



**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΗΠΕΙΡΟΥ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ Τ.Ε**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Ποιότητα Υπηρεσιών Δικτύου Qos και Cloud Δίκτυα**

**ΒΛΑΧΑ ΕΙΡΗΝΗ**

**A.M:10740**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:  
ΒΑΣΙΛΕΙΑΔΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ**



ΑΡΤΑ, 2014

## **Περίληψη**

Η παρούσα διπλωματική έχει σαν σκοπό τη διερεύνηση της Ποιότητας Υπηρεσιών Δικτύου QoS και Cloud Δίκτυα. Η προέλευση της έκφρασης « cloud computing » είναι υποκείμενη σε αντιφατικούς ισχυρισμούς. Ο όρος «νέφος» χρησιμοποιείται εδώ και αρκετό καιρό στον τομέα των τεχνολογιών της πληροφορίας, αρχικά στον τομέα των τηλεπικοινωνιών. Η χρήση του συνδεόταν άμεσα με την ερμηνευτική απόδοση του τηλεφωνικού δικτύου υπό τη μορφή ενός σύννεφου στα τεχνικά διαγράμματα.

Τέλος ο όρος Ποιότητα Υπηρεσίας (Quality of Service – QoS) αναφέρεται στη δυνατότητα του δικτύου να προσφέρει καλύτερες υπηρεσίες προς τους χρήστες του, δηλαδή υπηρεσίες με εγγυημένο ρυθμό μετάδοσης, αυξημένα χαρακτηριστικά για την ελαχιστοποίηση της απώλειας των δεδομένων, μικρή διακύμανση καθυστέρησης και ελεγχόμενη καθυστέρηση. Το QoS παίζει ένα πολύ σημαντικό ρόλο σε κάθε σύγχρονο δίκτυο. Από την πλευρά του χρήστη απαιτείται, το δίκτυο όχι απλά να τον εξυπηρετεί, αλλά να τον εξυπηρετεί με βάση τις δικές του απαιτήσεις.

**Λέξεις Κλειδιά:** Cloud Δίκτυα, Ποιότητα Υπηρεσίας, νέφος

## **Abstract**

The present thesis aims to investigate the Quality of Network Services and Cloud Networks QoS. The origin of the expression «cloud computing» is subject to contradictory assertions. The term "cloud" is used for some time in the field of information technology, initially in the field of telecommunications. Its use was directly related to the interpretive performance of the telephone network in the form of a cloud in technical diagrams.

Finally, the term QoS (Quality of Service - QoS) refers to the ability of the network to provide better services to the users, ie services with guaranteed transmission rate, elevated features to minimize the loss of data, delay variation and small controlled delay. The QoS plays a very important role in any modern network. From the user's perspective is required, the network not just to serve, but to serve based on their own requirements.

**Keywords:** Cloud Networks, Quality of Service, cloud

## Περιεχόμενα

<a href="#">Περίληψη</a>	4
<a href="#">Abstract</a>	5
<a href="#">Περιεχόμενα</a>	6
<a href="#">Κεφάλαιο 1ο</a>	8
<a href="#">1.0 Τι είναι η Ποιότητα Υπηρεσίας (Quality of Service-QoS)</a>	8
<a href="#">1.2 Τύποι ποιότητας υπηρεσίας</a>	8
<a href="#">1.3 Η μέθοδος RSVP</a>	10
<a href="#">1.4 Τι είναι η προτεραιότητα IP</a>	11
<a href="#">1.5 Το πρωτόκολλο DiffServ</a>	12
<a href="#">1.6 Εναλλαγή Ετικέτας με Πολλαπλό Πρωτόκολλο(Multi-Protocol Label Switching-MPLS)</a>	14
<a href="#">1.7 Απαιτήσεις για ποιότητα υπηρεσίας στο Διαδίκτυο</a>	16
<a href="#">1.8 Εξυπηρέτηση απαιτητικών εφαρμογών</a>	16
<a href="#">1.8.1 Κλιμάκωση</a>	18
<a href="#">1.8.2 Εύκολη διαχείριση και Παρακολούθηση χρήσης πόρων</a>	18
<a href="#">1.9 Διαφορετικές υλοποιήσεις και λειτουργικά συστήματα</a>	19
<a href="#">Κεφάλαιο 2ο</a>	20
<a href="#">2.0 Ενοποιημένες υπηρεσίες (Integrated Services)</a>	20
<a href="#">2.1 Υπηρεσίες IntServ</a>	22
<a href="#">2.2 Η κλάση εγγυημένης υπηρεσίας</a>	23
<a href="#">2.3 Συνιστώσες του μοντέλου IntServ</a>	25
<a href="#">2.4 Μειονεκτήματα του Μοντέλου IntServ</a>	27
<a href="#">Κεφάλαιο 3ο</a>	28
<a href="#">3.0 Το πρωτόκολλο RSVP</a>	28
<a href="#">3.1 Μειονεκτήματα του RSVP</a>	31
<a href="#">3.2 Λειτουργίες προ δρομολόγησης (Δρομολογητές απόληξης)</a>	32
<a href="#">3.3 Λειτουργίες μετα-δρομολόγησης (Δρομολογητές απόληξης και πυρήνα)</a>	33
<a href="#">3.4 Σύγκριση IntServ με DiffServ</a>	34
<a href="#">Κεφάλαιο 4ο</a>	36
<a href="#">4.0 Cloud Computing</a>	36
<a href="#">4.1 Τι είναι το Cloud Computing</a>	37
<a href="#">4.2 Βασικά Λειτουργικά Χαρακτηριστικά του Cloud Computing:το Cloud Computing</a>	39
<a href="#">4.3 Η ιστορία του Cloud Computing</a>	42
<a href="#">4.4 Τα 5 γεγονότα κλειδιά στην ιστορία του Cloud Computing</a>	44
<a href="#">Κεφάλαιο 5ο</a>	46

<a href="#">5.0 Μοντέλα παροχής υπηρεσιών Cloud Computing.....</a>	<a href="#">46</a>
<a href="#">5.1 Λογισμικό ως υπηρεσία (SaaS).....</a>	<a href="#">47</a>
<a href="#">5.2 Πλεονεκτήματα του SaaS.....</a>	<a href="#">48</a>
<a href="#">3.7.1 Μειονεκτήματα του SaaS.....</a>	<a href="#">51</a>
<a href="#">5.3 Υλοποιήσεις Cloud.....</a>	<a href="#">53</a>
<a href="#">5.4 Γιατί επιλέγουν Cloud Computing.....</a>	<a href="#">55</a>
<a href="#">5.5 Συστατικά Cloud Computing.....</a>	<a href="#">57</a>
<a href="#">5.6 Τι είναι ο Hypervisor του Xen.....</a>	<a href="#">59</a>
<a href="#">5.7 Xen Hypervisor.....</a>	<a href="#">59</a>
<a href="#">5.8 Domain 0.....</a>	<a href="#">60</a>
<a href="#">5.9 Η λειτουργία του Xen.....</a>	<a href="#">61</a>
<a href="#">5.9.1 Χαρακτηριστικά απεύθυνσης και στήριξης του Xen.org.....</a>	<a href="#">64</a>
<a href="#">6.0 Συμπεράσματα.....</a>	<a href="#">65</a>
<a href="#">6.1 Βιβλιογραφία.....</a>	<a href="#">66</a>
<a href="#">Παράρτημα.....</a>	<a href="#">67</a>

## Κεφάλαιο 1°

### 1.0 Τι είναι η Ποιότητα Υπηρεσίας (Quality of Service-QoS)

Η ποιότητα υπηρεσίας αναφέρεται στη δυνατότητα ενός στοιχείου του δικτύου να έχει κάποιου τύπου επιβεβαίωση ότι η κυκλοφορία και οι απαιτήσεις της υπηρεσίας που προσφέρει θα ικανοποιηθούν. Η εφαρμογή της ποιότητας υπηρεσίας απαιτεί τη συνεργασία όλων των επιπέδων του δικτύου καθώς και κάθε στοιχείου του δικτύου από άκρη σε άκρη. Επιπλέον δεν μπορεί να δημιουργήσει εύρος ζώνης, αλλά διαχειρίζεται το υπάρχον εύρος ζώνης ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής και στις ρυθμίσεις διαχείρισης του δικτύου.

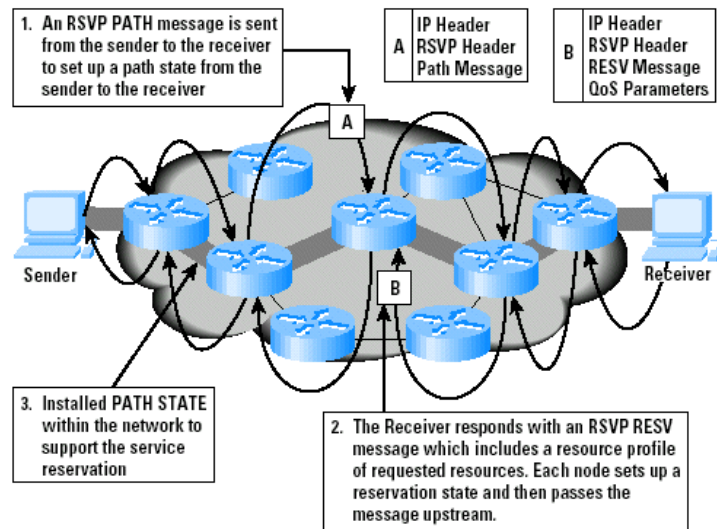
### 1.2 Τύποι ποιότητας υπηρεσίας

Υπάρχουν δύο τύποι ποιότητας υπηρεσίας:

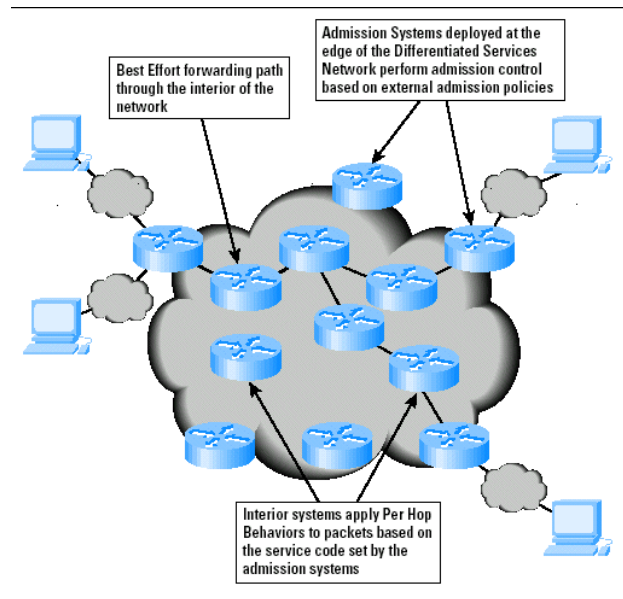
- **Η δέσμευση των πόρων (resource reservation):** ανήκει στην κατηγορία των ενσωματωμένων υπηρεσιών (integrated services), όπου οι πόροι του δικτύου διαμερίζονται σύμφωνα με την απαίτηση μια εφαρμογής για εύρος ζώνης. Εδώ η εφαρμογή προχωράει μόνο αν το δίκτυο υποδείξει ότι μπορεί να μεταφέρει το επιπλέον φορτίο στο επίπεδο που του ζητείται. Η δέσμευση παραμένει εν ενεργεία, μέχρι η εφαρμογή να απαιτήσει τον τερματισμό της ή μέχρι το δίκτυο να υποδείξει ότι δεν μπορεί να συνεχίσει τη δέσμευση. Το βασικό στοιχείο αυτού του μοντέλου είναι «όλα ή τίποτα».

Είτε το δίκτυο αναλαμβάνει τη δέσμευση, οπότε και η εφαρμογή δεν χρειάζεται να ελέγχει το επίπεδο απόκρισης του δικτύου στην υπηρεσία, είτε το δίκτυο υποδεικνύει ότι δεν μπορεί να αναλάβει τη δέσμευση. Η προσέγγιση αυτή επιβάλλει τον έλεγχο της κατάστασης για κάθε εφαρμογή, και για μεγάλα δίκτυα, όπως το Διαδίκτυο, δεν φαίνεται να επαρκεί. Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται εδώ είναι το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων (Resource Reservation Protocol-RSVP).





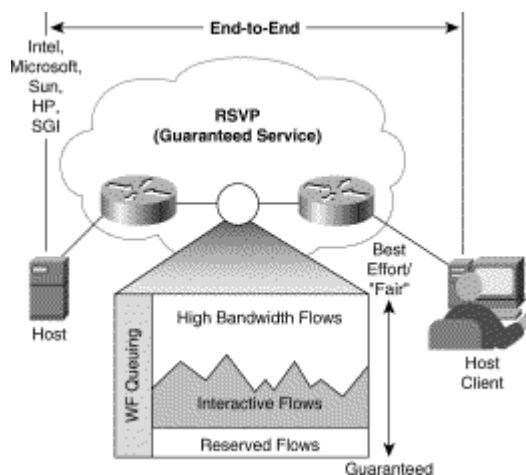
- Παραχώρηση Προτεραιότητας (prioritization):** ανήκει στην κατηγορία των διαφοροποιημένων υπηρεσιών (differentiated services). Εδώ το δίκτυο παρέχει μικρότερο αριθμό ενσωματωμένων υπηρεσιών και ενοποιεί τις παρόμοιες απαιτήσεις υπηρεσίας από μία ομάδα εφαρμογών σε μια μονή τάξη υπηρεσίας. Οι ενοποιημένες υπηρεσίες συνήθως αντιμετωπίζονται από το δίκτυο ως ένα φίλτρο εισόδου, όπου στην είσοδο του δικτύου το κάθε πακέτο κατηγοριοποιείται σε ένα συγκεκριμένο προφίλ υπηρεσίας. Η κατηγοριοποίηση αυτή μεταφέρεται μέσα στην επικεφαλίδα του πακέτου IP, χρησιμοποιώντας 6 bit από το TOS τμήμα της για τη μεταφορά της κωδικοποίησης της υπηρεσίας. Το δίκτυο μετά χρησιμοποιεί αυτόν τον κωδικό υπηρεσίας που βρίσκεται στην επικεφαλίδα του πακέτου, για να διαχειριστεί το πακέτο με τον ίδιο ακριβώς τρόπο με όλα τα άλλα πακέτα που έχουν τον ίδιο κωδικό υπηρεσίας. Ενώ αυτή η προσέγγιση έχει τη δυνατότητα να καλύψει ολόκληρο το Διαδίκτυο, υπάρχουν πολλά άλυτα θέματα τα οποία σχετίζονται με την αποστολή σήματος μεταξύ των ξεχωριστών εφαρμογών και του δικτύου. Το μοντέλο της ενοποιημένης υπηρεσίας δεν επιτρέπει σε μια μεμονωμένη εφαρμογή να καταλάβει αν λαμβάνει την απαραίτητη απόκριση υπηρεσίας από το δίκτυο. Η υπηρεσία αυτή παρέχεται από το πρωτόκολλο Diffserv.



Τα δύο παραπάνω πρωτόκολλα δεν αποκλείουν το ένα το άλλο, αλλά μπορούν να συνεργαστούν. Για το λόγο αυτό είναι σχεδιασμένα για συνδυασμένη χρήση, έτσι ώστε να μπορούν να εξυπηρετήσουν τις διάφορες λειτουργίες ενός δικτύου.

