών. Οι καταναλωτές των πόρων από την άλλη επιλέγουν παρηχθείς που ικανοποιούν όσο το δυνατόν καλύτερα τις απαιτήσεις τους (κόστος, χρονικοί περιορισμοί, ιδιότητες πόρου...)

Και οι GRBs και οι GSPs μπορούν να ξεκινήσουν ή να συμμετάσχουν στην διαδικασία ανταλλαγής πόρων. Οι GRBs μπορούν να ζητήσουν προσφορές από έναν αριθμό GSPs και να διαλέξουν αυτόν με το μικρότερο κόστος που ικανοποιεί ταυτόχρονα τους χρονικούς περιορισμούς και το χρηματικό όριο που προδιατίθεται ο χρήστης να πληρώσει για την εκτέλεση της εργασίας (willingness to pay) Εναλλακτικά οι GSPs μπορούν να προσφέρουν τους πόρους τους σε δημοπρασία και να τους προσφέρουν σε όποιος κάνουν τις μεγαλύτερες προσφορές. Και οι GSPs και οι GRBs έχουν τις δικές τους συναρτήσεις χρησιμότητας (utility function) και σκοπεύουν να τις μεγιστοποιήσουν. Οι GRBs εκτελούν μια ανάλυση κόστους-κέρδους η οποία βασίζεται στους χρονικούς περιορισμούς (deadline) και τα διαθέσιμα χρήματα (budget) με σκοπό την επίλυση του προβλήματος. Από την άλλη μεριά οι τιμές των πόρων μπορεί να καθορίζονται από διάφορους παράγοντες. Για παράδειγμα οι ιδιοκτήτες των πόρων μπορεί να χρεώνουν διαφορεικά κάθε χρήστη (personalize pricing) για την ίδια υπηρεσία, οι τιμές μπορεί να είναι δυναμικές (dynamic pricing) σύμφωνα με την τρέχουσα ζήτηση.

Κάθε αντιπρόσωπος έχει διαφορετικούς αντικειμενικούς στόχους, και προσπαθεί να μεγιστοποιήσει το δικό του όφελος, χωρίς να ενδιαφέρεται για την μεγιστοποίηση την κοινωνικής ευημερίας (Social Welfare). Παρόλα αυτά έχοντας επαρκή πληροφορία, και με τις κατάλληλα ρυθμιστική πολιτική , ανεξάρτητοι ορθολογιστικοί (rational) μπορούν να πετύχουν την βέλτιστη διαμοίραση των πόρων τόσο σε προσωπικό όσο και σε κοινωνικό επίπεδο. Τέτοια θέματα πρέπει να ληφθούν υπόψη όταν σχεδιάζονται υποδομές για αυτόματη διαπραγμάτευση με σκοπό την διαμοίραση των πόρων (και όχι μόνο σε τέτοια συστήματα). Σε ένα τέτοιο σύστημα οι σχεδιαστές παρέχουν στους ένα πρωτόκολλο αλληλεπίδρασης (interaction protocol). Τέτοια μοντέλα σκοπεύουν στην συνολική κοινωνική ευμάρεια υποθέτοντας ότι τα «μέλη» του συστήματος (GSPs και GRBs) συνεργάζονται. Όμως, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι καταναλωτές και οι παραγωγοί έχοντας στην διάθεση τους το πρωτόκολλο αλληλεπίδρασης , εφαρμόζουν άγνωστες ως προς τρίτους στρατηγικές και τακτικές για την μεγιστοποίηση του προσωπικού οφέλους. Η μόνη περίπτωση για να φανερώσουν την πραγματική τους στρατηγική και την συνάρτηση χρησιμότητάς τους είναι αν τους δοθούν κατάλληλα κίνητρα. Για τους παραπάνω λόγους το πρωτόκολλο αλληλεπίδρασης πρέπει να σχεδιαστεί υποθέτοντας μη συνεργατικές ατομικές στρατηγικές.

Τελικά τα κριτήρια για την αποτελεσματικότητα των μοντέλων αγοράς (marketplace model) είναι τα ακόλουθα .

- Κοινωνική Ευημερία
- Pareio αποτελεσματικότητα
- Ορθολογιστική συμπεριφορά των συμμετεχόντων
- Υπολογιστικά εφικτό

- Σταθερότητα και Σύγκλιση

5.1.3 Θεωρητικά οικονομικά μοντέλα σε Grid συστήματα

Σε αυτό το κεφάλαιο εξετάζεται η χρήση γνωστών οικονομικών μοντέλων που χρησιμοποιούνται στις κοινωνίες των ανθρώπων σε Grid συστήματα. Η βασική ιδέα είναι ότι οι παραγωγοί (GSPs) γνωστοποιούν τους πόρους του στην υπηρεσία κατάλογου αγοράς Grid (GDM: Grid Market Directory). Συγκεκριμένα χρησιμοποιούν μια δηλωτική γλώσσα για να καθορίζουν παραμέτρους όπως τιμή πρόσβασης στον παρεχόμενο πόρο ειδικές προσφορές κτλ. Ένα εξυπηρετητής υπεύθυνος για τις συναλλαγές υλοποιεί ένα η περισσότερα οικονομικά μοντέλα (GST: Greed Trading Server). Στην πιο απλή περίπτωση ένας GST εφαρμόζει το Μοντέλο αγοράς οικονομικών αγαθών όπου οι τιμές καθορίζονται από την τρέχουσα ζήτηση και προσφορά. Ο GST μπορεί να δρα ως δημοπράτης αν χρησιμοποιείται κάποιο μοντέλο δημοπρασία για να καθοριστεί η τιμή πρόσβασης στον διαμοιραζόμενο πόρο. Σε κάθε ένα από τα μοντέλα που περιγράφουμε, αναφέρουμε αρχικά την θεωρία και τις παραμέτρους, και στην συνέχεια δίνουμε μια πιθανή λύση για την εφαρμογή τους σε ένα Grid σύστημα.

(A) Μοντέλο αγοράς οικονομικών αγαθών

Σε αυτό το μοντέλο οι ιδιοκτήτες των πόρων ανακοινώνουν την τιμή της υπηρεσίας/πόρου που παρέχουν και χρεώνουν τους χρήστες ανάλογα με την ποσότητα των πόρων που καταναλώνουν. Οι τιμές μπορεί να καθορίζονται από διάφορους παράγοντες και είτε είναι σταθερές (flat pricing) είτε μπορεί να προκύπτουν από την ζήτηση και την προσφορά των πόρων (supply and demand pricing). Στην πρώτη περίπτωση οι τιμές παραμένουν σταθερές για συγκεκριμένη χρονική περίοδο, και είναι ανεξάρτητες από την ποιότητα (QoS) της παρεχόμενης υπηρεσίας. Αντίθετα στην δεύτερη περίπτωση οι τιμές είναι δυναμικές και αλλάζουν σύμφωνα με τις μεταβολές της ζήτησης και τις προσφορές. Συγκεκριμένα όταν η ζήτηση αυξηθεί ή όταν η προσφορά μειωθεί οι τιμές αυξάνονται μέχρις ότου υπάρξει σημείο ισορροπίας μεταξύ ζήτησης και προσφοράς. Αντίθετα όταν η ζήτηση μειωθεί ή η προσφορά αυξηθεί οι τιμές μειώνονται μέχρις ότου να υπάρξει σημείο ισορροπίας.

Οι ιδιοκτήτες των πόρων (GSPs) ανακοινώνουν τις τιμές τους στην υπηρεσία κατάλογου αγοράς Grid (GDM). Επίσης οι παραγωγοί θα μπορούσαν να ανακοινώνουν προσφορές με σκοπό να προσελκύσουν πελάτες σε ώρες μικρού φόρτου. Οι προσφορές αυτές μπορεί να έχουν περιορισμούς χρήσης ή ακόμα να μην αναφέρονται στο παρόν αλλά σε κάποια χρονική στιγμή στο κοντινό μέλλον. Έτσι για παράδειγμα μια εταιρία η οποία χρησιμοποιεί την υπολογιστική της ισχύ το πρωί μπορεί να διαφημίζει ότι έχει πολύ προσιτές τιμές το βράδυ όπου οι υπολογιστές είναι διαθέσιμοι και δεν χρησιμοποιούνται από το προσωπικό. Με αυτόν τον τρόπο

χρήστες με χαλαρούς χρονικούς περιορισμούς θα μπορούσαν να αναβάλουν τις εργασίες του με σκοπό να πετύχουν μικρότερο κόστος. Οι αντιπρόσωποι των καταναλωτών (GRBs) από την μεριά τους κάνουν τα ακόλουθα βήματα για την χρήση κάποια υπηρεσίας.

1. Συνδέονται με το GDM και εντοπίζουν τους GSPs
2. Εντοπίζουν κατάλληλους πόρους / υπηρεσίες καθώς και τις τιμές αυτών.
3. Επιλέγουν τον πόρο / υπηρεσία που η χρήση του είναι πιο κοντά στους περιορισμούς που έχει θέσει ο χρήστης (χαμηλότερο κόστος , χρονικά όρια διεκπεραίωσης εργασίας κτλ.)
4. Χρησιμοποιούν τον πόρο / υπηρεσία και πληρώνουν όπως έχει συμφωνηθεί.

Μια ιδιαίτερη κατηγορία πελατών είναι αυτοί οι οποίοι απαιτούν τακτική χρήση πόρων κατά την διάρκεια συγκεκριμένων χρονικών περιόδων. Για παράδειγμα μεταφορά δεδομένων από υποκαταστήματα στον κεντρικό κατάστημα μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή της μέρας. Αυτοί οι πελάτες απαιτούν εγγυήσεις για πρόσβαση στους πόρους για συγκεκριμένες χρονικά διαστήματα , σταθερές τιμές αλλά ταυτόχρονα και ανταγωνιστικές. Σε αυτές τις περιπτώσεις η χρέωση μπορεί να συμφωνηθεί προκαταβολικά με ένα GSP μέσα σε λογικά και ανταγωνιστικά πλαίσια ενώ η ποιότητα υπηρεσίας μπορεί να εγγυηθεί με δέσμευση πόρων για τα χρονικά διαστήματα που ισχύει η συμφωνία.

Το μοντέλο αυτό εξομοιώνει πλήρως το μοντέλο της ελεύθερης αγοράς . Ανάλογα με το πλήθος των παραγωγών μιας συγκεκριμένης υπηρεσίας μπορεί να υπάρξει ολιγοπώλιο, μονοπώλιο, ή πλήρως ανταγωνιστική αγορά .

Συνοπτικά αναφέρουμε τα παρακάτω:

Στην περίπτωση του μονοπωλίου η τιμή θα είναι μεγαλύτερη του οριακού κόστους (MC) δίνοντας στον μονοπωλιτή αυξημένα κέρδη , περιορισμένο κέρδος στους καταναλωτές ενώ η κοινωνική ευημερία δεν είναι μέγιστη (Social Welfare). Το πλεονέκτημα του μονοπωλίου είναι οι οικονομίες κλίμακας.

Στην περίπτωση του πλήρους ανταγωνισμού η τιμή είναι ίση με το οριακό κόστος και επιτυγχάνεται η μέγιστη κοινωνική ευημερία.

Πολλές φορές ένα **ελεγχόμενο μονοπώλιο (Regulated Monopoly)** ενδέχεται να είναι η καλύτερη λύση για την ανάπτυξη ενός πρωτοποριακού τεχνολογικού εγχειρήματος αφού υπάρχουν οικονομίες κλίμακας με ελεγχόμενη τιμή. Παράδειγμα αποτελεί η τηλεφωνία στην Αμερική από την Bell.

(B) Μοντέλο Διαπραγματεύσεων (Bargaining model)

Στο προηγούμενο μοντέλο οι GRBs πληρώνουν τις τιμές που έχουν καθοριστεί από τους GSPs . Στο μοντέλο διαπραγματεύσεων οι GRBs διαπραγματεύονται με τους παραγωγούς (GSPs) για χαμηλότερες τιμές και μεγαλύτερη χρονική διάρκεια χρήσης του πόρου . Οι GRBs και οι παραγωγοί έχουν του δικούς τους στόχους και διαπραγματεύονται όσο οι στόχοι αυτοί δεν συγκρούονται. Ο GRB μπορεί να ξεκινήσει από μια πολύ χαμηλή τιμή και ο παράγωγος με μια πολύ υψηλή. Η

διαπραγμάτευση συνεχίζεται μέχρις ότου καταλήξουν σε μια κοινή τιμή ή μέχρι ένα μέρος δεν επιθυμεί να συνεχίσει να διαπραγματεύεται. Η διαπραγμάτευση έχει ως άξονα τις απαιτήσεις του χρήστη (χρονικούς περιορισμούς , ανώτατο κόστος για την διεκπεραίωση της δουλειάς κτλ ...) . Ο GRB μπορεί να ρισκάρει και να διαπραγματευτεί για όσο το δυνατόν χαμηλότερες τιμές και να απορρίψει του ακριβούς παροχείς . Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε υποχρησιμοποίηση των πόρων. Για παράδειγμα ο GRB μπορεί να προτιμήσει να μην χρησιμοποιήσει τον πόρο με στόχο να μειώσει την τιμή . Αυτό το μοντέλο εφαρμόζεται σε περιπτώσεις όπου η ζήτηση , η προσφορά και οι τιμές των υπηρεσιών δεν είναι ξεκάθαρες.

(Γ) Μοντέλο Χρηματικής Προσφοράς/Συμβολαίων (Tender/Contract net model)

Σε αυτό το μοντέλο συμβόλαια χρησιμοποιούνται από τις επιχειρήσεις για να κατευθύνουν την ανταλλαγή αγαθών, πόρων και υπηρεσιών. Αυτό το μοντέλο βοηθάει στην εύρεση του κατάλληλου παρόχου υπηρεσίας για την διεκπεραίωση μιας εργασίας.

Ο χρήστης / GRB ο οποίος ζητάει να διεκπεραιωθεί μια εργασία ονομάζεται manager, και ο πάροχος ο οποίος μπορεί να εκτελέσει την εργασία ονομάζεται πιθανός εργολάβος (contractor)

Από την μεριά του manager η διαδικασία σύναψης συμβολαίου έχει ως εξής:

1. Ανακοίνωση των απαιτήσεων διεκπεραίωσης της εργασίας (χρονικοί περιορισμοί κτλ ...) και αναμονή για τις προσφορές των GPSs.
2. Οι ενδιαφερόμενοι GSPs εκτιμούν την ανακοίνωση κάνοντας προσφορές
3. Ο manager επιλέγει και συνάπτει συμβόλαιο με τον GPS που είναι πιο κοντά στις απαιτήσεις του .
4. Ο manager και ο GSPs επικοινωνούν για την χρησιμοποίηση του πόρου .

Από την μεριά του εργολάβου η διαδικασία σύναψης συμβολαίου είναι η ακόλουθη :

1. Λήψη απαιτήσεων διεκπεραίωσης εργασίας
2. Έλεγχος σχετικά με αν μπορεί να αναλάβει την εργασία. (μπορεί να έχει μεγάλο φόρτο ή να έχει δεσμευτεί για την διεκπεραίωση άλλων εργασιών)
3. Απάντηση με μια προσφορά
4. Παροχή υπηρεσίας αν η προσφορά γίνει αποδεκτή
5. Αποστολή αποτελέσματος και πληρωτέου λογαριασμού σύμφωνα με την χρήση και του συμβολαίου.

Το πλεονέκτημα αυτού του μοντέλου είναι ότι αν κάποιος GSP δεν μπορεί να κάνει ικανοποιητική προσφορά, ο GRB/manager μπορεί να αναζητήσει για προσφορές άλλων GSPs. Όμως το συγκεκριμένο πρωτόκολλο έχει συγκεκριμένα μειονεκτήματα. Μια εργασία μπορεί να δοθεί σε ένα λιγότερο ικανό GSP αν πιο ικανοί GSPs είναι απασχολημένοι το χρονικό διάστημα όπου ο manager αναμένει για προσφορές. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι ότι ο GRB manager δεν έχει κάποια υποχρέωση να ενημερώσει του πιθανούς εργολάβους ότι μια εργασία έχει δοθεί σε κάποιον GSP . Ακόμα σε κάποιες περιπτώσεις ένας manager ενδέχεται να μην λάβει προσφορές για τους ακόλουθους λόγους :

- Όλοι οι πιθανοί εργολάβοι είναι απασχολημένοι με άλλες εργασίες
- Ένας πιθανός ελεύθερος εργολάβος απορρίπτει την εργασία γιατί άλλες εργασίες τις εκτιμά ως περισσότερο κερδοφόρες .

