



**University of Macedonia
Economic and Social Studies
Master in Information Systems**

Networking Technologies

Professor: A.A. Economides

Subject:

**INTELLIGENT AGENT BASED RESOURCE
MANAGEMENT AND QoS FOR ATM
NETWORKS**

Students:

**Ginos Grigoris
Tzalamouras Miltiadis**

Thessaloniki 2003



Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
Οικονομικών και Κοινωνικών Επιστημών
Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα στα Πληροφορικά
Συστήματα

Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών & Δικτύων

Υπεύθυνος Καθηγητής: Α.Α. Οικονομίδης

Θέμα:

**ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ
ΑΤΜ ΔΙΚΤΥΩΝ, ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ
INTELLIGENT AGENTS**

Φοιτητές:

**Γκίνος Γρηγόρης
Τζαλαμούρας Μιλτιάδης**

Θεσσαλονίκη 2003

CONTENTS

• Abstract	5
• Introduction	5
• Intelligent Agents (definition)	6
• Intelligent Agent Characteristics	7
• Intelligent agent implementation languages	9
• Asynchronous Transfer Mode Networks (ATM)	10
• Resource Management	12
• QoS (Quality of Service)	13
• Resource Management and QoS without Intelligent Agents	14
• Multi agent system proposal	16
• Network Planning – Multi-Agent System (NM-MAS) Architecture	17
• Network Planning – Multi-Agent System (NP-MAS) Architecture	18
• Testbed scenario	18
• The IMPACT agent system	19
Connection Agent (CA).....	20
Network Provider Agent (NPA).....	20
Service Provider Agent (SPA).....	20
Resource Agent (RA).....	21
Proxy User Agents (PUA).....	22
Proxy User Agents (PUA).....	22
Classes of Service.....	24
• Conclusions	25
• References	27

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

• Περίληψη.....	5
• Πρόλογος.....	5
• Intelligent Agents (ορισμός).....	6
• Χαρακτηριστικά Intelligent Agent	7
• Γλώσσες Intelligent agent	9
• Δίκτυα Ασύγχρονου Τρόπου Μεταφοράς (ATM).....	10
• Διαχείριση Πόρων.....	12
• QoS (Ποιότητα Υπηρεσίας).....	13
• Διαχείριση Πόρων και QoS χωρίς τη χρήση Intelligent Agents.....	14
• Πρόταση συστήματος Multi agent.....	16
• Σχεδιασμός Δικτύου – Σύστημα Multi-Agent Αρχιτεκτονική (NM-MAS).....	17
• Σχεδιασμός Δικτύου – Σύστημα Multi-Agent Αρχιτεκτονική (NP-MAS).....	18
• Testbed scenario.....	19
• Το agent σύστημα IMPACT	20
Connection Agent (CA).....	20
Network Provider Agent (NPA).....	20
Service Provider Agent (SPA).....	20
Resource Agent (RA).....	21
Proxy User Agents (PUA).....	22
Proxy User Agents (PUA).....	22
Κλάσεις υπηρεσίας.....	24
• Συμπεράσματα.....	25
• Βιβλιογραφία.....	27

Abstract

The growing complexity of telecommunications networks means that in general their management is also becoming more and more complicated. This is due to several factors, such as the amount of data, inconsistent and incoherent data, and time constraints. Artificial Intelligence (AI) techniques will be required in order to carry out some resource management and QoS functions. Network Control is currently carried out mainly by means of signalling protocols. Although these protocols are robust and facilitate standardisation, they present several drawbacks such as the inability of the Service Providers to adapt network resource control to the particular needs of their services, or the difficulty in deploying advanced traffic control schemes in order to achieve increased utilisation. An open distributed software architecture for Network Control based on concepts such as Intelligent Agents can be a solution to this problem. This paper highlights the major issues of this problem and presents the architecture and implementation of a system that enables open and flexible network control and resource management using intelligent agents. The architecture is described by experimental results as well as by an implementation framework for deploying open control capabilities in existing networks.

Εισαγωγή

Η αυξανόμενη πολυπλοκότητα των δικτύων επικοινωνιών συνεπάγεται και την αύξηση της πολυπλοκότητας διαχείρισής τους. Αυτό το γεγονός οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, όπως ο όγκος των δεδομένων, inconsistent and incoherent data, καθώς και τα μικρά χρονικά περιθώρια που θέτονται από τις εφαρμογές. Μέθοδοι τεχνητής νοημοσύνης (AI) απαιτούνται για να εκτελεστούν λειτουργίες διαχείρισης δικτύου και για να επιτευχθεί υψηλή ποιότητα υπηρεσιών. Προς το παρόν ο έλεγχος του δικτύου γίνεται με την χρήση πρωτοκόλλων σηματοδότησης. Παρόλο που τα πρωτόκολλα αυτά είναι τυποποιημένα και η ταχύτητα και ευελιξία τους είναι μεγάλη, έχουν αρκετά μειονεκτήματα. Τέτοια μειονεκτήματα είναι η αδυναμία των παροχών υπηρεσιών να διαχειριστούν το δίκτυο σύμφωνα με τις ανάγκες τους και τις υπηρεσίες που θέλουν να προσφέρουν, καθώς και την υλοποίηση εξελιγμένων μεθόδων ελέγχου ροής κίνησης προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η χρήση του δικτύου. Μια αρχιτεκτονική ανοιχτής διαχείρισης δικτύου βασισμένη σε λογισμικό που χρησιμοποιεί Intelligent Agents μπορεί να είναι η λύση του προβλήματος. Η εργασία αυτή αναλύει το παραπάνω πρόβλημα και παρουσιάζει αρχιτεκτονικές συστημάτων ελέγχου και διαχείρισης χρησιμοποιώντας Intelligent Agents. Οι αρχιτεκτονικές αυτές επεξηγούνται από αποτελέσματα πειραμάτων, καθώς και από ένα πλαίσιο υλοποίησης για την ανάπτυξη ενός τέτοιου ανοιχτού συστήματος διαχείρισης στα υπάρχοντα δίκτυα.

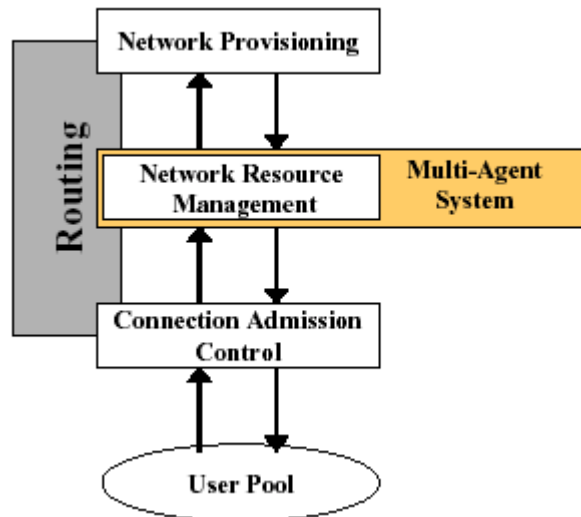
Πρόλογος

Η ανάγκη για ευέλικτες και ευφυείς ελέγχου αρχιτεκτονικές σε ATM δίκτυα, έχει γίνει πλέον επιτακτική. Επίσης είναι γεγονός ότι τα πλεονεκτήματα της ATM τεχνολογίας για ευρυζωνικές υπηρεσίες δεν μπορούν να υλοποιηθούν, αν δεν υπάρχει μια δομή ελέγχου και διαχείρισης, που είναι πιο ευέλικτη και ανοιχτή, από την συμβατική σηματοδότηση. Νέο λογισμικό όπως οι I.A. συνεισφέρουν σε πιο ευέλικτες μορφές ελέγχου και διαχείρισης δικτύων.

Τα πλεονεκτήματα της χρησιμοποίησης I.A. σε ATM δίκτυα, μπορούν να συνοψισθούν σε δύο κατηγορίες.

- Ευέλικτη διαχείριση των πόρων και QoS σύμφωνα με την πολιτική του διαχειριστή δικτύου ή παροχέα υπηρεσιών και όχι με την αυτή που εμπεριέχεται στον ίδιο τον εξοπλισμό του δικτύου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την δημιουργία I.A. οι οποίοι επαναδιαμορφώνουν την λογική ελέγχου και διαχείρισης του εξοπλισμού.

- Δυνατότητα ελέγχου που είναι δυνατή μόνο με την χρήση I.A. όπως αντιμετώπιση απρόοπτων γεγονότων (π.χ. κατάρρευση δικτύου) ή ανακατανομή των πόρων του δικτύου που παρέχονται σε υπάρχουσες συνδέσεις έτσι ώστε να βελτιστοποιηθεί η χρησιμότητά τους. (π.χ. επαναδρομολόγηση υπάρχουσων συνδέσεων για την αποδοχή νέας.)



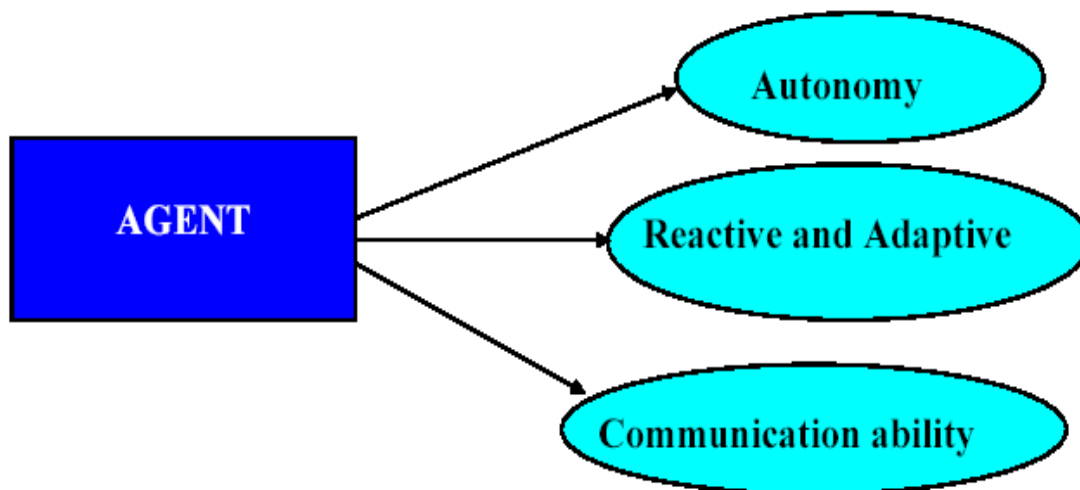
Ορισμός Intelligent Agents.

Υπάρχει διαφωνία όσον αφορά την ονοματολογία των intelligent agents, μεταξύ διαφόρων οργανισμών όπως του Distributed Artificial Intelligence (DAI) και του Communications Network (CN). Πολλοί ορισμοί χρησιμοποιούνται, όπως (SNMP agents, mobile agents, “intelligent” agents, agents, BDI agents). Έχει δοθεί ένας ορισμός από τους [Jennings/Wooldrige 98] I.A. μ

- μ α ατφόρμα.
- μ , μ (μ μ μ μ μ) .
- , μ μ μ :
 - ο , μ μ , μ μ
 - ο μ μ
 - ο « », μ μ μ .

μ CN μ , μ μ “intelligent agent” «ευφύες», επειδή ο όρος αυτός προϋποθέτει διαφορετικά επίπεδα και είδη ευφυΐας. Συμπερασματικά, όλοι οι “agents” ανεξαρτήτου ευφυΐας, είναι αυτόνομες οντότητες λογισμικού οι οποίες εμπεριέχουν κάποια λογική με την οποία αυτοματοποιούν εργασίες που θεωρούνται τυπικές και διαδικαστικές για έναν ανθρώπινο “agent”. Ένας “agent” διαθέτει επίσης δυνατότητες ασύγχρονης επικοινωνίας για διαλογικότητα με άλλους “agents” ή με το λειτουργικό περιβάλλον του.

Ειδικότερα, τα συστήματα πολλαπλών “agents” (Multi-Agent Systems – MASs), αποτελούνται από “agents” που επικοινωνούν μεταξύ τους και με το περιβάλλον τους με συντονισμένο τρόπο, για να επιλύσουν ένα συγκεκριμένο πρόβλημα. Τα MASs χρησιμοποιούνται για ευέλικτο, αποδοτικό και γρήγορο έλεγχο πολύπλοκων κατανεμημένων συστημάτων όπως δίκτυα τηλεπικοινωνιών, δίκτυα παροχής ηλεκτρισμού, πυρηνικές εγκαταστάσεις κ.τ.λ. διάφοροι I.A. (intelligent agents) χρησιμοποιούνται σε δίκτυα τηλεπικοινωνιών, για εργασίες δρομολόγησης, CAC (Connection Admission Control), διαχείριση εικονικών μονοπατιών και διαμοιρασμό εργασιών γενικότερα.