### 1.3 Η μέθοδος RSVP

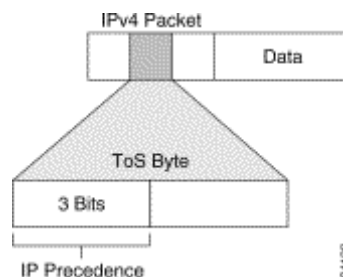
Το RSVP είναι ένα πρωτόκολλο που καθιερώθηκε από τον IETF για να επιτρέπει σε μία εφαρμογή να δεσμεύει το εύρος ζώνης του δικτύου δυναμικά. Επιτρέπει σε εφαρμογές να κάνουν αίτηση για συγκεκριμένη ποιότητα υπηρεσίας για μία ροή δεδομένων, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Οι εξυπηρετητές και οι δρομολογητές χρησιμοποιούν το RSVP για την παράδοση των αιτήσεων ποιότητας υπηρεσίας στους δρομολογητές που βρίσκονται στο μονοπάτι του ρεύματος δεδομένων και για να διατηρήσουν την κατάσταση του δρομολογητή και του εξυπηρετητή ώστε να μπορεί να προσφέρει την ζητούμενη υπηρεσία, που είναι συνήθως το εύρος ζώνης και ο χρόνος που απαιτείται για να διανύσει ένα σήμα την απόσταση μεταξύ δύο σημείων του δικτύου (latency). Το RSVP χρησιμοποιεί τη μέση τιμή μετάδοσης δεδομένων, το μεγαλύτερο αριθμό δεδομένων που μπορεί να κρατήσει σε ουρά ο δρομολογητής, και το ελάχιστο QOS για τον καθορισμό του δεσμευμένου εύρους ζώνης.

#### 1.4 Τι είναι η προτεραιότητα IP

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί τα 3 bit προτεραιότητας που υπάρχουν στο Type of Service της επικεφαλίδας του IPv4 για να καθορίσει την τάξη της υπηρεσίας για κάθε πακέτο.



Με τη χρήση της προτεραιότητας IP, η κυκλοφορία μπορεί να χωριστεί σε έξι διαφορετικές τάξεις υπηρεσιών. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για δημιουργία ουρών μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιήσουν αυτό το σήμα για τον κατάλληλο χειρισμό των δεδομένων.

Χαρακτηριστικά όπως η δρομολόγηση σύμφωνα με την πολιτική που έχει χαραχτεί από την εταιρία και το δεσμευμένο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων (committed access rate- CAR) μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να καθοριστεί η προτεραιότητα βάσει της ταξινόμησης που καθορίζεται από μια διευρυμένη λίστα πρόσβασης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλη ελαστικότητα στην εκχώρηση προτεραιότητας, κάτι που περιλαμβάνει εκχώρηση κατά εφαρμογή ή χρήστη, ή κατά το υποδίκτυο προορισμό και προέλευσης, κ.λ.π. Τυπικά, η λειτουργία αυτή εκτελείται όσο πιο κοντά γίνεται στην άκρη του δικτύου (στον τομέα διαχείρισης), έτσι ώστε κάθε

διαδοχικό στοιχείο του δικτύου να μπορεί να προσφέρει υπηρεσίες ανάλογα με την προκαθορισμένη πολιτική.

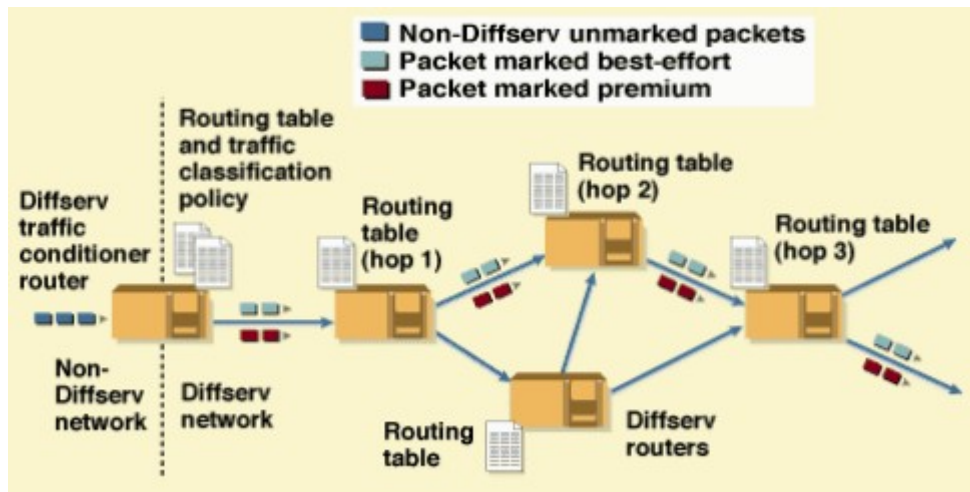
Η προτεραιότητα IP μπορεί να καθοριστεί στο στον εξυπηρετητή ή στον πελάτη του δικτύου. Επίσης με την υπηρεσία αυτή μπορούν να δημιουργηθούν τάξεις υπηρεσιών με χρήση των υπάρχοντων μηχανισμών δημιουργίας ουρών που έχει το δίκτυο (π.χ. WFQ), χωρίς να γίνουν αλλαγές στις υπάρχουσες εφαρμογές ή στις απαιτήσεις του δικτύου. Η μέθοδος αυτή μπορεί να επεκταθεί ώστε να υποστηρίζει και το IPv6.

### **1.5 Το πρωτόκολλο DiffServ**

Η γενική προσέγγιση στο DiffServ, είναι να κατηγοριοποιήσουμε τις πολλές ανεξάρτητες ροές (microflows) που διακινούνται μεταξύ των κόμβων μας, σε 3 κλάσεις, και μετά εφαρμόζουμε μια διαφορετική εξυπηρέτηση σε κάθε κλάση σε κάθε κόμβο (router) από το οποίο περνά το πακέτο. Αυτή η κατηγοριοποίηση (classification) συμβαίνει στους Ingress Routers των οποίων η λειτουργία θα αναλυθεί πιο κάτω. Σε κάθε πακέτο προστίθεται η πληροφορία της κατηγοριοποίησης, στο header του πακέτου. Έτσι το κάθε πακέτο λαμβάνει μια συγκεκριμένη ιδιότητα η οποία αναγράφεται στο header του πακέτου, και σύμφωνα με την οποία προωθείται.

Αυτό το μαρκάρισμα (δηλαδή η προσθήκη πληροφοριών στο header), μπορεί να γίνει οπουδήποτε μέσα στο δίκτυο, αλλά πιθανότατα τελικά να γίνεται μόνο στους edge routers. Ένα πακέτο το οποίο έχει μαρκιαστεί με τον ίδιο τρόπο με ένα άλλο πακέτο θα λάβει ακριβώς την ίδια ποιότητα εξυπηρέτησης μέσα στο δίκτυο μας. Έτσι το κάθε πακέτο δεν έχει δική του κατάσταση για την ποιότητα εξυπηρέτησης που ζητά , αλλά μόνο έχει το marking στο header του , το οποίο μπορεί εύκολα να επεξεργαστεί από τους core routers. Ωστόσο για να επιτευχθεί το ανάλογο marking των πακέτων μας εφαρμόζονται κάποιοι κανόνες. Αυτοί οι κανόνες πρέπει να είναι αποδεκτοί από κοινού και από τις δυο πλευρές δικτύων (joined agreements) που διακινούν πακέτα, και όχι συμφωνίες μεταξύ όλων των δεικτών (multilateral agreements).

Θα μπορούσαμε λοιπόν να πούμε ότι το Diffuser προϋποθέτει την ύπαρξη ενός Service Level Agreement (SLA) μεταξύ των δικτύων που διαπραγματεύονται κάποια πακέτα. Το SLA εγκαθιδρύει τα policy κριτήρια και ορίζει ουσιαστικά το traffic profile.



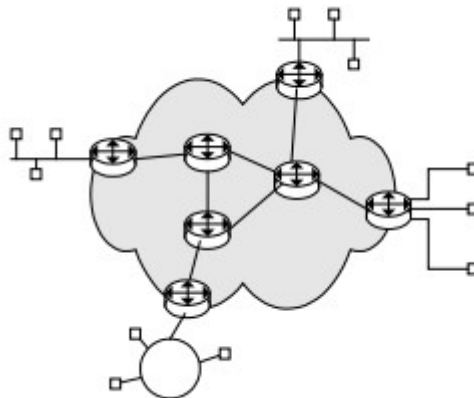
Στο σχήμα φαίνεται πως τα unmarked πακέτα που εισέρχονται από ένα Non-DiffServ δίκτυο, θα εισέλθουν στο DiffServ δίκτυο μας, ενώ ταυτόχρονα γίνονται marked τα header τους.

Υπάρχουν τρεις οντότητες οι οποίες συνεργάζονται για να προσφέρουν μια υπηρεσία DiffServ:

- **Per-Hop Behaviors (PHBs):** που ορίζει την ειδική μεταχείριση που θα λάβει το κάθε πακέτο, σε κάθε κόμβο, κατά την διάρκεια της προώθησης (forwarding time) στο δίκτυο. Ένα PHB μπορεί να εκφραστεί relatively (δηλαδή σε σχέση με άλλα PHBs) ή absolutely (σε bandwidth & delays).
- **Traffic Conditioners:** οι οποίοι τροποποιούν τις αθροισμένες ροές κατά τέτοιο τρόπο που να επιβάλλουν τους κανόνες που προκαθορίστηκαν, για κάθε υπηρεσία
- **Bandwidth Brokers (Policy Managers):** οι οποίοι δουλεύουν για να επιτύχουν την ασφάλεια μεταξύ των κόμβων.

## 1.6 Εναλλαγή Ετικέτας με Πολλαπλό Πρωτόκολλο(Multi-Protocol Label Switching-MPLS)

Η Μεταγωγή Ετικέτας Πολλαπλών Πρωτοκόλλων αποτελεί μετεξέλιξη της τεχνολογίας Tag switching και μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για το πρωτόκολλο του διαδικτύου IP όσο και για άλλα πρωτόκολλα επιπέδου. Η βασική λειτουργία της τεχνολογία MPLS είναι να προωθεί τα πακέτα χρησιμοποιώντας ετικέτες που έχουν προσαρτηθεί σε κάθε πακέτο, οι οποίες διανέμονται μεταξύ των κόμβων που αποτελούν το δίκτυο. Στα συμβατικά δίκτυα IP, οι τελικοί χρήστες συνδέονται σε δρομολογητές απόληξης (edge routers) μέσω δικτύων πρόσβασης. Σήμερα υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι δικτύων πρόσβασης όπως για παράδειγμα τοπικά δίκτυα (Ethernet, Token Ring), δημόσια δίκτυα πρόσβασης μέσω του τηλεφωνικού δικτύου (dial-up access), δίκτυα σταθερής πρόσβασης (όπως για παράδειγμα δίκτυα που βασίζονται στη τεχνολογία Asymmetric Digital Subscriber Line, ADSL) κλπ. Οι δρομολογητές απόληξης διασυνδέονται μεταξύ τους μέσω δρομολογητών του δικτύου πυρήνα.



Τυπικό δίκτυο IP

Όπως είναι γνωστό η βασική λειτουργία των δρομολογητών είναι η γρήγορη και αποτελεσματική προώθηση πακέτων από την πηγή προς τον προορισμό. Για να εκτελέσουν την παραπάνω λειτουργία, οι δρομολογητές χρειάζεται να γνωρίζουν την τοπολογία και την κατάσταση του δικτύου και φυσικά τη θέση του παραλήπτη των πακέτων. Για το σκοπό αυτό, οι δρομολογητές ανταλλάσσουν πληροφορία μεταξύ τους, μέσω ειδικών πρωτοκόλλων, η οποία τους γνωστοποιεί την τοπολογία και την κατάσταση του δικτύου. Με βάση την παραπάνω πληροφορία, κάθε δρομολογητής μπορεί και υπολογίζει την βέλτιστη διαδρομή (για την ακρίβεια τον επόμενο

δρομολογητή, next hop) για κάθε κλάση ισοδύναμης προώθησης (Forwarding Equivalence

Class, FEC). Η κλάση ισοδύναμης προώθησης υποδηλώνει ένα σύνολο πακέτων με τον ίδιο προορισμό και ίσως την ίδια ποιότητα υπηρεσίας. Έτσι, κάθε δρομολογητής δημιουργεί μια βάση δεδομένων (Forwarding Information Base, FIB) η οποία στην ουσία είναι ένας πίνακας με μία γραμμή ανά κλάση ισοδύναμης προώθησης. Κάθε δρομολογητής που λαμβάνει ένα πακέτο ελέγχει σε ποια κλάση ισοδύναμης προώθησης ανήκει το συγκεκριμένο πακέτο και το χειρίζεται ανάλογα.

Ο ρόλος της Μεταγωγή Ετικέτας Πολλαπλών Πρωτοκόλλων (MPLS) στη σημερινή αρχιτεκτονική του διαδικτύου, στηρίζεται στο γεγονός της χρήσης δικτύων προσανατολισμένων σε σύνδεση (connection-oriented), ως υποδομή για δίκτυα που μεταφέρουν πακέτα (datagrams). Ο διαχωρισμός των στρωμάτων των δικτύων πακέτου (datagram) και των δικτύων προσανατολισμένων σε σύνδεση (connection-oriented) δεν επιτρέπει την πλήρη εκμετάλλευση των ιδιοτήτων των δευτέρων. Με τη χρήση του MPLS δημιουργείται μια εικονική σύνδεση μεταξύ δύο σημείων ενός δικτύου πακέτου, και μέσω αυτής μεταφέρεται κίνηση πακέτων (datagrams).

Το MPLS απλοποιεί την διαδικασία δρομολόγησης (μειώνει τις γενικές επιβαρύνσεις-overhead- για να αυξήσει την απόδοση). Παρακάτω περιγράφεται η διαδικασία που χρησιμοποιούν οι δρομολογητές με MPLS, οι οποίοι ονομάζονται Δρομολογητές Εναλλαγής Ετικέτας (Label Switching Routers-LSR):

- Στον πρώτο δρομολογητή του δικτύου ο δρομολογητής αποφασίζει που θα προωθήσει το πακέτο σύμφωνα με τη διεύθυνση αποστολής του και μετά καθορίζει την τιμή της ετικέτας. Έτσι καθορίζεται η Τάξη Ισοδυναμίας Προώθησης (Forwarding Equivalence Class-FEC). Η τιμή της ετικέτας προσαρτείται στο πακέτο το οποίο στη συνέχεια προωθείται στον επόμενο δρομολογητή.
- Στον δεύτερο δρομολογητή, η ετικέτα χρησιμοποιείται ως δείκτης σε ένα πίνακα ο οποίος καθορίζει τον επόμενο δρομολογητή και μία νέα ετικέτα. Το LSR προσαρτεί την νέα αυτή ετικέτα και το πακέτο προωθείται ξανά.

Η διαδρομή που ακολουθεί ένα MPLS πακέτο ονομάζεται Μονοπάτι Εναλλαγής Ετικέτας (Label Switch Path-LSP).

### **1.7 Απαιτήσεις για ποιότητα υπηρεσίας στο Διαδίκτυο**

Μεγάλο μέρος της έρευνας για το Διαδίκτυο στρέφεται στο να εντοπιστούν και να προδιαγραφούν οι απαιτήσεις ώστε οι επόμενες υλοποιήσεις του Διαδικτύου να προσφέρουν ποιότητα υπηρεσίας, διαφορετική από αυτή που υπάρχει μέχρι σήμερα. Έτσι μια λύση που θα επέτρεπε την ύπαρξη QoS στο Διαδίκτυο για να είναι επιτυχημένη θα πρέπει:

- Να εξυπηρετεί προηγμένες εφαρμογές.
- Να μπορεί να εφαρμοστεί σε ευρεία κλίμακα και να είναι κλιμακούμενη.
- Να είναι εύκολη η διαχείριση των δικτύων που θα προκύψουν.
- Να είναι δυνατή η διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών υλοποιήσεων τόσο σε επίπεδο εξοπλισμού όσο και στο επίπεδο δικτύων (clouds).
- Να μπορεί να υποστηριχτεί από διαφορετικά λειτουργικά συστήματα.