- Όλοι οι πιθανοί εργολάβοι, ακόμα και οι ανενεργοί, δεν μπορούν να προσφέρουν την ζητούμενη υπηρεσία. (π.χ. ο πόροι του εργολάβου χρησιμοποιούν Windows και ο manager ενδιαφέρεται για Linux)

Για τη διαχείριση τέτοιων περιπτώσεων, ο manager / GBR μπορεί να ζητήσει γρήγορες απαντήσεις από τους εργολάβους / GSP με μηνύματα τύπου

- Απασχολημένος (busy)
- Ενδιαφέρομαι για την εργασία (eligible)
- Δεν μπορώ να παρέχω την εργασία / υπηρεσία (ineligible)
- Δεν ενδιαφέρομαι (not interested)

Αυτό βοηθάει το manager να πραγματοποιήσει αλλαγές στο πλάνο εργασίας και άρα και στις απαιτήσεις που ανακοινώνει. Για παράδειγμα αν όλοι οι GSPs απαντήσουν not interested τότε ίσως ο manager να πρέπει να χαλαρώσει τις απαιτήσεις η να προσφέρει περισσότερα χρήματα για την διεκπεραίωση της εργασίας.

(Δ)Μοντέλο Δημοπρασιών (auction model)

Σε αυτό το μοντέλο πολλοί καταναλωτές (GBRs) διαπραγματεύονται για την χρήση υπηρεσιών που παρέχει ένας GSP . Ο δημοπράτης (auctioneer) θέτει τους όρους της δημοπρασίας, και αυτοί πρέπει να γίνουν αποδεκτοί από τους πωλητές και του καταναλωτές που ενδιαφέρονται να συμμετάσχουν στην δημοπρασία.

Στον πραγματικό κόσμο, οι δημοπρασίες χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό για την πώληση αγαθών μέσα σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Τρεις βασικές οντότητες συμμετέχουν σε μία δημοπρασία:

Ο ιδιοκτήτης της δημοπρασίας(GSPs), ο δημοπράτης (mediator), και οι ενδιαφερόμενοι αγοραστές(GBRs). Για παράδειγμα πολλές επιχειρήσεις στο διαδίκτυο (Amazon.com , eBay.com...) λειτουργούν ως ενδιάμεσοι για την πώληση προϊόντων. Επίσης οι πωλητές και οι αγοραστές μπορούν να αυτοματοποιηθούν και να χρησιμοποιηθούν ειδικά προγράμματα τα οποία θα αντιπροσωπεύουν τους ενδιαφερόμενους.

Τα βήματα τα οποία πραγματοποιούνται σε μια δημοπρασία είναι τα ακόλουθα:

1. Ένας GSPs ανακοινώνει τις υπηρεσίες / πόρους που παρέχει και αναμένει για προσφορές
2. Οι ενδιαφερόμενοι GBR κάνουν τις προσφορές (μπορούν να δουν τις προσφορές των άλλων ενδιαφερόμενων αν η δημοπρασία είναι ανοιχτή (open auction) ή δεν έχουν αυτή την δυνατότητα όταν η δημοπρασία είναι κλειστή)
3. Οι προσφορές συνεχίζονται μέχρι άλλοι οι ενδιαφερόμενοι GRBs δεν επιθυμούν να κάνουν υψηλότερη προσφορά. Ενδέχεται η δημοπρασία να σταματήσει αν δεν υπάρξει προσφορά μεγαλύτερη ή ίση της τιμής εκκίνησης.
4. Ο GSP προσφέρει την υπηρεσία σε αυτόν που νίκησε την δημοπρασία (τον GRB που έχει κάνει την μεγαλύτερη προσφορά)
5. Ο καταναλωτής χρησιμοποιεί τον πόρο / υπηρεσία.

Οι δημοπρασίες διακρίνονται σε 4 είδη :

Αγγλική Δημοπρασία (English Auction):

Όλοι οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να αυξήσουν την προσφορά ώστε να ξεπεράσουν άλλες προσφορές. Όταν κανένας άλλος ενδιαφερόμενος δεν επιθυμεί να αυξήσει την τιμή, η δημοπρασία τελειώνει, και ο αγοραστής με την μεγαλύτερη προσφορά κερδίζει το αντικείμενο / υπηρεσία / πόρο με τιμή την προσφορά που έχει κάνει.

Σε αυτό το μοντέλο σημαντικό θέμα είναι το πώς οι GRBs αποφασίζουν το ποσό που θα προσφέρουν. Ένας GRB έχει ως δεδομένο την αξία του δημοπρατούμενου αντικειμένου (private value) όπως αυτή έχει καθοριστεί από τον χρήστη. Με αυτήν την αξία ο GRB αναπτύσσει την στρατηγική του για μια σειρά προσφορών, υποβοηθούμενος από εκτιμήσεις για την αξία που δίνουν οι υπόλοιποι ενδιαφερόμενοι στο αντικείμενο καθώς και από τις προσφορές που έχουν κάνει στο παρελθόν. Ο GRB αποφασίζει για την αξία του δημοπρατούμενου αντικειμένου σύμφωνα με τις απαιτήσεις του χρήστη (χρονικοί περιορισμοί, μέγιστο χρηματικό ποσό που μπορεί να χρησιμοποιήσει για την επίλυση του προβλήματος κτλ). Η επικρατούσα στρατηγική είναι ο GRB να κάνει λίγο υψηλότερη προσφορά από την τρέχουσα υψηλότερη προσφορά και να σταματήσει όταν η υψηλότερη προσφορά φτάσει την αξία του που έχει για αυτόν το δημοπρατούμενο αντικείμενο. Σε κάποιες δημοπρασίες ο ενδιαμέσος ενδέχεται να καθορίσει ένα σταθερό ρυθμό αύξησης των προσφορών (π.χ. μια νέα προσφορά δεν μπορεί να έχει διαφορά από την προηγούμενη μικρότερη από X\$).

Σε αυτού του είδους τις δημοπρασίες ο τελικός αγοραστής δεν φανερώνει την αξία που έχει για αυτόν το δημοπρατούμενο αντικείμενο.

Δημοπρασία σφραγισμένων προσφορών πρώτης τιμής (First Price Sealed-Bid Auction):

Κάθε ενδιαφερόμενος καταθέτει μια προσφορά χωρίς να γνωρίζει τις προσφορές των άλλων ενδιαφερόμενων. Ο ενδιαφερόμενος με την μεγαλύτερη προσφορά κερδίζει το δημοπρατούμενο αντικείμενο με τιμή ίση της προσφοράς του. Σε αυτήν την περίπτωση η στρατηγική των GRBs είναι συνάρτηση από εκτιμήσεις τις αξίας που δίνουν οι υπόλοιποι GRBs στο αντικείμενο. Η καλύτερη στρατηγική είναι να προσφέρεις λιγότερο από την πραγματική αξία που έχει το αντικείμενο για εσένα.

Δημοπρασία του Vickrey:

Όπως και στην προηγούμενη δημοπρασία κάθε ενδιαφερόμενος καταθέτει την προσφορά του χωρίς να γνωρίζει τις προσφορές των υπόλοιπων ενδιαφερόμενων. Η υψηλότερη προσφορά κερδίζει το δημοπρατούμενο αντικείμενο με τιμή την δεύτερη υψηλότερη προσφορά. Η καλύτερη στρατηγική είναι να προσφέρεις την πραγματική αξία που έχει το αντικείμενο για εσένα.

Dutch Auction:

Ο δημοπράτης ξεκινάει με μία υψηλή τιμή και σταδιακά μειώνει την τιμή μέχρι ένας από τους ενδιαφερόμενους να αγοράσει το αντικείμενο στην τρέχουσα τιμή. Είναι παρόμοια με την First Price Sealed-Bid Auction γιατί και στις δύο περιπτώσεις η υψηλότερη προσφορά κερδίζει το αντικείμενο, ενώ δεν φανερώνεται σχετική πληροφορία για την αξία του αντικειμένου κατά την διάρκεια την δημοπρασίας. Από την μεριά του GRB η Dutch auction είναι παρόμοια με την Αγγλική δημοπρασία. Η βασική διαφορά είναι ότι στην Αγγλική δημοπρασία οι προσφορές ξεκινάνε από ένα κατώτατο όριο και αυξάνονται σταδιακά μέχρι να μειωθεί η ζήτηση σε ένα ενδιαφερόμενο, ενώ στη Dutch auction οι προσφορές ξεκινάνε με μια ανώτατη τιμή και η τιμή μειώνεται σταδιακά μέχρι η ζήτηση να φτάσει την προσφορά.

Ο ρυθμός μείωσης καθορίζεται από τον δημοπράτη δίνοντας του την δυνατότητα να εφαρμόσει διάφορες στρατηγικές για να πετύχει την μεγαλύτερη δυνατή τιμή. Σε αυτού του είδους τις δημοπρασίες υπάρχει ένα κατώτατο όριο τιμή που εάν σε αυτή την τιμή δεν υπάρξει ενδιαφερόμενος τότε η δημοπρασία σταματάει.

Διπλή Δημοπρασία (Double Auction):

Είναι μια από τις πιο γνωστές παραδοσιακές μεθόδους ανταλλαγής αγαθών όπου οι ρίζες τους προέρχονται από την αρχαία Αίγυπτο και Μεσοποταμία. Αποτελεί το βασικό οικονομικό μοντέλο για την ανταλλαγή ισάξιων μετοχών και αγαθών στο χρηματιστήριο (πχ NASDAQ). Στην διπλή δημοπρασία οι αγοραστές και οι πωλητές μπορούν να συμφωνήσουν οποιαδήποτε στιγμή κατά την χρονική περίοδο ανταλλαγής (π.χ. τις ώρες λειτουργίας του χρηματιστηρίου).

Η διπλή δημοπρασία μπορεί να δημιουργήσει ένα πολύ δυναμικό περιβάλλον σε ένα Grid σύστημα. Οι GRBs μπορούν να κάνουν προσφορές με βάση το διαθέσιμο χρηματικό ποσό, την πολυπλοκότητα της εργασίας και στρατηγικές χρονοπρογραμματισμού. Επίσης ένας GRB μπορεί να δεσμεύσει έναν πόρο για μελλοντική χρήση με σκοπό να τον μεταπωλήσει σε υψηλότερη τιμή. Ο GSPs μπορούν να «ζητάνε» τιμές βασιζόμενοι στο υπάρχον φορτίο και να βλέπουν την ζήτηση. Αφού οι προσφορές είναι συνεχόμενες, ο GRBs και οι GSPs μπορούν να πάρουν γρήγορες αποφάσεις με λιγότερο υπολογιστικά κόστος και πολυπλοκότητα. Οι ερευνητές έχουν αναπτύξει πράκτορες λογισμικού για να αυτοματοποιήσουν την διπλή δημοπρασία με ή χωρίς ανθρώπινη αλληλεπίδραση.

(E) Αναλογικός διαμοιρασμός των πόρων, βασισμένος στις προσφορές

Αυτό το μοντέλο είναι αρκετά δημοφιλές σε περιβάλλοντα όπου πόροι διαμοιράζονται σε ένα κοινό χώρο διαχείρισης (single administrative domain?). Σε αυτό το μοντέλο, το ποσοστό χρήση του διαμοιραζόμενου πόρου είναι ανάλογο τις προσφορές του χρήστη σε σύγκριση με τις προσφορές των υπόλοιπων χρηστών. Οι χρήστες για παράδειγμα μπορούν να έχουν κουπόνια τα οποία μπορούν να χρησιμοποιήσουν για να έχουν πρόσβαση στους πόρους. Η αξία του κάθε κουπονιού εξαρτάτε από την ζήτηση και την αξία που δίνουν οι υπόλοιποι χρήστες στον πόρο αυτό την συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Είναι σαφές ότι η αξία του κουπονιού δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται. Για παράδειγμα 2 χρήστες επιθυμούν να χρησιμοποιήσουν έναν πόρο και ο πρώτος χρήστης δίνει 2 κουπόνια και ο δεύτερος 4. Σε αυτήν την περίπτωση ο πρώτος χρησιμοποιεί τα 1/3 του πόρου και ο δεύτερος τα

2/3 , δηλαδή τα ποσοστά είναι ανάλογα της αξίας που και οι δύο χρήστες δίνουν για την χρήση του πόρου.

Σε ένα σύστημα Grid το παραπάνω μοντέλο θα μπορούσε να εφαρμοστεί ως εξής: Ένα νέο μέλος ξεκινάει με 0 ή K κουπόνια . Οι άλλοι χρήστες χρησιμοποιούν του πόρους κάποιου μέλους με τον τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω και τα κουπόνια που προσφέρονται μεταβιβάζονται στον ιδιοκτήτη του χρησιμοποιούμενου πόρου. Με αυτόν τον τρόπο για να χρησιμοποιήσει κάποιους του πόρους του grid πρέπει να προσφέρει για να αποκτήσει κουπόνια . Ένα είδος επιχείρησης που θα μπορούσε να αξιοποιεί τον παραπάνω μηχανισμό είναι μια επιχείρηση η οποία θα διαθέτει πολλούς πόρους τους οποίους θα παρέχει στους χρήστες του grid. Η επιχείρηση αυτή θα έχει μεγάλη εισροή κουπονιών τα οποία στη συνέχεια μπορεί να τα μεταπωλεί σε κάποιους οι οποίοι δεν θέλουν οι δεν μπορούν να προσφέρουν του δικούς του υπολογιστικούς πόρους αλλά ταυτόχρονα επιθυμούν να χρησιμοποιήσουν τους πόρους του συστήματος

5.1.4 Μονοπώλιο / Ολιγοπώλιο

Στα προηγούμενα μοντέλα υποθέσαμε μια ανταγωνιστική αγορά όπου πολλοί παροχείς πόρων και ενδιαφερόμενοι καταναλωτές διαμορφώνουν τις τιμές. Παρόλα αυτά , υπάρχουν περιπτώσεις όπου ένας GSP κυριαρχεί στην αγορά και είναι ο μοναδικός που παρέχει μια συγκεκριμένη υπηρεσία. Στην οικονομική θεωρία αυτό το μοντέλο είναι γνωστό ως ολιγοπώλιο. Οι ενδιαφερόμενοι καταναλωτές (GRBs) δεν μπορούν να επηρεάσουν την τιμή των διαμοιραζόμενων πόρων και πρέπει να αποδεχθούν την δοσμένη τιμή από την μονοπωλητή ώστε να προχωρήσουν στην χρήση του πόρου. Όσο αφορά την τεχνική πραγματοποίηση του μοντέλου , ο μοναδικός GSP ανακοινώνει την τιμή στο GMD και GRBs δρουν ανάλογο χωρίς να έχουν την δυνατότητα να διαπραγματευτούν.

Οι πλήρως ανταγωνιστικές αγορές και τα μονοπώλια αποτελούν δύο ακραίες περιπτώσεις. Στις περισσότερες περιπτώσεις αγορά χαρακτηρίζεται ως ολιγοπώλιο , όπου μικρό πλήθος GSPs κυριαρχούν στην αγορά και καθορίζουν τις τιμές .

5.1.5 Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τις τιμές

Υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που μπορούν τις τιμές σε μια διεθνή ανταγωνιστική αγορά , όπως αυτή συστημάτων grid . Η ζήτηση και η προσφορά είναι οι δύο πιο σημαντικοί παράγοντες αλλά η αγορά εκτείνεται σε χώρες με διαφορετικές πολιτικές χρέωσης , διαφορετικούς φόρους , διαφορετικού πληθωρισμούς κτλ. Οι παράγοντες αυτοί πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την υλοποίηση ενός grid συστήματος. Επίσης υπάρχουν μικροοικονομικοί και μακροοικονομικοί παράγοντες με σημαντικό ρόλο. Μια λύση είναι να αγνοηθούν αυτοί οι παράγοντες και να σχεδιαστεί ένα μοντέλο χρέωσης όπου οι περισσότεροι καταναλωτές και παραγωγοί του Grid συμφωνούν. Αυτό λοιπόν το σύστημα θα υλοποιεί μια διεθνή αγορά με συγκεκριμένους κανόνες. Πώς όμως θα αλλάζουν οι τιμές ; Υπάρχει κάποιος μονοπωλητής που μπορεί να αποφασίσει τις τάσεις τις αγοράς; Είναι η αγορά διαφανής και οι τιμές μεταβάλλονται με τον βέλτιστο τρόπο; Τέτοια ερώτημα πρέπει να μελετηθούν ώστε να εξασφαλιστεί ο βέλτιστος τρόπος λειτουργίας του συστήματος.