Χαρακτηριστικά ενός Intelligent Agent.

Τα παρακάτω χαρακτηριστικά συνθέτουν την οντότητα ενός IA. Βέβαια είναι πιθανό να υπάρχουν και συγκεκριμένοι IA οι οποίοι να μην διαθέτουν όλα τα χαρακτηριστικά που περιγράφονται παρακάτω. Η δομή όμως η φιλοσοφία και η λειτουργία είναι κοινή για όλους τους IA και περιέχει τα εξής χαρακτηριστικά.

- **Νοημοσύνη (Intelligence)**
Ένας IA πρέπει να εμπεριέχει λογική. Δηλαδή πρέπει να είναι σε θέση να καταλαβαίνει τις καταστάσεις του περιβάλλοντός του και να ανταποκρίνεται με ευφυΐα στις μεταβολές του. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση τεχνικών τεχνητής νοημοσύνης, νευρωνικών δικτύων και ασαφούς λογικής (Fussy Logic) κατά το στάδιο υλοποίησης του.
- **Αυτονομία (Autonomy)**
Ένας IA λειτουργεί αυτόνομα από τον χρήστη. Βέβαια ο βαθμός αυτονομίας ενός IA ορίζεται από τον χρήστη και μπορεί να μεταβληθεί ανάλογα με τις ανάγκες. Ένας IA επιλέγει μόνος του όμως ποιες λειτουργίες θα εκτελέσει (από αυτές που του έχει ορίσει ο χρήστης), και σε ποια χρονική στιγμή.
- **Αφοσίωση στο χρήστη (Delegation).**
Έχουμε αναφέρει ότι οι Intelligent Agents είναι προγραμματισμένοι με τρόπο τέτοιο ώστε να λειτουργούν αυτόνομα. Κύριος στόχος της αυτονομίας αυτής είναι η εκτέλεση διαδικασιών που είναι επαναλαμβανόμενες και χρειάζονται γρήγορη

ταχύτητα ανταπόκρισης. Η αυτονομία όμως ενός ΙΑ ορίζεται πάντα από τον χρήστη και σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να ξεπερνάει τα όρια που του έχουν τεθεί. Ένα Agent λειτουργεί πάντα για λογαριασμό του χρήστη ή για κάποιου άλλου Agent και οι αποφάσεις που παίρνει πρέπει να συμφωνούν με τις ενέργειες και τις αποφάσεις που θα έπαιρνε ο ίδιος ο χρήστης ή κάποιος άλλος Agent.

- **Δυνατότητες Επικοινωνίας (Communication) .**

Ένας Agent πρέπει να αλληλεπιδρά και να επικοινωνεί με τον χρήστη καθώς και με το περιβάλλον του (άλλους Agents). Ο ΙΑ πρέπει να παίρνει οδηγίες από τον χρήστη, να τον ενημερώνει για τις εργασίες που εκτελεί και για την εξέλιξη τους, και να τον τροφοδοτεί πάντα με τα στοιχεία και τις πληροφορίες που τον ενδιαφέρουν.

- **Παρακολούθηση (Monitoring)**

Ένας ΙΑ είναι απαραίτητο να παρακολουθεί, να αναλύει και να ελέγχει το περιβάλλον του, ώστε να είναι σε θέση να λειτουργεί αυτόνομα, δηλαδή να παίρνει τις σωστές αποφάσεις την κατάλληλη χρονική στιγμή.

- **Προσαρμοστικότητα. (Adaptive)**

Οι ΙΑ μπορούν να προσαρμόζονται αυτόματα στις προτιμήσεις των χρηστών τους λαμβάνοντας υπόψη προηγούμενες εμπειρίες. Επίσης με την συνεχή παρακολούθηση του περιβάλλοντος τους μπορούν με ευκολία να προσαρμοσθούν στις μεταβαλλόμενες ανάγκες του.

- **Δυναμικότητα (Temporal continuity)**

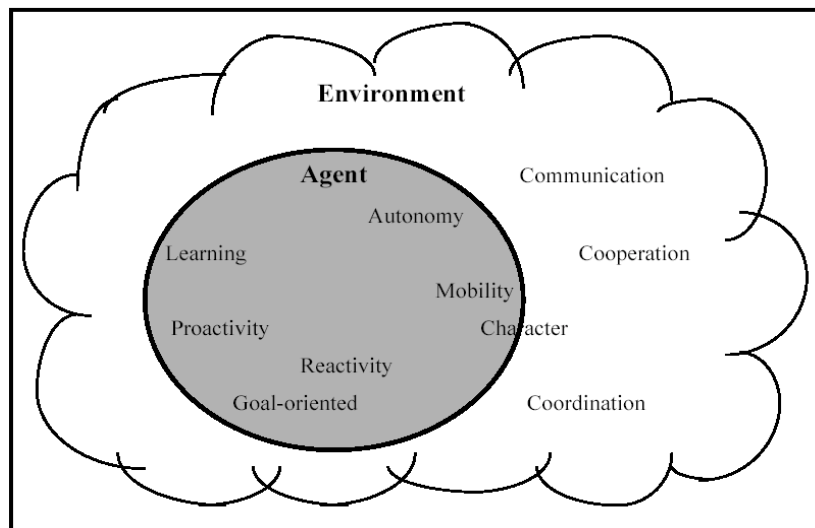
Αναφέραμε ότι οι ΙΑ είναι στην ουσία λογισμικά προγράμματα. Η κύρια διαφορά τους όμως με τα υπόλοιπα προγράμματα λογισμικού είναι ότι έχουν την δυνατότητα δυναμικής συγκέντρωσης και επεξεργασίας των δεδομένων. Η ροή των γεγονότων είναι συνεχής και ανάλογη με τις μεταβολές που συμβαίνουν στο περιβάλλον που λειτουργούν. Έτσι το output που παρέχουν στον χρήστη είναι πάντα ενημερωμένο και ανταποκρίνεται στην πραγματική κατάσταση που επικρατεί στο περιβάλλον στο οποίο λειτουργούν.

- **Χαρακτήρας (Character)**

Οι ΙΑ έχουν καθορισμένη προσωπικότητα, χαρακτήρα και ψυχολογική κατάσταση η οποία μπορεί να μεταβάλλεται από τα ερεθίσματα που δέχονται.

- **Δυνατότητα μεταφοράς (Mobile)**

Οι περισσότεροι ΙΑ έχουν την δυνατότητα να μεταφέρονται από το ένα υπολογιστικό σύστημα στο άλλο, να αυξάνονται και να πολλαπλασιάζονται. Η μετακίνηση των ΙΑ συνήθως γίνεται με τρόπους οι οποίοι δεν γίνονται αντιληπτοί από τον χρήστη και χωρίς την δική του παρεμβολή. Παραδείγματα τέτοιων Agents έχουμε σε στους ΙΑ δικτύων.



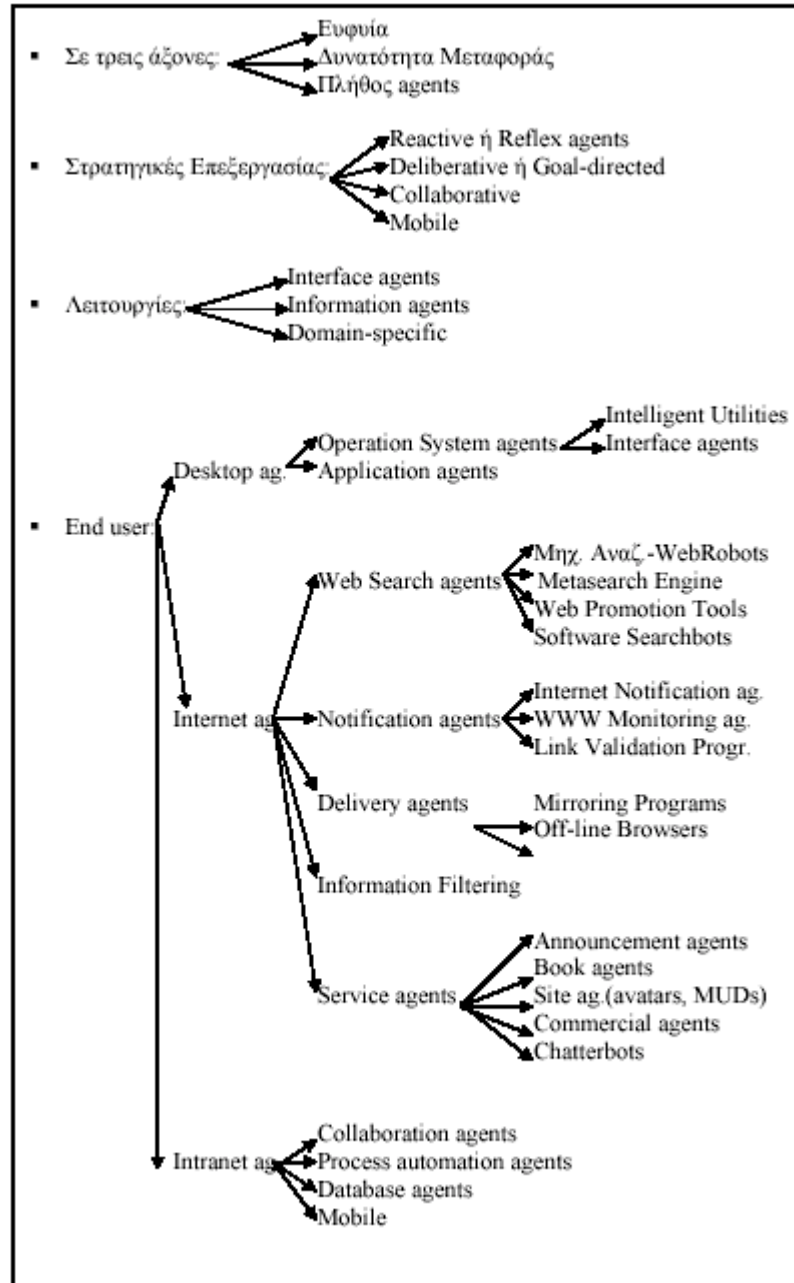
Γλώσσες συγγραφής IA

Η επιλογή της γλώσσας προγραμματισμού έχει σοβαρό αντίκρυσμα στην αρχιτεκτονική πράκτορα που θα παραχθεί. Καμιά από τις υπάρχουσες γλώσσες δεν παρέχει πλήρη λειτουργικότητα για την ανάπτυξη αποτελεσματικών Intelligent Agents. Επιπλέον οι ιδιαιτερότητες κάθε γλώσσας επηρεάζουν και τα πεδία χρήσης των πρακτόρων. Για την ανάπτυξη συστημάτων πρακτόρων υπάρχουν κάποιες απαιτήσεις σε σχέση με τις γλώσσες προγραμματισμού που θα χρησιμοποιηθούν. Κάποιες κεντρικές απαιτήσεις οποίες παρουσιάζονται στη συνέχεια:

- Δυνατότητες Επικοινωνίας.**
Μια γλώσσα IA πρέπει να περιέχει δομές με τις οποίες μπορούν να υλοποιηθούν modules επικοινωνίας. Τα modules αυτά σχετίζονται με την επικοινωνία πρακτόρων μεταξύ τους και τη δυνατότητα του πράκτορα να δρα στο δικτυακό περιβάλλον.
- Ανεξαρτησία πλατφόρμας.**
Οι IA λειτουργούν σε διαφορετικές hardware πλατφόρμες και software και αυτό συμβαίνει κυρίως σε μετακινούμενους πράκτορες που δρουν σε δίκτυα ετερογενών υπολογιστών όπως το διαδίκτυο. Το θέμα είναι η λειτουργικότητα του πράκτορα να μην επηρεάζεται από την πλατφόρμα στην οποία βρίσκεται κάθε φορά. Για αυτούς τους λόγους η γλώσσα πρακτόρων πρέπει να έχει υψηλό βαθμό ανεξαρτησίας από τις διάφορες πλατφόρμες hardware και software που χρησιμοποιούνται.
- Αντικειμενοστραφικότητα.**
Επειδή οι agents είναι αντικείμενα, μία γλώσσα πρακτόρων θα πρέπει να υποστηρίζει το αντικειμενοστραφές μοντέλο προγραμματισμού.
- Ασφάλεια.**
Το πρόβλημα της ασφάλειας εγείρεται στο πρακτικό σχεδιασμό ενός συστήματος IA. Το πρόβλημα γίνεται σημαντικότερο με τη χρήση μετακινούμενων agents. Συνεπώς για τη παροχή υψηλού βαθμού ασφάλειας οι γλώσσες θα πρέπει να παρέχουν συστήματα ασφάλειας.
- Διαχείριση κώδικα.**
Πολλές εφαρμογές απαιτούν τη διαχείριση του κώδικα ενός πράκτορα. Επίσης πολλές φορές η μεταφορά του κώδικα μέσω του δικτύου είναι απαραίτητη. Η