### **1.8 Εξυπηρέτηση απαιτητικών εφαρμογών**

Η συνήθης απάντηση των προγραμματιστών στην ερώτηση "τι QoS χρειάζονται από το δίκτυο", είναι ότι χρειάζονται όσο περισσότερο εύρος ζώνης γίνεται, ελάχιστη καθυστέρηση και διακύμανση καθυστέρησης (jitter) και τις μικρότερες κατά το δυνατόν απώλειες πακέτων. Η απάντηση αυτή αν και κοινότυπη είναι αποτέλεσμα της σημερινής πραγματικότητας, η οποία αναγκάζει τους προγραμματιστές δικτυακών εφαρμογών στο να γράφουν εφαρμογές, που να μπορούν να προσαρμόζονται σε μεγάλα εύρη ρυθμού διέλευσης πακέτων (throughput). Δηλαδή η βασική τους μέριμνα είναι να φτιάχνουν εφαρμογές τέτοιες ώστε να λειτουργούν σωστά και προβλέψιμα κάτω από τις αντίξοες συνθήκες συμφόρησης, που δημιουργεί η μοναδική σήμερα υπηρεσία βέλτιστης προσπάθειας του Internet.

Για να υποστηριχθεί η ανάπτυξη προχωρημένων δικτυακών εφαρμογών τα κύρια πρωτόκολλα του στρώματος μεταφοράς του Internet με πρώτο το TCP, σχεδιάστηκαν και βελτιστοποιήθηκαν κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ελαττώνουν την κίνηση που παράγουν στην περίπτωση συμφόρησης και φυσικά να την μεγιστοποιούν στην περίπτωση απουσίας συμφόρησης και διάθεσης εύρους ζώνης. Στην σημερινή υλοποίηση του Internet κάθε νέα σύνδεση γίνεται πάντοτε δεκτή και ποτέ ένα δίκτυο βέλτιστης προσπάθειας δε αρνείται την εξυπηρέτησή της. Με αυτόν τον τρόπο κάθε



νέα σύνδεση επιβαρύνει την επίδοση των ήδη εγκατεστημένων συνδέσεων, δίνοντας την εντύπωση στον χρήστη ότι ένα δίκτυο βέλτιστης προσπάθειας δεν είναι ποτέ πλήρως κατειλημμένο, αντίθετα με αυτό που συμβαίνει στ συνήθη τηλεφωνικά δίκτυα.

Σε αντίθεση με το κλασσικό Internet, ένας χρήστης δικτύου που υποστηρίζει QoS αντιλαμβάνεται ένα μοντέλο υπηρεσίας παρόμοιο με αυτό ενός τηλεφωνικού δικτύου. Έτσι σε πρώτη φάση λαμβάνει χώρα μία διαδικασία παρόμοια με αυτή της εγκατάστασης κλήσης, όπου ο χρήστης προσπαθεί να αρχικοποιήσει μια σύνδεση και να δεσμεύσει τους απαραίτητους πόρους. Υποθέτοντας ότι η κλήση έχει γίνει δεκτή, ο χρήστης έχει στην διάθεση του έναν καθαρό τηλεπικοινωνιακό δίαυλο. Στην αντίθετη περίπτωση, ο χρήστης λαμβάνει ένα σήμα κατειλημμένου, που τον ειδοποιεί ότι η αίτησή του για σύνδεση με την συγκεκριμένη ποιότητα δεν έγινε δεκτή. Το παραπάνω παράδειγμα καταδεικνύει την ανάγκη για σημαντικές αλλαγές στο τρόπο με τον οποίο σχεδιάζονται οι εφαρμογές σήμερα, ώστε να προσαρμόζονται αλλά και να εκμεταλλεύονται στο έπακρο τις νέες προσφερόμενες δικτυακές υπηρεσίες με ποιότητα.

Οι μελέτες διάφορων ερευνητικών κέντρων πάνω στο θέμα των δικτυακών απαιτήσεων των εφαρμογών οδήγησε σε κάποια συμπεράσματα για τις παραμέτρους κίνησης, αλλά ακόμη το πεδίο είναι ανοιχτό για περαιτέρω έρευνα ώστε τα αποτελέσματα να είναι πιο συγκεκριμένα. Το κύριο θέμα των απαιτήσεων για ποιότητα υπηρεσίας ανεξαρτήτως της είναι η διασφάλιση (assurance) ορισμένων παραμέτρων κίνησης. Από τις παραμέτρους κίνησης αυτές που αναφέρονται συχνότερα είναι το εύρος ζώνης και η καθυστέρηση. Προβλέπεται ότι για τις εφαρμογές που θα αναπτυχθούν στο κοντινό μέλλον θα χρειάζεται εύρος ζώνης μερικών megabits ανά δευτερόλεπτο (<10Mbps) και καθυστέρηση που θα κυμαίνεται μεταξύ 30 και 500ms. Μερικές εφαρμογές απαιτούν επίσης αυστηρά όρια για τη διακύμανση καθυστέρησης, αλλά τα προβλήματα αυτά συνήθως μπορούν να αντιμετωπιστούν με play-back ενταμιευτές εγκατεστημένους στους παραλήπτες των πακέτων.

### **1.8.1 Κλιμάκωση**

Μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις στο σχεδιασμό του Διαδικτύου είναι η παροχή ποιότητας υπηρεσίας από άκρη σε άκρη για μεγάλο αριθμό ενεργών συνδέσεων και παράλληλα η διασφάλιση της βέλτιστης εκμετάλλευσης των πόρων του διαδικτύου από τις εφαρμογές. Λύσεις στο πρόβλημα της ποιότητας υπηρεσίας, οι οποίες απαιτούν μεγάλο όγκο πληροφορίας για την κατάσταση κάθε ροής πακέτων και μεγάλη υπολογιστική ισχύ από τις μηχανές προώθησής τους, δεν μπορούν να δώσουν μια πραγματική απάντηση, καθώς ο αριθμός των χρηστών που απαιτούν QoS αυξάνεται συνεχώς. Το πρόβλημα γίνεται πιο έντονο στα σημεία συγκέντρωσης της κίνησης του δικτύου, όπως είναι οι δρομολογητές πυρήνα (core routers) του Διαδικτύου, που είναι αναγκασμένοι να προωθούν χιλιάδες ροές με υψηλές ταχύτητες μετάδοσης. Το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων (Resource Reservation Protocol, RSVP), αποτελεί μία λύση τέτοιου τύπου, η οποία όπως έχει αποδειχτεί δε μπορεί να κλιμακωθεί και κατά συνέπεια οδηγούμαστε σε εναλλακτικές λύσεις όπως αυτή των Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών (DiffServ).

### **1.8.2 Εύκολη διαχείριση και Παρακολούθηση χρήσης πόρων**

Όπως σε κάθε δίκτυο με περιορισμένους πόρους έτσι και στο Διαδίκτυο απαιτούνται μηχανισμοί για την σωστή διαχείριση και χρέωση τους. Οι μηχανισμοί αυτοί πρέπει να λειτουργούν με αποδοτικό τρόπο ώστε να δίνουν στους τελικούς χρήστες όλα όσα υπόσχεται ένα ικανό δίκτυο QoS, χωρίς να δημιουργούνται επιπρόσθετα προβλήματα στο σχεδιασμό του δικτύου και στην διαχείριση του (από τηλεπικοινωνιακής άποψης). Επίσης οι μηχανισμοί αυτοί θα πρέπει να επιτρέπουν ένα ελαστικό σκετ από πολιτικές και να αποτρέπουν προσπάθειες εξαπάτησης από πλευράς χρηστών των υπηρεσιών QoS του δικτύου.

Η παρεχόμενη ποιότητα υπηρεσίας όπως είναι και το πιο πιθανό θα χρεώνεται ανάλογα. Για αυτό τον λόγο θα πρέπει να δίνεται η δυνατότητα και στους τελικούς χρήστες αλλά και στους λειτουργούς των δικτύων να μετρούν και να ελέγχουν την απόδοση του δικτύου και των παρεχόμενων υπηρεσιών. Η ανάγκη για παρακολούθηση του δικτύου προϋποθέτει όχι μόνο την ύπαρξη εργαλείων παρακολούθησης, αλλά και την ύπαρξη κατανόησης για το τι θα πρέπει να παρακολουθείται.

## 1.9 Διαφορετικές υλοποιήσεις και λειτουργικά συστήματα

Κάθε προσπάθεια και προτεινόμενη λύση για QoS στο Internet οφείλει να επιτρέπει την ύπαρξη πολλαπλών υλοποιήσεων των βασικών λειτουργικών οντοτήτων (προωθητές πακέτων, ταξινομητές πακέτων, έλεγχος αποδοχής), που θα μπορούν όμως να συνεργάζονται μεταξύ τους.

**Διαλειτουργικότητα σε επίπεδο υλικού:** Η ανάπτυξη τόσο λογισμικού όσο και υλικού για την καλύτερη ποιότητα υπηρεσίας στο Internet κάνουν επιτακτική την ανάγκη για νέα πρωτόκολλα. Η ανάγκη των παραπάνω οδηγούν στην τυποποίηση (standard) και ένας από τους φορείς που δραστηριοποιείται έντονα πάνω σε αυτό το θέμα είναι το IETF. Σήμερα βλέπουμε ότι οι κατασκευαστές όχι μόνο προσπαθούν να ακολουθήσουν πιστά τα Standard του IETF αλλά και να συμβάλουν σε αυτά.

**Διαλειτουργικότητα Διαφορετικών - Ανομοιογενών δικτύων (network clouds):** Μεταξύ διαφορετικών δικτύων μπορούμε να ανοίξουμε ένα κανάλι ροών μέσω σηματοδότησης και να ορίσουμε μέσω ειδικών πρωτοκόλλων την ποιότητα υπηρεσίας. Με αυτά τα πρωτόκολλα γίνονται οι διαπραγματεύσεις μεταξύ αυτόνομων δικτύων σύμφωνα με τις απαιτήσεις που έχουμε όσον αφορά την ποιότητα υπηρεσίας. Οι εσωτερικά υλοποιημένες ποιότητες υπηρεσίας είναι εξαρτώμενες από τις υφιστάμενες τεχνολογίες, εσωτερικές πολιτικές και αποφάσεις για τον τρόπο διαχείρισης του δικτύου.

Αυτά όλα κάνουν επιτακτική την ανάγκη για την δημιουργία προτύπων ώστε να βοηθηθεί η επικοινωνία και η διαπραγμάτευση μεταξύ ξένων δικτύων. Υποστήριξη από λειτουργικά συστήματα: Τα τερματικά συστήματα (hosts) πρέπει να είναι σε θέση να εγκαταστήσουν αιτήσεις ποιότητας υπηρεσίας για τις ροές τους. Τα τερματικά συστήματα πρέπει να είναι σε θέση να ορίσουν κατάλληλα στο δίκτυο τους εαυτούς τους ή τους χρηστές με αντικειμενικό σκοπό την εξακρίβωση της γνησιότητας του χρήστη (authentication), την εξουσιοδότηση (authorization) και τον λογιστικό έλεγχο (accounting). Επιπλέον, για την παροχή αληθινής ποιότητας υπηρεσίας από άκρη σε άκρη στο δίκτυο, τα λειτουργικά συστήματα θα χρειαστούν να υποστηρίξουν ροές που απαιτούν QoS. Αυτού του είδους η πραγματικού χρόνου λειτουργικότητα ("real-time functionality") δεν υπάρχει στα περισσότερα σημερινά τερματικά συστήματα, όπου πακέτα μπορούν να υποστούν συμφόρηση λόγω της στοίβας δικτύου στο λειτουργικό σύστημα, μνήμης του συστήματος ή χρόνου επεξεργασίας.

## Κεφάλαιο 2°

### 2.0 Ενοποιημένες υπηρεσίες (Integrated Services)

Ο οργανισμός Internet Engineering Task Force (IETF), ανταποκρινόμενος στην απαίτηση για ανάπτυξη ολοκληρωμένων υπηρεσιών στο Διαδίκτυο, προχώρησε στην ανάπτυξη της αρχιτεκτονικής Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών (Integrated Services architecture ή εν συντομία IntServ). Η αρχιτεκτονική IntServ σχεδιάστηκε αρχικά για να παρέχει ένα σύνολο προεκτάσεων στο παραδοσιακό μοντέλο μετάδοσης «καλύτερης προσπάθειας» (best effort) του Διαδικτύου. Στόχος της ήταν να παρέχει κάποια ιδιαίτερη μεταχείριση σε ορισμένους τύπους κυκλοφορίας / κίνησης και να παρέχει ένα μηχανισμό στις εφαρμογές ώστε αυτές να έχουν τη δυνατότητα να επιλέξουν ανάμεσα σε πολλά επίπεδα υπηρεσιών μετάδοσης.

Η βασική ιδέα της αρχιτεκτονικής IntServ είναι ότι δεν απαιτείται να τροποποιηθεί η βασική υποκείμενη αρχιτεκτονική του Διαδικτύου, αλλά αρκεί να προστεθούν κάποιες προεκτάσεις που θα παρέχουν υπηρεσίες πέρα από την παραδοσιακή υπηρεσία «καλύτερης προσπάθειας» (best effort). Η ομάδα εργασίας του μοντέλου IntServ έχει εστιάσει στους εξής στόχους:

- Στον ξεκάθαρο καθορισμό των υπηρεσιών που θα παρέχονται. Δηλαδή στον καθορισμό και την τεκμηρίωση αυτού του νέου και βελτιωμένου μοντέλου υπηρεσιών του Διαδικτύου.
- Στον καθορισμό των υπηρεσιών στο επίπεδο της εφαρμογής, του χρονοπρογραμματισμού των δρομολογητών του Διαδικτύου σχετικά με την δέσμευση των δικτυακών πόρων, και των διασυνδέσεων των δρομολογητών μεταξύ τους (Link Layer).
- Στην ανάπτυξη απαιτήσεων εγκυρότητας στους δρομολογητές του Διαδικτύου για να εξασφαλίζεται η παροχή της κατάλληλης υπηρεσίας. Το Διαδίκτυο θα συνεχίσει να περιέχει ένα ετερογενές σύνολο δρομολογητών, να τρέχει διάφορα πρωτόκολλα δρομολόγησης και να χρησιμοποιεί διαφορετικούς αλγόριθμους δρομολόγησης. Για αυτό η ομάδα εργασίας πρέπει να θέσει κάποιες απαιτήσεις στους δρομολογητές που θα εξασφαλίζουν ότι το Διαδίκτυο μπορεί να υποστηρίξει το νέο μοντέλο υπηρεσιών.