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου οι τιμές των πόρων είναι μεγαλύτερες από την πραγματική τους αξία (μονοπώλιο) . Υπάρχουν επίσης περιπτώσεις όπου νέοι προμηθευτές μπαίνουν στην αγορά , και με στόχο να προσελκύσουν αγοραστές προσφέρουν πρόσβαση με τιμές χαμηλότερου του κόστους. Αυτό οδηγεί σε πόλεμους τιμών καθώς οι GSPs ανταγωνίζονται μεταξύ τους. Τέλος μέτρα μεσολάβησης από εξουσιοδοτημένο ρυθμιστή μπορεί να προστατέψει την αγορά από κατάρρευση.

5.2 Επιχειρηματικά Μοντέλα Grid / Ταξινόμηση

5.2.1 Εισαγωγή

Τα επιχειρηματικά μοντέλα σχετίζονται στενά με την αρχιτεκτονική των Grid, και απαιτούνται σε οποιαδήποτε προσπάθεια να ρυθμιστούν και να ισορροπηθούν οι κίνδυνοι και οι ανταμοιβές από εκείνη την προσπάθεια. Αυτό γίνεται εφικτό με τον καθορισμό των λειτουργικών αρχών και των πρακτικών με τις οποίες οι διάφοροι παράγοντες συμμετέχουν σε μια προσπάθεια.

Τα μοντέλα μπορούν να περιγραφούν από ρητούς κανόνες, ή πιο αφαιρετικά με πολιτικές ή τεχνικά μέτρα που χρησιμοποιούνται σε χαμηλότερο επίπεδο για να υποστηρίξουν την προσπάθεια. Η προσπάθεια μπορεί να περιγραφεί από ένα ενιαίο επιχειρηματικό μοντέλο που ισχύει για όλους τους συμμετέχοντες, ή από περισσότερα και διαφορετικά μοντέλα, κάθε ένα σχετικό με ένα υποσύνολο των συμμετεχόντων. Το μοντέλο που υιοθετείται από έναν συμμετέχοντα μπορεί να δηλωθεί σε άλλους συμμετέχοντες, αλλά αυτό δεν είναι ουσιαστικό.

Ένα βιώσιμο επιχειρηματικό μοντέλο μπορεί να επηρεάσει την ισορροπία μεταξύ κινδύνων και ανταμοιβών, έτσι ώστε οι πιθανοί συμμετέχοντες να θεωρούν συμφέρουσα τη σύμπραξή τους σε αυτή την προσπάθεια. Αντιθέτως, οι πιθανοί συμμετέχοντες είναι απρόθυμοι να ακολουθήσουν μια προσπάθεια της οποίας το επιχειρηματικό μοντέλο είναι ασαφές, και βεβαίως δεν θα ακολουθήσουν όπου αυτό είναι μη εφαρμόσιμο.

Οι ανάγκες της επιχειρηματικής αγοράς είναι επομένως:

- Να καθοριστούν μηχανισμοί περιγραφής και ανάλυσης επιχειρηματικών μοντέλων
- Να εξασφαλιστεί ότι οι αρχιτεκτονικές Grid επόμενης γενιάς θα υποστηρίζουν αυτούς τους μηχανισμούς
- Να προσδιοριστούν τα μοντέλα εκείνα που θα είναι συμβατά με την αρχιτεκτονική (ή τις αρχιτεκτονικές) που είναι πιθανότερο να αποδειχθεί βιώσιμη.

Στη συνέχεια, θα εστιάσουμε αρχικά στον πρώτο στόχο, και στη συνέχεια θα εξετάσουμε και θα σχολιάσουμε τα επιτυχή μοντέλα που χρησιμοποιούνται στις ακαδημαϊκές συνεργασίες Grid, θα μελετήσουμε γιατί δεν ταιριάζουν εύκολα στα βιομηχανικά ή εμπορικά σενάρια, και θα ξεχωρίσουμε μερικά μοντέλα που εμφανίζονται πιθανότερα να πετύχουν σε ένα πλαίσιο επιχειρηματικών Grid.

5.2.2 Ένα καθιερωμένο επιχειρηματικό μοντέλο Grid

Η τεχνολογία Grid προέκυψε από την ακαδημαϊκή έρευνα, και για μερικά χρόνια έχει χρησιμοποιηθεί για να υποστηρίξει τις ακαδημαϊκές ερευνητικές συνεργασίες, ένα σενάριο για το οποίο σχεδιάστηκε αρχικά. Αυτό οφείλεται όχι μόνο στη συμβατότητα μεταξύ των τεχνολογιών Grid και των τεχνικών απαιτήσεων της ακαδημαϊκής συνεργασίας, αλλά και στην (σημαντική) επιτυχία των επιχειρηματικών μοντέλων που αυτό το σενάριο προώθησε.

Οι συμμετέχοντες σε μια τυπική ακαδημαϊκή συνεργασία Grid συγκεντρώνουν τους υπολογιστικούς πόρους τους σε μια "εικονική οργάνωση, E.O." (virtual organisation, V.O.), δημιουργώντας μια υπηρεσία για την αποθήκευση και την επεξεργασία στοιχείων (data storage and data processing) της οποίας οι ικανότητες είναι ανέφικτες με άλλα μέσα. Οι συμμετέχοντες επιτρέπουν έπειτα στα μέλη τους να χρησιμοποιήσουν αυτήν την υπηρεσία για την επίτευξη (κοινών) επιστημονικών στόχων που δεν θα μπορούσαν να επιτευχθούν χωρίς αυτή τη συνεργασία.

Οι ανταμοιβές για τους συμμετέχοντες από αυτήν την ρύθμιση είναι σαφείς:

- Η κοινότητα που αντιπροσωπεύθηκε από την E.O. κερδίζει αυξημένες υπολογιστικές ικανότητες, επιτρέποντας νέες δραστηριότητες που ωφελούν όλα τα μέλη
- Κάθε μέλος έχει μια πιθανότητα να εκμεταλλευτεί τη δεξαμενή των πόρων για να ενισχύσει την έρευνά του.

Στην πράξη, συχνά αυτά τα οφέλη μπορεί να είναι επικαλυπτόμενα, όταν η έρευνα κάθε μέλους συνεισφέρει στην αύξηση των ικανοτήτων όλης της κοινότητας.

Υπάρχουν όμως και μερικοί κίνδυνοι που πρέπει να εξετάζονται:

- Οι συγκεντρωμένοι πόροι μπορεί να χρησιμοποιηθούν από κάποιον εκτός της κοινότητας
- Οι συγκεντρωμένοι πόροι μπορεί να μονοπωληθούν από ένα μεμονωμένο μέλος της E.O. για έναν σκοπό που διαφέρει από τα ενδιαφέροντα των υπολοίπων
- Η E.O. μπορεί να γίνει τόσο μεγάλη που το μερίδιο των διαθέσιμων πόρων σε κάθε μέλος να είναι πάρα πολύ χαμηλό.

Αυτοί οι κίνδυνοι πρέπει να εξετάζονται μέσα από τη λεπτομερή ανάλυση των εργασιών σε κάθε συνεργασία Grid (δηλ. από τα επιχειρηματικά μοντέλα τους) για να

εξασφαλίσουν ότι τα οφέλη ξεπερνούν τους κινδύνους, και η Ε.Ο. προσελκύει συμμετέχοντες. Στις περισσότερες ακαδημαϊκές Grid συνεργασίες, το επιχειρηματικό μοντέλο δεν περιγράφεται με σαφήνεια (δεν καθορίστηκε και συμφωνήθηκε μεταξύ των μελών κατά τη σύσταση της συνεργασίας) αλλά προκύπτει από μια συλλογή των λειτουργικών πολιτικών και των τεχνικών χαρακτηριστικών:

- Κριτήρια συμμετοχής (membership criteria): Η Ε.Ο. μπορεί να περιοριστεί σε μια κοινότητα καθορισμένη με σαφήνεια. Αυτό καθιστά πιθανότερο ότι οι στόχοι των μελών της Ε.Ο. θα ευθυγραμμιστούν με τον κοινό σκοπό της Ε.Ο.
- Υποχρεώσεις συμμετοχής (membership commitments): Τα μέλη της Ε.Ο. μπορεί να υποχρεούνται να συμβάλουν με πόρους στην Ε.Ο.. Αυτό αποθαρρύνει την περιστασιακή συμμετοχή από συμμετέχοντες των οποίων οι στόχοι δεν ευθυγραμμίζονται καλά με την Ε.Ο., και μειώνει τον κίνδυνο τα οφέλη να εξασθενούν καθώς η Ε.Ο. μεγαλώνει.
- Μηχανισμοί επικύρωσης (authentication mechanisms): Η επικύρωση χρηστών χρησιμοποιεί τεχνικά μέτρα που μπορούν να χρησιμοποιούνται από την Ε.Ο., όπως η πιστοποίηση. Αυτό μειώνει τον κίνδυνο κάποιος εκτός της κοινότητας ενδιαφέροντος να καταφέρει να γίνει δεκτός στη συνεργασία.
- Διαχείριση των πόρων (resource management): Οι πόροι διατίθενται σε επίπεδο Ε.Ο. για να ικανοποιήσουν τα αιτήματα των χρηστών. Αυτό επιτρέπει τη μεγιστοποίηση της γενικής χρησιμοποίησης (overall utilization), η οποία μεγιστοποιεί τα ατομικά οφέλη αλλά και το συνολικό όφελος από τη συνεργασία. Μπορεί επίσης να επιβάλει τη δικαιοσύνη στη χρήση των πόρων και να αντισταθεί έτσι στον κίνδυνο να μονοπωλούνται οι πόροι.

Το προκύπτον μοντέλο ισχύει εξίσου για όλους τους συμμετέχοντες. Η εφαρμογή των κριτηρίων συμμετοχής για κάθε μέλος και της δέσμευσης κάθε μέλους να συμβάλλει στην Ε.Ο. επιτρέπουν στους συμμετέχοντες να εμπιστευθούν ο ένας τον άλλον. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά ασφάλειας και διαχείρισης των πόρων εξασφαλίζουν ότι οι πόροι τους θα χρησιμοποιηθούν (αποκλειστικά) από την προοριζόμενη κοινότητα, και ότι ο μηχανισμός διαχείρισης των πόρων θα επιτύχει πράγματι τα επιθυμητά και αναμενόμενα οφέλη.

Όπως ίσως είναι αυτονόητο, οι ακαδημαϊκοί ερευνητές καταλαβαίνουν σαφώς τον τρόπο με τον οποίο αυτό το επιχειρηματικό μοντέλο λειτουργεί και πώς η συμμετοχή σε αυτό είναι συμφέρουσα και αποδοτική. Το γεγονός ότι είναι τόσο ξεκάθαρο μπορεί σε κάποιες περιπτώσεις να αποδεικνύεται πολύ χρήσιμο - παραδείγματος χάριν αυτό σημαίνει ότι μερικά μέλη μπορούν να έχουν την άδεια συμμετοχής χωρίς την υποχρέωση συμβολής με πόρους στη δεξαμενή, αν η συμμετοχή τους είναι πολύτιμη για άλλους λόγους.

Η βιωσιμότητα αυτού του ακαδημαϊκού Grid μοντέλου είναι σαφής από την εργασία του European Data Grid (EDG), που τώρα συνεχίζεται σε μια ευρύτερη μορφή στο EGEE project, και από τις ισοδύναμες αμερικανικές δραστηριότητες όπως το TeraGrid. Και τα τρία προγράμματα στηρίζονται στο λογισμικό της Globus Alliance και στις προσπάθειες τυποποίησης που ακολούθησαν από το Global Grid Forum.

5.2.3 Οι περιορισμοί των παραδοσιακών επιχειρηματικών μοντέλων Grid

Αν και πολύ πετυχημένο, δεν πρέπει να υποθέσουμε ότι το επιχειρηματικό μοντέλο που έχει αποδειχθεί τόσο επιτυχές στα ακαδημαϊκά Grid δεν έχει μειονεκτήματα και περιορισμούς.

Το ακαδημαϊκό μοντέλο συνεργασίας λειτουργεί αποδοτικά σε μια κοινότητα προσανατολισμένη σε ένα σκοπό - όπως η κοινότητα φυσικών που διαμόρφωσε τη βάση χρηστών για το EDG. Εντούτοις, το EDG δεν ήταν τόσο επιτυχές στην προσέλκυση μελών από πολλές άλλες κοινότητες. Η απαίτηση να προσφέρεις πόρους σε μια Ε.Ο. της οποίας τα περισσότερα παραγωγικά μέλη είναι κβαντικοί φυσικοί δεν οδηγεί σε μια επιθυμητή ισορροπία μεταξύ προσφοράς, ενδεχόμενων κινδύνων και αναμενόμενης ανταμοιβής για τα μέλη που δεν είναι κβαντικοί φυσικοί.

Ασφαλώς, τα διεπιστημονικά Grid υπάρχουν, αλλά συνήθως αυτό εξαρτάται από μια παραλλαγή από το καθαρά ακαδημαϊκό μοντέλο συνεργασίας. Παραδείγματος χάριν, στο Ηνωμένο Βασίλειο η εθνική υπηρεσία Grid (National Grid Service, NGS) χρησιμοποιείται από ερευνητές διαφόρων επιστημών. Εντούτοις, δεν υποχρεούνται να συνεισφέρουν σημαντικά σε πόρους, καθώς η δεξαμενή υποστηρίζεται μέσω κεντρικής χρηματοδότησης. Αυτό σημαίνει ότι οι χρήστες δεν είναι απαραίτητο να εκθέσουν τους δικούς τους πόρους στους κινδύνους μιας Grid συνεργασίας (εγωιστική εξάντληση πόρων, παρείσφρηση ξένων χρηστών), έτσι τα οφέλη της συμμετοχής στο NGS ξεπερνούν σαφώς τους ενδεχόμενους κινδύνους. Το EGEE project είχε επίσης μια ευρύτερη συγκέντρωση χρηστών από το αρχικό πρόγραμμα EDG, αλλά δεν είναι σαφές αν το EGEE ή το NGS θα μπορούσε να υποστηρίξει μια τόσο μεγάλη διαφορετικότητα συμμετεχόντων χωρίς μια μεγάλη κεντρική τροφοδοσία πόρων, επιπλέον εκείνων που προσφέρουν τα μέλη.

Για να γίνει η συγκέντρωση των πόρων στις δομές Grid ελκυστικότερη και βιώσιμη ακόμη και στην ακαδημαϊκή έρευνα, πρέπει να προσαρμόσουμε τα επιχειρηματικά μοντέλα για να μειώσουμε τους αντιληπτούς κινδύνους μονομερούς χρήσης και εξάντλησης των πόρων. Δεδομένου ότι τα επιχειρηματικά μοντέλα δεν είναι καθορισμένα ρητά, χρειάζεται η προσθήκη νέων τεχνικών ή λειτουργικών χαρακτηριστικών.

Για παράδειγμα, χρειάζονται μηχανισμοί λογιστικής, με τους οποίους η ταυτότητα των χρηστών και οι πληροφορίες χρήσης του Grid να εξετάζονται σε επίπεδο Ε.Ο., επιτρέποντας στα μέλη να ελέγχουν ότι οι συγκεντρωμένοι πόροι χρησιμοποιούνται δίκαια, και με τρόπο σύμφωνο με τους κοινούς στόχους της συνεργασίας. Στο EGEE αυτή η απαίτηση έχει αναγνωριστεί, και αυτό το χαρακτηριστικό εμφανίζεται στην αρχιτεκτονική του λογισμικού gLite.

Η ανάγκη καταγραφής της δράσης των χρηστών για την υποστήριξη ευρύτερων συνασπισμών δεν είναι το μόνο πρόβλημα με το τυπικό ακαδημαϊκό μοντέλο συνεργασίας. Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά γνωρίσματά του είναι η ανάγκη για αμοιβαία εμπιστοσύνη μεταξύ των μελών της Ε.Ο., η οποία καθιστά δυνατή την πιστοποίηση χρηστών, τη διαχείριση των δικαιωμάτων πρόσβασης και τη διαχείριση των πόρων στο επίπεδο της Ε.Ο.. Εντούτοις, εάν κάποιος μη αδειοδοτημένος χρήστης αποκτήσει πρόσβαση σε οποιονδήποτε από τους συγκεντρωμένους πόρους, ο κανόνας αμοιβαίας εμπιστοσύνης καθιστά δυσκολότερη την αντιμετώπιση αυτής της απειλής. Η μόνη δυνατή απάντηση από έναν οργανισμό που συμμετέχει στη συνεργασία Grid είναι να αποσυρθεί από αυτή, ακόμα κι αν η τεχνολογία Grid μέχρι τώρα σπάνια ήταν το αρχικό σημείο παρείσφρυσης στο σύστημα.