γλώσσα πρακτόρων λοιπόν θα πρέπει να είναι σε θέση να εκτελεί και κώδικα από άλλες

Ταξινομήσεις των intelligent agents



Δίκτυα Ασύγχρονου Τρόπου Μεταφοράς Asynchronous Transfer Mode (ATM)

Πριν όμως αναλύσουμε την χρήση και λειτουργία των I.A σε ένα A.T.M δίκτυο, θα παρουσιάσουμε την δομή και θα περιγράψουμε συνοπτικά την τεχνολογία A.T.M, καθώς και τις παραμέτρους οι οποίες καθορίζουν την απόδοσή του. Η Asynchronous Transfer Mode (ATM) μεταφορά έγινε παγκοσμίως αποδεκτή ως ο τρόπος μεταφοράς που επελέγη από το

Broadband Integrated Services Digital Networks (B-ISDN). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μεταφορά οποιασδήποτε μορφής πληροφορίας π.χ. φωνή, δεδομένα, εικόνα, κείμενο και video. Παρέχει ένα ευέλικτο εύρος ζώνης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποδοτικά τόσο για desktop computers όσο και για τοπικά ή ευρύτερης περιοχής δίκτυα. Η ATM είναι μια «connection- oriented packet switching technique» στην οποία όλα τα πακέτα είναι προκαθορισμένου μήκους π.χ. 53 bytes (5 bytes για header και 48 bytes πληροφορία). Σε ένα ATM cell δεν γίνεται καμία επεξεργασία όπως π.χ. έλεγχος σφαλμάτων στο πεδίο της πληροφορίας και τα πακέτα μεταφέρονται «ξεκάθαρα» πάνω από το δίκτυο.

Η ATM σε ένα B-ISDN network έχει τους παρακάτω σκοπούς:

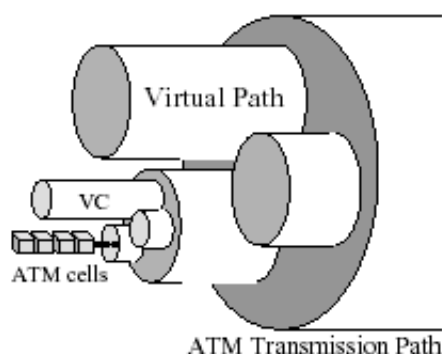
- Υποστηρίζει όλες τις υπάρχουσες υπηρεσίες με δυνατότητα επέκτασης αυτών των υπηρεσιών στο μέλλον.
- Διαχειρίζεται τους πόρους του δικτύου πολύ αποδοτικά.
- Ελαχιστοποιεί την switching πολυπλοκότητα.
- Ελαχιστοποιεί τον χρόνο επεξεργασίας σε ενδιάμεσους κόμβους και υποστηρίζει μεγάλες ταχύτητες μεταφοράς.
- Ελαχιστοποιεί το πλήθος των buffers που απαιτούνται στους ενδιάμεσους κόμβους ώστε να περιορίσει τις καθυστερήσεις και πολυπλοκότητα στην διαχείριση.
- Εγγυάται υψηλές αποδόσεις στην εκτέλεση υπαρχόντων και αναδυόμενων εφαρμογών.

Η τεχνική ATM είναι connection oriented. Οι τιμές των headers (VCI, VPI κ.τ.λ.) ανατίθενται κατά την διάρκεια της φάσης της σύνδεσης και μεταφράζονται κατά την εναλλαγή από ένα section σε ένα άλλο. Οι πληροφορίες σηματοδότησης μεταφέρονται σε διαφορετικά virtual channels από την πληροφορία.

Στο routing υπάρχουν δύο τύποι σύνδεσης:

- **Virtual Channel Connection (VCC)**
- **Virtual Path Connection (VPC)**

Μια VPC είναι ένα συνολόγλημα από VCCs. Η εναλλαγή των cells γίνεται πρώτα στο VPC και μετά στο VCC.



Απόδοση (ATM)

Υπάρχουν 5 παράμετροι που χαρακτηρίζουν την απόδοση των συστημάτων ATM.

- **Throughput:** καθορίζεται ως ο ρυθμός με τον οποίο τα cells αναχωρούν, δηλαδή ο αριθμός των κελιών που αναχωρούν ανά μονάδα χρόνου. Εξαρτάται κυρίως από την τεχνολογία του ATM switch και τις προοπτικές του. Με την σωστή επιλογή τοποθεσίας το throughput αυξάνεται.
- **Connection blocking probability:** Αφού η ATM μεταφορά οριοθετείται από τη σύνδεση, θα υπάρχει μια λογική σύνδεση μεταξύ της λογικής εισόδου και εξόδου κατά τη διάρκεια αποκατάστασης της σύνδεσης. Σε αυτό το στάδιο η πιθανότητα αποτυχίας της σύνδεσης προσδιορίζεται στη περίπτωση που όλοι οι πόροι του συστήματος είναι κατειλημμένοι και δε μπορεί να επιβεβαιωθεί η ποιότητα των παραχόντων συνδέσεων καθώς και της καινούργιας.
- **Cell loss probability:** Όταν βρίσκονται σε μια ουρά περισσότερα κελιά από αυτά που αυτή μπορεί να χειριστεί τότε είναι πιθανό να χαθούν κάποια από αυτά. Για να επιτευχθεί η αξιοπιστία της μεταγωγής οι απώλειες πρέπει να περιοριστούν σε κάποια όρια. Υπάρχει επίσης και η πιθανότητα εσωτερικού εκτροχιασμού των κελιών ATM με αποτέλεσμα αυτά να βρεθούν σε άλλα λογικά κανάλια. Η κατάσταση αυτή ονομάζεται εισαγωγή κελύφους.
- **Switching delay:** Πρόκειται για το χρόνο μεταγωγής ενός ATM κελιού μέσω της σύνδεσης. Οι τυπικές τιμές μιας καθυστέρησης switching βρίσκονται ανάμεσα στα 10 με 100 microseconds. Αυτή η καθυστέρηση έχει 2 αιτίες.
 1. Σταθερή καθυστέρηση που προέρχεται από την εσωτερική μεταφορά των πληροφοριών μέσω του Hardware.
 2. Καθυστέρηση δρομολόγησης που προέρχεται από τα δεδομένα που βρίσκονται στις ουρές των buffer προς αποφυγή απωλειών.
- **jitter on the delay:** Παρατηρείται όταν η καθυστέρηση του switching ξεπερνά μια συγκεκριμένη τιμή

Διαχείριση Πόρων - Resource Management

Ο όρος «διαχείριση δικτύου» αναφέρεται σε ένα σύνολο μηχανισμών και διαδικασιών που πρέπει να λαμβάνουν χώρα σε σύντομο χρονικό διάστημα (real-time), κάθε φορά που γίνεται αίτηση ή εγκαθίσταται μια νέα σύνδεση, ή εισάγεται κίνηση στο δίκτυο στην περίπτωση των αυτοδύναμων πακέτων. Αυτές οι διαδικασίες αφορούν την δρομολόγηση, την παροχή πόρων, καθώς και την εγκατάσταση, διατήρηση και κατάργηση συνδέσεων. Εφόσον ένα δίκτυο είναι κατανομημένο, ο έλεγχος δικτύου περιλαμβάνει ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας που αποκαλείται «πρωτόκολλο σηματοδότησης» για την ανταλλαγή πληροφοριών που αφορούν τον έλεγχο μεταξύ των στοιχείων του δικτύου. Επίσης περιλαμβάνει συγκεκριμένους αλγόριθμους για την εκτέλεση διαδικασιών όπως η αποδοχή εγκατάστασης σύνδεσης, η παροχή πόρων και η δρομολόγηση.

Τα εικονικά μονοπάτια μπορούν να φανούν ένα χρήσιμο και σημαντικό εργαλείο για τον έλεγχο κυκλοφορίας και για την διαχείριση των πόρων ενός ATM δικτύου. Χρησιμοποιούνται για να απλουστεύσουν τον Connection Admission Control και τα Usage/Network parameter control (UPC/NPC) που μπορούν να εφαρμοστούν στην συνολική κυκλοφορία ενός εικονικού μονοπατιού. Ο έλεγχος προτεραιότητας (Priority Control) μπορεί επίσης να εφαρμοστεί με το διαχωρισμό των τύπων κυκλοφορίας που απαιτούν διαφορετικής ποιότητας υπηρεσίες (QOS) μέσω των εικονικών μονοπατιών (virtual paths). Τα VPs μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την διανομή μηνυμάτων σε ότι αφορά την λειτουργία συγκεκριμένων schemes του traffic control όπως η ειδοποίηση συμφόρησης (congestion notification).

Τα εικονικά μονοπάτια χρησιμοποιούνται επίσης για στατιστικό multiplexing για να διαχωρίσει τα είδη του traffic ώστε να μην εμπλέκονται π.χ. statistically multiplexed traffic με guaranteed bit rate traffic.

Ποιότητα Υπηρεσίας - QoS (Quality of Service)

Ο όρος QoS αναφέρεται στην ικανότητα ενός δικτύου να παρέχει τη δυνατότητα για καλύτερη και εγγυημένη εξυπηρέτηση επί του κυκλοφοριακού φόρτου του φορτίου χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνολογίες (Frame Relay, Asynchronous Transfer Mode (ATM), Ethernet και 802.1 δίκτυα, SONET, και IP-routed δίκτυα).

Με απλούστερα λόγια, Quality of Service (QoS) σημαίνει την παροχή σταθερού, προβλέψιμου ρυθμού μεταφοράς δεδομένων. Ή αλλιώς η ικανοποίηση των απαιτήσεων των εφαρμογών του πελάτη. Ο βασικός στόχος του QoS είναι να μπορεί να διαθέσει συγκεκριμένο εύρος, ελεγχόμενο jitter και καθυστέρηση, καθώς επίσης και βελτιωμένα χαρακτηριστικά απωλειών.

Οι στόχοι του QoS είναι:

- έλεγχος επί των πόρων
- αποδοτικότερη χρήση των πόρων του δικτύου —με τη χρήση των εργαλείων του QoS γίνεται δυνατή η παρακολούθηση χρήσης του δικτύου και η καλύτερη δυνατή εξυπηρέτηση της κρίσιμης κυκλοφορίας
- η δημιουργία κατηγοριών υπηρεσιών—κατηγοριοποίηση των προσφερόμενων προς τους πελάτες υπηρεσιών, για την καλύτερη εξυπηρέτησή τους.
- συνύπαρξη κρίσιμων εφαρμογών—οι μηχανισμοί QoS εξασφαλίζουν την ικανοποιητικότερη δυνατή χρήση του δικτύου από τις κρίσιμες εφαρμογές, ότι θα τηρηθούν οι περιορισμοί σε εύρος και καθυστέρηση που επιβάλλονται από «απαιτητικές» εφαρμογές όπως οι εφαρμογές πολυμέσων και φωνής, αλλά και ότι οι υπόλοιπες εφαρμογές θα εξυπηρετηθούν χωρίς να αναμιχθούν με τις κρίσιμες εφαρμογές.