Ο όρος εγγύηση ποιότητας υπηρεσίας (Quality of Service - QoS) στο περιβάλλον του IntServ αναφέρεται στη φύση της υπηρεσίας μετάδοσης πακέτων που παρέχεται από

το δίκτυο, όπως αυτή χαρακτηρίζεται από παραμέτρους όπως το εύρος ζώνης, η καθυστέρηση μετάδοσης πακέτων και ο ρυθμός απώλειας πακέτων. Κόμβος του δικτύου θεωρείται κάθε συνιστώσα του δικτύου που χειρίζεται πακέτα δεδομένων και έχει τη δυνατότητα επιβολής ελέγχου ποιότητας υπηρεσίας στα δεδομένα που ρέουν διαμέσου της. Στους κόμβους συμπεριλαμβάνονται οι δρομολογητές, τα τελικά συστήματα και τα υποδίκτυα. Ένας IntServ - capable κόμβος είναι ένας κόμβος του δικτύου που μπορεί να παρέχει μία ή περισσότερες υπηρεσίες του μοντέλου IntServ. Ένας IntServ - aware κόμβος είναι ένας κόμβος του δικτύου που υποστηρίζει τις συγκεκριμένες διασυνδέσεις που απαιτούνται από το μοντέλο αλλά που δε μπορεί να παρέχει τη ζητούμενη υπηρεσία. Παρόλο που ένας IntServ - aware κόμβος δε μπορεί να παρέχει καμία από τις υπηρεσίες QoS, μπορεί απλά να κατανοεί τις παραμέτρους της ζητούμενης υπηρεσίας και να απαντάει αρνητικά σε αυτές τις αιτήσεις. Σημαντικό ρόλο στο μοντέλο IntServ παίζει η έννοια του ελέγχου των πόρων. Οι πόροι του δικτύου (π.χ. εύρος ζώνης) πρέπει να ελέγχονται ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο ποιότητα υπηρεσίας.

Μια θεμελιώδης αρχή του μοντέλου IntServ είναι ότι η κυκλοφορία που διαχειρίζεται από αυτό το μοντέλο πρέπει να υπόκειται σε μηχανισμούς ελέγχου αποδοχής. Επίσης, εκτός από τον έλεγχο αποδοχής, το μοντέλο IntServ φροντίζει για ένα μηχανισμό δέσμευσης πόρων. Οι εφαρμογές πραγματικού χρόνου δε μπορούν να ικανοποιηθούν χωρίς εγγυήσεις πόρων, και οι εγγυήσεις πόρων δε μπορούν να γίνουν χωρίς δέσμευση πόρων. Για την υλοποίηση αυτού του μηχανισμού δέσμευσης πόρων χρησιμοποιείται ένα πρωτόκολλο, όπως το RSVP (Resource Reservation Setup Protocol). Σκοπός του πρωτοκόλλου αυτού είναι να αποτελεί το μέσο καθορισμού των πόρων του δικτύου που απαιτούνται για την επίτευξη της απαιτούμενης ποιότητας υπηρεσίας. Η λογική του RSVP είναι πως πρέπει κατά μήκος όλης της διαδρομής που ακολουθούν τα πακέτα, να γίνουν δεσμεύσεις πόρων σύμφωνα με τις ανάγκες της κάθε εφαρμογής. Η διαδικασία δέσμευσης πόρων είναι ακολουθιακή και ο πρώτος δρομολογητής στέλνει κατάλληλο μήνυμα στον επόμενο όπου ζητά δέσμευση πόρων. Η διαδικασία αυτή εξελίσσεται μέχρι να φτάσει στον παραλήπτη, ο οποίος τότε στέλνει στην αντίθετη διαδρομή επιβεβαιώσεις κράτησης.

Οι IntServ υπηρεσίες που έχουν προταθεί έως σήμερα είναι:

- Η κλάση ελεγχόμενου φορτίου
- Η κλάση εγγυημένης υπηρεσίας

## 2.1 Υπηρεσίες IntServ

### Η κλάση ελεγχόμενου φορτίου

Η κλάση ελεγχόμενου φορτίου παρέχει σχεδόν την ίδια ποιότητα υπηρεσίας τόσο κάτω από συνθήκες υπερφόρτωσης δικτύου όσο και κάτω από συνθήκες ελαφριάς κίνησης στο δίκτυο. Η βασική διαφορά σε σχέση με την υπάρχουσα κλάση βέλτιστης προσπάθειας του Διαδικτύου είναι ότι η αύξηση της τηλεπικοινωνιακής κίνησης μέσα στο δίκτυο δεν επιδεινώνει την ποιότητα υπηρεσίας των ροών που υπόκεινται στη κλάση ελεγχόμενου φορτίου. Αντίθετα, μια ροή που υπόκειται στην κλάση βέλτιστης προσπάθειας θα υπόκειντο σε συνεχή και σταδιακή χειροτέρευση της προσφερόμενης ποιότητας υπηρεσίας με την αύξηση του φόρτου του δικτύου.

Η κατηγορία ελεγχόμενου φορτίου είναι κατάλληλη για υπηρεσίες πολυμέσων, οι οποίες μπορούν να ανεχθούν μικρές απώλειες πακέτων και καθυστερήσεις, αρκεί αυτό να γίνεται μέσα σε ένα λογικό πλαίσιο. Για παράδειγμα, η υπηρεσία κινούμενης εικόνας κατά απαίτηση (Video On Demand) θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει τη συγκεκριμένη κλάση, αρκεί το τερματικό του δέκτη να έχει το κατάλληλο μέγεθος ενταμιευτή, ώστε να μπορεί να κρατήσει ψηφιακά δεδομένα, το χρονικό μήκος των οποίων πρέπει να είναι μεγαλύτερο από τη μέγιστη καθυστέρηση που μπορεί να εισάγει το δίκτυο. Μια τέτοιους είδους υπηρεσία πολυμέσων πραγματικού χρόνου ονομάζεται προσαρμοζόμενη υπηρεσία πραγματικού χρόνου (adaptive real-time application). Αντίθετα, για την υπηρεσία μετάδοσης φωνής μεταξύ δύο συνομιλητών, όπου η μέγιστη διαφορά φάσης δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 125ms, η κατηγορία ελεγχόμενου φορτίου είναι ακατάλληλη.

Μια περιγραφή των χαρακτηριστικών της κίνησης που παράγει μια εφαρμογή πολυμέσων, που θέλει να χρησιμοποιήσει την υπηρεσία ελεγχόμενου φορτίου, πρέπει πάντοτε να στέλνεται στο δίκτυο. Αν μια αίτηση για μια νέα ροή ελεγχόμενου φορτίου γίνει αποδεκτή από το δίκτυο, τότε οι δρομολογητές του δικτύου δεσμεύοντας τους κατάλληλους πόρους, διασφαλίζουν ότι τα πακέτα της συγκεκριμένης ροής θα απολαμβάνουν την ίδια ποιότητα υπηρεσίας ανεξάρτητα από το φόρτο του δικτύου. Σε συνθήκες χαμηλού φόρτου τα πακέτα της ροής αυτής απολαμβάνουν ουσιαστικά την ίδια ποιότητα υπηρεσίας με ροές που ανήκουν στη κλάση βέλτιστης προσπάθειας.

## 2.2 Η κλάση εγγυημένης υπηρεσίας

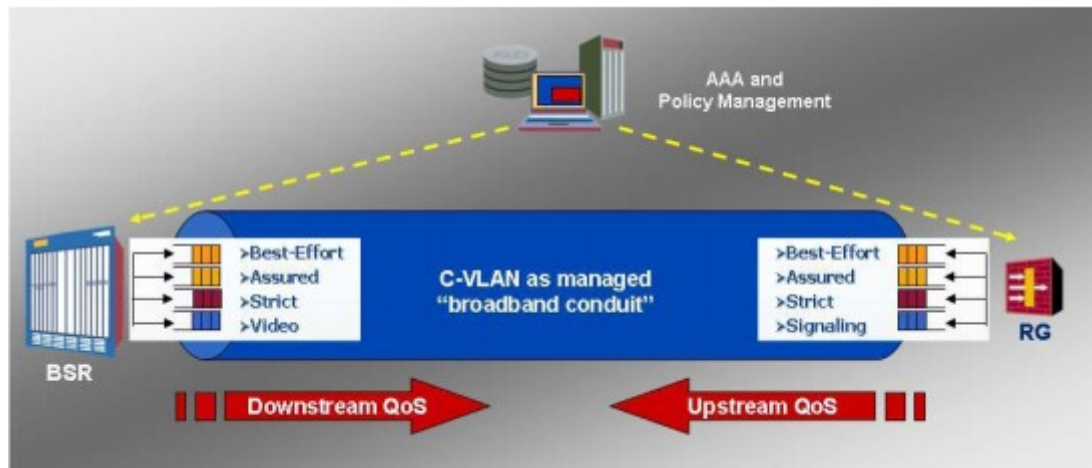
Τα πακέτα μιας ροής που υπόκεινται στη κλάση εγγυημένης υπηρεσίας φθάνουν στον προορισμό τους μέσα σε ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα, ενώ παράλληλα δεν πρόκειται να απορριφθούν λόγω υπερχείλισης των ενταμιευτών στους δρομολογητές του δικτύου. Τα παραπάνω βέβαια ισχύουν εφόσον η πηγή της συγκεκριμένης ροής στέλνει πακέτα στο δίκτυο σύμφωνα με τις παραμέτρους κίνησης που έχουν συμφωνηθεί με το δίκτυο. Ωστόσο, η κλάση εγγυημένης υπηρεσίας δεν ελέγχει την ελάχιστη ή την μέση καθυστέρηση μιας ροής, ούτε ελαχιστοποιεί τη διακύμανση της μέσης χρονικής απόστασης μεταξύ διαδοχικών πακέτων της συγκεκριμένης ροής (jitter). Η κλάση εγγυημένης υπηρεσίας προορίζεται για υπηρεσίες πολυμέσων με αυστηρότατες απαιτήσεις όσο αφορά το χρόνο παράδοσης των ψηφιακών δεδομένων.

Τέτοιες εφαρμογές είναι ορισμένες εφαρμογές μεταφοράς ήχου ή κινούμενης εικόνας όπου το μέγεθος των ενταμιευτών στους αποκωδικοποιητές είναι σταθερό και μικρό και έτσι κάθε καθυστερημένο πακέτο απορρίπτεται.

Η σχετική με το RSVP πληροφορία στέλνεται χωριστά από τα δεδομένα και μπορεί να βρίσκεται σε πακέτα IP, ή να ενσωματώνεται σε πακέτα UDP (UDP – encapsulated). Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του πρωτοκόλλου είναι η υποστήριξη δυναμικής μεταβολής του QoS μίας συγκεκριμένης ροής πακέτων, χωρίς να χρειάζεται κατάργηση και επανεκκίνηση της. Επίσης, ενδιαφέρον είναι το ότι η δέσμευση πόρων γίνεται από την πλευρά του δέκτη και όχι από του πομπού, κάτι που διευκολύνει την ύπαρξη συνόδων με μεγάλο αριθμό μελών, αλλά και την υποστήριξη διαφορετικού QoS για τους διάφορους δέκτες της ίδιας συνόδου. Οι δεσμεύσεις αυτές είναι «soft», δηλαδή πρέπει να ανανεώνονται περιοδικά από το δέκτη. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι, παρόλο που συνδέεται άμεσα με το IntServ μοντέλο, το RSVP μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες αρχιτεκτονικές. Η IntServ αρχιτεκτονική παρέχει τις ισχυρότερες δυνατές εγγυήσεις QoS.

Ωστόσο, είναι φανερό η μεγάλη πολυπλοκότητα που εισάγει, καθώς όλοι οι ενδιάμεσοι δρομολογητές θα πρέπει να αποθηκεύουν πληροφορίες για κάθε ροή. Υπάρχουν κάποιες αμφιβολίες για την δυνατότητα κλιμάκωσης (scalability) της συγκεκριμένης αρχιτεκτονικής σε περίπτωση πολλών ροών. Εκτός αυτού, σημαντικό μειονέκτημα φαίνεται να είναι το επιπλέον φορτίο που εισάγουν στο δίκτυο οι μηχανισμοί δέσμευσης πόρων, όπως το RSVP. Για ροές μικρής χρονικής διάρκειας (οι

οποίες είναι γνωστό ότι αποτελούν την πλειοψηφία των ροών στο Διαδίκτυο) που απαιτούν ποιότητα υπηρεσίας, η IntServ προσέγγιση είναι ασύμφορη. Τέλος, παρόλο που η RSVP κίνηση μπορεί να διασχίζει και μη – RSVP δρομολογητές, κάτι τέτοιο οδηγεί σε υπηρεσία σχεδόν βέλτιστης προσπάθειας.



Αμφίδρομη κίνηση του QoS στο δίκτυο πρόσβασης.



### 2.3 Συνιστώσες του μοντέλου IntServ

Στο μοντέλο IntServ, οι δρομολογητές είναι εκείνοι που πρέπει να υλοποιήσουν το κατάλληλο QoS για κάθε ροή. Ο μηχανισμός, ο οποίος δημιουργεί τα διαφορετικά QoS,

ονομάζεται έλεγχος κυκλοφορίας (traffic control) και με τη σειρά του υλοποιείται από τις συνιστώσες:

- a) τον χρονοπρογραμματιστή πακέτων (packet scheduler),
- b) τον κατηγοριοποιητή πακέτων (packet classifier) και
- c) τον έλεγχο αποδοχής (admission control).
- d) το πρωτόκολλο RSVP (Resource ReSerVation Protocol)

Οι βασικότερες διαδικασίες για τη σωστή λειτουργία του μοντέλου είναι : η διαδικασία της δέσμευσης των πόρων και η διαδικασία ελέγχου αποδοχής μίας ροής. Παρακάτω θα παρουσιαστούν περιληπτικά οι τέσσερις συνιστώσες του μοντέλου IntServ.

#### ❖ Χρονοπρογραμματιστής Πακέτων (Packet Scheduler)

Διαχειρίζεται την προώθηση διαφορετικών πακέτων διαφορετικών ροών, χρησιμοποιώντας μηχανισμούς, όπως ουρές προτεραιότητας, χρονόμετρα, αλγόριθμους χρονοπρογραμματισμού.

Επίσης, πρέπει να επιβεβαιώσει ότι κάθε εισερχόμενο πακέτο ανταποκρίνεται στις παραμέτρους QoS της αντίστοιχης ροής. Ο packet scheduler ενεργοποιείται όταν τα πακέτα βρίσκονται στην ουρά.

#### ❖ Κατηγοριοποιητής Πακέτων (Packet Classifier)

Αναγνωρίζει τα εισερχόμενα πακέτα κάθε ροής και τα ταξινομεί σε κλάσεις. Στη συνέχεια τα πακέτα που ανήκουν στη ίδια κλάση διαχειρίζονται με τον ίδιο τρόπο από τον packet scheduler. Κάθε κλάση ανταποκρίνεται σε έναν συγκεκριμένο αριθμό ροών. Για παράδειγμα, όλες οι ροές βίντεο, που έχουν τις ίδιες απαιτήσεις, ανήκουν σε μία κλάση, αλλά και μία μόνο ροή μπορεί να ανήκει σε μία συγκεκριμένη κλάση.

#### ❖ Έλεγχος Αποδοχής (Admission Control)

Υλοποιεί έναν αλγόριθμο λήψης αποφάσεων έτσι ώστε ο δρομολογητής ή ο host να έχει τη δυνατότητα να αποφασίσει εάν μία εισερχόμενη ροή έχει τη δυνατότητα να εξυπηρετηθεί από τους διαθέσιμους πόρους, ανάλογα βέβαια με τις απαιτήσεις της. Εάν η ροή γίνει δεκτή, τότε ο packet classifier και ο packet scheduler, οι οποίοι ενημερώνονται από το δρομολογητή για τις δεσμεύσεις, είναι υπεύθυνοι να

δεσμεύσουν το απαιτούμενο QoS. Γενικά, ο έλεγχος αποδοχής (admission control) υλοποιείται σε κάθε δρομολογητή κατά μήκος του μονοπατιού και ο έλεγχος για την αποδοχή ή την απόρριψη της ροής γίνεται τοπικά.

❖ **Πρωτόκολλο RSVP**

Το πρωτόκολλο αυτό είναι απαραίτητο για να δημιουργεί και να ελέγχει την κατάσταση των πόρων στα άκρα (π.χ. hosts, δρομολογητές). Είναι υπεύθυνο για την δέσμευση των πόρων με σκοπό να εξυπηρετηθεί κάποια ροή.