Όταν η συμμετοχή οργανισμών στην Ε.Ο. είναι αρκετά ευρεία, τότε η υπόθεση της αμοιβαίας εμπιστοσύνης γίνεται ακόμα δυσκολότερο να στηριχτεί, επειδή:

- τα συμφέροντα των μελών μπορεί να μην είναι δυνατό να ευθυγραμμιστούν, οπότε γίνεται δυσκολότερο για τους πιθανούς νέους συμμετέχοντες να προσδιορίσουν ένα κοινό συμφέρον για το οποίο θα θελήσουν να δεσμεύσουν τους πόρους τους
- η δυνατότητα των μελών να αποτρέψουν τη διείσδυση ξένων χρηστών στον οργανισμό είναι πολύ περιορισμένη, λόγω της αυξανόμενης δυσκολίας προσδιορισμού για το ποιός πρέπει να είναι μέλος και ποιός όχι.

Η αντίσταση στους εισβολείς γίνεται επίσης δυσκολότερη όσο το μέγεθος μιας Ε.Ο. αυξάνεται, ακόμη και εντός μιας σχετικά κλειστής κοινότητας. Αυτό συμβαίνει απλά επειδή είναι δύσκολο να εξασφαλιστεί ότι όλα τα μέλη λειτουργούν με ορθές πρακτικές ασφάλειας όταν ο αριθμός μελών είναι μεγάλος. Γι' αυτό τα μεγαλύτερα συστήματα Grid, όπως τα TeraGrid και EGEE, είναι τρωτά σε επιθέσεις από εισβολείς μέσω της διείσδυσης στο υπολογιστικό σύστημα ενός από τα μέλη του οργανισμού.

5.2.4 Τα βιομηχανικά / εμπορικά Grid

Προφανώς χρειάζεται ακόμα να γίνει αρκετή δουλειά σε τεχνολογικά θέματα. Εντούτοις, το βασικό μοντέλο για τα ακαδημαϊκά Grid - που συγκεντρώνουν πόρους σε μια κοινότητα ερευνητών - είναι σαφώς βιώσιμο, ειδικά όταν οι μηχανισμοί λογιστικής και διαχείρισης (accounting mechanisms) επιτρέπουν μια ενιαία δεξαμενή πόρων να μοιράζεται μεταξύ των διαφορετικών ερευνητικών κοινοτήτων.

Εκ πρώτης όψεως, δεν είναι προφανές γιατί αυτή η προσέγγιση δεν θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τις βιομηχανικές/εμπορικές εφαρμογές του Grid. Πολλοί αναλυτές προβλέπουν επίσης, για το άμεσο μέλλον, μια παγκόσμια αγορά Grid που επιτρέπει στον καθένα, σε επιχειρήσεις, μεμονωμένα άτομα και οργανισμούς να προσφέρουν τους υπολογιστικούς πόρους τους για πώληση, ή να ζητήσουν να αγοράσουν αντίστοιχους πόρους. Πράγματι, οι εμπορικές εφαρμογές προτάθηκαν στη

λευκή βίβλο (white paper) από τους αρχιτέκτονες του αρχικού λογισμικού Globus, αλλά σήμερα, αρκετά χρόνια μετά, έχει υπάρξει μια μικρή μόνο ανταπόκριση από τη βιομηχανία. Πιστεύουμε ότι αυτό συμβαίνει επειδή **τα επιχειρηματικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται στα ακαδημαϊκά Grid δεν ισχύουν γενικά σε άλλες καταστάσεις, για τρεις λόγους:**

1. Τα επιχειρηματικά μοντέλα στα ακαδημαϊκά Grid συνήθως δεν έχουν διατυπωθεί ξεκάθαρα ούτε είναι δεσμευτικά για κάθε μέλος. Κατά συνέπεια, είναι δύσκολο και να ελέγξει κάποιος πώς εξισορροπούνται το κόστος προσφοράς, οι ενδεχόμενοι κίνδυνοι και οι αναμενόμενες ανταμοιβές, όταν το μοντέλο υπο εξέταση μεταφερθεί σε μια νέα κατάσταση. Ο ασαφής σχεδιασμός του επιχειρηματικού μοντέλου γίνεται κίνδυνος για τον ενδεχόμενο χρήστη σε ένα βιομηχανικό Grid.
2. Τα κίνητρα και οι ανησυχίες των βιομηχανικών/εμπορικών συμμετεχόντων Grid είναι περισσότερα και διαφορετικά από αυτά των συμμετεχόντων στα ακαδημαϊκά Grid. Οι βιομηχανικοί συμμετέχοντες μπορούν να εξετάσουν το ενδεχόμενο συμμετοχής ως παροχείς ή καταναλωτές διάφορων επιχειρηματικών υπηρεσιών, ενώ οι ακαδημαϊκοί συμμετέχοντες Grid συστημάτων λειτουργούν και ως προμηθευτές και ως καταναλωτές των υπολογιστικών εγκαταστάσεων.
3. Η φύση των ενδεχόμενων κινδύνων και των αναμενόμενων ανταμοιβών που ισορροπούνται είναι πλήρως διαφορετική στα βιομηχανικά Grid. Οι εμπορικοί χρήστες επιδιώκουν την ελαχιστοποίηση του κόστους ή τη μεγιστοποίηση του εισοδήματός τους, και σπάνια εξετάζουν το κοινοτικό όφελος ως σοβαρό λόγο για τη συμμετοχή τους σε ένα οργανισμό Grid. Επίσης η, έστω και προσωρινή, παραχώρηση των υπολογιστικών συστημάτων τους στο Grid συνήθως εκτιμάται ως μεγαλύτερης αξίας (μεγαλύτερο ρίσκο) από εμπορικούς/βιομηχανικούς χρήστες παρά από τους περισσότερους ακαδημαϊκούς χρήστες.

Όλες αυτές οι ανησυχίες κάνουν τις ενδεχόμενες ανταμοιβές να φαντάζουν λιγότερο σίγουρες. Η απουσία (στις περισσότερες περιπτώσεις) ενός αντιληπτού κοινοτικού οφέλους, η ανάγκη για αμοιβαία εμπιστοσύνη μεταξύ των αρκετά διαφορετικών συμμετεχόντων, και ο κίνδυνος ότι κάθε πιθανό πρόβλημα συμβατότητας και αποτελεσματικότητας θα είναι δυσκολότερο να επιλυθεί μέσα σε ένα Grid που έχει ήδη τεθεί σε λειτουργία, όλα αυτά καθιστούν τη βιομηχανία πολύ απρόθυμη να αναμειχθεί. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το ζήτημα, χρειαζόμαστε εξ ολοκλήρου νέα επιχειρηματικά μοντέλα που να είναι σαφέστερα και αναλυτικά. Πρέπει να περιλαμβάνουν τη δομή και οργάνωση των απαραίτητων λειτουργιών χαμηλότερου επιπέδου, όπως αυτά της αμοιβαίας εμπιστοσύνης και της δέσμευσης για την ορθή λειτουργία, και πρέπει να στοχεύουν στην μεγιστοποίηση του κέρδους για κάθε μεμονωμένο συμμετέχοντα, και όχι απλά στα συνολικά οφέλη για ολόκληρη την ευρύτερη κοινότητα χρηστών.

Μέσα στο πεδίο των εμπορικών επιχειρήσεων, η αμοιβαία εμπιστοσύνη μπορεί να αντικατασταθεί από τις συμβάσεις. Τα εργαλεία ελέγχου και καταμέτρησης της χρησιμοποίησης των πόρων, η διαχείριση περιπτώσεων προσωρινής υποβάθμισης της απόδοσης, η διαθεσιμότητα των πόρων και άλλες παράμετροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επικυρώσουν την πραγματική παροχή υπηρεσιών σύμφωνα με συμφωνίες ποιότητας υπηρεσιών

Υπάρχουν διάφορα ενδιαφέροντα σημεία που αξίζει να τονιστούν στο επιχειρηματικό μοντέλο GRIA:

- Συσχετίζει την ασφάλεια (αμοιβαία επικύρωση, έλεγχος πρόσβασης και εμπιστοσύνη) με τη διαχείριση των πόρων, μέσω της διαπραγμάτευσης για ποιότητα υπηρεσιών (όπως στην εικόνα 2).
- Χρησιμοποιεί τη διμερή διαπραγμάτευση για ποιότητα υπηρεσιών, για να διαχειριστεί τους κινδύνους και για τις δύο πλευρές: τα επίπεδα απόδοσης και οι προσδοκίες καθορίζονται με αμοιβαία συμφωνία.
- Ενσωματώνει την καθιερωμένη επιχειρηματική πρακτική για την προμήθεια υπηρεσιών, καθώς και για τη συνάθροιση των μικρο-πληρωμών μέσω μιας διαδικασίας τιμολόγησης.
- Δεν απαιτεί από τους φορείς παροχής υπηρεσιών να εκθέτουν διοικητικές πληροφορίες μεταξύ τους.

Το middleware σύστημα GRIA έχει σχεδιαστεί για καταστάσεις όπου οι πόροι παρέχονται από μια υπολογιστική συστάδα, που χρησιμοποιείται από τον προμηθευτή για κάποιο εσωτερικό σκοπό. Η κατανομή των πόρων βασίζεται στη μέση χρησιμοποίηση κατά τη διάρκεια μιας περιόδου, επιτρέποντας στον προμηθευτή να κατανέμει το ποσό της ισχύος που προσφέρεται στους εξωτερικούς χρήστες. Οι συμφωνίες επιπέδου υπηρεσιών δεν περιέχουν την πληροφορία ακριβώς τότε οι μεμονωμένες εργασίες θα εκτελεσθούν, αλλά ούτε οι χρήστες υποχρεώνονται να υποβάλουν εργασίες σε συγκεκριμένους χρόνους, και η χρέωση συνήθως βασίζεται στην πραγματική χρήση.

5.2.8 Ταξινόμηση επιχειρηματικών μοντέλων

Σήμερα, υπάρχουν τρεις ευδιάκριτοι τύποι Grid βασισμένοι σε τρεις πολύ διαφορετικές κατηγορίες επιχειρηματικών μοντέλων:

- Παραδοσιακά Grid, βασισμένα στο Globus ή σε παρόμοιο middleware σύστημα, που υποστηρίζουν την κοινή χρήση πόρων σε μια ολόκληρη κοινότητα (συνήθως ακαδημαϊκών) ερευνητών.
- Εικονικοί φορείς παροχής υπηρεσιών εφαρμογών, που χρησιμοποιούν μια τροποποιημένη τεχνολογία Grid που ενσωματώνει τον έλεγχο των συμφωνιών επιπέδου υπηρεσιών (SLA) και τη διαχείριση του συστήματος, υποστηρίζοντας την ανταλλαγή και κατανομή φορτίου ανάμεσα σε μια κοινότητα φορέων παροχής υπηρεσιών.
- Ενδοεπιχειρηματικά (B2B) Grid, βασισμένα στις υπηρεσίες Web και στα συμβατικά μοντέλα προμηθειών, στα οποία οι πόροι συνδυάζονται από τους καταναλωτές των υπηρεσιών, χωρίς τη ρητή συνεργασία μεταξύ των προμηθευτών.

Είναι σαφές ότι αν και δεν σχεδιάστηκαν αυστηρά γύρω από ένα ιδιαίτερο επιχειρηματικό μοντέλο, τα παραδοσιακά Grid βελτιστοποιούνται όταν έχουμε να κάνουμε με συνεργατική χρήση πόρων εντός μιας καθορισμένης με σαφήνεια κοινότητας, και δεν είναι ιδιαίτερος κατάλληλα για τις ανάγκες της βιομηχανίας. Τα εικονικά ASP Grid εξαρτώνται επίσης από τη δυνατότητα συνεργασίας μέσα σε μια

κοινότητα αμοιβαίας εμπιστοσύνης, αλλά παρέχουν και πρόσθετους μηχανισμούς που επιτρέπουν σε αυτές τις κοινότητες να προσφέρουν υπηρεσίες σε ένα εμπορικό πλαίσιο. Τα B2B Grid είναι αρκετά διαφορετικά, δεδομένου ότι δεν στηρίζονται στην εμπιστοσύνη μεταξύ των φορέων παροχής υπηρεσιών, και μπορούν να προσαρμοστούν σε ένα ευρύτερο φάσμα επιχειρηματικών μοντέλων και σεναρίων.

5.3 Σχεδιασμός Επιχειρηματικών Μοντέλων

(A) Οι διαφορετικοί τύποι εικονικών οργάνωσεων (E.O)

5.3.1 Μια 'μεγάλη' Εικονική Οργάνωση

Σε μια τυπική ακαδημαϊκή συνεργασία Grid, όπως αυτή που περιγράψαμε νωρίτερα, η έννοια της "εικονικής οργάνωσης" (E.O.) διαδραματίζει έναν βασικό ρόλο. Η συγκρότηση της E.O. αντιπροσωπεύει και διευκολύνει έναν κοινό σκοπό μέσα από τη συνεργασία. Μια εικονική οργάνωση αυτού του τύπου καλείται "μεγάλη E.O.". Την χαρακτηρίζει σταθερότητα, πλούτος πόρων (συχνά περίσσεια πόρων), και μπορεί να αναπτύξει τα χαρακτηριστικά μιας πραγματικής οργάνωσης, όπως λογικά συγκεντρωμένες δομές διοίκησης και διαχείρισης.

Η οργάνωση μιας τέτοιας E.O. συνήθως εστιάζεται σε περιοχές όπως ο καθορισμός των κανόνων ιδιότητας μέλους και λειτουργίας, και η ανάθεση των πόρων στους οποίους θα εκτελεστούν οι υπηρεσίες επιπέδου "εικονικής οργάνωσης". Η διαχείριση μιας τέτοιας E.O. περιλαμβάνει την παρακολούθηση όλων των μελών, καθώς και των πιστοποιητικών επικύρωσης, των ρόλων και των δικαιωμάτων πρόσβασης. Περιλαμβάνει επίσης την παρακολούθηση όλων των υπολογιστικών πόρων που είναι διαθέσιμοι στην E.O. μέσω ενός κεντρικού ληξιαρχείου (registry), το οποίο έχει πρόσβαση και διαχειρίζεται τους πόρους μέσω ειδικών πυλών (portals) ή μέσω συγκεκριμένων υπηρεσιών υποβολής εργασίας (job submission services), και το οποίο παραχωρεί τους πόρους στις εφαρμογές με τέτοιο τρόπο που βελτιστοποιεί τη συνολική χρησιμοποίηση μέσα στην E.O.. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, οι συμμετέχοντες στην E.O. πρέπει να μοιράζονται πληροφορίες σε όλα τα επίπεδα,

(B) Μεθοδολογία σχεδιασμού επιχειρηματικών μοντέλων

5.3.4 Οι απαιτήσεις

Οι βασικές απαιτήσεις για το σχεδιασμό επιχειρηματικών μοντέλων βασισμένων στην αρχιτεκτονική Grid επόμενης γενιάς είναι οι ακόλουθες:

- Οι επιχειρηματικές διαδικασίες πρέπει να περιγράφονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε η αλληλεπίδραση μεταξύ των πάροχων υπηρεσιών και των καταναλωτών να είναι ρητή και ξεκάθαρη.
- Τα ζητήματα ασφάλειας πρέπει να καθορίζονται σε συνάρτηση με τις επιχειρηματικές διαδικασίες: αυτό περιλαμβάνει τους ρόλους και τα προνόμια των διαφορετικών χρηστών, και τα σημεία όπου λαμβάνονται οι αποφάσεις για την αποδοχή και εμπιστοσύνη σε νέους χρήστες.
- Τα ζητήματα διαχείρισης των πόρων πρέπει επίσης να καθορίζονται σε συνάρτηση με τις επιχειρηματικές διαδικασίες, όπως τα σημεία όπου οι υποχρεώσεις θα πρέπει να αναλαμβάνονται από κάθε πλευρά.