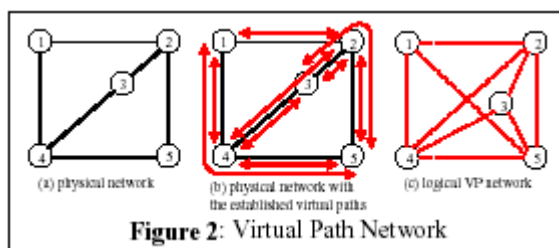
Η διατήρηση Quality of Service (QoS) είναι από τα σημαντικότερα θέματα σε multiservice network. Ιδιαίτερα δίκτυα τα οποία χρησιμοποιούνται για εμπορικούς σκοπούς, πρέπει να χρησιμοποιούν κάθε δυνατότητα και τεχνολογία που είναι διαθέσιμη ώστε να προσφέρουν σε κάθε τελικό χρήστη την ποιότητα υπηρεσίας που απαιτεί και είναι διατεθειμένος να πληρώσει. Η «διαχείριση δικτύου» και ο έλεγχος ροής της κίνησης μέσα σε ένα δίκτυο θεωρούνται οι μηχανισμοί που υλοποιούν και πετυχαίνουν υψηλή ποιότητα υπηρεσιών σε ένα δίκτυο. Η ανάγκη υιοθέτησης αυτών των μηχανισμών ήταν υπό αμφισβήτηση, καθώς η επέκταση της χρήσης οπτικών ινών, οι οποίες προσφέρουν μεγάλο εύρος ζώνης, προσωρινά έλυσε τα περισσότερα προβλήματα. Η συνεχόμενη αύξηση όμως της κίνησης στα δίκτυα, και η υλοποίηση εφαρμογών που χρειάζονται πολύ μεγάλο εύρος ζώνης (bandwidth), καθιστούν όλα τα παραπάνω απολύτως απαραίτητα. Δεν είναι εξάλλου τυχαίο το γεγονός ότι οι περισσότεροι πλέον κατασκευαστές υλικών και συσκευών δικτύου (routers, switches, κτλ) προσθέτουν στα προϊόντα τους μηχανισμούς που ελέγχουν την ποιότητα υπηρεσίας που προσφέρεται.

Στόχος είναι η επιλογή αν η νεοεισερχόμενη κίνηση μπορεί να εισαχθεί στο δίκτυο, και η διαμόρφωση των μηχανισμών ελέγχου εσωτερικής κίνησης, έτσι ώστε η εγκατεστημένη κίνηση να έχει το απαιτούμενο QoS (Quality of Service) χωρίς να διαταράσσεται το QoS των υπαρχόντων συνδέσεων. Γι' αυτό οι αλγόριθμοι διαχείρισης δικτύου πρέπει να λάβουν αποφάσεις που εγκυούνται από την μία την ποιότητα υπηρεσιών (QoS) και από την άλλη, αποδοτική χρησιμοποίηση των δικτυακών πόρων. Άλλος στόχος είναι η επίτευξη ενός

ικανοποιητικού επιπέδου μη απορριφθέντων κλήσεων. Η παράμετρος Quality of Service (QoS) αφορά στην απώλεια διαφόρων cells, στις καθυστερήσεις και στην μεταβολή των καθυστερήσεων αυτών. Οι παράμετροι QoS μπορούν να προσδιοριστούν σαφώς από τον χρήστη είτε ασαφώς σχετιζόμενες με διάφορες αιτήσεις υπηρεσιών.

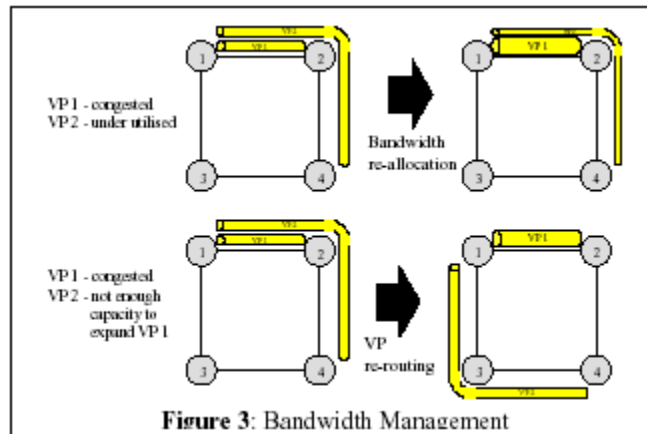
Διαχείριση Πόρων και QoS χωρίς την χρήση των Intelligent Agents.

Τα Δίκτυα Ασύγχρονου τρόπου μεταφοράς, ATM λειτουργούν κατά ιεραρχικό τρόπο. Τα εικονικά μονοπάτια (VP) μπορούν να θεωρηθούν ως ένα σύνολο από συνδέσεις που ονομάζονται εικονικά κανάλια (VC). Η ιδέα των εικονικών μονοπατιών απλοποιεί την διαχείριση των μεμονωμένων συνδέσεων σε όρους εύρους ζώνης και διευθυνσιοδότησης. Η χρήση εικονικών μονοπατιών σε ένα ATM δίκτυο, δημιουργεί ένα δίκτυο εικονικών μονοπατιών, δηλαδή για παράδειγμα μια εικονική τοπολογία που καλύπτει την φυσική τοπολογία. Αυτή η τεχνική προσφέρει πλεονεκτήματα ευέλικτης διαχείρισης. Αυτή η αποκόλληση ή ανεξαρτητοποίηση από την φυσική τοπολογία, επιτρέπει την διαχείριση του δικτύου ως μεμονωμένες λογικές συνδέσεις μεταξύ τελικών σημείων. Κάθε εικονικό μονοπάτι έχει συγκεκριμένο εύρος ζώνης καθορισμένο, ώστε να ικανοποιεί τις απαιτήσεις των χρηστών του δικτύου. Το δίκτυο εικονικών μονοπατιών μπορεί να θεωρηθεί σαν μια δυναμική οντότητα, εφόσον τα VPs καθώς και το εύρος ζώνης τους μπορούν να ρυθμιστούν δυναμικά, με σκοπό να καλυφθούν οι μεταβαλλόμενες ανάγκες των χρηστών και η ποιότητα υπηρεσίας QoS που απαιτείται.



Η διαχείριση του εύρους ζώνης του δικτύου εστιάζεται στις χωρητικότητες που εκχωρούνται σε κάθε εικονικό μονοπάτι (VP) το οποίο στηρίζεται σε μια φυσική σύνδεση. Ειδικότερα, εξετάζεται η περίπτωση όπου κάποιο τμήμα του VP δικτύου είναι υπερφορτωμένο, ενώ αντίθετα κάποιο άλλο τμήμα του δικτύου, χρησιμοποιείται ελάχιστα. Μια τέτοια κατάσταση μπορεί να οδηγήσει σε απόρριψη νέων συνδέσεων, ενώ θα μπορούσαν αυτές οι συνδέσεις να είχαν επιτευχθεί, αν το φόρτο κίνησης του δικτύου ήταν κατανομημένο με καλύτερο τρόπο. Υπό αυτές τις συνθήκες, το σύστημα διαχείρισης εύρους ζώνης του δικτύου, μπορεί να αντιδράσει με δύο τρόπους:

- Ανακατανομή εύρους ζώνης. Αν το υπερφορτωμένο VP καθώς και αυτό που χρησιμοποιείται ελάχιστα, βρίσκονται στον ίδιο φυσικό σύνδεσμο, τότε το εύρος ζώνης που έχει εκχωρηθεί σε κάθε VP, μπορεί να αναδιαμορφωθεί.
- Επαναδρομολόγηση εικονικών μονοπατιών: Αν τα VPs σε έναν σύνδεσμο είναι υπερφορτωμένα και δεν υπάρχει αχρησιμοποίητο εύρος ζώνης σε ικανοποιητικό βαθμό, τότε οι δρομολογήσεις όπως και οι χωρητικότητες των VPs μεταβάλλονται.



Αυτές οι λειτουργίες εκτελούνται σε ένα γενικό δικτυακό επίπεδο, από ένα κεντρικό λειτουργικό σύστημα. Το σύστημα συλλέγει πληροφορίες για το φόρτο κίνησης του δικτύου και αλλά και πληροφορίες για το εύρος ζώνης και την δρομολόγηση των VPs και εκτελεί τις απαραίτητες ενέργειες διαχείρισης. Νέοι πίνακες με πληροφορίες για την δρομολόγηση και νέες εκχωρήσεις εύρους ζώνης αποστέλλονται σε κάθε κόμβο του δικτύου. Οι πληροφορίες αυτές συλλέγονται σε τακτά χρονικά διαστήματα, τέτοια ώστε η επέμβαση να μην είναι καθυστερημένη, και υπάρξει απώλεια κίνησης, όπως επίσης και να μην υπερφορτώνεται το δίκτυο με την συνεχή αποστολή πληροφοριών στους κόμβους. Προκειμένου να ξεπεραστούν τα προβλήματα που σχετίζονται με τον χρόνο, προτείνεται η επανεκχώρηση του εύρους ζώνης και ο επανακαθορισμός των VPs να γίνεται με δυναμικό τρόπο, για παράδειγμα να γίνεται όταν το σύστημα διαβλέπει ένα πρόβλημα, ή τις προϋποθέσεις που μπορούν να δημιουργήσουν ένα πρόβλημα.

Καθώς η ζήτηση για δικτυακές υπηρεσίες αυξάνεται, η προσφορά δικτύων με αντοχή στα σφάλματα γίνεται ολοένα και πιο επιτακτική. Κύριος στόχος ενός σχεδίου επιβιωσιμότητας δικτύων, είναι η απορρόφηση των επιπτώσεων από πιθανές καταρρεύσεις άσχετα με τα αίτιά τους, με τέτοιο τρόπο που οι χρήστες να μην αντιλαμβάνονται καμία αλλαγή στην κατάσταση του δικτύου. Αυτό σημαίνει ότι οι ενεργές συνδέσεις δεν πρέπει να διακοπούν, και στις μελλοντικές συνδέσεις να μην υπάρξουν σημαντικά προβλήματα. Για να γίνει αυτό, σε WAN δίκτυα, το κόστος είναι υψηλό.

Οι τεχνικές επανάκτησης VP έπειτα από βλάβη, χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες.

- Δυναμικές τεχνικές. Αυτές βασίζονται σε αλγορίθμους υπερχείλισης και στην έρευνα για διαδρομές επανάκτησης, εκπέμποντας μηνύματα αφότου διαγνωσθεί το σφάλμα.
- Προσχεδιασμένες τεχνικές. Αυτές βασίζονται σε προκαθορισμένα back-up VPs τα οποία σε φυσιολογικές συνθήκες έχουν μηδέν εύρος ζώνης. Το κατάλληλο εφεδρικό εύρος ζώνης χρησιμοποιείται μετά την γνωστοποίηση της κατάρρευσης. Μόλις συμβεί το σφάλμα, το VP που υπέστη το σφάλμα, μετατρέπεται σε back-up VP, ενώ το back-up VP σε πρωτεύων VP. Μ' αυτή την τεχνική επιτυγχάνεται γρήγορη και αποτελεσματική ανάκαμψη.

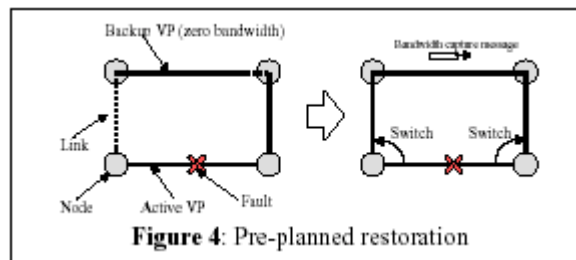


Figure 4: Pre-planned restoration

Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν υβριδικοί μηχανισμοί που βασίζονται και στις δυναμικές, και στις προσχεδιασμένες. Οι υβριδικοί μηχανισμοί προσφέρουν διαφορετικό επίπεδο προστασίας ανάλογα με την ποιότητα εξυπηρέτησης και βαθμό προστασίας που επιθυμεί ο χρήστης. Αυτή η τεχνική μπορεί να θεωρηθεί εκχώρηση προτεραιοτήτων μεταξύ των VPs.

Όλες αυτές οι τεχνικές πρέπει να διαχειριστούν. Σε περίπτωση ταυτόχρονης ανάγκης για επαναδρομολόγηση και επανεκχώρησης VPs και πόρων, η διαχείριση του δικτύου καθίσταται ιδιαίτερα δύσκολη. Αυτή η δουλειά αποτελεί μέρημα των intelligent agents.

Πρόταση συστήματος Multi agent

Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός συστήματος βασισμένο σε I.A. είναι η προσαρμοστικότητα, η ταχύτητα και η απλότητα. Οι κύριοι στόχοι είναι η μεγιστοποίηση της αυτονομίας των I.A. και η ελαχιστοποίηση της απαραίτητης επικοινωνίας μεταξύ τους. Αυτή η προσέγγιση βασίζεται στη χρήση δυο ανεξάρτητων multi-agent συστημάτων (MAS), το Network Monitoring MAS (NMMAS), και στο Network planning MAS (NPMAS).