## 2.4 Μειονεκτήματα του Μοντέλου IntServ

Παρόλο που το μοντέλο IntServ προσφέρει ποιότητα υπηρεσίας η πολυπλοκότητα υλοποίησής του συγκαταλέγεται στα μειονεκτήματά του, τα οποία πιο συγκεκριμένα είναι :

- ✓ Η πολυπλοκότητα λειτουργίας των δρομολογητών, εξαιτίας της κατηγοριοποίησης και του χρονοπρογραμματισμού των πακέτων προκειμένου να φτάσουν στον προορισμό τους.
- ✓ Δεν είναι κλιμακούμενο. Καθώς ο αριθμός των ροών αυξάνεται η επικοινωνία επιβαρύνεται σημαντικά λόγω της απαιτούμενης σηματοδότησης. Κάθε ροή αντιμετωπίζεται ξεχωριστά και επομένως υπάρχουν αρκετές επιπλέον πληροφορίες που πρέπει να διαχειριστεί κάθε δρομολογητής ή host.
- ✓ Απαιτεί τη συνεχή διαθεσιμότητα δρομολογητών και μονοπατιού μεταξύ των άκρων. Σε περίπτωση που έχουν γίνει οι κατάλληλες δεσμεύσεις και τελικά βρεθεί εκτός λειτουργίας κάποιος από τους δρομολογητές, το αποτέλεσμα είναι ο πρόωρος τερματισμός της συνόδου.
- ✓ Η διαδικασία της δέσμευσης των πόρων δεν συμπεριλαμβάνει διαπραγμάτευση. Οι πόροι που αιτούνται από τη σύνοδο ή θα αποδοθούν εξ' ολοκλήρου ή όχι. Επομένως μία σύνοδος μπορεί :
  - να μην πραγματοποιηθεί καθόλου ούτε έστω με λιγότερους πόρους
  - να λάβει περισσότερους πόρους από αυτούς τους οποίους θα έπρεπε να λάβει στα πλαίσια μιας δικαιότερης κατανομής των πόρων.

## Κεφάλαιο 3°

### 3.0 Το πρωτόκολλο RSVP

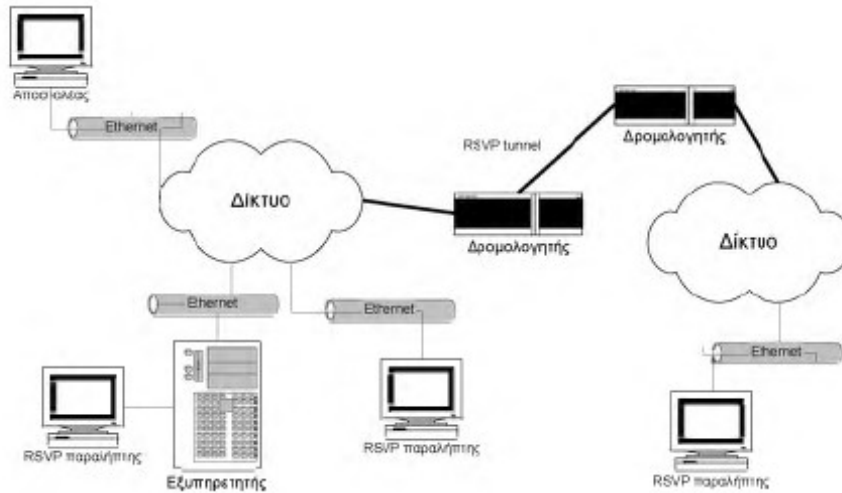
Το RSVP (Resource ReSerVation Protocol) πρωτόκολλο αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης προσπάθειας να αξιοποιηθεί η υπάρχουσα υποδομή του Διαδικτύου προσφέροντας υποστήριξη για QoS (Quality of Service) στις υπηρεσίες. Το πρωτόκολλο RSVP χρησιμοποιείται από ένα κόμβο-χρήστη προκειμένου να απαιτήσει από το δίκτυο συγκεκριμένη ποιότητα για ροή δεδομένων συγκεκριμένων εφαρμογών. Το RSVP χρησιμοποιείται από δρομολογητές ώστε αυτοί να μεταφέρουν τις συγκεκριμένες QoS απαιτήσεις σε όλους τους κόμβους του μονοπατιού της ροής των δεδομένων αλλά και να εξασφαλίσουν ότι όντως αυτές οι συγκεκριμένες απαιτήσεις πληρούνται.

Το RSVP αποτελεί ένα πρωτόκολλο για multicasting και unicasting σηματοδότηση το οποίο σχεδιάστηκε για την εγκατάσταση και την συντήρηση σταθμών πληροφοριών σε κάθε δρομολογητή που βρίσκεται στο μονοπάτι μετάδοσης δεδομένων, κατά την μετάδοση δεδομένων. Το RSVP επιτρέπει στον παραλήπτη να ζητήσει μία ορισμένη από άκρο σε άκρο ποιότητα υπηρεσίας. Οι εφαρμογές πραγματικού χρόνου χρησιμοποιούν το RSVP για να δεσμεύσουν τους απαραίτητους πόρους στους δρομολογητές κατά μήκος του μονοπατιού μετάδοσης, έτσι ώστε να είναι διαθέσιμη η απαιτούμενη χωρητικότητα όταν λάβει χώρα η μετάδοση των πολυμεσικών δεδομένων. Κατά συνέπεια, το RSVP είναι ένα πρωτόκολλο ελέγχου δικτύου που καθιστά τις διαδικτυακές εφαρμογές ικανές να αποκτήσουν QoS χαρακτηριστικά. Το RSVP καταλαμβάνει τη θέση ενός πρωτοκόλλου μεταφοράς στο μοντέλο OSI των 7 επιπέδων, παρόλο που το ίδιο το RSVP δεν μεταφέρει τα δεδομένα. Για τη μετάδοση δεδομένων πολυμέσων πάνω από ένα δίκτυο είναι αναγκαίο να ικανοποιούνται τρία βασικά χαρακτηριστικά:

- Η μεταφορά των δεδομένων να γίνεται με όσο το δυνατό πιο γρήγορο τρόπο.
- Να παρέχεται δυνατότητα multicasting.
- Να υπάρχει δυνατότητα για εξασφάλιση στην μεταφορά των δεδομένων με βάση τις απαιτήσεις που έχει ορίσει εκ των προτέρων ο χρήστης.

Τα δεδομένα πολυμέσων είναι μεγάλα σε όγκο και επομένως αποδοτικοί μηχανισμοί αποστολής τέτοιων δεδομένων πρέπει να παρέχονται. Το RSVP δείχνει περισσότερο ενδιαφέρον στη διατήρηση των παρεχόμενων πόρων και δεν μπορεί να επέμβει στη δρομολόγηση των δεδομένων που έχουν αποσταλεί.

Η 1η έκδοση του RSVP καθορίζεται από το RFC 2205 και η IETF (Internet Engineering Task Force) έχει καταλήξει στην καθιέρωση των τεχνικών προδιαγραφών του πρωτοκόλλου σαν ένα Internet Proposed Standard. Το RSVP προέκυψε από τη συνεργασία μίας ομάδας ερευνητικών κέντρων: Xerox, Palo Alto Research Center (PARK), MIT, και του Information Sciences Institute of University California (ISI).



Δικτυακό σχεδιάγραμμα συστημάτων που χρησιμοποιούν RSVP

Η παροχή του QoS στο RSVP, υλοποιείται για μια συγκεκριμένη ροή δεδομένων με μηχανισμούς ελέγχου κυκλοφορίας. Αυτοί οι μηχανισμοί περιλαμβάνουν τους παρακάτω μηχανισμούς:

- **Admission Control (Έλεγχος αποδοχής):** Ο μηχανισμός admission control αποφασίζει αν ο κόμβος μπορεί να ικανοποιήσει το απαιτούμενο QoS.
- **Policy Control (Έλεγχος πολιτικής):** Ο μηχανισμός policy control αποφασίζει αν ο χρήστης έχει την άδεια (π.χ. αν είναι διαχειριστής του δικτύου) να κάνει την δέσμευση.
- **Packet Scheduler (Χρονοδρομολογητής πακέτων):** Ο packet scheduler καθορίζει τη κλάση του QoS, και πιθανόν τη δρομολόγηση, για κάθε πακέτο. Ο packet scheduler είναι αυτός που επιτυγχάνει το επιθυμητό επίπεδο QoS.
- **Packet Classifier (Ταξινομητής πακέτων):** Ο packet classifier καθορίζει την κλάση QoS για κάθε πακέτο. Οι μηχανισμοί του RSVP πρωτοκόλλου παρέχουν τη δυνατότητα δημιουργίας και συντήρησης κατανεμημένης δέσμευσης κατά μήκος ενός μεγάλου αριθμού multicast και unicast μονοπατιών. Το RSVP μεταφέρει και χειρίζεται τις παραμέτρους του QoS και του policy control σαν απλά δεδομένα μεταφέροντας τα στις αντίστοιχες ρουτίνες (modules) του μηχανισμού για επεξεργασία. Καθώς είναι πολύ πιθανό, η συμμετοχή σε μια multicast ομάδα να αλλάζει με τη πάροδο

κάποιου χρονικού διαστήματος, το RSVP υποστηρίζει, αν αυτό είναι επιθυμητό, την αποστολή περιοδικών μηνυμάτων προκειμένου να συντηρήσει την κατάσταση σε όλα τα δεσμευμένα μονοπάτια.

Το RSVP πρωτόκολλο έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Η ροή δεδομένων στο RSVP είναι μονής κατεύθυνσης. Το πρωτόκολλο διαχωρίζει τους αποστολείς από τους παραλήπτες. Παρόλο που σε πολλές περιπτώσεις ο αποστολέας μπορεί να είναι και παραλήπτης, το RSVP δεσμεύει πόρους μόνο προς τη μία κατεύθυνση.
- Το RSVP υποστηρίζει και multicast και unicast και προσαρμόζεται στις συνεχείς αλλαγές ενός δυναμικού περιβάλλοντος. Δηλαδή, επιτρέπεται η δυναμική σύνδεση και αποσύνδεση παραληπτών σε multicast σύνοδο. Παρέχει μια πληθώρα μοντέλων και μορφών (styles) ώστε να εξυπηρετεί μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών.
- Το RSVP είναι προσανατολισμένο προς τον αποδέκτη (receiver-oriented) και μπορεί να χειριστεί διαφορετικές κατηγορίες παραληπτών. Ο κάθε παραλήπτης είναι υπεύθυνος για να διαλέξει το δικό του επίπεδο QoS. Ο αποστολέας διαχωρίζει την κίνηση σε ξεχωριστές ροές, μία για κάθε διαφορετικό επίπεδο QoS.
- Το RSVP είναι συμπληρωματικό του IP ελέγχοντας τον τρόπο με τον οποίο το IP μεταδίδει τα πακέτα του. Προορίζεται κυρίως για έλεγχο των δεδομένων που αποστέλλονται και όχι για μεταφορά δεδομένων. Είναι αναγκαίο να υπάρχει ενημέρωση για τους διαθέσιμους πόρους πριν γίνουν αλλαγές στην δρομολόγηση. Χρησιμοποιώντας το RSVP ένας αποστολέας δε γνωρίζει ποιοι παραλαμβάνουν τα δεδομένα που αποστέλλει.
- Το RSVP έχει καλή συμβατότητα. Τρέχει πάνω από IPv4 και IPv6. Επίσης, λειτουργεί ακόμα και όταν ένας δρομολογητής στο μονοπάτι ροής δεδομένων δεν το υποστηρίζει με την χρήση τεχνικής tunneling.

### **3.1 Μειονεκτήματα του RSVP**

Το πρωτόκολλο RSVP παρέχει QoS δεσμεύοντας πόρους, προς μία κατεύθυνση, ενός υπάρχοντος μονοπατιού. Δηλαδή, διανύοντας ένα συγκεκριμένο μονοπάτι hop-by-hop ζητάει τους απαιτούμενους πόρους. Εάν δεν υπάρχουν διαθέσιμοι, τότε δεν είναι εφικτή η μετάδοση των πακέτων δεδομένων. Στο σύστημα UMTS, όπου γίνεται αναφορά για πολυμεσικές εφαρμογές πραγματικού χρόνου και για κινητούς κόμβους, δεν είναι δυνατόν να ανταπεξέλθει το RSVP. Ένας από τους λόγους για του οποίους δεν μπορεί να εφαρμοστεί είναι το ότι η διαδρομή δεν είναι σταθερή. Κάθε κόμβος κινείται από δίκτυο σε δίκτυο και δεν υπάρχει ένα καθορισμένο μονοπάτι. Προκειμένου να παρέχει το κατάλληλο QoS το RSVP χρειάζεται συγκεκριμένες λειτουργικές επεκτάσεις.

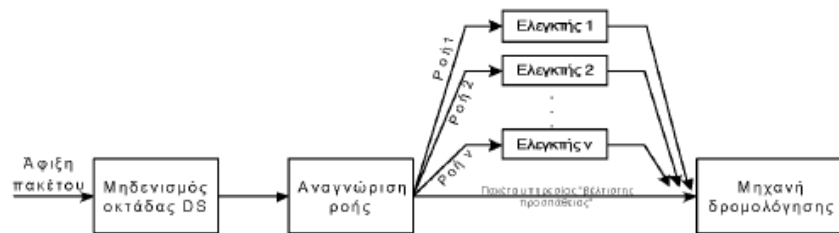
Αντιμετωπίζονται επομένως τρία θέματα δρομολόγησης σε ένα πρωτόκολλο δέσμευσης

πόρων, όπως είναι το RSVP :

- Να βρεθεί μία διαδρομή η οποία να υποστηρίζει δέσμευση πόρων.
- Να βρεθεί μία διαδρομή η οποία να διαθέτει επαρκή και μη δεσμευμένη χωρητικότητα για την εισερχόμενη ροή.
- Να υπάρχει τρόπος να αντιμετωπιστεί η απώλεια ενός δρομολογητή και η αντικατάστασή του.

### 3.2 Λειτουργίες προ δρομολόγησης (Δρομολογητές απόληξης)

Ένας δρομολογητής απόληξης είναι ενημερωμένος για όλες τις ροές πακέτων που επιθυμούν ένα συγκεκριμένο επίπεδο υπηρεσίας (Premium, Assured). Το πως ενημερώνεται ο δρομολογητής απόληξης είναι κάτι που δεν απασχολεί τις Διαφοροποιημένες Υπηρεσίες. Αυτό μπορεί να γίνεται μέσω κάποιου πρωτοκόλλου σηματοδότησης όπως είναι το RSVP ή μέσω διαχείρισης. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε τι συμβαίνει σε ένα νέο εισερχόμενο πακέτο προτού αυτό υποστεί τη διαδικασία της δρομολόγησης. Αρχικά η οκτάδα στην επικεφαλίδα του πακέτου που υποδηλώνει την τάξη του πακέτου (Premium, Assured) μηδενίζεται. Κατά αυτό τον τρόπο το πακέτο σημειώνεται ως πακέτο της κλάσης βέλτιστης προσπάθειας. Αν το πακέτο δεν ανήκει σε καμία προ-εγγεγραμμένη ροή πακέτων τότε αυτό στέλνεται κατευθείαν στη μηχανή δρομολόγησης. Σε αντίθετη περίπτωση, το πακέτο περνάει μέσα από τον ελεγκτή κίνησης της συγκεκριμένης ροής.