Μπορούν επίσης να τονίζονται τα σημεία όπου πραγματοποιείται η ανταλλαγή αξίας (exchange of value points) – λογικά αυτά συνδέονται με τη σημεία χορήγησης δικαιωμάτων ή δέσμευσης των πόρων

5.3.5 Μια πρώτη προσέγγιση

Για την κάλυψη αυτών των απαιτήσεων, είναι χρήσιμο να εφαρμόσουμε τις μεθόδους σχεδιασμού καταστάσεων, που χρησιμοποιούνται συνήθως στο σχεδιασμό πρωτοκόλλων. Αυτές οι μέθοδοι επιτρέπουν τον ακριβή καθορισμό των δυνατών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των συμμετεχόντων, συμπεριλαμβανομένων των περιορισμών ασφάλειας, των σημείων απόφασης, ανάθεσης εργασιών και δέσμευσης πόρων, και των σημείων ανταλλαγής αξίας.

Παραδείγματος χάριν, αναφερόμενοι πάλι στο επιχειρηματικό μοντέλο του GRIA, βλέπουμε ότι η αλληλεπίδραση μεταξύ των πάροχων υπηρεσιών και των οργανωμένων δομών καταναλωτών είναι σαφής (ακόμα κι αν στην εικόνα 2 παρουσιάζουμε μια απλουστευμένη έκδοση των πρωτοκόλλων του GRIA). Τα σημεία λήψης των αποφάσεων εμπιστοσύνης προσδιορίζονται εύκολα και τονίζονται στο διάγραμμα καταστάσεων: οι μεταβάσεις που παρουσιάζονται με μπλε χρώμα αντιστοιχούν στις αποφάσεις που άρνησης, αποδοχής ή ολοκλήρωσης μιας σχέσης εμπιστοσύνης ανάμεσα σε προμηθευτή και καταναλωτή. Είναι επίσης σαφές πως όταν πραγματοποιείται δέσμευση πόρων ή απόσυρση μιας τέτοιας δέσμευσης, αυτά τα σημεία αντιστοιχούν στις μεταβάσεις καταστάσεων που παρουσιάζονται με κόκκινο χρώμα.

Τέλος, η ανταλλαγή αξίας στο μοντέλο GRIA πραγματοποιείται όταν γίνεται η δέσμευση/αποδέσμευση των πόρων που παραχωρούνται για την εκτέλεση της εργασίας. Όταν γίνεται μια συμφωνία επιπέδου υπηρεσιών (SLA), ο πάροχος υπηρεσιών δεσμεύει τους πόρους που θα προσφέρει στο χρήστη για να παρέχει τη συμφωνημένη ποιότητα υπηρεσίας, και τιμολογεί ταυτόχρονα το λογαριασμό του

χρήστη. Με την ολοκλήρωση της εφαρμογής του χρήστη, ή εναλλακτικά με τη λήξη των χρονικών περιθωρίων της συμφωνίας, μπορεί να υπάρξει μια περαιτέρω χρέωση ή πίστωση ανάλογα με τις λεπτομέρειες της συμφωνίας επιπέδου υπηρεσιών.

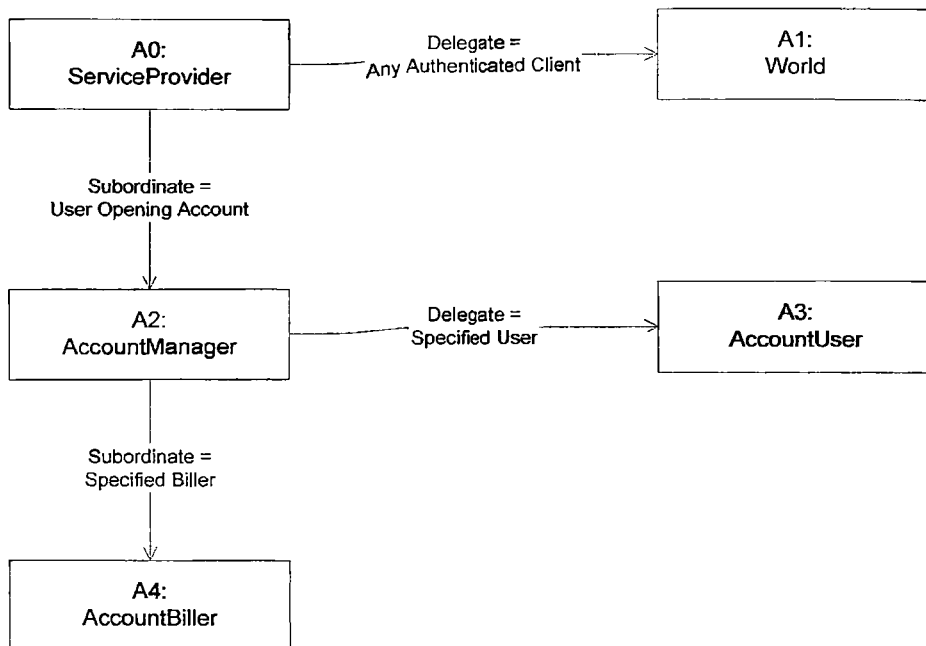
Οι ρόλοι των χρηστών και το είδος των σχέσεων μεταξύ τους στο επιχειρηματικό μοντέλο GRIA είναι υποδειγμένοι στο δίκτυο εμπιστοσύνης που παρουσιάζεται στην εικόνα 3. Εντούτοις, αυτός δεν είναι ένας ιδανικός τρόπος παρουσίασης των ρόλων και των προνομίων χρηστών επειδή δεν εξηγεί πώς αυτές οι σχέσεις συνδέονται με τις GRIA (που παρουσιάζονται στην εικόνα 2). Τα διαγράμματα εμπιστοσύνης χρησιμεύουν για να υποδεικνύουν τα σημεία αλληλεξάρτησης μεταξύ των δραστών, όμως για μια πιο λεπτομερή ανάλυση χρειάζεται να μελετήσουμε πιο διεξοδικά τα πρωτόκολλα για να φανεί ποιές αλληλεπιδράσεις αφορούν ποιούς συγκεκριμένους δράστες, και ποιός είναι ο τρόπος συσχέτισης όλων αυτών.

5.3.6 Ένα παράδειγμα

Για να εξηγήσουμε αυτήν την προσέγγιση, θα εξετάζουμε το υποθετικό σενάριο ενός B2B συστήματος Grid, από το οποίο για απλότητα θα αφαιρέσουμε το στάδιο κατανομής των πόρων, και θα ασχοληθούμε μόνο με την εκτέλεση και την τιμολόγηση εργασίας. Σε αυτό το σενάριο, προβλέπουμε δύο ευδιάκριτους ρόλους χρηστών στην επιχείρηση που καταναλώνει τις υπηρεσίες:

- Ο Σχεδιαστής (Animator), ο οποίος δημιουργεί ψηφιακές εκπομπές video για τους πελάτες της επιχείρησης.
- Ο Διευθυντής (Manager) της επιχείρησης, ο οποίος είναι εξουσιοδοτημένος από την επιχείρηση για να προμηθευτεί τις εξωτερικές υπηρεσίες (από την εικονική οργάνωση Grid).

Ας θεωρήσουμε ότι ο Σχεδιαστής αποφασίζει ότι ο καλύτερος τρόπος να ικανοποιηθούν οι ανάγκες ενός πελάτη είναι μέσω μιας διαδικασίας υψηλής ποιότητας 3D επεξεργασίας για μετάδοση video, και βρίσκει μια τέτοια υπηρεσία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Εντούτοις, για να χρησιμοποιήσει τη συγκεκριμένη υπηρεσία, πρέπει πρώτα να καθιερώσει έναν μηχανισμό πληρωμής μέσω του οποίου ο πάροχος της υπηρεσίας μετάδοσης video να μπορεί να χρεώσει την επιχείρηση. Για να γίνει αυτό, χρειάζεται ο Διευθυντής να ανοίξει έναν λογαριασμό σε μια Λογιστική Υπηρεσία, και να επιτρέψει στον Σχεδιαστή να τον χρησιμοποιήσει, έτσι ώστε να μπορεί να στέλνει εργασίες προς εκτέλεση και να χρεώνονται στον κατάλληλο λογαριασμό, όπως φαίνεται στην εικόνα 8.



Εικόνα 10. Περίληψη των τύπων χρηστών μιας λογιστικής υπηρεσίας

Οι αποφάσεις εμπιστοσύνης συνδέονται με τις ενέργειες εκχώρησης και υπαγωγής αρμοδιοτήτων που συνδέουν διαφορετικούς τύπους χρηστών, οι οποίοι σχετίζονται με κοινή διαδικασία. Ένα γεγονός ανταλλαγής αξίας λαμβάνει χώρα όταν ένας Biller εκτελεί τη λειτουργία Bill(), και στο σημείο αυτό ο Διευθυντής του λογαριασμού αποκτά μια οικονομική υποχρέωση (financial liability) σε αντάλλαγμα με την οποιαδήποτε υπηρεσία που ο Biller παρείχε και χρέωσε στο λογαριασμό.

Είναι εύκολο να εντοπίσουμε τα σημεία όπου λαμβάνονται οι επιχειρηματικές αποφάσεις για την σύναψη σχέσεων εμπιστοσύνης με άλλους χρήστες, καθώς και τα σημεία πραγματοποιείται μια ανταλλαγή αξίας μεταξύ των χρηστών. Οι διάφοροι τύποι χρηστών και τα αντίστοιχα δίκτυα εμπιστοσύνης μπορούν να αναλυθούν υπό το πρίσμα της ταξινόμησης των ενεργειών σε ενέργειες εκχώρησης και υπαγωγής αρμοδιοτήτων (delegation and subordination actions), οι οποίες είναι με τη σειρά τους ευπροσδιόριστες κατά τις συναλλαγές των χρηστών με την υπηρεσία

Κεφάλαιο 6 – Grid & IPv6

6.1 Λειτουργία του Grid σε IP δίκτυα

6.1.1 Μετάβαση από το IPv4 στο IPv6

Τα Grid συστήματα τυπικά θεωρούνται ως δικτυακό middleware καθώς βρίσκονται ανάμεσα στις εφαρμογές και τους πόρους του δικτύου. Τα δεδομένα του Grid μεταφέρονται με TCP/IP που μέχρι τώρα χρησιμοποιούσε το πρωτόκολλο IPv4 ηλικίας είκοσι χρόνων. Το νέας γενιάς IPv6 αναμένεται να το αντικαταστήσει προσφέροντας κάποιες βελτιώσεις.

Εφόσον το IPv6 αναμένεται να γίνει το κύριο πρωτόκολλο για τα επόμενης γενιάς δίκτυα τα υπολογιστικά Grid συστήματα πρέπει να παρακολουθήσουν αυτή τη μετάβαση από τα χαμηλότερου επιπέδου δικτυακά πρωτόκολλα στο IPv6.

Το Globus Toolkit που υλοποιεί το Open Grid Services Architecture (OGSA) βρίσκεται στην έκδοση GT3 και έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί με IPv4, παρόλο που από πολλές πλευρές είναι συμβατό με το IPv6. Αυτή τη στιγμή η τάση για το Globus είναι να παρέχει υποστήριξη τόσο του IPv4 όσο και του IPv6. Παρακάτω θα δούμε τις αλλαγές που επιφέρει αυτή η υποστήριξη του IPv6 στο Grid συστήματα γενικότερα αλλά και ειδικότερα στο Globus.

6.1.2 Συνύπαρξη του IPv4 με το IPv6

Το IPv6 δε θα αντικαταστήσει το IPv4 στο προσεχές μέλλον εκτός από περιπτώσεις όπου θα έχουν στερήσει οι IPv4 διευθύνσεις. Στις περισσότερες περιπτώσεις θα υπάρξει μεγάλη περίοδος συνύπαρξης αυτών των δύο πρωτοκόλλων. Ως αποτέλεσμα οι εφαρμογές θα χρειάζεται να υποστηρίζουν και τα δύο πρωτόκολλα. Οι υπάρχουσες εφαρμογές θα χρειαστεί να ενσωματώσουν κατάλληλα patches για την υποστήριξη του IPv6 ενώ οι νέες εφαρμογές θα χρειαστεί να σχεδιαστούν με το IPv6 υπόψιν από την αρχή.

Παρόλο που η IPv4 IPv6 δικτύωση μπορεί να επιτευχθεί με μετασχηματισμό και proxy μεθόδους είναι γενικά προτιμότερο από άποψη αρχιτεκτονικής ένας client που επιθυμεί να αλληλεπιδράσει με μια IPv6 υπηρεσία να χρησιμοποιήσει άμεσα το IPv6 χωρίς να βασίζεται στην ενδιάμεση μετατροπή. Οι εφαρμογές θα χρειαστεί να συνεχίσουν να λειτουργούν ανάμεσα σε IPv4 διευθύνσεις αλλά και να είναι ικανές να επικοινωνούν χρησιμοποιώντας IPv6 όταν είναι διαθέσιμο και επιλεγεί.

Έτσι η γενική περίπτωση της IPv6 λειτουργίας θα είναι μια εφαρμογή που υποστηρίζει IPv4 και IPv6 και η οποία τρέχει σε TCP/UDP πάνω από ένα υβριδικό IPv4, IPv6 δίκτυο το οποίο έχει ρυθμιστεί να υποστηρίζει και τα δύο πρωτόκολλα.

6.2 Πλεονεκτήματα του IPv6 για τα Grid συστήματα

6.2.1 Τι παραπάνω προσφέρει το IPv6

Το IPv6 πληροί τις μελλοντικές απαιτήσεις για χώρους διευθύνσεων και επίσης αντιμετωπίζει άλλα σοβαρά θέματα όπως το multicast, η κρυπτογράφηση, η ποιότητα υπηρεσίας και καλύτερη υποστήριξη για mobile computing. Σε σύγκριση με το υπάρχον IPv4, το IPv6 προσφέρει έναν αριθμό από σημαντικά πλεονεκτήματα. Τα περισσότερα από αυτά θα είναι επίσης πολύ χρήσιμα για τα Grid περιβάλλοντα. Το data format του IPv6 στην πραγματικότητα δεν προσφέρει αυτά τα πλεονεκτήματα από μόνο του. Ωστόσο ο σχεδιασμός του IPv6 πρωτοκόλλου εκμεταλλεύτηκε τη δυνατότητα του επανασχεδιασμού των σχετικών πρωτοκόλλων με ένα καλύτερο και πιο λογικό σύστημα.

Παρακάτω θα ασχοληθούμε με τρία από τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα του IPv6 το μεγαλύτερο χώρο διευθύνσεων που προσφέρει, τη δυνατότητα και υποστήριξη μεταφοράς και την ενσωματωμένη ασφάλεια που έχει [24].

6.2.2 Μεγαλύτερος χώρος διευθύνσεων

Με το χώρο διευθύνσεων των 128-bit και τις πολύ καλύτερες address aggregation ιδιότητες το IPv6 μελλοντικά καθιστά ικανή τη μαζική διαβάθμιση των Grid δικτύων γεγονός πολύ σημαντικό για την παγκόσμια ανάπτυξή του.

Με το μεγαλύτερο χώρο διευθύνσεων υπηρεσίες, όπως το NAT (Network Address Translators) δεν χρειάζονται πλέον. Αυτό επιτρέπει ολοκληρωμένη παγκόσμια IP connectivity για IP-based μηχανές αλλά και νέες κινητές συσκευές όπως κινητά τηλέφωνα και PDAs. Μπορούν να υπάρχουν πολλαπλές διευθύνσεις για μια μόνο διεπαφή όπου οι διευθύνσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διαφορετικές λειτουργίες. Ο μεγάλος χώρος διευθύνσεων επιτρέπει απλούστερη από άκρο σε άκρο ασφάλεια, απλοποιημένο IPv6 renumbering μηχανισμό ξεχωριστή διευθυνσιοδότηση και δρομολόγηση κ.λ.π.

6.2.3 Υποστήριξη μεταφοράς

Μέχρι πρόσφατα οι περισσότεροι ερευνητές του Grid εστίαζαν μόνο στα σταθερά συστήματα. Ωστόσο, η υποστήριξη μεταφοράς μέσα στα Grid συστήματα θα γίνει αναγκαία καθώς αυτή παίρνει ένα σημαντικότερο ρόλο στην σύγχρονη καθημερινή ζωή. Ο Mobile-Grid-specific autoconfiguration μηχανισμός έχει προταθεί για να επιτρέψει σε ένα κινητό Grid κόμβο να χρησιμοποιήσει τοπικά του διαθέσιμους πόρους. Το κινητό IPv6 είναι διαθέσιμο με τη χρήση γενικών IPv6 APIs και εμφανίζεται ως διάφανο στο application επίπεδο.