Κοινά χαρακτηριστικά και των δύο είναι η ταχύτητα και η προσαρμοστικότητα όπως προαναφέρθηκαν. Η ταχύτητα αναφέρεται στην ύπαρξη αντιγράφων όπως για παράδειγμα περισσότεροι από ένας I.A. για την επίβλεψη ενός VP. Προσαρμοστικότητα σημαίνει ελαχιστοποίηση της δικτυακής κίνησης για παράδειγμα η επικοινωνία μεταξύ των I.A. Εκτός από την ελαχιστοποίηση της επικοινωνίας μόνο όπου είναι απαραίτητη, και την μεταφορά πληροφοριών αντί ακατέργαστων δεδομένων, μια άλλη ενδιαφέρουσα παράμετρος είναι ότι οι I.A. που βρίσκονται στους κόμβους, μπορούν να επικοινωνήσουν μόνο με άλλους I.A. στον ίδιο κόμβο, καθώς και με τους γειτονικούς τους. Αυτοί οι γειτονικοί I.A. είναι ασφαλώς εικονικοί. Δυο I.A., καθένας σε κάθε τελικό σημείο ενός VP ή φυσικού συνδέσμου, ορίζονται ως γειτνιακοί. Ο ορισμός αυτός είναι απαραίτητος γιατί στόχος είναι η ανάπτυξη απλών καταναμημένων τεχνικών, που θα ανταποκρίνονται ικανοποιητικά και για ευρεία δίκτυα.

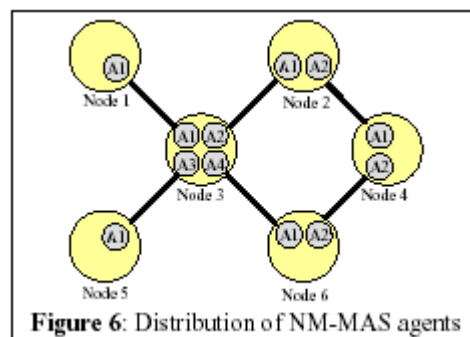


Figure 6: Distribution of NM-MAS agents

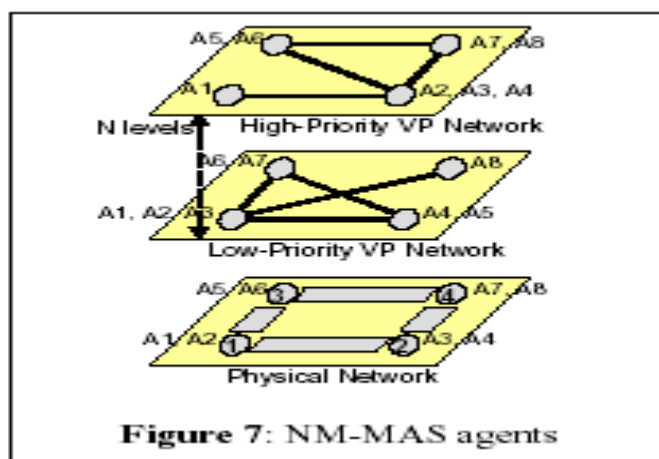
Σχεδιασμός Δικτύου – Σύστημα Multi-Agent Αρχιτεκτονική (NM-MAS)

Οι κύριες λειτουργίες των NM-MAS agents είναι η επίβλεψη και διαχείριση του δικτύου. Τα βασικά χαρακτηριστικά τους είναι ότι είναι απλοί και αντιδρούν γρήγορα όταν συμβαίνει κάποιο γεγονός (π.χ. εγκατάσταση, διακοπή σύνδεσης, αλλαγή φορτίου, σφάλμα κ.τ.λ.). για να γίνει αυτό εφικτό, προτείνεται μια δομή αμιγώς προσανατολισμένη στην αντίδραση. Η ευφυΐα του συστήματος είναι μια ιδιότητα που προκύπτει από ένα μεγάλο αριθμό καταναλωμένων I.A. που επικοινωνούν μεταξύ τους. Αυτοί οι I.A. δρουν με συμπεριφορά τύπου ερέθισμα/ανταπόκριση, για να ανταποκριθούν στην κατάσταση του περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκονται. Γι' αυτό, για I.A. αυτού του είδους, προτείνεται μια απλή αρχιτεκτονική βασισμένη σε κανόνες. Έτσι, εφόσον οι NM-MAS I.A. αποτελούν ελαφριές διαδικασίες, είναι δυνατόν να υπάρχει μεγάλος αριθμός I.A. σε έναν κόμβο. Η επικοινωνία μεταξύ των I.A. εντός ενός κόμβου, είναι επίσης απλουστευμένη, και η επικοινωνία με τους άλλους κόμβους, μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας κυψελίδες OAM (Operation and Maintenance) η ειδικά εικονικά κυκλώματα. Αυτού του είδους η δομή μπορεί να υποστηρίξει μεγάλο αριθμό I.A. καθώς η ίδια η επικοινωνία μεταξύ τους καταναλώνει ελάχιστους πόρους.

Καθώς ο σκοπός είναι να υλοποιηθούν VP δίκτυα με διαφορετικά επίπεδα προτεραιότητας, οι NMMAS I.A. επίσης αναλαμβάνουν διαφορετικά επίπεδα προτεραιότητας. Όπως βλέπουμε στην εικόνα, υπάρχουν οκτώ I.A. στο φυσικό δίκτυο που επιβλέπουν και διαχειρίζονται τους φυσικούς συνδέσμους. Στο VP δίκτυο χαμηλής προτεραιότητας, Low-Priority VP Network, υπάρχουν οκτώ I.A. και επίσης και στο VP δίκτυο υψηλής προτεραιότητας High-Priority Network, υπάρχουν άλλοι οκτώ και ο καθένας επιβλέπει και διαχειρίζεται τα VPs υψηλής προτεραιότητας. Οι I.A. είναι τοποθετημένοι στους κόμβους των VP δικτύων των διαφορετικών προτεραιοτήτων και του φυσικού δικτύου. Παρ' όλα αυτά στην πραγματικότητα υπάρχει μόνο ένας φυσικός κόμβος, και οι I.A. που σχετίζονται με τα διαφορετικά VP δίκτυα βρίσκονται μέσα στον ίδιο φυσικό κόμβο. Όπως φαίνεται και στο σχήμα υπάρχουν δύο I.A. στον κόμβο 1 του φυσικού επιπέδου, τρεις I.A. στο VP δίκτυο χαμηλής προτεραιότητας, και ένας στο VP δίκτυο υψηλής προτεραιότητας, σύνολο έξι NM-MAS agents στον κόμβο 1. Καθώς είναι πιθανό να είναι μεγάλος ο αριθμός των I.A. μέσα σε έναν κόμβο, κάθε I.A. πρέπει να είναι πολύ απλός.

Κάθε ζεύγος I.A. επιβλέπει και διαχειρίζεται ένα εικονικό μονοπάτι. Ο φυσικός σύνδεσμος επιβλέπεται κατά τον ίδιο τρόπο. Οι I.A. τοποθετούνται στα άκρα του εικονικού μονοπατιού ή φυσικού συνδέσμου, και πρέπει να γνωρίζουν οτιδήποτε συμβαίνει και αφορά αυτό το μονοπάτι ή σύνδεσμο, όπως τον αριθμό και τα χαρακτηριστικά των εικονικών καναλιών (VCs) που υποστηρίζονται από ένα VP, τις απόπειρες σύνδεσης, αν το VP υποαπασχολείται ή υπεραπασχολείται και άλλα τέτοιου είδους θέματα. Αυτές οι πληροφορίες αποθηκεύονται σαν γνώση και όχι σαν άχρηστα δεδομένα, και χρησιμοποιούνται από τους NP-MAS I.A.

Άλλη λειτουργία του NP-MAS συστήματος είναι η προσχεδιασμένη αποκατάσταση. Υποθέτουμε ότι τα VPs υψηλής προτεραιότητας προστατεύονται μέσω της χρήσης της προσχεδιασμένης αποκατάστασης, και ότι οι NP-MAS I.A. έχουν αναλάβει αυτό το έργο. Καθώς είναι agents που βασίζονται στην αντίδραση, απαιτούν γρήγορη ανταπόκριση και όταν συμβεί ένα σφάλμα, μπορούν να ενεργοποιήσουν το εφεδρικό VP, το οποίο επίσης ελέγχεται από το ίδιο ζεύγος I.A. που ελέγχει και το κανονικό VP.



Σχεδιασμός Δικτύου – Σύστημα Multi-Agent Αρχιτεκτονική (NP-MAS)

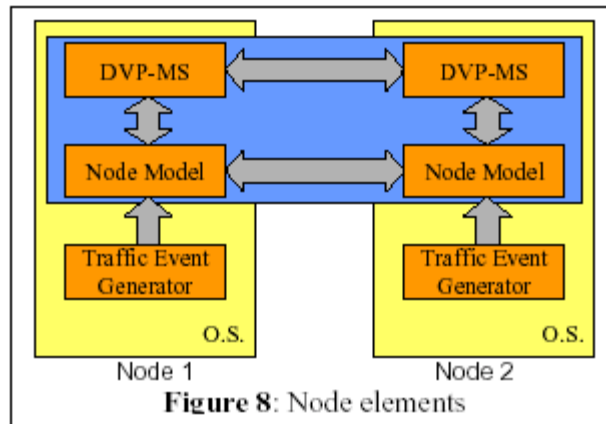
Η αποστολή αυτών των I.A. είναι η επίβλεψη και διαχείριση ολόκληρου του δικτύου, επιβλέποντας τους NM-MAS I.A. και όχι καθαυτό το δίκτυο. Αυτοί οι I.A. συμβουλευονται τις πληροφορίες των NM-MAS I.A. και συμπεριλαμβάνοντας και τις δικές τους, διαμορφώνουν τους κανόνες και στόχους τους. Άλλη μέριμνά τους είναι η διατήρηση μιας κατανεμημένης σφαιρικής αντίληψης του δικτύου που επιτυγχάνεται με την επικοινωνία μεταξύ κάθε I.A. με τους γειτονικούς του. Σε κάθε κόμβο υπάρχει μόνο ένας NP-MAS I.A. Οι NP-MAS I.A. πρέπει να είναι μεγαλύτεροι από τους NM-MAS I.A., και έχουν λογικά συστήματα και συστήματα σχεδιασμού.

Ακόμα μια υποχρέωση αυτού του συστήματος είναι η δημιουργία και κατάργηση VPs τα οποία με τη σειρά τους, σημαίνουν την δημιουργία και καταστροφή των NM-MAS I.A. Αυτό το σύστημα επίσης προϋποθέτει δυναμική ανάκαμψη VP, κάνοντας χρήση των μηχανισμών επικοινωνίας με γειτονικά.

Επομένως μια πιο ισχυρή αρχιτεκτονική απαιτείται για τους NP-MAS I.A. Καθώς ο ρόλος των NP-MAS I.A. είναι η διατήρηση μιας ολικής εντύπωσης της δικτυακής κατάστασης με σκοπό να καταστρώσει σχέδια και προβλέψεις, η εργασία του εμπεριέχει την έννοια της συνεργασίας. Αυτό σημαίνει ότι κάθε I.A. έχει περιορισμένο πεδίο ελέγχου, και κατέχει περιορισμένες πληροφορίες και πόρους. Παρ' αυτά, συγκεντρώνοντας τις ικανότητές τους είναι ικανοί να επιλύσουν προβλήματα πέρα από τις δυνατότητες οποιουδήποτε μεμονωμένου I.A.

Testbed scenario

Η λειτουργία ενός δικτύου υποστηριζόμενο από ένα σύστημα πολλών I.A. multi-agent system, για διαφορετικά φόρτη, ακόμα ερευνάται. Όπως φαίνεται και στο σχήμα, κάθε κόμβος υποστηρίζει τρία διαφορετικά συστήματα. Η γεννήτρια γεγονότων κίνησης Traffic Event Generator (TEG) προσομοιώνει την συμπεριφορά του χρήστη. Κάθε σύστημα (TEG) είναι ικανό να προσομοιώσει νέες συνδέσεις που πρόκειται να εγκατασταθούν ή να καταργηθούν, καθώς επίσης και να μεταβάλλει δυναμικά το στιγμιαίο φόρτο. Αυτό το σύστημα χρησιμοποιείται για να εκτιμήσει την συμπεριφορά της δικτυακής διαχείρισης κάτω από διαφορετικές συνθήκες φόρτου.



Το μοντέλο κόμβων ATM μοιάζει με την λειτουργία των διακοπών ATM. Αυτό το σύστημα περιέχει όλη την πληροφορία όσον αφορά τις διαμορφώσεις των VP και των VC του κόμβου του, και δέχεται γεγονότα και σήματα από το TEG.