Λειτουργίες προ-δρομολόγησης

Ο ελεγκτής κίνησης επιτελεί δύο βασικές λειτουργίες:

- ❖ **Λειτουργία ελέγχου:** Με αυτή τη λειτουργία ελέγχεται κατά πόσο το συγκεκριμένο πακέτο είναι σύμφωνο με το προφίλ κίνησης της συγκεκριμένης ροής. Κατά συνέπεια, ο ελεγκτής κίνησης πρέπει να είναι ενήμερος τόσο για το προφίλ της συγκεκριμένης ροής πακέτων το οποίο ορίζεται από τη δυάδα μέγιστου ρυθμού εκπομπής, μέγιστου ορίου εκπομπής στο μέγιστο ρυθμό, όσο και για το πρόσφατο παρελθόν της συγκεκριμένης ροής.
- ❖ **Λειτουργία μαρκαρίσματος:** Με αυτή τη λειτουργία ο ελεγκτής κίνησης μαρκάρει τα πακέτα ως πακέτα Premium ή Assured κλάσης ανάλογα με την κλάση της ροής που ανήκει το συγκεκριμένο πακέτο. Αυτό βέβαια γίνεται μόνο για πακέτα που πέρασαν επιτυχώς τη λειτουργία ελέγχου. Σε αντίθετη



περίπτωση το πακέτο είτε κόβεται είτε δε μαρκάρεται καθόλου οπότε στη συνέχεια μεταχειρίζεται ως πακέτο της βέλτιστης προσπάθειας κλάσης.

Η λειτουργία ελέγχου στηρίζεται συνήθως στον αλγόριθμο διαρρέοντος δοχείου. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, ένα πακέτο γίνεται αποδεκτό αν το δοχείο περιέχει αριθμό πιστώσεων μεγαλύτερο από το μέγεθος του πακέτου. Το δοχείο γεμίζει με πιστώσεις με ρυθμό ίσο με το ρυθμό εκπομπής της συγκεκριμένης ροής, ενώ αδειάζει σε κάθε άφιξη (αποδεκτού) πακέτου κατά τόσες πιστώσεις όσο είναι και το μήκος του πακέτου σε οκτάδες. Ωστόσο, το δοχείο έχει μια μέγιστη χωρητικότητα πέρα από την οποία δε μπορεί να δεχτεί άλλες πιστώσεις. Η μέγιστη χωρητικότητα του δοχείου εκφράζει το μέγιστο επιτρεπτό όριο εκπομπή στο μέγιστο ρυθμό (Μέγιστο Μήκος Έκρηξης, Maximum Burst Size). Η εσωτερική λειτουργία του ελεγκτή κίνησης διαφοροποιείται ελαφρά ανάλογα με το αν ελέγχεται κίνηση Premium ή Assured κλάσης. Στην πρώτη περίπτωση, αν το πακέτο δεν είναι σύμφωνο με το συμβόλαιο της συγκεκριμένης ροής τότε αυτό υποβιβάζεται και από πακέτο Assured κλάσης γίνεται πακέτο της κλάσης βέλτιστης προσπάθειας.

Στη δεύτερη περίπτωση, τα πακέτα της Premium κλάσης που δεν είναι σύμφωνα με το συμβόλαιο κίνησης απορρίπτονται. Αυτό, όπως θα φανεί και παρακάτω, είναι απολύτως απαραίτητο γιατί σε διαφορετική περίπτωση τα πακέτα της Premium κλάσης θα μονοπωλούσαν τη ζεύξη εκτοπίζοντας τα πακέτα των άλλων κλάσεων.

### **3.3 Λειτουργίες μετα-δρομολόγησης (Δρομολογητές απόληξης και πυρήνα)**

Κάθε θύρα εξόδου ενός δρομολογητή πρέπει να έχει δύο ουρές απλής προτεραιότητας (First-In-First-Out, FIFO) και ένα κατάλληλο μηχανισμό διαχείρισης για αυτές. Κάθε νέο πακέτο ελέγχεται για το αν ανήκει στην Premium κλάση ή όχι. Αν το πακέτο ανήκει στην Premium κλάση τότε αυτό τοποθετείται στη ουρά υψηλής προτεραιότητας. Αντιστοίχως, αν το πακέτο ανήκει στις κλάσεις Εγγυημένη ή βέλτιστης προσπάθειας, τότε αυτό τοποθετείται στην ουρά χαμηλής προτεραιότητας. Αν το μέγεθος της ουράς χαμηλής προτεραιότητας περάσει ένα συγκεκριμένο κατώφλι τότε πακέτα της κλάσης βέλτιστης προσπάθειας αρχίζουν να απορρίπτονται. Αν το μέγεθος της ουράς χαμηλής προτεραιότητας εξακολουθεί να μεγαλώνει και ο αριθμός των πακέτων που ανήκουν στη Assured κλάση ξεπεράσει ένα δεύτερο κατώφλι τότε απορρίπτονται και πακέτα της Assured κλάσης. Η ουρά υψηλής προτεραιότητας δεν πρόκειται να υπερχειλίσει ποτέ αφού ο αριθμός των πακέτων της

Premium κλάσης ελέγχεται με αυστηρά κριτήρια στην είσοδο του δρομολογητή. Για τον ίδιο λόγο, τα πακέτα της Premium κλάσης δεν πρόκειται ποτέ να καταλάβουν όλο το εύρος του διαύλου αλλά μόνο ένα κλάσμα αυτού. Ωστόσο, το πλεονέκτημα του παραπάνω μηχανισμού είναι ότι αφενός μεν μπορεί να δοθεί ποιότητα υπηρεσίας (π.χ. κλάση Premium) και αφετέρου το εύρος του διαύλου που έχει δεσμευθεί για κλάσεις υψηλής προτεραιότητας και το οποίο δεν χρησιμοποιείται στιγμιαίως μπορεί να δοθεί στις κλάσεις χαμηλότερης προτεραιότητας. Έτσι, επιτυγχάνεται παράλληλα και υψηλή χρησιμοποίηση των πόρων του δικτύου.

Για να υλοποιηθούν οι μηχανισμοί αποδοχής κλήσεων και να αρχικοποιηθούν τα στοιχεία του δικτύου τόσο αυτά που είναι υπεύθυνα για τους απλούς χρήστες, όσο και αυτά που επικοινωνούν με ομότιμα γειτονικά δίκτυα θα πρέπει κάθε δίκτυο να εξοπλιστεί με έναν Μεσίτη Εύρους Ζώνης (Bandwidth Broker, BB).

### 3.4 Σύγκριση IntServ με DiffServ

Στον παρακάτω πίνακα θα δούμε την σύγκριση των δυο αρχιτεκτονικών

<b>IntServ</b>	<b>DiffServ</b>
Απόλυτες εγγυήσεις ανά ροή	Μη απόλυτες εγγυήσεις, για ομάδες Ροών
Πολύπλοκες λειτουργίες σε κάθε Δρομολογητή	Σχετική πολυπλοκότητα στους ακραίους δρομολογητές, απλούστερη λειτουργία στους ενδιάμεσους
Σηματοδοσία από δρομολογητή σε Δρομολογητή	Δεν απαιτείται σηματοδοσία, αλλά ρυθμίσεις (configuration)
Μειωμένη δυνατότητα κλιμάκωσης (scalability)	Εύκολη κλιμάκωση
QoS προσανατολισμένη σε σύνδεση (Connection Oriented)	QoS προσανατολισμένη σε πακέτα (Packet Oriented)

Αναμένεται ότι η αρχιτεκτονική IntServ δε θα μπορέσει να εφαρμοστεί σε Δίκτυα Επόμενης Γενιάς (NGN), ακριβώς επειδή δεν είναι κλιμακούμενη. Έτσι, το QoS σε αυτά τα δίκτυα, εξυπηρετείται άμεσα από την DiffServ αρχιτεκτονική. Αντίθετα, σε τοπικά εταιρικά δίκτυα (LAN) ήδη χρησιμοποιείται το IntServ μοντέλο. Αν το τερματικό υποστηρίζει το μοντέλο DiffServ, τότε το πρόβλημα είναι σχετικά απλό. Αν όμως χρησιμοποιεί το IntServ μοντέλο, ενώ οι ISPs (Internet Service Providers) χρησιμοποιούν το DiffServ μοντέλο, τότε παρουσιάζεται πρόβλημα. Η κύρια στρατηγική που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι η εξής: Μέσα στο LAN 1, ή δέσμευση

πόρων γίνεται κανονικά, μέσω του RSVP. Τα μηνύματα του RSVP (PATH και RESV) μετατρέπονται στο σύνορο L/W1 με τέτοιο τρόπο, ώστε να αγνοούνται από τους δρομολογητές του WAN. Όταν φτάσουν στο L/W2 επανέρχονται στην αρχική τους μορφή και η IntServ λειτουργία συνεχίζεται στο επόμενο τοπικό δίκτυο. Στη συνέχεια, όταν ένα πακέτο φτάνει στο σύνορο L/W1, τότε ο δρομολογητής το μαρκάρει ώστε να λάβει την απαραίτητη, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της ροής, PHB. Στο άλλο σύνορο εκτελείται η αντίστροφη διαδικασία, έτσι ώστε το πακέτο να επεξεργαστεί σύμφωνα με αυτά που ορίζει το RSVP.

## Κεφάλαιο 4°

### 4.0 Cloud Computing

Το cloud computing, στην ελληνική γλώσσα «υπολογιστικό νέφος», αποτελεί μία νέα τεχνολογία η οποία διευκολύνει την αποθήκευση, επεξεργασία και χρήση δεδομένων σε απομακρυσμένους υπολογιστές που είναι προσβάσιμοι μέσω του διαδικτύου. Πρόκειται αναμφίβολα για έναν από τους ταχύτερα αναπτυσσομένους κλάδους της παγκόσμιας αγοράς τεχνολογίας ο οποίος προσφέρει δια μέσω των κέντρων δεδομένων (data servers), οικονομίες κλίμακας, φθηνότερη υπολογιστική ισχύ και ευκολότερη πρόσβαση στα δεδομένα και στις εφαρμογές. Παρά τα πολλαπλά οφέλη από τη χρήση του υπολογιστικού νέφους, οι κίνδυνοι που εγκυμονούν ιδίως ως προς τη μεταφορά και επεξεργασία των δεδομένων είναι ορατοί.

Όπως εύστοχα αναφέρει στο λόγο της η κυρία Μαρίνα Μαρκέλου(Δικηγόρος, Ειδικός Επιστημονικός Συνεργάτης Ιόνιο Πανεπιστήμιο, Μεταδιδακτορικός Ερευνητικός Συνεργάτης Université de Poitiers), η υπολογιστική νέφος φαίνεται μαγική, οι Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) απομυθοποιούνται, μία ταχεία σύνδεση στο Διαδίκτυο είναι αρκετή ώστε όλες οι εφαρμογές να είναι διαθέσιμες για να εξυπηρετήσουν την παραγωγικότητα των επιχειρήσεων. Μία πρόσφατη έρευνα του Γαλλικού Ινστιτούτου Οικονομικών Επιστημών Xerfi κατέδειξε ότι η προσφερόμενη αγορά της νέας τεχνολογίας του υπολογιστικού νέφους θα βρίσκεται σε συνεχόμενη ανάπτυξη κάθε έτος κατά 20% μέχρι το 2015. Παρά τα αναντίρρητα οφέλη από τη χρήση της νέας τεχνολογίας, τόσο για τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις όσο και για τις πολυεθνικές, με την απλοποίηση στην πρόσβαση και στη διαχείριση των εφαρμογών, με τη φθηνότερη υπολογιστική ισχύ η οποία συνδέεται για πρώτη φορά με την πραγματική χρήση και με την παροχή ευελιξίας, η πρόσφατη βλάβη της Amazon το 2011 ή η έκθεση λογαριασμών των χρηστών του Dropbox για 4 ώρες εξαιτίας μίας δυσλειτουργίας του συστήματος ταυτοποίησης μας προσγειώνει από τα σύννεφα στο έδαφος : όπως για κάθε νέα τεχνολογία, η διαφάνεια της υπηρεσίας, η ασφάλεια των παρεχόμενων υπηρεσιών, η εμπιστευτικότητα των δεδομένων και ο επαναπατρισμός αυτών είναι κάποια από τα καιρία ζητήματα που πρέπει να διασφαλισθούν με τις κατάλληλες τεχνικές υποδομές αλλά και μ'ένα επαρκές ρυθμιστικό πλαίσιο.

#### 4.1 Τι είναι το Cloud Computing

Το cloud computing, στην ελληνική γλώσσα «υπολογιστικό νέφος», αποτελεί μία νέα τεχνολογία η οποία διευκολύνει την αποθήκευση, επεξεργασία και χρήση δεδομένων σε απομακρυσμένους υπολογιστές που είναι προσβάσιμοι μέσω του διαδικτύου. Πρόκειται για μία παγκόσμια τεχνολογική υποδομή (global technological infrastructure) στην οποία ο χρήστης ενός υπολογιστή έχει πρόσβαση και χρησιμοποιεί λογισμικό και δεδομένα τα οποία είναι εγκατεστημένα ή βρίσκονται εκτός του προσωπικού υπολογιστή ή κάποιας άλλης ψηφιακής συσκευής του χρήστη. Ο χρήστης συνδέεται στις απομακρυσμένες εξωτερικές συσκευές μέσω μίας σύνδεσης Ίντερνετ ενώ τυπικά δεν γνωρίζει ούτε τη φύση ούτε την ακριβή τοποθεσία του διακομιστή (server) στον οποίο δεδομένα και λογισμικό βρίσκονται εγκατεστημένα. Πριν την υπολογιστική νέφος, ο χρήστης συνήθιζε να μεταδίδει επεξεργασμένα δεδομένα μεταξύ δύο ή περισσότερων υπολογιστών. Αντίθετα, τώρα με την νέα τεχνολογία, ο χρήστης αποθηκεύει (uploads) και έχει πρόσβαση (downloads) σε δεδομένα εγκατεστημένα σε εξωτερικούς υπολογιστές των οποίων ο χρήστης δεν είναι κύριος, δεν ελέγχει ή δεν μπορεί να εντοπίσει. Οι μοναδικές πληροφορίες του χρήστη (hopefully) ευκαταία περιορίζονται στον πάροχο πρόσβασης της υπηρεσίας καθώς επίσης και στη δυνατότητα αποθήκευσης, επεξεργασίας δεδομένων ή και των δύο.

Το υπολογιστικό νέφος γεννήθηκε από τη σύγκλιση διαφόρων παραγόντων οι οποίοι σχετίζονται τόσο με την τεχνική πρόοδο όσο και με την οικονομία και την εξέλιξη των νοοτροπιών. Η εικονικότητα (virtualisation) αποτέλεσε τον θεμελιώδη πυλώνα γέννησης της νέας αυτής τεχνολογίας. Το όλο σύστημα βασίζεται στην οικοδόμηση ενός αφηρημένου μοντέλου μίας ή περισσότερων πληροφοριακών διαμορφώσεων (ισχυρό επεξεργαστή, μνήμη, διεπαφές, λειτουργικό σύστημα, κλπ.) κατά τρόπο ώστε να δημιουργούνται εικονικές μηχανές. Οι τελευταίες αναπαράγουν σε όλα τα σημεία τη συμπεριφορά των φυσικών ισοδύναμων μηχανών. Έτσι, όλη η υποδομή λογισμικών είναι πλήρως αποσυνδεδεμένη από την υλική υποδομή που την υποστηρίζει. Σε περίπτωση βλάβης του υπολογιστή, το «εργοστάσιο» διαθέτει μία άλλη μηχανή αλλού.