Έτσι σε μια IPv6 υλοποίηση υπάρχει η δυνατότητα υποστήριξης roaming ανάμεσα σε διαφορετικά δίκτυα με παγκόσμια ενημέρωση όταν φεύγεις από ένα δίκτυο και μπαίνεις σε ένα άλλο. Η υποστήριξη του roaming παρέχεται και από το IPv4 αλλά είναι γενικά λιγότερο αποδοτική.

6.2.4 Ενσωματωμένη ασφάλεια

Ενώ η διαστρωμάτωση, η αποδοτικότητα και η ετερογένεια είναι επιθυμητοί στόχοι για κάθε καταναμημένο σύστημα, συμπεριλαμβανομένου και των Grid συστημάτων, τα χαρακτηριστικά των υπολογιστικών Grid οδηγούν σε θέματα ασφάλειας. Παρόλο που η βελτίωση της ασφάλειας από το IPv6 δεν επιλύει όλα τα προβλήματα, τα Grid συστήματα μπορούν να ωφεληθούν από τα χαρακτηριστικά ασφάλειας του IPv6. Η IPv6 ασφάλεια και το Grid Security Infrastructure τρέχουν σε διαφορετικά επίπεδα. Μπορούν να συνδυαστούν μαζί για να προσφέρουν καλύτερο επίπεδο ασφάλειας.

Εκτός από την υποστήριξη για μεταφορά η ασφάλεια ήταν μια άλλη απαίτηση για το IPv6. Το IPv6 protocol stack συμπεριλαμβάνει το IPsec [25] που επιτρέπει επικύρωση και κρυπτογράφηση της IP κίνησης. Με το IPsec όλη η IP κίνηση ανάμεσα δύο κόμβους μπορεί να διαχειριστεί χωρίς την προσαρμογή καμιάς εφαρμογής. Εναλλακτικά application-level ασφάλεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κάθε υπηρεσία αν απαιτείται. Ωστόσο, η χρήση του IPsec από όλες τις εφαρμογές σε ένα μηχάνημα μπορεί να ωφεληθεί από την κρυπτογράφηση και επικύρωση και οι policies μπορούν να τεθούν σε μια per-host βάση αντί per application/service. Πλήρης IPsec ασφάλεια λειτουργεί πάνω από IPv4 σήμερα όταν υπάρχει ολοκληρωμένη από άκρο σε άκρο σύνδεση. Αν χρησιμοποιηθούν NATs, όπως συμβαίνει συχνά στα IPv4 δίκτυα, δεν είναι εφικτή η χρήση πλήρους IPsec στις από άκρο σε άκρο επικοινωνίες.

6.3 Υποστήριξη του IPv6 σε περιβάλλον Grid

6.3.1 Specifications για υποστήριξη του IPv6

Για την υποστήριξη του IPv6 από το Grid πρέπει να ακολουθηθούν διάφορα specifications. Όπως είπαμε όμως είναι πολύ σημαντικό για το μεγάλο χρονικό διάστημα που θα διαρκέσει η μετάβαση από το IPv4 στο IPv6 όλες οι εφαρμογές να τα υποστηρίζουν και τα δύο. Έτσι παρακάτω θα παραθέσουμε μια σειρά από specifications για την υποστήριξη και των δύο πρωτοκόλλων στα περιβάλλοντα Grid [26].

Τα specifications που πρέπει να τηρούνται είναι τα εξής :

1. Οι διευθύνσεις θα πρέπει να χρησιμοποιούν το format RFC2732 όπου τα ζευγάρια εκφράζονται στη μορφή address:port. Οπουδήποτε σε ένα specification προκύπτει ένα URI ή URL format αν η αναφορά δεν περιλαμβάνει το RFC2732 τότε προκύπτει μια IPv4 εξάρτηση επειδή το RFC2396 καθορίζει μόνο τι συμβαίνει για το IPv4.
2. Τα Fully Qualified Domains (FQDNs) θα πρέπει να προτιμούνται από τις IP διευθύνσεις όπου είναι πρακτικό να χρησιμοποιηθούν.
3. Οι IPv6 διευθύνσεις μπορεί μελλοντικά να είναι μικρότερες ή μεγαλύτερες από τις IPv4 όταν αναπαριστώνται ως text (τρεις έως 39 χαρακτήρες σε αντίθεση με 7 ως 15).
4. Ειδικές διευθύνσεις όπως loopback/localhost (127.0.0.1 στο IPv4 ή ::1 στο IPv6) αναπαριστώνται διαφορετικά σε κάθε πρωτόκολλο. Η χρήση του localhost ως όνομα εξομαλύνει αυτή τη διαφορά.

5. Το συμφωνημένο Documentation πρόθεμα του IPv6 θα πρέπει να χρησιμοποιείται στα έγγραφα των specification.
6. Νέες μεταβολές στο IPv6 θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν.

6.3.2 Υλοποίηση χωρίς IP εξάρτηση

Για την υλοποίηση εφαρμογών που να μην έχουν εξάρτηση από το IP πρωτόκολλο θα πρέπει να ακολουθούνται τα εξής :

1. Ο κώδικας που αναπτύσσεται θα πρέπει να είναι IP ανεξάρτητος.
2. Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται τα IP ανεξάρτητα APIs και δομές δεδομένων π.χ. η συνάρτηση `getnameinfo()` και η `addrinfo` storage.
3. Ο κώδικας θα πρέπει να είναι χωρισμένος σε τμήματα ώστε μελλοντικές αλλαγές στους δικτυακούς μηχανισμούς να είναι μικρές.
4. Προσοχή θα πρέπει να δοθεί στο πως τα IPv4 και IPv6 πρωτόκολλα επιλέγονται και χρησιμοποιούνται όταν και τα δύο είναι διαθέσιμα.
5. Οι εφαρμογές μπορεί να χρειαστεί να επαναλαμβάνουν προσπάθειες σύνδεσης χρησιμοποιώντας πολλούς συνδυασμούς διευθύνσεων εξαιτίας του multi-addressing.
6. Νέες μεταβολές στο IPv6 θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν.

6.4 Υλοποίηση του IPv6 στο Globus

6.4.1 Μέθοδοι για την εύρεση IP εξαρτήσεων

Για την εύρεση ποια ακριβώς χαμηλότερου επιπέδου πρωτόκολλα και APIs χρησιμοποιούνται, υπάρχουν δύο προσεγγίσεις – πρώτα η “top down” προσέγγιση όπου εκτελούμε μερικές εφαρμογές ανωτέρου επιπέδου και μετά η “bottom up” προσέγγιση όπου καταγράφουμε όλα τα δεδομένα που μετακινούνται μεταξύ των κόμβων και στο Loopback interface. Στην top down προσέγγιση ξεκινάμε από τα ανώτερα επίπεδα εφαρμογών και κατεβαίνουμε επίπεδα μέχρι να ανακαλύψουμε εκείνο που έχει το πρόβλημα. Αν ένα επίπεδο δεν δουλεύει σωστά τότε ελέγχουμε το επίπεδο που βρίσκεται από κάτω του. Αν ένα επίπεδο δε λειτουργεί σωστά και το από κάτω του επίπεδο δεν αντιμετωπίζει κανένα πρόβλημα τότε μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το πρόβλημα βρίσκεται στο τελευταίο επίπεδο πάνω από εκείνο που λειτουργεί σωστά. Στην bottom up προσέγγιση ακολουθούμε ανάλογη πορεία όμως από την αντίθετη κατεύθυνση. Ξεκινάμε από το φυσικό επίπεδο και συνεχίζουμε ανεβαίνοντας σταδιακά τα επίπεδα. Αν βρούμε ότι όλες οι λειτουργίες ενός επιπέδου δεν έχουν κανένα πρόβλημα τότε μεταβαίνουμε στο επόμενο επίπεδο που βρίσκεται ακριβώς από πάνω του. Συνεχίζουμε αυτή τη διαδικασία μέχρι να ανακαλύψουμε πιο επίπεδο είναι εκείνο που δε λειτουργεί σωστά. Τα παρακάτω αποδείχθηκε ότι δεν ήταν IP ανεξάρτητα και μεταβλήθηκαν έτσι ώστε να γίνουν.

1. Ποια πρωτόκολλα δικτύου εμπλέκονται και αν αυτά είναι IP ανεξάρτητα.
2. Από που λαμβάνουμε ή πως δημιουργούνται οι IP διευθύνσεις.
3. Πως να δημιουργήσουμε URLs και URIs με τις IP διευθύνσεις.
4. Πως να δημιουργήσουμε sockets και δικτυακές συνδέσεις.
5. Hard-coded IPv4 διευθύνσεις.

Παρακάτω θα αναφέρουμε πιο αναλυτικά τα σημεία εκείνα του Grid που παρουσιάζουν IP εξαρτήσεις και που θα πρέπει να αλλάξουν [27].

Στο Open Grid Services Infrastructure αναφέρεται ότι τα namespace ονόματα της γενικής μορφής “http://example.org/...” και “http://example.com/...” παριστάνουν εφαρμογές ή context-dependent URIs. Για να γίνει IP ανεξάρτητο πρέπει να προστεθεί μια αναφορά στο RFC 2732 που να καθορίζει το format των IPv6 διευθύνσεων στα URLs.

Η υπηρεσία για πρόσβαση σε και επεξεργασία δεδομένων στο Grid υποστηρίζει αντιγραφή αρχείων και meta-δεδομένων με ένα ενοποιημένο τρόπο με το να αποθηκεύει τα URLs σε μια βάση δεδομένων πράγμα που συνιστά IP εξάρτηση και πρέπει να αντιμετωπιστεί.

Μια άλλη εξάρτηση είναι στην υπηρεσία ελέγχου της αρχιτεκτονικής του Grid. Αυτό συμβαίνει γιατί σε αυτή την υπηρεσία αναφέρεται ότι το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για επικοινωνία πληροφοριών ελέγχου και το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για να μεταφέρει δεδομένα απόδοσης μπορεί να είναι τελείως ανεξάρτητα. Το σύστημα μπορεί να υποστηρίζει ένα η περισσότερα πρωτόκολλα για παράδειγμα SOAP/HTTP, LDAP ή XML/BXXP ανάλογα ποιο ταιριάζει καλύτερα σε κάθε περίπτωση.

Στο Advanced Reservation API γίνεται σαφής αναφορά σε IPv4 διευθύνσεις που θα πρέπει να αλλάξει για να αποφευχθεί μια IP εξάρτηση.

6.4.2 Αλλαγές στο GT3 για IPv6

Τα specifications ορισμένων πρωτοκόλλων χρειάστηκε να αλλάξουν ώστε να ταιριάζουν στο IPv6. Στο Globus Toolkit το GridFTP μεταβάλλεται με ένα τρόπο παρόμοιο με το FTP. Ανάλογα οι συγκεκριμένες υλοποιήσεις αυτών των πρωτοκόλλων χρειάζονται επίσης αλλαγή. Ένα νέο IP ανεξάρτητο δικτυακό module γνωστό ως globus_XIO αναπτύσσεται για χρήση με το GridFTP.

6.4.3 IPv6 αλλαγές στην υλοποίηση του GT3

Εκτός από την τροποποίηση των IP πρωτοκόλλων και της υλοποίησής τους, πρέπει να υπάρξει τροποποίηση και στην υλοποίηση του Globus Toolkit. Ανάλογα με τον τρόπο εύρεσης των IP εξαρτήσεων που περιγράψαμε παραπάνω οι παρακάτω αλλαγές εφαρμόστηκαν σε διάφορα modules για την υποστήριξη του IPv6 στο GT3 ενώ παράλληλα το Java SDK προσφέρει IP ανεξάρτητες δομές δεδομένων και συναρτήσεις:

- Από που λαμβάνουμε ή πως δημιουργούνται οι IP διευθύνσεις.

Το “localhost” ή κάποιο συγκεκριμένο hostname χρησιμοποιούνται τόσο στο Globus configuration file όσο και στις Globus initial functions. Έτσι μετά χρησιμοποιούμε IP ανεξάρτητες συναρτήσεις (InetAddress.getByName στη Java, getaddrinfo στη C) οπουδήποτε είναι απαραίτητο να γίνει μετάφραση από hostname σε IP διεύθυνση.

- *Πως να δημιουργήσουμε URLs και URIs με τις IP διευθύνσεις.*
Όλα τα URLs και URIs που δημιουργούν συναρτήσεις τροποποιήθηκαν έτσι ώστε να χειρίζονται το συγκεκριμένο format των IPv6 διευθύνσεων στα URLs. Διασφαλίζεται έτσι ότι οι IPv6 διευθύνσεις στα URLs περικλείονται σε παρενθέσεις.
- *Hard-coded IPv4 διευθύνσεις.*
Όλες οι Hard-coded IPv4 διευθύνσεις αντικαταστάθηκαν από το “localhost” ή από συγκεκριμένα hostname. Στη συνέχεια χρησιμοποιούνται IP ανεξάρτητες συναρτήσεις για την εύρεση IP διευθύνσεων όταν χρειάζεται μετάφραση από hostname σε IP διεύθυνση.

6.4.4 Ρυθμίσεις για IP λειτουργίες

Στο GT3 μερικές επιλογές ρυθμίσεων είναι διαθέσιμες για να επιτρέπουν στο χρήστη να επιλέγει τις αρχικές IP bindings. Για τη χρήση hostname αντί IP διεύθυνσης ο χρήστης πρέπει να ρυθμίσει την επιλογή “publishHostName” να είναι “true” στο globalConfiguration μέρος του server-config.wsdd. Αν υπάρχουν και άλλες IP διευθύνσεις που σχετίζονται με ένα host, όπως ένα συγκεκριμένο IPv6 hostname, ο χρήστης χρειάζεται να ρυθμίσει ποιο hostname χρησιμοποιείται με την επιλογή ρύθμισης “logicalHost”. Από τις Java default τιμές η IPv6 διεύθυνση έχει μεγαλύτερη προτεραιότητα σε dual-stack μηχανήματα. Για να λειτουργεί σε IPv4 μόνο ή να θέσει την IPv4 σε μεγαλύτερη προτεραιότητα ο χρήστης χρειάζεται να θέσει τις Java ρυθμίσεις συστήματος “preferIPv6Addresses” στο “false” και την “preferIPv4Stack” στο “true”.

Κεφάλαιο 7 – Ερευνητική δραστηριότητα στην Ελλάδα

7.1 Ελληνική πραγματικότητα και προοπτικές

Η χώρα μας έχει αναπτύξει αρκετές πρωτοβουλίες σε σχέση με τη δημιουργία υποδομών αλλά και την εκπόνηση έργων σχετικών με την τεχνολογία Grid. Οι πρωτοβουλίες αυτές εντοπίζονται στην ερευνητική κοινότητα. Η αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων της τεχνολογίας Grid επιβάλλει τη διάδοση και επέκταση της τεχνολογίας αυτής και στον εταιρικό κόσμο. Είναι επιτακτική ανάγκη οι ελληνικές επιχειρήσεις και η ακαδημαϊκή και ερευνητική κοινότητα να δημιουργήσουν ένα κοινό όραμα για την ανάπτυξη και την υιοθέτηση της τεχνολογίας Grid.

7.2 Διεθνείς Ερευνητικές Πρωτοβουλίες με Ελληνική συμμετοχή

Αναμφισβήτητα στη χώρα μας τον τελευταίο καιρό έχουν ενταθεί οι προσπάθειες παρακολούθησης των ευρωπαϊκών και διεθνών εξελίξεων σε τεχνολογίες πλέγματος – Grid. Αν και υπάρχουν αντικειμενικές δυσκολίες, το τεχνολογικό χάσμα με περισσότερο προηγμένες χώρες σε αυτά τα θέματα δεν καθίσταται πλέον απαγορευτικό για τη συνεργασία μαζί τους και τη συμμετοχή μας σε πρωτοβουλίες που αυτές οργανώνουν. Στην ερευνητική και επιστημονική κοινότητα ιδίως, υπάρχει έντονο ενδιαφέρον για τις υπηρεσίες Grid. Δηλωτική του ενδιαφέροντος αυτού είναι η συμμετοχή ερευνητικών ομάδων (αλλά και εταιρειών) από τον Ελλαδικό χώρο σε διεθνείς πρωτοβουλίες με άμεση (Crossgrid, GridLab, Gria, EGEE) ή και έμμεση στόχευση σε τεχνολογίες Grid (Open Source).