Το Σύστημα Δυναμικής VP Διαχείρισης Dynamic VP Management System (DVPMS) προσαρμόζει τους πόρους του δικτύου με βάση τις πληροφορίες για την διαμόρφωση των κόμβων και τον συντονισμό μεταξύ I.A. αυτό το σύστημα αποτελείται από τα δύο υποσυστήματα πολλαπλών I.A. που εξηγήθηκαν (NM-MAS και NP-MAS).

Υπάρχουν δύο ξεχωριστά επίπεδα επικοινωνίας μεταξύ των κόμβων σε μια καταναμημένη πλατφόρμα, ένα επίπεδο για την επικοινωνία του μοντέλου κόμβων (κλασική διαχείριση ATM – CAC & δρομολόγηση), και ένα άλλο για την επικοινωνία του συστήματος πολλαπλών I.A.

Προκειμένου να διεξαχθούν πειράματα, έχουν οριστεί τα σενάρια: α) τα VPs έχουν εγκατασταθεί προσφάτως, το αρχικό εύρος ζώνης που εκχωρείται μπορεί να μεταβάλλεται δυναμικά β) οι χρήστες επικοινωνούν με την διαχείριση κίνησης (CAC & δρομολόγηση) όπως στα κλασικά περιβάλλοντα, γ) οι I.A. επικοινωνούν με την διαχείριση κίνησης και με άλλους I.A. με σκοπό την επανεκχώρηση πόρων. Δεν μπορούν να επικοινωνήσουν άμεσα με τους χρήστες.

Οι πιο σπουδαίες λειτουργίες των διαφορετικών στοιχείων ενός κόμβου φαίνονται παρακάτω.

Λειτουργίες	Προέλευση	Περιγραφή
Γεγονότα	TEG	Δημιουργούνται από το TEG και περνούν στο μοντέλο κόμβων ως μηνύματα.
	Μοντέλο κόμβων	Εντολές από κόμβο σε κόμβο απαιτώντας διαδρομές, φόρτο και άλλες πληροφορίες.
Ανθρώπινες εντολές	Άνθρωπος	Χρησιμοποιούνται για την διαμόρφωση και επίβλεψη του δικτύου από ανθρώπινο διαχειριστή.
Εντολές εγκατάστασης	NP (Network planning) και άνθρωπος	Οι I.A. χρησιμοποιούν τέτοιες εντολές για την δυναμική εκχώρηση πόρων. (όλες αυτές οι εντολές μπορεί να θεωρηθούν ανθρώπινες εντολές για την διόρθωση σφαλμάτων (debugging))

Το σύστημα IMPACT agent

Το IMPACT είναι ένα πρόγραμμα έρευνας χρηματοδοτούμενο από την Ευρωπαϊκή επιτροπή στα πλαίσια του προγράμματος Advanced Communications Technologies and Services (ACTS). Αυτό προϋποθέτει την εφαρμογή ενός πρωτότυπου συστήματος για την

διαχείριση ATM δικτύων όπου εργασίες όπως ο έλεγχος αποδοχής κυψελίδων, η δρομολόγηση, ο χειρισμός συνδέσεων, και η διαχείριση των εικονικών μονοπατιών θα γίνονται από καταναμημένες λογισμικές οντότητες υψηλής νοημοσύνης που αποκαλούνται “Intelligent Agents”.

Κατ’ αρχήν θα υποθέσουμε ότι κάθε παροχέας υπηρεσιών «αγοράζει» μια συγκεκριμένη χωρητικότητα του φυσικού δικτύου μεταφοράς από τον παροχέα δικτύου. Αυτή η χωρητικότητα μπορεί να είναι υπό την μορφή εύρους ζώνης φυσικού συνδέσμου, χώρος εικονικού μονοπατιού σε κάθε σύνδεσμο, χώρος εικονικών καναλιών μέσα σε προκαθορισμένα VPs, buffers, κ.τ.λ. Κάθε παροχέας υπηρεσιών αναφέρεται σε ένα λογικό VP δίκτυο που απλώνεται σε ένα φυσικό δίκτυο, και χρησιμοποιεί τους πόρους που του έχουν εκχωρηθεί.

Connection Agent (CA)

Οι CA επιλέγουν τον πιο κατάλληλο SP που θα προσφέρει την υπηρεσία σύνδεσης για μια συγκεκριμένη αίτηση. Συγκεκριμένα ο CA αποφασίζει τον προορισμό και την κλάση της υπηρεσίας (Class of Service - CoS), μιας αίτησης για κλήση, και ξεκινά μια διαδικασία προσφορών βάσει κριτηρίων τιμής. Η διαδικασία προσφορών περιλαμβάνει υποβολή ερωτημάτων στους κατάλληλους RAs, για διαθεσιμότητα δικτυακών πόρων και για τιμές. Οι κατάλληλοι RAs είναι εκείνοι που μπορούν να παρέχουν την απαιτούμενη σύνδεση στον καθορισμένο προορισμό, λαμβάνοντας υπόψη τις QoS απαιτήσεις. Αφού παραλάβει τις προσφορές, ο CA επιλέγει μια συγκεκριμένη προσφορά, βασισμένη στην τιμή και σε άλλα κριτήρια, και μεταφέρει τα αποτελέσματα στον PUA. Ο PUA θα ενημερώσει καταλλήλως τα τερματικά όπως γίνεται στην συμβατική περίπτωση μιας δεκτής σύνδεσης σ’ ένα ATM δίκτυο βασισμένο στην σηματοδότηση. Επιπλέον ο CA θα δώσει οδηγίες στον επιλεγμένο RA να εγκαταστήσει την σύνδεση. Επίσης RAs που δεν επιλέχθηκαν κατά την διαδικασία προσφορών, ενημερώνονται, ώστε να ακυρώσουν μια ενδεχόμενη κράτηση που έχουν κάνει προκειμένου για την δήλωση προσφοράς προς τον CA.

Network Provider Agent (NPA)

Η φροντίδα για το VP δίκτυο των παροχέων υπηρεσιών (Service Providers - SP), είναι μέριμνα του Network Provider Agent (NPA). Ενσωματώνει τις στρατηγικές του NP, λαμβάνοντας υπόψη την διαπραγμάτευση με τον SP καθώς και με τους RAs οι οποίοι μπορεί να ελέγχονται απ’ ευθείας από τον NP. Ο NP είναι η οντότητα που έχει τον έλεγχο του φυσικού δικτύου. Κατά συνέπεια ο NPA μπορεί να αλληλεπιδρά με έναν Switch Wrapper με στόχο την εγκατάσταση των λογικών VPs.

Service Provider Agent (SPA)

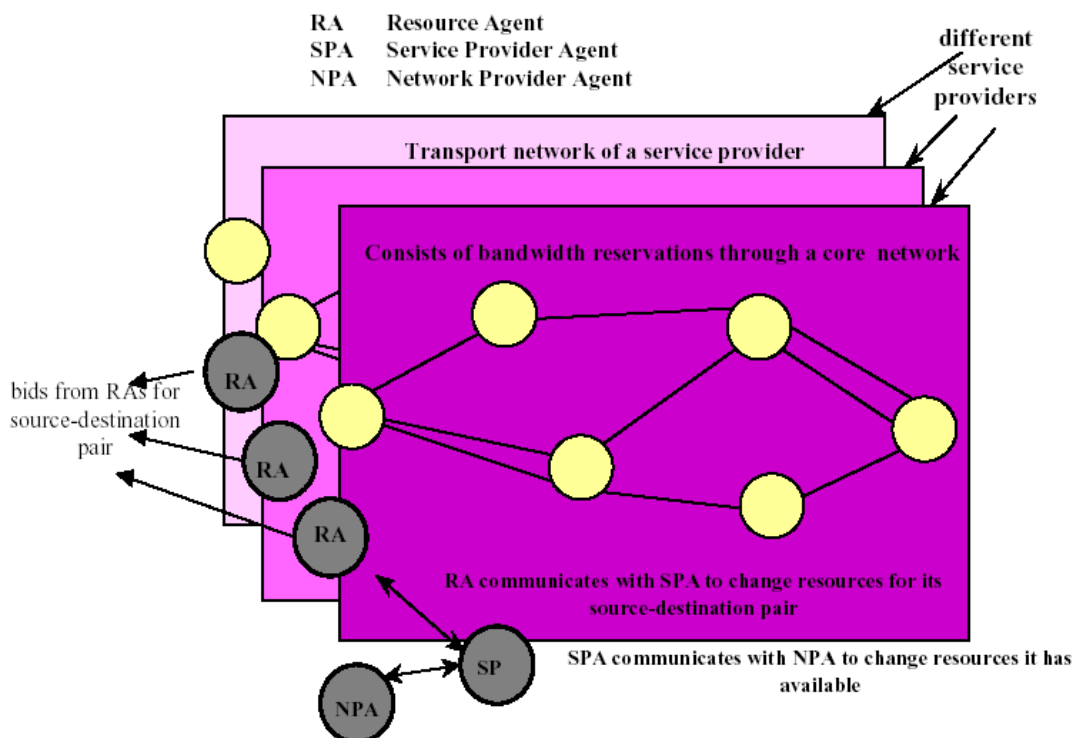
Το εύρος ζώνης εκχωρείται στα VPs και μπορεί να γίνει δυναμική διαχείρισή του από τον Service Provider Agent (SPA). Ο (SPA) είναι υπεύθυνος να δημιουργήσει, να διατηρήσει, να διαχειριστεί την λογική διαμόρφωση του παροχέα υπηρεσιών (SP). Αυτό το κάνει συλλέγοντας δεδομένα για την νυν και αναμενόμενη απαίτηση κίνησης, και χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο διαχείρισης VP για να προσαρμόσει περιοδικά τις χωρητικότητες των VPs. Σε πρώτη φάση, οι διαδρομές θα αποτελούνται από VPs από τελικό σημείο σε τελικό σημείο, καθώς αυτό επιταχύνει την εγκατάσταση σύνδεσης και απλοποιεί την δρομολόγηση. Αργότερα όμως σε δεύτερη φάση, θα ληφθούν υπόψη διαδρομές πολλαπλών VPs καθώς αποφέρουν πολλή καλύτερη χρησιμότητα σε μεγαλύτερα δίκτυα. Για κάθε ζευγάρι πηγής-προορισμού source-destination pair (sd-pair), υπάρχει ένας Resource Agent (RA). Διαφορετικοί SPs έχουν διαφορετικούς RAs για το ίδιο ζεύγος SD. Κάθε RA έχει κάποιες προκαθορισμένες διαδρομές (σ’ αυτή την φάση είναι VPs) εκχωρημένες από τον SPA.

Resource Agent (RA)

Όταν καταφθάνει μια νέα αίτηση σύνδεσης, οι απαραίτητοι RAs λαμβάνουν μια κλήση για προτάσεις, από τον CA, όπου καταδεικνύονται οι απαιτήσεις σύνδεσης. Οι RAs είναι υπεύθυνοι να διαλέξουν την καταλληλότερη διαδρομή και να σιγουρέψουν ότι έχει επαρκείς πόρους για την σύνδεση (αυτό γίνεται με έναν έλεγχο CAC). Ένας RA μπορεί να απαντήσει στην κλήση για προτάσεις θέτοντας μια από τις παρακάτω προτάσεις σύμφωνα με την διαθεσιμότητα των πόρων.

- Ο RA έχει διαδρομές (VPs) με επαρκείς πόρους για την σύνδεση, έτσι ώστε η σύνδεση δρομολογείται ενδιάμεσα αυτών των διαδρομών.
- Ο RA δεν έχει καμία διαδρομή με επαρκείς πόρους, αλλά αν κάποιες συνδέσεις επαναδρομολογηθούν από μια διαδρομή σε μια άλλη μέσα στο ίδιο SD ζευγάρι, τότε κάποιες διαδρομές θα αποκτήσουν αρκετούς πόρους για την νέα σύνδεση.
- Διαθέσιμοι πόροι σ' αυτό το SD ζεύγος, δεν είναι επαρκείς, αλλά αν ο χρήστης ανεχτεί αργό χρόνο εγκατάστασης σύνδεσης, θα είναι δυνατόν να διαπραγματευθεί το εύρος ζώνης με άλλους RAs (SD pairs) του ίδιου SP. Η διαπραγμάτευση συντονίζεται από τον SPA με ενός είδους δικτυακού πρωτοκόλλου.