Η τεχνολογία αυτή ξεκίνησε με σχετικά μικρού φάσματος υπηρεσίες οι οποίες δε προαπαιτούσαν μία συνεχή ροή πληροφοριών, όπως οι υπηρεσίες email οι οποίες

αποθήκευαν τα μηνύματα σε δικούς τους διακομιστές (servers) (πχ. Yahoo!, Gmail, Hotmail). Με τις πρόσφατες βελτιώσεις ως προς την εξοικονόμηση και άρα μεγαλύτερη διαθεσιμότητα του φάσματος, οι ως άνω υπηρεσίες επεκτάθηκαν σε τέτοιο σημείο ώστε πλέον να υπάρχει η δυνατότητα μετάδοσης σε streaming υψηλής ποιότητας του δημιουργικού περιεχομένου σε πραγματικό χρόνο.

Ένας άλλος παράγοντας που συνέβαλλε στην ανάπτυξη της νέας τεχνολογίας του υπολογιστικού νέφους είναι η εξάπλωση σε αριθμό και σε είδος των ψηφιακών συσκευών. Πλέον είναι απολύτως φυσιολογικό ένα σπίτι να διαθέτει περισσότερους του ενός desktop υπολογιστές και συγχρόνως, η αυξανόμενη φορητότητα (laptops, netbooks) και η εμφάνιση μικρότερων συσκευών (tablets, smart phones) δημιούργησε μία υπέρογκη ανάγκη για υπηρεσίες οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν διασταυρωτικά και συνδυετικά, επιτρέποντας στο χρήστη να ελέγχει τα email του, να μεταφορτώνει, να ακούει, να βλέπει youtube video κλπ οπουδήποτε και αν βρίσκεται.

Τέλος, η εξέλιξη των νοοτροπιών συνέβαλλε καθοριστικά στην ευρεία και ραγδαία εξάπλωση της υπολογιστικής νέφους. Πλέον η χρήση του Ιντερνετ είναι αντανακλαστική. Οι εισερχόμενες από το web 2.0 λογικές συνεργασίας και σύμπραξης έχουν εδραιωθεί πια στα ήθη. Κινούμενοι μέσα σε αυτό το πνεύμα απλοποίησης, η ιδέα σύμφωνα με την οποία η πρόσβαση σε ένα περιεχόμενο, σε μία υπηρεσία είναι πιο χρήσιμη, πιο πολύτιμη από την κατοχή ενός υλικού φορέα δεν είναι παράλογη, η ιδέα της δυνατότητας πρόσβασης και χρήσης μίας υπηρεσίας υπό τις ίδιες συνθήκες οπουδήποτε και αν είσαι δεν είναι ουτοπική.

## 4.2 Βασικά Λειτουργικά Χαρακτηριστικά του Cloud Computing: το Cloud Computing

Το Cloud Computing αναφέρεται τόσο στις εφαρμογές που παρέχονται ως υπηρεσίες μέσω του διαδικτύου όπως και στο υλικό και τα συστήματα λογισμικού στα datacenters που παρέχουν αυτές τις υπηρεσίες. Ο ορισμός του Cloud Computing βασίζεται σε πέντε χαρακτηριστικά: multitenancy (κοινόχρηστοι πόροι), τεράστιες δυνατότητες κλιμάκωσης, ελαστικότητα, pay as you go, και self-provisioning των πόρων.

- **Multitenancy (κοινόχρηστοι πόροι)**

Σε αντίθεση με προηγούμενα μοντέλα υπολογιστών, τα οποία ανέλαβαν αποκλειστικούς πόρους (οι υπολογιστικές εγκαταστάσεις που προορίζονται για ένα μόνο χρήστη ή ιδιοκτήτη), το Cloud Computing βασίζεται σε ένα επιχειρηματικό μοντέλο στο οποίο οι πόροι διαμοιράζονται (δηλαδή, πολλοί χρήστες χρησιμοποιούν τον ίδιο πόρο), στα επίπεδα δικτύου, host και στο επίπεδο εφαρμογής.

- **Massive scalability**

Παρά το γεγονός ότι οι οργανισμοί μπορεί να έχουν εκατοντάδες ή χιλιάδες συστήματα, το Cloud Computing παρέχει τη δυνατότητα να κλιμακωθούν σε δεκάδες χιλιάδες συστήματα, καθώς επίσης και την ικανότητα να κλιμακώνει μαζικά το εύρος ζώνης και το χώρο αποθήκευσης.

- **Ελαστικότητα**

Οι χρήστες μπορούν γρήγορα να αυξάνουν και να μειώνουν τους υπολογιστικούς τους πόρους, ανάλογα με τις απαιτήσεις τους, καθώς και να απελευθερώνουν πόρους για άλλες χρήσεις, όταν δεν είναι πλέον απαραίτητοι.

- **Pay as you go**

Οι χρήστες πληρώνουν μόνο για τους πόρους που έχουνε πράγματι χρησιμοποιήσει και μόνο για το χρόνο που τα χρειάζονται.

- **Self - provisioning των πόρων**

Οι χρήστες αυτοεξυπηρετούνται με τους πόρους, όπως πρόσθετα συστήματα (δυνατότητα επεξεργασίας λογισμικού και αποθήκευσης) και τους πόρους δικτύου.

Ένα από τα χαρακτηριστικά του Cloud Computing είναι η ελαστικότητα των πόρων. Αυτή η δυνατότητα του cloud επιτρέπει στους χρήστες να αυξήσουν ή να μειώσουν τους υπολογιστικούς τους πόρους, όπως απαιτείται.

Υπάρχει πάντα μια επίγνωση της αναφοράς των υπολογιστικών πόρων, αλλά η πρόβλεψη μελλοντικών αναγκών είναι δύσκολη, ειδικά όταν οι απαιτήσεις αλλάζουν συνεχώς. Το Cloud Computing αποτελεί ένα μέσο το οποίο προσφέρει πόρους on demand στο IT και address spikes σε χρήση.

Το ενδιαφέρον στο cloud αυξάνεται γιατί οι λύσεις cloud παρέχουν στους χρήστες πρόσβαση σε δυνατότητες supercomputer σε ένα μικρό μέρος του κόστους για την αγορά μια τέτοιας ολοκληρωτικής λύσης. Το πιο σημαντικό είναι ότι αυτές οι λύσεις μπορούν να αποκτηθούν on demand. Το δίκτυο γίνεται ο supercomputer στο cloud όπου οι χρήστες μπορούν να αγοράσουνε ότι χρειάζονται, όταν το χρειάζονται. Το Cloud Computing αναγνωρίζει πού παρέχονται οι κλιμακούμενες IT-enabled δυνατότητες σαν υπηρεσία στους πελάτες που χρησιμοποιούν τεχνολογίες διαδικτύου.

Το φάσμα των συσκευών για την πρόσβαση στο cloud έχει επεκταθεί τα τελευταία χρόνια. Υπολογιστές στο σπίτι, υπολογιστές επιχειρήσεων, υπολογιστές δικτύου, συσκευές κινητής τηλεφωνίας, προσαρμοσμένες συσκευές χειρός, και στατικές συσκευές είναι όλα σε απευθείας σύνδεση. Είναι ενδιαφέρον το πως, η ανάπτυξη του iPhone και ο πολλαπλασιασμός των διαθέσιμων εφαρμογών από το App Store της Apple, δείχνει μια βελτίωση από την άποψη πρόσβασης στο cloud. Για παράδειγμα μπορούμε τώρα πια να χρησιμοποιήσουμε το Skype μέσω του iPhone, φέρνοντας έτσι το peer-to-peer δίκτυο πολύ πιο κοντά στους χρήστες, και η Salesforce.com εισήγαγε μια εφαρμογή που επιτρέπει στους χρήστες να έχουνε πρόσβαση στις υπηρεσίες της από το iPhone, καθώς και από smartphone άλλων εταιρειών πέραν της Apple.

- **Browsers και thin clients**

Οι χρήστες πολλαπλών τύπων συσκευών μπορούν να έχουνε πρόσβαση τώρα σε εφαρμογές και πληροφορίες από οπουδήποτε μπορούν να φορτώσουν έναν browser. Πράγματι, οι browsers (προγράμματα περιήγησης) γίνονται όλο και πιο εξελιγμένα. Σε εφαρμογές επιχειρήσεων, όπως η SAP και η Oracle, μπορούμε να έχουμε πρόσβαση μέσω ενός browser interface. Ο γενικός πληθυσμός έχει εξοικειωθεί με τη λειτουργία του προγράμματος περιήγησης και χρησιμοποιεί μια διακριτή εφαρμογή, όπου το πλαίσιο είναι έξυπνο, χωρίς να απαιτείται κατάρτιση ή άλλοι οδηγοί χρήσης.

- **High - speed broadband access**

Ένα κρίσιμο συστατικό του cloud είναι το ευρυζωνικό δίκτυο, το οποίο προσφέρει τα μέσα για να συνδεθούνε εξαρτήματα και παρέχει μία από τις πιο ουσιαστικές διαφορές στην έννοια του Cloud Computing 30 χρόνια πριν. Η ευρυζωνική πρόσβαση



είναι πλέον ευρέως διαθέσιμη παγκόσμια, ιδιαίτερα σε μητροπόλεις. Υπάρχει ασύρματη πρόσβαση (π.χ. WiFi, κινητά, αναδιδόμενες WiMAX), η οποία έχει συστήσει κινητές συσκευές ως σημεία εισόδου σε IT πόρους της επιχείρησης και του cloud.

- **Data centers and server farms**

Τα data centers και τα server farms απαιτούνε Cloud-based υπηρεσίες και μεγάλη υπολογιστική ικανότητα και φιλοξενούνται σε data centers και server farms. Αυτά τα καταναμημένα data centers και τα server farms εκτείνονται σε πολλές τοποθεσίες και μπορεί να συνδεθούν μέσω συνδέσεις Internet παρέχοντας καταναμημένα υπολογιστικά συστήματα και δυνατότητες παροχής υπηρεσιών. Μια σειρά από παραδείγματα σήμερα αποδεικνύουν την ευελιξία και την επεκτασιμότητα της ισχύος του Cloud Computing.

- **Storage Devices**

Μειώνοντας το κόστος αποθήκευσης και την ευελιξία με την οποία μπορεί να αναπτυχθεί η αποθήκευση, έχει αλλάξει όλο το τοπίο της αποθήκευσης. Η σταθερή άμεση συσκευή αποθήκευσης πρόσβασης (DASD – direct access storage device) έχει αντικατασταθεί με δίκτυα περιοχής αποθήκευσης (SAN), τα οποία έχουν μειώσει το κόστος και επιτρέπουνε πολύ περισσότερο ευελιξία στην αποθήκευση επιχειρήσεων. Το λογισμικό SAN διαχειρίζεται την ενσωμάτωση των συσκευών αποθήκευσης και μπορεί να εκχωρεί ανεξάρτητα χώρο αποθήκευσης on demand σε μια σειρά από συσκευές.

### 4.3 Η ιστορία του Cloud Computing

Η πρωταρχική ιδέα της διανομής υπολογιστικών πόρων μέσω ενός παγκόσμιου δικτύου

έχει τις ρίζες της στη δεκαετία του 1960. Σχεδόν όλα τα σύγχρονα χαρακτηριστικά του νέφους και οι διάφορες μορφές του είχαν διερευνηθεί στο βιβλίο του Douglas Parkhill's, «The challenge of the computer utility» το 1966. Ο όρος «νέφος» προέρχεται από την τηλεφωνία όπου οι τηλεπικοινωνιακές εταιρείες, που μέχρι το 1990 πρόσφεραν κυρίως αποκλειστικά point to point κυκλώματα, άρχισαν να προσφέρουν υπηρεσίες Εικονικών Ιδιωτικών Δικτύων με συγκρίσιμη ποιότητα υπηρεσίας, αλλά όχι μικρότερο κόστος. Το σύμβολο του νέφους χρησιμοποιήθηκε για να δείξει ποια είναι η ευθύνη του παρόχου και πού ξεκινάει ή ευθύνη του χρήστη. Το νέφος επεκτείνει αυτό το όριο για να καλύψει servers( διακομιστές ) καθώς και τη υποδομή του δικτύου. Η πρώτη χρήση του όρου cloud computing έγινε σε μία διάλεξη το 197 από τον Ramnath Chelapa. Η ιδέα ενός «διαγαλαξιακού δικτύου υπολογιστών» εμφανίστηκε τη δεκαετία του 1960 από τον J.R. Licklider ένας από τους σημαντικότερους ανθρώπους στην ιστορία της επιστήμης των υπολογιστών. Ο Licklider ήταν επικεφαλής μιας ομάδας στο υπουργείο άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής το 1962 με σκοπό να βελτιώσει την χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών από των αμερικανικό στρατό. Το όραμα του ήταν να μπορούν όλοι στον πλανήτη να συνδεθούν και να έχουν πρόσβαση σε δεδομένα και προγράμματα σε κάθε δίκτυο, από οπουδήποτε. Άλλοι αποδίδουν την εμφάνιση της νεφοϋπολογιστικής στον John Mc Carthy άλλον έναν μεγάλο επιστήμονα της πληροφορικής, ο οποίος το 1960 πρότεινε η πληροφορική να λειτουργεί ως αγαθό κοινής οφέλιμα παρόμοιο με τα γραφεία που παρέχουν υπηρεσίες σε επιχείρησης έναντι αμοιβής. Ορόσημο στην εξέλιξη του υπολογιστικού νέφους ήταν η άφιξη της Salesforce.com στα τέλη του 1990, που πρωτοπόρησε με την ιδέα της παροχής εφαρμογών σε επιχείρησης μέσω μιας απλής σελίδας στο διαδίκτυο. Η εταιρεία άνοιξε το δρόμο και σε άλλες εταιρείας να παρέχουν εφαρμογές μέσω διαδικτύου. Εκτός από την Salesforce.com καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη του νέφους έπαιξε και η Amazon, η οποία κατάφερε να εξυγchronήσει τα κέντρα δεδομένων, τα οποία χρησιμοποιούσαν το 10% της χωρητικότητας τους κάθε στιγμή. Μόλις η Amazon διαπίστωσε ότι η αρχιτεκτονική του νέφους θα οδηγούσε σε σημαντικές βελτιώσεις στην απόδοση, ξεκίνησε μία προσπάθεια ανάπτυξης νέων προϊόντων σε εξωτερικούς πελάτες και

δημιούργησε το Amazon Web Service (AWS) το 2006. Στη συνέχεια λάνσαρε το Elastic Computer Cloud (EC2) ως μία υπηρεσία που επιτρέπει σε επιχειρήσεις και ιδιώτες να ενοικιάσουν υπολογιστές για να “φορτώσουν” της δικές τους εφαρμογές. Ένα μεγάλο βήμα έγινε το 2009 καθώς το Web 2.0 έφτασε στο απόγειο του, ενώ η Google και άλλες εταιρείες άρχισαν να προσφέρουν browser – based επιχειρησιακές εφαρμογές, όπως το Google Apps και το Microsoft Office 365.

#### 4.4 Τα 5 γεγονότα κλειδιά στην ιστορία του Cloud Computing

- **Έναρξη των Amazon Web Services τον Ιούλιο του 2002**

Η αρχική έκδοση του AWS το 2002 ήταν επικεντρωμένη στο να κάνει πληροφορίες διαθέσιμες από την Amazon σε συνεργάτες μέσω ενός μοντέλου διαδικτυακών υπηρεσιών μέσω προγραμμάτων και ανάπτυξης εφαρμογών και πιο συγκεκριμένα στόχευε στο ρόλο της Amazon σαν μεταπράτη. Ενώ αυτό το γεγονός ορίζει το σκηνικό, στην πραγματικότητα η έναρξη του S3 ήταν το πραγματικά πρώτο βήμα προς τη δημιουργία μιας πλατφόρμας Cloud.