Συγκεκριμένα στα πλαίσια του Crossgrid (<http://www.crossgrid.org>) υπάρχει ενεργός εμπλοκή του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ) και του ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος σε εφαρμογές Φυσικής Υψηλών Ενεργειών αλλά και της εταιρείας Algosystems (<http://www.algosystems.gr>) που δραστηριοποιείται στον ευρύτερο χώρο της Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών.

Το GridLab (<http://www.gridlab.org>) είναι μια πρωτοβουλία που εστιάζει στην υλοποίηση ενός γενικού πλαισίου ανάπτυξης εφαρμογών σε περιβάλλον Grid. Ανέκυψε από τη συνειδητοποίηση πως το Grid πρέπει να απευθύνεται στον τελικό χρήστη που αναπτύσσει εφαρμογές χωρίς απαραίτητα να τον εμπλέκει στην πολυπλοκότητα που εμπεριέχει η ίδια η Grid-υποδομή. Το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ) μετέχει σε αυτό το πρόγραμμα.

Το GRIA (<http://www.gria.org>) δίνει έμφαση στη χρήση του Grid σε βιομηχανικό περιβάλλον σε επίπεδο εφαρμογών όπως παραγωγή και επεξεργασία ψηφιακών ταινιών ή δομική ανάλυση. Ως εκ τούτου εστιάζει στη διασφάλιση της Ποιότητας των Υπηρεσιών (QoS), την υιοθέτηση προτύπων και την ασφάλεια, ενσωματώνοντας την

εμπειρία του GridLab. Το ΕΜΠ και η εταιρεία KINO (<http://www.kino.gr>), με δραστηριότητα κυρίως στο χώρο της παραγωγής διαφημιστικών ταινιών, είναι οι ελληνικοί εταίροι σε αυτήν την προσπάθεια.

Το EGEE, (<http://egee-ei.web.cern.ch>) είναι το ευρωπαϊκό πλαίσιο ανάπτυξης τεχνολογιών πλέγματος υπολογιστικών συστημάτων – Grid. Στο EGEE εντάσσονται οι εθνικές ή ευρύτερης περιοχής (regional) προσπάθειες για ανάπτυξη τεχνολογιών Πλέγματος. Το Hellasgrid εκπροσωπείται μέσω του ΕΔΕΤ που συμμετέχει ως εταίρος αλλά ουσιαστικά θα υπάρξει συμμετοχή από το σύνολο της ομάδας εργασίας και έχει επιδείξει μια αυξημένη κινητικότητα σε αυτό το χώρο.

Το SEE-GRID (<http://www.see-grid.org>) με συντονιστή το ΕΔΕΤ / GRNET έχει στόχο τη δημιουργία ανθρώπινου δικτύου στην περιοχή της Νοτιοανατολικής Ευρώπης για την προώθηση των τεχνολογιών Πλέγματος. Το SEE-GRID θα υλοποιήσει κλίνες δοκιμών Πλέγματος σε όλες τις χώρες της περιοχής με έμφαση στα Δυτικά Βαλκάνια αποβλέποντας στην σταδιακή ένταξή τους στις Πανευρωπαϊκές Υποδομές σε στενή συνεργασία με το πρόγραμμα EGEE.

7.3 Ελληνικές Πρωτοβουλίες

Κομβική εξέλλου είναι και η υιοθέτηση από τις κοινότητες στην Ελλάδα του αντίστοιχου λογισμικού Ανοικτού Κώδικα (Open Source) δηλαδή λογισμικού για το οποίο παρέχεται ο πηγαίος κώδικας χωρίς περιοριστικούς όρους στη χρήση του. Και αυτό γιατί αφενός το σχετικό κόστος απόκτησης του λογισμικού εκμηδενίζεται και αφετέρου δημιουργείται ένας πυρήνας διάχυσης τεχνογνωσίας που μπορεί και να τονώσει την έρευνα στις συναφείς τεχνολογίες στη χώρα μας και να ικανοποιήσει την ενδεχόμενη ανάγκη για μικρής έκτασης και προσανατολισμένη στις εφαρμογές προσαρμογή του. Στην Ελλάδα η κίνηση Ανοικτού Κώδικα έχει τύχει ικανοποιητικής αποδοχής με πρόσφατο παράδειγμα τη λειτουργία σχετικού δικτυακού τόπου (<http://www.open-source.gr> & <http://www.ellak.gr>) κάτω από την αιγίδα του ΕΔΕΤ.

Η εμπλοκή επιστημονικών κυρίως ομάδων από την Ελλάδα σε διάφορα επίπεδα – ενημέρωση για διεθνείς πρωτοβουλίες, συνεργασία με αντίστοιχους εταίρους από το εξωτερικό και χρήση πειραματικών Πλεγμάτων – προέκυψε από διαφαινόμενες διεθνείς τάσεις της πρακτικής υπολογισμών στους αντίστοιχους ερευνητικούς χώρους. Σε πολλές περιπτώσεις το Πλέγμα αντιμετωπίζεται ως ένας εξελκτικός σταθμός που ακολουθεί φυσιολογικά τον υπολογισμό σε επίπεδο τοπικών συστοιχιών υπολογιστικών συστημάτων (local cluster computing). Υπό αυτήν την έννοια στην Ελλάδα υπάρχει αρκετή τεχνογνωσία από αυτό το προγενέστερο χρονικά μοντέλο υπολογισμού. Στα Ελληνικά Ανώτατα Ελληνικά Εκπαιδευτικά Ιδρύματα οι φοιτητές διδάσκονται σε προπτυχιακό είτε μεταπτυχιακό επίπεδο, μαθήματα που εστιάζουν σε αυτό το μοντέλο. Σε ερευνητικό επίπεδο η ανάπτυξη εφαρμογών και η χρήση συστοιχιών υπολογιστικών μονάδων είναι ευρέως διαδεδομένη. Συνεπώς η υιοθέτηση και ενσωμάτωση στην καθημερινή πρακτική των συναφών τεχνολογιών Πλέγματος, ιδίως σε ακαδημαϊκό και ερευνητικό περιβάλλον, διαφαίνεται εξαιρετικά ομαλή.

Βεβαίως οι δυσκολίες είναι αρκετές και σε κάποιες περιπτώσεις συναρτώνται με θέματα που δεν αντιμετωπίζονται άμεσα: Παρά τις πρόσφατες εξελίξεις –όπως αναλυτικά εκτίθενται στη συνέχεια- το γρήγορο δίκτυο κορμού είναι μια πραγματικότητα μόνο για τα ερευνητικά και εκπαιδευτικά δίκτυα. Η ευρυζωνική πρόσβαση αναπτύσσεται σταδιακά και συνεπώς οι απομονωμένοι χρήστες και η ελληνική περιφέρεια δε θα δρέψουν στο άμεσο μέλλον τους καρπούς της. Υπάρχει μια διασπορά των υπολογιστικών υποδομών σε Ερευνητικά κέντρα και Πανεπιστήμια στη χώρα μας. Η διασπορά πέρα από το επίπεδο της γεωγραφικής κατανομής τους εντοπίζεται στην απουσία ενός εθνικού πλαισίου που να διέπει τη συνεργατική λειτουργία τους. Η ενοποίησή τους λοιπόν, όπως επαγγέλλεται η ιδέα του Grid, σίγουρα θα χρειαστεί να ασχοληθεί και με τη διάχυση και αποδοχή ενός επανακαθορισμένου πλέον συνολικού ρόλου τους.

Η Ελλάδα είναι μια μικρή αγορά για τις υπηρεσίες Grid. Σε χώρους λοιπόν εκτός των ακαδημαϊκών ιδρυμάτων, υπάρχει χαμηλή ζήτηση για τέτοιου είδους τεχνολογίες. Η πλειονότητα των επιχειρήσεων στη χώρα μας άλλωστε δε διαθέτει εκείνα τα τμήματα Έρευνας και Ανάπτυξης που θα μπορούσαν να τους υποδείξουν ένα πιθανό σενάριο αξιοποίησης των υπηρεσιών Grid στον κύκλο των δραστηριοτήτων τους. Παρατηρείται δηλαδή μια υστέρηση σε επίπεδο τεχνογνωσίας που ενισχύεται από τον περιορισμένο ορίζοντα αναγκών της εγχώριας αγοράς.

Το HellasGrid, έχοντας εθνική εμβέλεια, έρχεται να οργανώσει και να δέσει τις πρώτες αυτές προσπάθειες που αναπτύσσονται από την ερευνητική κοινότητα κυρίως σε θέματα eScience, αλλά και να δώσει κατευθύνσεις τόσο προς τον Ελληνικό εμπορικό κόσμο σε θέματα eBusiness, όσο και στη Δημόσια Διοίκηση σε θέματα εξυπηρέτησης του πολίτη και ηλεκτρονικής διακυβέρνησης (eGovernment). Στη προσπάθεια αυτή συναντώνται το αντίστοιχο ανθρωποδίκτυο και οι υποδομές που διαθέτει η χώρα μας και οργανώνονται έτσι σε έναν κόμβο άμεσης επικοινωνίας με αντίστοιχες προσπάθειες που γίνονται στο εξωτερικό.

7.4 Ομάδα εργασίας eBusinessForum

Οι σκοποί της ομάδας είναι:

- Αναγνώριση και ανάλυση των επιχειρηματικών διαδικασιών και υπηρεσιών που μπορούν να ωφεληθούν από την ανάπτυξη και εφαρμογή τεχνολογίας πλέγματος. Αναγνώριση τομέων / δραστηριοτήτων που έχουν ενδιαφέρον στα πλαίσια δράσης των ελληνικών επιχειρήσεων.
- Καταγραφή απαιτήσεων από την τεχνολογία και υπηρεσίες πλέγματος που αποτελούν προϋποθέσεις για εφαρμογή της σε εταιρικές εφαρμογές. Αντιπαραβολή με τη σημερινή κατάσταση της τεχνολογίας και τις σχετικές κατευθύνσεις προτυποποίησης (OGSA / GGF).
- Ανάλυση των προοπτικών αξιοποίησης του πλέγματος για την βελτίωση των κυβερνητικών υπηρεσιών.
- Ανάλυση νέων καινοτόμων υπηρεσιών η-επιχειρείν που μπορούν να αναπτυχθούν με χρήση τεχνολογίας πλέγματος.

- Μοντέλα σταδιακής εξέλιξης υαρχόντων δικτυακών (π.χ. ευρυζωνικών υποδομών) και κατανεμημένων υποδομών και εφαρμογών (π.χ. clusters, web services) προς υποδομές πλέγματος. Ανάλυση μοντέλων σταδιακής ανάπτυξης υποδομών πλέγματος (π.χ. Intra-Grid, Inter-Grid, Extra-Grids).
- Τεχνικοοικονομικά μοντέλα ανάπτυξης εφαρμογών πλέγματος. Σχέση κόστους – οφέλους.
- Εκπόνηση προτάσεων προς επιχειρήσεις για την επιχειρηματική χρήση και αξιοποίηση της τεχνολογίας πλέγματος
- Διερεύνηση νέων δυνατοτήτων και πιθανή εκπόνηση προτάσεων προς την Πολιτεία για τη δημιουργία επιχειρησιακών δράσεων σχετικών με την τεχνολογία πλέγματος.

7.5 HellasGrid Task Force

Ομάδα Εργασίας για την ανάπτυξη Κατανεμημένων Υπηρεσιών Grid στην Κοινωνία της Πληροφορίας, με στόχο την χάραξη Εθνικής στρατηγικής και τον συντονισμό ομάδων χρηστών για τη διάδοση των παραπάνω τεχνολογιών.

Τα σημαντικότερα σημεία για τα οποία συστάθηκε η Ομάδα HellasGrid είναι τα εξής:

- Η ανάδειξη των κατανεμημένων υπηρεσιών πλέγματος υπολογιστικών συστημάτων – Grid ως κυρίαρχο στοιχείο για την ανάπτυξη της εθνικής και διακρατικής έρευνας και συνεργασίας μεταξύ ερευνητών στην Κοινωνία της Πληροφορίας.
- Οι κατευθύνσεις του 6ου Προγράμματος Πλαισίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με την ανάπτυξη κατανεμημένων υπηρεσιών πλέγματος υπολογιστικών συστημάτων – Grid στην Κοινωνία της Πληροφορίας, καθώς και τις κατευθύνσεις των κοινοτικών πρωτοβουλιών e-Europe 2002 και 2005 περί Grid Computing και World Wide Grid.
- Η σημασία του στρατηγικού σχεδιασμού και συντονισμού των δράσεων Grid που μπορούν να χρηματοδοτηθούν από το Ε.Π. «Κοινωνία της Πληροφορίας» σε διάφορους τομείς όπως π.χ η έρευνα και η εκπαίδευση σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο.

Βασικό έργο της Ομάδας Εργασίας είναι:

- Η κατάθεση συγκεκριμένων προτάσεων για ένταξη δράσεων στο Ε.Π της ΚτΠ που προωθούν την ανάπτυξη των κατανεμημένων υπηρεσιών πλέγματος υπολογιστικών συστημάτων Grid και σε περιφερειακή βάση, σε χώρους όπως φυσική υψηλών ενεργειών, αστρονομία, υπολογιστική χημεία, μετεωρολογία, βίο-πληροφορική καθώς και εφαρμογές κατανεμημένης τηλε-συνεργασίας υψηλών απαιτήσεων και εικονικής πραγματικότητας (γενικά εφαρμογές e-Science και e-Learning υψηλών προδιαγραφών).

- Η στήριξη της διεθνούς εκπροσώπησης της χώρας αλλά και η συλλογή και επεξεργασία βέλτιστων πρακτικών σε διεθνές επίπεδο.
- Ο σχεδιασμός και οι προτάσεις δράσεων ευαισθητοποίησης σε διάφορα επίπεδα με ταυτόχρονη λειτουργία σχετικού δικτυακού τόπου ενημέρωσης (www.hellasgrid.gr).
- Η παροχή προτάσεων και κατευθυντήριων γραμμών προς όλους τους ερευνητικούς και εκπαιδευτικούς φορείς σε σχέση με τις διαθέσιμες συστάσεις (standards), τις κυρίαρχες τάσεις σε θέματα αρχιτεκτονικής και υλοποίησης και γενικά τις διεθνείς πρακτικές όπως αυτές απορρέουν μεταξύ άλλων από το Global Grid Forum (GGF), με στόχο τη δημιουργία μιας "βασικής πλατφόρμας" υπηρεσιών καταναμιμένου Grid.
- Η σύνταξη και υποβολή κειμένων στρατηγικής όσον αφορά στην ανάπτυξη των υπηρεσιών Grid.

Παράρτημα Α

Εγκατάσταση του Globus

Σε αυτό το παράρτημα θα ασχοληθούμε με την εγκατάσταση και ρύθμιση του Globus [28]. Πιο συγκεκριμένα θα περιγράψουμε τη διαδικασία εγκατάστασης της βιβλιοθήκης Globus Toolkit 3.2 και των απαραίτητων εργαλείων που απαιτούνται για την εκτέλεσή της στο περιβάλλον Linux. Σε αυτή τη διαδικασία περιλαμβάνεται η εγκατάσταση της βιβλιοθήκης στα μηχανήματα που θα λειτουργήσουν ως server στο Globus, σε εκείνα που θα χρησιμοποιηθούν ως client και σε εκείνα που θα χρησιμοποιηθούν ως πάροχοι πόρων. Επιπλέον της εγκατάστασης θα περιγραφεί και η διαδικασία ρύθμισης αυτών των μηχανημάτων για την επίτευξη της επικοινωνίας των client με τους server.