Το παρακάτω σχήμα μας δείχνει την φιλοσοφία του παροχέα δικτύου NP, τους παροχείς υπηρεσιών SPs με τους RAs, να διαχειρίζονται ένα SD-pair.



Η φιλοσοφία των NPs, SPs και των RAs

Proxy User Agents (PUA)

Στους δικτυακούς κόμβους πρόσβασης υπάρχουν Proxy User Agents (PUAs) ένας για κάθε είσοδο UNI. Οι PUAs λαμβάνουν τις απαιτήσεις σύνδεσης από τον τελικό χρήστη (πιθανώς σε μορφή σηματοδοτήριων μηνυμάτων), και τα μεταφράζουν σε γλώσσα για I.A. θέτοντας μια κλήση για πρόταση στους κατάλληλους RAs. Η επικοινωνία μεταξύ των PUA και του χρήστη γίνεται με δυο τρόπους:

- Μέσω του κατάλληλου χειρισμού των συμβατικών ATM σηματοδοτήριων μηνυμάτων (που παράγονται από ATM εφαρμογές), και της εξαγωγής των απαραίτητων παραμέτρων αίτησης σύνδεσης. Κατ' αυτόν τον τρόπο το σύστημα IMPACT λειτουργεί σύμφωνα με τις συμβατικές ATM εφαρμογές.
- Μέσω ενός μηνύματος σε γλώσσα επικοινωνίας I.A. που αποστέλλεται από το τερματικό στον PUA. Αυτό το μήνυμα εμπεριέχει όλες τις σχετικές παραμέτρους. Αυτός ο τρόπος επικοινωνίας προϋποθέτει ότι οι ATM εφαρμογές καταλαβαίνουν και διαχειρίζονται ένα συγκεκριμένο υποσύνολο οντολογίας I.A. που χρησιμοποιείται μέσα στο IMPACT. Γι' αυτόν τον λόγο, αυτή η μέθοδος δεν ενδείκνυται για προσαρμογή του συστήματος σε ATM εφαρμογές.

Η εγκατάσταση των PUA απλά συνδέει εφαρμογές τελικών χρηστών (βασισμένες σε ATM σήματα), με τους CAs (control agents). Επίσης θεωρείται ότι οι PUA είναι οι κατάλληλες οντότητες για να ενσωματώσουν πρόσθετη γνώση σχετικά με τις προτιμήσεις και την συμπεριφορά του τελικού χρήστη.

Επίσης οι PUAs μπορούν να διαλέξουν την ιδανικότερη μεταξύ των προτάσεων από τους RAs, με βάση κριτήρια όπως το κόστος, την καθυστέρηση εγκατάστασης σύνδεσης, προσφερόμενη ποιότητα εξυπηρέτησης (Quality of Service – QoS) κ.τ.λ. Γενικότερα έχουν να κάνουν με την αλληλεπίδραση μεταξύ των πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούνται σε περιβάλλον χρήστη – δικτύου, αλλά και σε συστήματα βασισμένα στη διαχείριση από I.A.

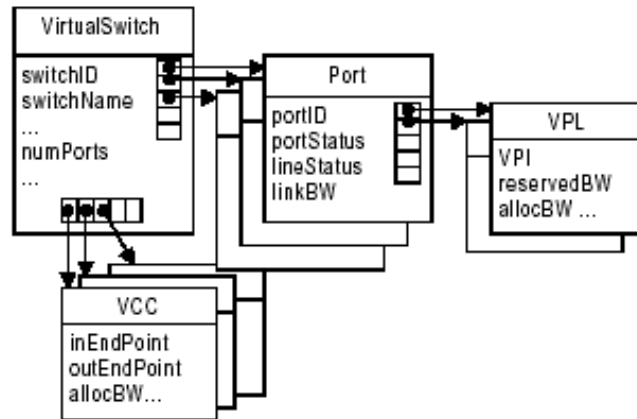
Proxy User Agents (PUA)

Κάθε κόμβος εναλλαγής έχει έναν Switch Wrapper Agent (SwWA) ο οποίος προσφέρει την ιδιότητα της αποκόλλησης από τους πόρους φυσικής εναλλαγής και εξάγει ένα περιβάλλον διαχείρισης εναλλαγής για τον έλεγχο σύνδεσης, την διαμόρφωση της διαχείρισης και την επίβλεψη της λειτουργίας. Μέσα από αυτό το περιβάλλον, οι RAs και οι SPAs αλληλεπιδρούν με τον διακόπτη, έτσι ώστε να εγκαταστήσουν και να καταργήσουν συνδέσεις και VPs, καθώς επίσης και να εκτιμήσουν την διαθεσιμότητα και την χρησιμοποίηση των πόρων εναλλαγής, με σκοπό να ενεργήσουν CAC ελέγχους ή να προγνώσουν μελλοντικές απαιτήσεις κίνησης. Οι SwWA είναι ικανοί να λάβουν μηνύματα από διάφορους RAs ταυτόχρονα και να τα επεξεργαστούν με σειριακό τρόπο.

Ο SwWA είναι ένα πολύ πρακτικό και επαναχρησιμοποιήσιμο εργαλείο για συστήματα διαχείρισης δικτύων ATM βασισμένα σε I.A. Έχουν την ικανότητα να καταλαβαίνουν την FIPA γλώσσα των I.A. η οποία εμπεριέχει εντολές ελέγχου διακοπών, ανεξαρτήτως μοντέλου διακόπτη. Συγκεκριμένα, μετατρέπει τις εντολές που είναι σε γλώσσα I.A., σε ειδικές εντολές για διακόπτες, οι οποίες πρέπει να εκτελεστούν στον φυσικό διακόπτη, χρησιμοποιώντας ένα πρωτόκολλο σαν το GSMIP ή το SNMP. Ο σχεδιασμός των στοιχείων του επιτρέπει προσαρμογή σε διαφορετικά μοντέλα διακοπών. Οι εντολές που υποστηρίζονται κάνουν δυνατή την ανάπτυξη μιας μεγάλης ποικιλίας διαχειριστικών και ελεγκτικών εφαρμογών που μπορούν να χρησιμοποιήσουν τον SwWA.

Οι SwWA είναι ο βασικότερος παράγοντας διεπικοινωνίας με τα ATM δίκτυα (π.χ. οι ATM διακόπτες). Δουλειά τους είναι να ελέγχουν και να διαχειρίζονται τους πόρους ενός ATM διακόπτη. Ένα από τα μέρη του πυρήνα του είναι ένα MIB απαλλαγμένο από τον κατασκευαστή του (SI-MIB), και μια βιβλιοθήκη για πρόσβαση στις χαμηλού επιπέδου

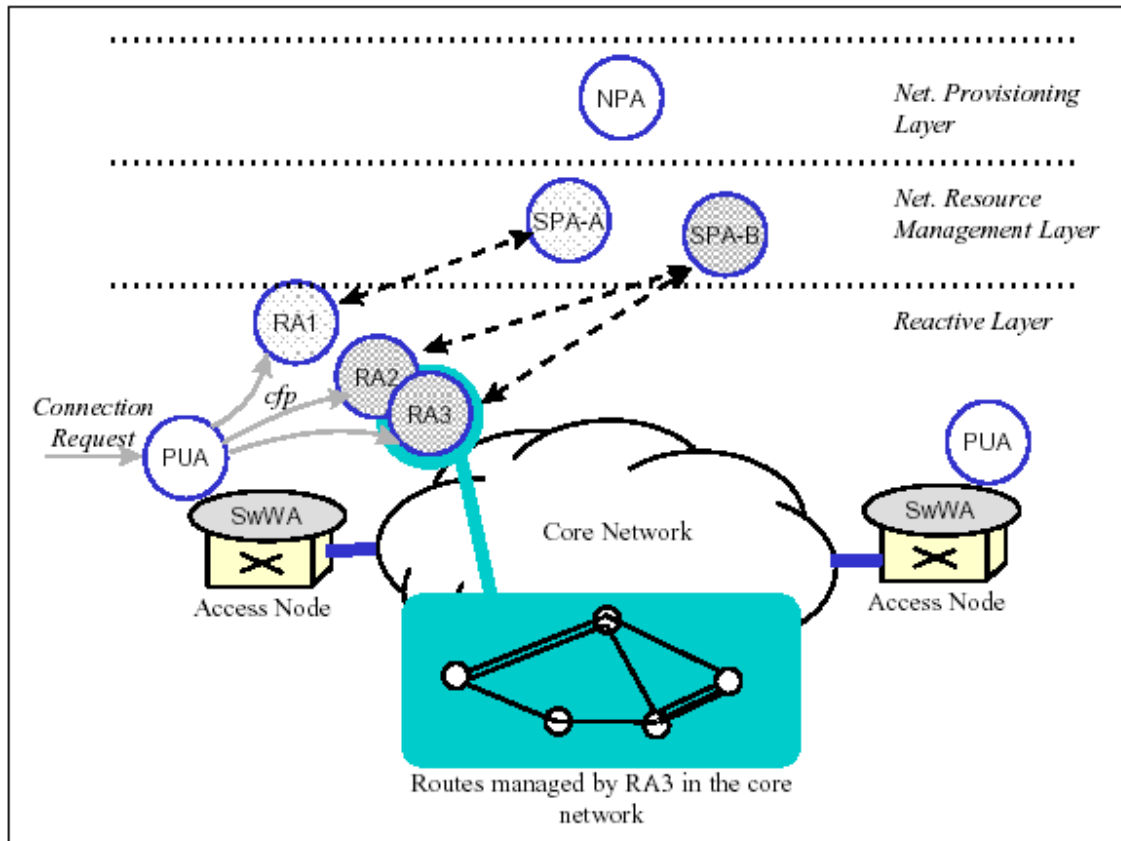
δυνατότητες του ATM διακόπτη. Το SI-MIB είναι μια εφαρμογή λογισμικού που αναπαριστά εικονικά έναν ATM switching node. Αποτελείται από ένα σύνολο αντικειμένων που συλλαμβάνουν όλη την ουσιώδη πληροφορία ενός ATM διακόπτη που ενδεχομένως να χρειαστεί από μια στρατηγική διαχείρισης δικτύου (με μια ιδιαίτερη έμφαση σε αλγόριθμους που χρησιμοποιούνται μέσα σε ένα σύστημα IMPACT). Στο σχήμα φαίνεται το Vendor Independent MIB.



Δομή του Vendor Independent MIB εγκατεστημένο μέσα σε έναν SwWA.

Λαμβάνοντας υπόψη την βιβλιοθήκη για τις χαμηλού επιπέδου διαχειριστικές και ελεγκτικές λειτουργίες, έχει εγκατασταθεί ένα σύνολο οδηγών βασισμένων στο πρωτόκολλο SNMP. Σύμφωνα με το πρότυπο P1520, αυτό σχηματίζει το CCM interface (Connection, Control and Management) του διακόπτη. Πρέπει να τονιστεί ότι μια τέτοια βιβλιοθήκη πρέπει αναπόφευκτα να λαμβάνει υπόψη τις προδιαγραφές του κατασκευαστή επειδή κάθε κατασκευαστής υποστηρίζει τις λειτουργίες ελέγχου και διαχείρισης με διαφορετικό τρόπο. Έτσι προκειμένου να χρησιμοποιηθούν διαφορετικοί τύποι διακοπών, από την σκοπιά των πειραμάτων, χρειάζεται να υπάρχει μια τέτοια βιβλιοθήκη για κάθε ένα διαφορετικό τύπο διακόπτη.

Το σχήμα δείχνει την αρχιτεκτονική του συστήματος, δείχνοντας τους βασικούς τύπους I.A. και τους ρόλους τους.



Βασικοί τύποι intelligent agents και οι ρόλοι τους.

Εξαιτίας της χρησιμοποίησης τεχνικών καταναμημένων αντικειμένων, η φυσική τοποθεσία των I.A. δεν αποτελεί σημαντικό ζήτημα. Αυτό το σύστημα έχει βρει εφαρμογή σε ATM δίκτυα, εφόσον η αρχιτεκτονική του δικτύου αυτού είναι απαλλαγμένη από τα χαρακτηριστικά που της έχει δώσει ο κατασκευαστής της.

Η agent πλατφόρμα (που αποκαλείται Basic Agent Template – BAT) βασίζεται στην Java Remote Method Invocation (RMI) αρχιτεκτονική καταναμημένων αντικειμένων. Η RMI επιλέχθηκε έναντι της COBRA εξαιτίας της απλότητας και της φορητότητας της Java. Αυτά τα χαρακτηριστικά καθιστούν δυνατή την ανάπτυξη και διατήρηση πειραματικών πρωτότυπων συστημάτων, ειδικά όταν έχουμε να κάνουμε με ετερογενή εξοπλισμό. Η γλώσσα επικοινωνίας των I.A. (agent communication language (ACL)), η οποία χρησιμοποιείται, είναι σύμφωνη με τις συστάσεις FIPA με προσανατολισμό στην εννοιολογία της γλώσσας. Παρ' όλα αυτά το περιεχόμενο είναι κωδικοποιημένο σε αντικείμενα Java, αντί για strings, προκειμένου να εκμεταλλευθούν τα χαρακτηριστικά των RMI. Ο I.A. δέκτης ερμηνεύει τα μηνύματα με βάση τον τύπο της κλάσης του object και τις τιμές συγκεκριμένων attributes.

Εφόσον το BAT (Basic Agent Template) προσφέρει ένα πολύ βολικό πλαίσιο για την υλοποίηση και εφαρμογή συστημάτων πολλαπλών I.A., έχουν δοκιμαστεί διαφορετικές εναλλακτικές προσεγγίσεις για CAC και την διαχείριση δικτυακών πόρων. Οι προσεγγίσεις ήταν βασισμένες στους ίδιους βασικούς τύπους των I.A. που αναφέρθηκαν, αλλά διαφορετικοί όσον αφορά την αλληλεπίδραση των I.A. και τους αλγόριθμους που χρησιμοποιούν.

Classes of Service

Κάθε αίτηση για κλήση σχετίζεται με μια συγκεκριμένη κλάση QoS η οποία έχει επιλεγεί από ένα σύνολο κλάσεων QoS. Η επιλογή της κλάσης QoS, συνοδεύεται από τον

προσδιορισμό ενός συνόλου από συσχετιζόμενες παραμέτρους, που καθορίζουν τους πόρους που χρειάζονται από την εφαρμογή. Με σκοπό να προσφέρουν διαφοροποίηση στις υπηρεσίες, οι κόμβοι του δικτύου χρειάζεται να έχουν ξεχωριστή ουρά για κάθε διαφορετική κλάση QoS. Γι' αυτό οι κόμβοι θα πρέπει να υποστηρίζουν ένα σχέδιο προγραμματισμού των ουρών αναμονής, ώστε να σιγουρέψουν το γεγονός ότι συνδέσεις υψηλότερης προτεραιότητας, λαμβάνουν καλύτερη εξυπηρέτηση από συνδέσεις χαμηλής προτεραιότητας.

Οι κλάσεις QoS που χρησιμοποιούνται στο σύστημα IMPACT, θεωρούν σαν QoS μέτρο ενδιαφέροντος, την καθυστέρηση από άκρη σ' άκρη. Κάτω απ' αυτό το πρίσμα, έχουν οριστεί τρεις κλάσεις QoS μέσα στο IMPACT, i) η κλάση πραγματικού χρόνου (Real-Time Class), ii) η κλάση ελεγχόμενης καθυστέρησης (Controlled Delay Class) and iii) η κλάση της καλύτερης προσπάθειας (Best Effort class).

- Η κλάση πραγματικού χρόνου (Real-Time Class) είναι κατάλληλη για υπηρεσίες με πολύ μικρή καθυστέρηση και με απαιτήσεις διαφοροποίησης καθυστέρησης. Αν η εφαρμογή χρειάζεται πολύ σφιχτούς περιορισμούς καθυστέρησης, τότε λαμβάνεται υπόψη ο κατάλληλος σχεδιασμός στο σύστημα. Η παράμετρος εκχώρησης εύρους ζώνης που προσφέρεται, είναι το Peak Cell Rate.
- Η κλάση ελεγχόμενης καθυστέρησης (Controlled Delay Class) είναι κατάλληλη για streams που δεν είναι τόσο ευαίσθητα στην καθυστέρηση, αλλά ακόμη χρειάζονται έναν στατιστικό έλεγχο της καθυστέρησης κυψελίδων. Το threshold T, για πιθανότητα $p = \text{Pr}(\text{καθυστέρηση_κυψελίδας} > T)$, είναι το κύριο QoS μέτρο γι' αυτή την κλάση. Η κλάση περιγράφεται από ένα VBR (Variable Bit Rate) κίνησης προφίλ, και οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται είναι το Peak Cell Rate Sustainable, το Cell Rate και το Maximum Burst Size.
- Η κλάση της καλύτερης προσπάθειας (Best Effort class) είναι για κλάσεις που δεν απαιτούν καμία εγγύηση QoS. Οι συνδέσεις Best effort είναι πάντα δεκτές. Μια προαιρετική παράμετρος είναι το Peak Cell Rate.

Όταν ο RA υπολογίζει τους πόρους και την τιμή για να γίνει μια σύνδεση, ένα στοιχείο που συνεισφέρει στον υπολογισμό της τιμής είναι το αποτελεσματικό εύρος ζώνης. Προς το παρόν, για την κλάση πραγματικού χρόνου, το αποτελεσματικό εύρος ζώνης είναι ίσο με το peak cell rate, για την κλάση ελεγχόμενης καθυστέρησης ορίζεται με την πιθανότητα όπως προαναφέρθηκε, και για την κλάση της καλύτερης προσπάθειας το αποτελεσματικό εύρος ζώνης είναι μηδέν.

Συμπεράσματα

Οι Intelligent Agents είναι προγράμματα τα οποία είναι σχεδιασμένα από ανθρώπους και όπως όλα τα προγράμματα που εμπεριέχουν ευφυΐα, περιορίζονται από την ικανότητα του προγραμματιστή, καθώς και την από την επιλογή της προγραμματιστικής γλώσσας που θα χρησιμοποιηθεί για την συγγραφή τους. Επίσης πάντα υπάρχει η πιθανότητα λάθους κατά την σχεδίαση και υλοποίησης τους, με αποτέλεσμα πολλές φορές τα αποτελέσματα να μην είναι τα επιθυμητά. (συνήθως αυτό συμβαίνει όταν στους IA παραχωρείται αυτονομία μεγαλύτερη από αυτήν που χρειάζεται με αποτέλεσμα να οδηγούμαστε σε υπερβολές.) Η χρήση IA προϋποθέτει μεγάλη υπολογιστική ισχύ ώστε να έχουμε τα αποτελέσματα στον πραγματικό χρόνο τους και ιδιαίτερα για agents οι οποίοι εφαρμόζονται σε δίκτυα επικοινωνιών το εύρος ζώνης των δικτύων αυτών πρέπει να είναι αρκετά μεγάλο.

Στις υλοποιήσεις που εξετάστηκαν, είναι γεγονός ότι υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που μειώνουν την απόδοση και την ταχύτητα του δικτύου. Συγκεκριμένα η χρησιμοποίηση της γλώσσας Java για την σχεδίαση των intelligent agents, καθώς και η χρησιμοποίηση

πρωτοκόλλων διαχείρισης, όπως το SNMP, για την πρόσβαση και διαχείριση των δυνατοτήτων του ATM που βρίσκονται σε χαμηλότερα επίπεδα, συντελούν στην μείωση της απόδοσης. Βέβαια η απόδοση ενός ATM δικτύου το οποίο χρησιμοποιεί Intelligent Agents, θεωρείται μειωμένη μόνο όταν συγκρίνεται με τα τυπικά συστήματα σηματοδότησης που χρησιμοποιούνται από παλαιότερα και είναι εξαιρετικά γρήγορα στην εκτέλεση λειτουργιών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, το γεγονός ότι χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο SNMP μπορούν να επιτευχθούν μερικές δεκάδες συνδέσεις ανά δευτερόλεπτο σε αντίθεση με ένα τυπικό ATM backbone στο οποίο οι συνδέσεις ανά δευτερόλεπτο μπορούν να φτάσουν αρκετές εκατοντάδες. Γίνεται λοιπόν κατανοητό ότι η χρήση των Intelligent Agents είναι σκόπιμη μόνο για εργασίες και λειτουργίες οι οποίες δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν με τις τυπικές μεθόδους σηματοδότησης, και όταν είναι απαραίτητες διαφορετικές και συνθετότερες τεχνικές διαχείρισης δικτύου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **Ανδρέας Πομπόρτσας, Εισαγωγή στις Νέες Τεχνολογίες Επικοινωνιών, Εκδόσεις Α.Τζιόλα Ε., Θεσσαλονίκη, 1997.**
- **Andrew S. Tanenbaum, Δίκτυα Υπολογιστών, Δεύτερη έκδοση, Prentice Hall International, 1992.**
- **Neural and Intelligent Systems Integration Fifth and sixth Generation Integrated Reasoning Information Systems Branko Soucek and the IRIS Group**
- **The intelligent network: a joint study by bell Atlantic, IBM Ambrosch, W. D. (Wolf Dietrch)**
- **Intelligence in services and networks: paving the way for an International Conference on Intelligence in Services.**
- **J. Bigham, L.G. Cuthbert, A.L.G. Hayzelden, Z. Luo, “Multi-Agent Systems for Resource Management”, IS&N’99, April 1999.**
- **Alex L.G. Hayzelden, “Telecommunications Multi-Agent Control System (Tele-MACS)”, European Conference on Artificial Intelligence (ECAI 98), August 1998.**
- **H.S. Nwana, “Software agents: an overview”, The Knowledge Engineering Review Vol.11 No.3, 1996**
- **Fergal Somers, “HYBRID: Unifying Centralised and Distributed Network Management using Intelligent Agents”, IEEE/IFIP NOMS’96, Network Operations and Management Symposium, April 1996**
- **Taishi Yahara, Ryutaro Kawamura, “Virtual Path self-healing scheme based on multi-reliability ATM network concept”, IEEE GLOBECOM’97, November 1997**
- **Vila P., Marzo J.L., Fabregat R, Harle D. "A multi-agent Approach to Dynamic Virtual Path Management in ATM Networks. IMPACT'99 Workshop. Seattle December 1999.**
- **Wooldridge M., Nicholas R. Jennings, “Intelligent Agents: Theory and Practice”, Knowledge Engineering Review, January 1995**

- **www.intelligententerprise.com**
Intelligent enterprise magazine is the key technical resource for crossfunctional IT teams.
- **www.it.uom.gr/Agents/Agentweb/index.htm**
Vetter, M., Pitsch, S., Towards a Flexible Trading Process over the Internet, Agent Mediated Electronic Commerce: The European AgentLink Perspective, Lectures in Computer Science, Springer, 2001
- **www.iiia.csic.es/AMEC/BOOK/articles**
- **www.cs.cmu.edu/afs/cs/project/jair/pub/volume15/stone01a.pdf**
Stone, P., Singh S., ATTac-2000: An Adaptive Autonomous Bidding Agent, Journal of Artificial Intelligence Research, pp. 189-206, Volume 15, September, 2001
- **www.atmforum.com (το site του ATM Forum).**
- **www.agentlink.org**
Preist, C., Agent Mediated Electronic Commerce at HP Labs, Bristol, AgentLink News, Volume 7, June, 2001
- **www.csd.abdn.ac.uk/~apreece/pubs/aiec99.pdf**
Preece, A., Hui, K., Gray, P., KRAFT: Supporting Virtual Organisations through Knowledge Fusion, AAAI-99 Workshop on Artificial Intelligence for Electronic Commerce, 1999
- **www.cisco.com Quality of Service (QoS) Networking**
- **www.itu.int/**
Το επίσημο site του οργανισμού ITU. Παρομοίως με το προηγούμενο site, περιέχει πληροφορίες σχετικά με όλα τα θέματα που απασχολούν τον οργανισμό
- **www.ieee.org**
- **[www.pbol.org/projects/genie/publications/ Agent_platform.pdf](http://www.pbol.org/projects/genie/publications/Agent_platform.pdf)**
- **www.telecom.ntua.gr/~jsoldat/papers/icin2000.pdf**
- **www.elec.qmw.ac.uk/torrent/pubs/02c4.PDF**
- **eia.udg.es/~perev/pdf_versions/impact_99.pdf**
- **[www.cs.ru.ac.za/research/austin/ publications/satnac1999.PDF](http://www.cs.ru.ac.za/research/austin/publications/satnac1999.PDF)**
- **[delivery.acm.org/10.1145/550000/545143/ p1405-trzec.pdf](http://delivery.acm.org/10.1145/550000/545143/p1405-trzec.pdf)**
- **eia.udg.es/~perev/pdf_versions/ccia_99.pdf**