Εγκατάσταση του Globus στα μηχανήματα client και server

Η εγκατάσταση στα μηχανήματα που θα χρησιμοποιηθούν ως client και server είναι ίδια και περιγράφεται παρακάτω. Κατ' αρχήν ας καθορίσουμε τα πακέτα λογισμικού που απαιτούνται για την εγκατάσταση της βιβλιοθήκης. Αυτά φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Εργαλείο	Περιγραφή
Java SDK	Ο κώδικας του Globus είναι γραμμένος σε Java οπότε είναι απαραίτητη η ύπαρξη αυτής της πλατφόρμας.
Apache Ant	Ένα εργαλείο βασισμένο σε Java που απαιτείται στην εγκατάσταση. Το εργαλείο αποτελείται από πολλές κλάσεις Java που χρειάζεται να συνδυαστούν για την αυτοματοποίηση της διαδικασίας build.
Junit	Java εργαλείο που βοηθάει στην εκτέλεση διαφόρων τεστ.
Globus Toolkit	Η βιβλιοθήκη Globus έκδοση 3.0.2

Εγκατάσταση του Java SDK

Αυτό το πακέτο μπορεί να βρεθεί στην ιστοσελίδα της Sun <http://java.sun.com/j2se>, αυτή τη στιγμή βρίσκεται στην έκδοση 1.4.2. και περιέχει όλες τις απαραίτητες κλάσεις ώστε να λειτουργήσει κανονικά η Globus βιβλιοθήκη. Εγκαθίσταται πολύ απλά τρέχοντας το εκτελέσιμο αρχείο που κατεβαίνει από την παραπάνω ιστοσελίδα.

```
# ./j2sdk-1_4_2_04-linux-i586.bin
```


Για την ολοκλήρωση της εγκατάστασης πρέπει να καθοριστεί η μεταβλητή συστήματος `JAVA_HOME` στο `directory` που εγκαταστάθηκε το πακέτο και να προστεθεί το `$JAVA_HOME/bin` στο `PATH` του συστήματος.

```
# JAVA_HOME=/path/to/j2sdk-1_4_2_04
# export JAVA_HOME
# PATH=$PATH:$JAVA_HOME/bin
```

Εγκατάσταση του Apache Ant

Το Apache Ant μπορεί να βρεθεί στην εξής ιστοσελίδα <http://jakarta.apache.org/ant> και αυτή τη στιγμή βρίσκεται στην έκδοση 1.6.0. Όπως είπαμε χρησιμεύει για αυτοματισμό καθώς σε περίπτωση που χρειαστεί το re-built της βιβλιοθήκης παραλείπονται ενέργειες που έχουν ήδη εκτελεστεί. Η εγκατάσταση του γίνεται ως εξής: πρώτα αποσυμπιέζουμε το αρχείο που κατεβάσαμε με τις εξής εντολές στο φάκελο που θέλουμε να το εγκαταστήσουμε:

```
# gunzip apache-ant-1.6.0-bin.tar.gz
# tar -xf apache-ant-1.6.0-bin.tar
```

Στη συνέχεια ρυθμίζουμε τις μεταβλητές συστήματος και το `PATH`.

```
# ANT_HOME=/path/to/apache-ant-1.6.0
# export ANT_HOME
# PATH=$PATH:$ANT_HOME/bin
```

Εγκατάσταση του Junit

Η εγκατάσταση του Junit είναι πολύ απλή. Αφού κατεβάσουμε το αρχείο από την ιστοσελίδα <http://www.junit.org> απλώς το αποσυμπιέζουμε στο φάκελο που επιθυμούμε και αντιγράφουμε το αρχείο `junit.jar` στο φάκελο που είναι αποθηκευμένο το Ant κάτω από το `directory lib`. Αυτή τη στιγμή το Junit βρίσκεται στην έκδοση 3.8.1.

```
# unzip junit3.8.1.zip
# cp junit3.8.1/junit.jar $ANT_HOME/lib
```

Εγκατάσταση του Globus Toolkit 3.0.2

Τελικά εγκαθιστούμε το Globus το οποίο μπορούμε να βρούμε στην ιστοσελίδα www.globus.org/toolkit. Μέχρι στιγμής έχει αναφερθεί μια ασυμβατότητα μεταξύ του binary μέρους του Globus και της βιβλιοθήκης `glibc` του Red Hat Linux 9.0 οπότε σε αυτή τη περίπτωση συνιστάται η εγκατάσταση της Source έκδοσης. Για λόγους ασφαλείας προτείνεται η εγκατάσταση του Globus να γίνει από κάποιον απλό χρήστη και όχι από το `root`. Πριν την εγκατάσταση πρέπει να αποσυμπιέσουμε το αρχείο που έχουμε κατεβάσει.

Εγκαθιστούμε τη βιβλιοθήκη Globus όπως περιγράφηκε παραπάνω εκτός από την εγκατάσταση του SimpleCA και αλλάζουμε το αρχείο /etc/hosts όπως στο μηχάνημα alpha. Κατόπιν αντιγράφουμε το αρχείο globus_simple_ca_Hash_setup-0.17.tar.gz από το μηχάνημα alpha που δημιουργήθηκε κατά την εγκατάσταση του SimpleCA και στα δύο μηχανήματα beta και gamma και εκτελούμε την εξής εντολή:

```
# gpt-build globus_simple_ca_Hash_setup-0.17.tar.gz gcc32dbg
```

Στη συνέχεια πρέπει να ρυθμίσουμε το GSI όπως περιγράψαμε παραπάνω και για κάθε μηχάνημα και για κάθε χρήστη να εκτελέσουμε την αίτηση για certificate ώστε να τοποθετήσουμε τα υπογεγραμμένα πιστοποιητικά στους κατάλληλους φακέλους. Κατόπιν θα πρέπει να ξεκινήσουμε το gatekeeper ώστε να γίνουν διαθέσιμοι προς προσπέλαση οι πόροι των μηχανημάτων. Για να γίνει αυτό πρώτα τοποθετούμε την υπηρεσία gsgatekeeper στο /etc/services προσθέτοντας την ακόλουθη γραμμή.

```
gsgatekeeper          2119/tcp
```

Και στη συνέχεια ρυθμίζουμε το xinetd. Αυτό γίνεται προσθέτοντας μια εγγραφή gsgatekeeper στον κατάλογο /etc/xinetd.d/ που περιέχει τα εξής:

```
service gsgatekeeper
{
    socket_type      = stream
    protocol         = tcp
    wait             = no
    user             = root
    server           = $GLOBUS_LOCATION/sbin/globus-gatekeeper
    server_args      = -conf $GLOBUS_LOCATION/etc/globus-gatekeeper.conf
    disable          = no
}
```

και τελικά ξαναρχίζουμε το xinetd ως εξής:

```
# /etc/rc.d/init.d/xinetd restart
```

Αμ θέλουμε να ξεκινήσουμε χειροκίνητα το gatekeeper τρέχουμε την εξής εντολή:

```
# globus-personal-gatekeeper -start
```

ενώ για να σταματήσουμε οποιοδήποτε gatekeeper τρέχει εκτελούμε:

```
# globus-personal-gatekeeper -killall
```

Εγκατάσταση του delta

Εγκαθιστούμε το Globus εκτός από το SimpleCA όπως περιγράφηκε παραπάνω και αλλάζουμε το αρχείο /etc/hosts όπως στο μηχάνημα alpha. Στη συνέχεια

αντιγράφουμε και εκτελούμε το αρχείο `globus_simple_ca_Hash_setup-0.17.tar.gz` όπως στα μηχανήματα `beta` και `gamma` και ρυθμίζουμε το GSI και τα πιστοποιητικά όπως ακριβώς είχαμε κάνει σε αυτά τα μηχανήματα. Τελικά εκκινούμε τον `client service browser` ως εξής:

```
# cd $GLOBUS_LOCATION
# globus-service-browser
```

Globus και IPv6

Παρακάτω θα μελετήσουμε τον τρόπο ώστε να υποστηρίζονται στην εγκατάσταση του Globus που περιγράψαμε παραπάνω τα IPv6 δίκτυα.

Για να γίνει αυτό κατ' αρχήν πρέπει να κατεβάσουμε από την ιστοσελίδα www.cs.ucl.ac.uk/staff/sjiang/webpage/GT3-IPv6-Download.htm τα αρχεία `axis.jar` και `ogsa.jar` και να αντικαταστήσουμε με αυτά τα υπάρχοντα στο φάκελο `$GLOBUS_LOCATION/lib`. Επίσης πρέπει να προσθέσουμε τις παρακάτω γραμμές στο πεδίο `globalCongiguration` του αρχείου `$GLOBUS_LOCATION/server-config.wsdd`.

```
<parameter name="publishHostName" value="true"/>
<parameter name="logicalHost" value="2001:648:800:1:2a0:c9ff:fe25:4d37"/>
```

Μετά από αυτά αν ξεκινήσουμε το `container` θα δούμε ότι οι υπηρεσίες που προσφέρει έχουν σηκωθεί σε IPv6 διεύθυνση. Ο `service browser` μπορεί τώρα να προσπελάσει αυτές τις υπηρεσίες.

Βιβλιογραφία

- [1] R. Shah. From monolithic to grid. A lighthearted history lesson. 21 October 2003
- [2] W. Stallings. Επικοινωνίες Υπολογιστών & Δεδομένων Έκτη Έκδοση 2003
- [3] A. S. Tanenbaum. Δίκτυα Υπολογιστών Τρίτη Έκδοση 2000
- [4] I. Foster, Argonne National Laboratory of Chicago. What is the Grid? A Three Point Checklist. 20 July 2002
- [5] C. Kesselman, I. Foster. The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure. 1998
- [6] I. Foster, C. Kesselman, S. Tuecke. The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations. 2001
- [7] R. Arpaci A. Dusseau, A. Vahdat, L. Liu, T. Anderson, D. Patterson. The interaction of parallel and sequential workloads on a network of workstations. 1995
- [8] A. Silbershatz , J. Peterson, P. Galvin. Operating Systems Concepts. 1991
- [9] B. C. Neumann. Proxy –based authorization and accounting for distributed systems. 1993
- [10] J. Arabe A. Beguelin, B. Lowekamp, E. Seligman, M. Starkey, P. Stephan. Dome: Parallel programming in a heterogeneous multi-user environment. April 1995
- [11] P. Au, J. Darlington, M. Ghanem, Y. Guo, H. To, J. Yang. Coordinating heterogeneous parallel computation. 1996
- [12] J. Gehring, A. Reinefeld A. Weber. PHASE and Mica: Application specific metacomputing. 1997
- [13] F. Berman, R. Wolski. The AppLeS project: A status report. 1997
- [14] I. Foster, J. Geisler, C. Kesselman S. Tuecke. Managing multiple communication methods in high-performance networked computing systems. 1997
- [15] G. Minton. IIOP specification: A closer look. 1997
- [16] J. Linn. Generic security service application program interface. 1993
- [17] L. Ferreira, V. Berstis, J. Armstrong, M. Kendzierski, A. Neukoetter, M. Takagi, R. Bing-Wo, A. Amir, R. Murakawa, O. Hernandez, J. Magowan, N. Bieberstein. Introduction to Grid Computing with Globus. December 2002
- [18] M. Litzkow, M. Linvy, M. W. Mutka. Condor – a hunter of idle workstations. 1988
- [19] I. Foster, C. Kesselman, J. M. Nick, S. Tuecke. The Physiology of the Grid. An Open Services Architecture for Distributed Systems Integration. June 2002
- [20] White Paper University of Chicago and the University of Southern California. GridFTP Universal Data Transfer for the Grid. September 2000
- [21] K. Li, J. F. Naughton J. S. Plank. Real Time, concurrent checkpoint for parallel programs. 1990
- [22] P. Graham, M. Heikkurinen, J. Nabrzsyki, A. Oleksiak, M. Parsons, H. Stockinger, K. Stockinger, M. Stroinski, J. Weglarz. EU Funded Grid Development in Europe. 2003
- [23] F. Gagliardi, P. Graham, M. Heikkurinen, J. Nabrzsyki, A. Oleksiak, M. Parsons, H. Stockinger, K. Stockinger, M. Stroinski, J. Weglarz. IST Grid Projects Inventory and Roadmap, GRIDSTART-IR-D2.2.1.2-V1.3. August 2003

- [24] S. Jiang, P. O' Hanlon, P. Kirstein. Moving Grid Systems into the IPv6 Era. 2003
- [25] S. Kent. Security Architecture for the Internet Protocol. 1998
- [26] T. Chown, J. Bound, S. Jiang, P. O' Hanlon. Guidelines for IP version independence in GGF specifications. September 2003
- [27] R. Sofia, S. Jiang, C. Bouras, D. Primpas, K. Stamos. Survey of IPv4 Dependencies in Global Grid Forum Specifications. September 2003
- [28] L. Ferreira, B. Jacob, S. Slevin, M. Brown, S. Sundararajan, J. Lepesant, J.Bank. Globus Toolkit 3.0 Quick Start. September 2003
- [29] www.globus.org
- [30] www.ggf.org
- [31] www-1.ibm.com/grid
- [32] www.java.sun.com

---- Papers ----

Anatomy of the Grid

www.globus.org/research/papers/anatomy.pdf

The Physiology of the Grid, An Open Grid Services Architecture, 2002

www.globus.org/alliance/publications/papers/ogsa.pdf

Grid Economics: 10 Lessons from Finance, April 2003

http://www.gridbus.org/papers/grid_lessons.pdf

---- P2P vs Grid ----

Convergence of Peer-to-Peer and Grid Computing

http://iptps03.cs.berkeley.edu/final-papers/death_taxes.pdf

Similarities and differences between GRID and P2P

<http://iptps03.cs.berkeley.edu/final-papers/scooped.pdf>

---- Enterprise Grid ----

Grid Resource Commercialization, Chris Kenyon, Giorgios Cheliotis: Chapter 26, 2003

www.zurich.ibm.com/pdf/GridEconomics/kenyon_Grid_Resource_Commercialization.pdf

Architecture and Environment for Enabling Interactive Grids, 2004

Grids for Enterprise Applications, 2003 (find them here)

Next 18 Months Critical for Grid Market

<http://www.gridtoday.com/03/1020/102129.html>

---- IBM ----

IBM Grid Computing

<http://www-1.ibm.com/grid/index.shtml>

The utility business model and the future of computing services, IBM 2004

<http://www.research.ibm.com/journal/sj/431/rappa.pdf>

Μια καλή συλλογή από papers, στο research lab της IBM-Zurich

<http://www.zurich.ibm.com/grideconomics/refs.html>

---- hp ----

HP Labs, The Future is Grid (start here)

http://www.hpl.hp.com/news/2003/oct_dec/grid.html

Βιβλιογραφία

HP, Grid for the Enterprise, Shane Robinson, 2002

<http://h71028.www7.hp.com/enterprise/downloads/Grid-for-the-enterprise.pdf>

HP Grid Computing Fact Sheet, 2004

<http://h71028.www7.hp.com/ERC/downloads/GridComputingFactSheet.pdf>

---- European Projects ----

European Data Grid website

<http://eu-datagrid.web.cern.ch/eu-datagrid/>

GRIA (Grid Resources for Industrial Applications)

<http://www.gria.org/>

<http://www.it-innovation.soton.ac.uk/gria>

EGEE

<http://public.eu-egee.org/>

TeraGrid

<http://www.teragrid.org/>

GRASP (Grid Based Application Service Provision)

<http://eu-grasp.net/english/default.htm>

NextGrid

<http://www.nextgrid.org/>

CoreGrid

<http://www.coregrid.net/>

Global Grid Forum

<http://www.gridforum.org/>

Condor Grid project - <http://www.cs.wisc.edu/condor/>

Globus software - used in most large projects:

<http://www.globus.org/>

<http://www.globus.org/ogsa/>

<http://www.globus.org/gt2.4/download.html>

---- Grid for dummies ----

<http://gridcafe.web.cern.ch/gridcafe/>

Introduction to Grid Computing with Globus

<http://www.redbooks.ibm.com/abstracts/sg246895.html>

Grid FAQs

http://www-1.ibm.com/grid/about_grid/faq.shtml

Glossary of Grid related items

<http://www.cordis.lu/ist/grids/glossary.htm>

---- Greek Grid ----

Hellas Grid - Task force

<http://www.hellasgrid.gr/>

Βιβλιογραφία

ebusiness forum

<http://www.ebusinessforum.gr/Z6/>

subject: Resource Allocation

Resource Allocation and Grid Economies

<http://www.cs.umd.edu/class/spring2004/cmsc818s/Lectures/economics.pdf>

Resource Allocation in Grid Computing Systems

http://www.cs.umanitoba.ca/~anrl/PUBS/ccece2002_kumaran.pdf Grid Resource

Allocation and Control Using Computational Economies

<http://www.cs.ucsb.edu/~rich/publications/gc-book.pdf>

more papers:

Adaptive Negotiation for Agent-Based Grid Computing:

http://www.agentcities.org/Challenge02/Proc/Papers/ch02_25_shen.pdf Grid

Agent-Based Modelling on the Grid (proposal)

<http://www.ide.bth.se/~pdv/ABSS/Adjali.doc>

projects:

The Grid Economy Project, Buyya, Melbourne

<http://www.buyya.com/ecogrid/>

Grid Computing Info Center

<http://www.gridcomputing.com/>

Grid Computing Project, North Carolina

<http://www.econstrat.org/Projects/Grid%20Computing%20Page.html>