- **Ξεκίνημα του S3 (Simple Storage Service) το Μάρτιο του 2006**

Η πραγματική καινοτομία που εισήγαγε το Amazon S3 ήταν το τιμολογιακό μοντέλο που όρισε. Αυτό στηρίχθηκε σε μια λογική “pay-per-use” (πληρωμή ανά χρήση) η οποία και έχει γίνει πλέον ένα δεδομένο για την τιμολόγηση υπηρεσιών Cloud. Επίσης με την έναρξη του S3 τοποθέτησε την Amazon από έναν απλό μεταπράτη στην θέση ενός πολύ δυνατού παίχτη στον χώρο της τεχνολογίας. Αξιοσημείωτες είναι οι διθυραμβικές κριτικές που εισπράττει από οικονομικό και τεχνολογικό τύπο της εποχής αυτή η καινοτομία της Amazon.

- **Έναρξη του EC2 (Elastic Compute Cloud) τον Αύγουστο του 2006**

Το EC2 είχε ένα πολύ πιο ήσυχο ξεκίνημα από το S3 τον Αύγουστο του 2006 αλλά θεωρείται να έχει τη μεγαλύτερη επίπτωση, κάνοντας διαθέσιμη την υποδομή υπολογιστικής ισχύος. Αυτό ολοκλήρωσε τον κύκλο που είχε ξεκινήσει να σχηματίζεται

παρουσιάζοντας μια ενεργή, πολύ πιο συμπαγή και ολοκληρωμένη υποδομή Cloud. Στην πραγματικότητα η ανάλυση εκείνης της περιόδου βρήκε αρκετές δυσκολίες στο να γίνει αντιληπτό πόσο μεγάλο ζήτημα ήταν, και πολύ περισσότερο εξέλαβε αυτή την καινοτομία σαν μια ακόμα υπηρεσία που μπορούσε να φιλοξενήσει υπηρεσίες online απλά με ένα Έναρξη του Google App Engine τον Απρίλιο του 2008. Η έναρξη του Google App Engine ήταν η είσοδος της πρώτης εταιρίας του είδους της Google στην αγορά του Cloud Computing. Η είσοδος μιας κυριάρχουσας εταιρίας, στο πεδίο του Internet σαν την Google, σε αυτή την αναπτυσσόμενη αγορά ήταν ξεκάθαρα ένα πολύ μεγάλο βήμα προς την ευρεία αποδοχή και υιοθέτηση του Cloud Computing. Όπως και με όλα τα αντίστοιχα προϊόντα εισήχθησαν ριζοσπαστικές τιμολογιακές πολιτικές, με ένα πλάνο για δωρεάν εισαγωγικό στάδιο και με πολύ χαμηλές υπηρεσίες υπολογιστικής ισχύος και αποθηκευτικού χώρου.

- **Έναρξη του Windows Azure Beta το Νοέμβριο του 2009**

Η είσοδος της Microsoft στο Cloud Computing είναι μια ξεκάθαρη ένδειξη της ανάπτυξης αυτού του χώρου. Η Microsoft για μεγάλο χρονικό διάστημα δεν δεχόταν το Διαδίκτυο σαν μια σημαντική και υποσχόμενη αγορά και συνέχιζε να επικεντρώνεται στην αγορά του προσωπικού desktop υπολογιστή επί χρόνια. Η συνειδητοποίηση και η αλλαγή αυτή στάσης δείχνει μια σημαντική στροφή που συντελείτο. Η έναρξη του Azure είναι ένα γεγονός κλειδί στην ιστορία του Cloud Computing καθώς η μεγαλύτερη εταιρία λογισμικού πήρε μια μικρή αλλά πάρα πολύ σημαντική στροφή προς το Διαδίκτυο.

## Κεφάλαιο 5°

### 5.0 Μοντέλα παροχής υπηρεσιών Cloud Computing

#### 1. Λογισμικό ως Υπηρεσία (Software as a Service - SaaS)

Η πιο διαδεδομένη μορφή παροχής υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους είναι η SaaS. Ως προέκταση της λογικής του Παρόχου Υπηρεσιών Εφαρμογών ASP (Application Service Provider) ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιεί τις εφαρμογές του παρόχου οι οποίες είναι εγκατεστημένες σε μία υποδομή υπολογιστικού νέφους χωρίς να έχει τη διαχείριση ή τον έλεγχο της χρησιμοποιούμενης υποδομής. Η απόλυτη ελαστικότητα που προσέδωσε η νέα τεχνολογία του υπολογιστικού νέφους "απογείωσε" τις εφαρμογές και τους χρήστες αυτής: CRM (Customer relationship management) όπως κυρίως η Salesforce, χώρους συνεργασίας όπως η GoogleApps, Office 365, LotusLive), κ.α.

#### 2. Πλατφόρμα ως Υπηρεσία (Platform as a Service - PaaS)

Στην περίπτωση αυτή ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αναπτύσσει πάνω στην υποδομή υπολογιστικού νέφους τις εφαρμογές που έχει αναπτύξει ή έχει αποκτήσει, οι οποίες έχουν δημιουργηθεί με χρήση γλωσσών προγραμματισμού και εργαλείων που υποστηρίζονται από τον πάροχο. Η προκείμενη υπηρεσία δηλαδή αφορά ένα ολόκληρο περιβάλλον εφαρμογών και όχι μόνο τη χρήση μίας εφαρμογής. Ο χρήστης δεν έχει τη διαχείριση ή τον έλεγχο της χρησιμοποιούμενης υποδομής αλλά έχει τον έλεγχο των εφαρμογών που έχουν αναπτυχθεί.

#### 3. Υποδομή ως Υπηρεσία (Infrastructure as a Service - IaaS)

Στην τρίτη περίπτωση ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δεσμεύσει προς χρήση επεξεργαστική ισχύ, αποθηκευτικά μέσα, δίκτυα και άλλους υπολογιστικούς πόρους χωρίς να έχει τον έλεγχο της χρησιμοποιούμενης υποδομής αλλά μόνο τον έλεγχο των λειτουργικών συστημάτων, αποθηκευτικών μέσων κλπ... Διαθέτει απομακρυσμένες εικονικές μηχανές οι οποίες συμπεριφέρονται ακριβώς όπως οι φυσικές ισοδύναμες τους. Η χρήση αυτή της πληροφοριακής υποδομής μπορεί να σχετίζεται όχι μόνο με την ικανότητα των διακομιστών (servers) αλλά ακόμα και με εργασιακά πόστα. Πάροχοι τέτοιων υπηρεσιών είναι η Amazon (EC2), Rackspace, Orange Business Service.

## 5.1 Λογισμικό ως υπηρεσία (SaaS)

Το Software-as-a-Service βασίζεται στη λογική της υπενοικίασης λογισμικού από έναν πάροχο υπηρεσιών, αντί της αγοράς της άδειας χρήσης. Δηλαδή το λογισμικό βρίσκεται σε ένα δίκτυο servers προκειμένου να διατίθεται ως υπηρεσία από το διαδίκτυο. Επίσης καλείται και 'software on demand' και αποτελεί τον πλέον γνωστό τύπο cloud computing. Σε αυτήν την περίπτωση δηλαδή, ο πάροχος της υπηρεσίας φιλοξενεί και την εφαρμογή και τα δεδομένα, και έτσι εμείς μπορούμε να τη χρησιμοποιήσουμε από οπουδήποτε. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της υπηρεσίας είναι η μείωση του κόστους. Είναι πολύ φθηνότερο για εμάς να νοικιάσουμε για κάποιο διάστημα μία εφαρμογή, από το να την αγοράσουμε. Επίσης ένα άλλο μεγάλο πλεονέκτημα είναι ότι δεν απαιτείται από την πλευρά μας ούτε συντήρηση ούτε αναβάθμιση του λογισμικού, καθώς για αυτές τις λειτουργίες είναι υπεύθυνος ο πάροχος.

Επίσης, Οι εφαρμογές και τα δεδομένα φιλοξενούνται κεντρικά στο νέφος από τον πάροχο και έτσι ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση στις εφαρμογές και στα δεδομένα που επιθυμεί από οπουδήποτε. Το μοντέλο αυτό είναι πολύ αποτελεσματικό στη μείωση κόστους ειδικά για επιχειρήσεις και οργανισμούς, αφού παρέχεται ως μηνιαίο λειτουργικό κόστος ή ανάλογα με τη χρήση (pay as you go ) το οποίο είναι συνήθως πολύ οικονομικότερο από την αγορά των αντίστοιχων αδειών χρήσης και υποδομής.

Εκτός αυτού δεν απαιτείται καμία συντήρηση ή αναβάθμιση αφού ο χρήστης δε χρειάζεται να ασχολείται με την διαθεσιμότητα, την κλιμάκωση, την χωρητικότητα της υποδομής, της πλατφόρμας της και της υπηρεσίας. Μερικά παραδείγματα SaaS είναι οι δωρεάν υπηρεσίες Web mail όπως Microsoft hotmail και Google Gmail, η σουίτα γραφείου Google Docs και η εφαρμογή διαχείρισης πωλήσεων της salesforce.com. Συνοψίζοντας δηλαδή, πλέον δεν θα χρειάζεται να αγοράσουμε ένα αυθεντικό λογισμικό. Το Cloud Computing θα μας δίνει τη δυνατότητα να ο νοικιάζουμε, για όσο διάστημα θέλουμε να το χρησιμοποιήσουμε.

Ο πελάτης αφού επιλέξει τον κατάλληλο πάροχο της υπηρεσίας που επιθυμεί πρέπει να γίνει συνδρομητής στην συγκεκριμένη υπηρεσία, στη συνέχεια επιλέγει τον τρόπο πληρωμής, έχει τη δυνατότητα να επιλέξει ανάμεσα στην μηνιαία, την ετήσια και σε μερικές περιπτώσεις την πληρωμή ανά χρήστη ανάλογα με την οικονομική του χρήση. Ο καταναλωτής πρέπει να έχει στην κατοχή του έναν υπολογιστή, έναν καλό

περιηγητή ιστοσελίδων και μια αρκετά καλή σύνδεση στο διαδίκτυο. Μετά την πληρωμή της συνδρομητικής αμοιβής ο πελάτης μπορεί αυτόματα να χρησιμοποιήσει το πρόγραμμα. Ο πάροχος της υπηρεσίας από την άλλη είναι υπεύθυνος για την άμεση τεχνική υποστήριξη, για τακτικές αναβαθμίσεις και patches (μπαλώματα) για να διορθωθούν σφάλματα και δυσλειτουργίες του λογισμικού. Επίσης μία άλλη δυνατότητα που δίνει το λογισμικό ως υπηρεσία είναι η σύνδεση δύο ή περισσότερων χρηστών από διαφορετικά τμήματα μίας επιχείρησης με σκοπό τη συνεργασία και την ανταλλαγή πληροφοριών πάνω σε ένα συγκεκριμένο σχέδιο. Αυτό σημαίνει ότι μικρομεσαίες επιχειρήσεις ή επιχειρήσεις που τώρα μπαίνουν στην αγορά μπορούν να χρησιμοποιήσουν το λογισμικό μέσω διαδικτύου για να κρατούν ενήμερα τα ενδιαφερόμενα μέλη της επιχείρησης.

## 5.2 Πλεονεκτήματα του SaaS

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά πλεονεκτήματα από τη χρήση της τεχνολογίας Λογισμικό ως υπηρεσία (Software as a Service) και πως οι εταιρείες μπορούν να ωφεληθούν από της δυνατότητες που τους προσφέρει η τεχνολογία αυτή:

- Οι πελάτες δεν πληρώνουν για την ιδιοκτησία του λογισμικού, αλλά για το μίσθωμα του. Έτσι ο πελάτης πληρώνει μια μικρή περιοδική συνδρομή και δεν αναγκάζεται να επενδύσει σημαντικά ποσά για την αγορά ολόκληρου του συστήματος. Δεν χρειάζεται να αγοράσει το ίδιο το λογισμικό, και την πλατφόρμα του διακομιστή για την εγκατάσταση του. Ας μην ξεχνάμε ότι μετά την εγκατάσταση οποιουδήποτε συστήματος στην επιχείρηση, χρειάζεται συνεχή περαιτέρω συντήρηση. Με το μοντέλο SaS, όλες αυτές οι ευθύνες βαρύνουν τον παροχέα του συστήματος, και ο πελάτης το μονό που έχει να κάνει είναι να χρησιμοποιεί την λειτουργικότητα του προγράμματος και να κάνει τακτικές πληρωμές για την πρόσβαση στο σύστημα και σε συναφές υπηρεσίες.
- Συνολικό κόστος ιδιοκτησίας. Σε αντίθεση με το παραδοσιακό μοντέλο λογισμικού, με το λογισμικό ως υπηρεσία το συνολικό κόστος είναι γνωστό εκ των προτέρων και καθορίζεται με συμβόλαιο. Και ενώ κάθε εφαρμογή πρέπει να αξιολογηθεί ξεχωριστά με τα δικά της προσόντα, το συνολικό κόστος απόκτησης ολόκληρης της εφαρμογής με το λογισμικό ως υπηρεσία είναι συνήθως πολύ χαμηλότερο λόγω της αποτελεσματικότητας του παρόχου να διαχειρίζεται της δικές του εφαρμογές στο δικό του κέντρο δεδομένων για



πόλους πελάτες. Εκτός αυτού έχουμε μείωση του κόστους για τον πελάτη καθώς δεν απαιτείται η αγορά σύγχρονου και τελευταίας γενιάς υλικού. Επιπλέον δεν είναι απαραίτητη ταχύτατοι υπολογιστές με πάρα πολύ μνήμη γιατί αυτά τα αναλαμβάνει ο πωλητής. Το μόνο που χρειάζεται είναι μία οθόνη, ένα πληκτρολόγιο, ένα ποντίκι, μία κεντρική μονάδα και όση μνήμη είναι απαραίτητη για να τρέξουν οι εφαρμογές πρόσβασης στο λογισμικό που επιθυμεί ο πελάτης.

- Επίσης με το μοντέλο SaS η διαδικασία εισαγωγής του συστήματος έχει ελαχιστοποιηθεί και είναι πολύ απλή - ο πελάτης πρέπει μόνο να λάβει το όνομα χρήστη και τον κωδικό πρόσβασης από το πρόγραμμα και να εγγράφει στο σύστημα με αυτά. Τα συστήματα SaS δεν απαιτούν μακράς διάρκειας εγκατάσταση και ρύθμιση, ή δαπανηρές συμβουλευτικές υπηρεσίες και δεν έχουν ιδιαίτερη δυσκολία στην προσαρμογή στις ανάγκες των πελατών. Το αποτέλεσμα είναι η μείωση του χρόνου του έργου και όλων των δαπανών που έχουν σχέση με αυτό.
- Ταχύτητα ανάπτυξης. Επειδή δεν υπάρχει λογισμικό για να εγκατασταθεί και να ρυθμιστεί από τον πελάτη, μια εφαρμογή λογισμικού ως υπηρεσία μπορεί να ενεργοποιηθεί σχεδόν αμέσως. Ακόμα και η παραμετροποίηση καθώς και άλλες επαγγελματικές υπηρεσίες υλοποιούνται συνήθως πιο γρήγορα με το λογισμικό ως υπηρεσία επειδή ο πωλητής κάνει της ρυθμίσεις του κάθε πελάτη μέσα από τη βάση δεδομένων του αντί να στείλει τεχνικούς για να ρυθμίσουν τον υπολογιστή του πελάτη.
- Λιγότερο επικίνδυνη επένδυση. Αντί να ξοδέψει 20.00 ευρώ π.χ. για να αποκτήσει την εφαρμογή, η επιχείρηση πληρώνει μία μηνιαία συνδρομή. Η ευθύνη πάει στους πωλητές. Εάν το λογισμικό που πουλάνε οι Πάροχοι είναι χαλασμένο δεν θα πληρωθούν από κανέναν πελάτη, αυτό αποτελεί ένα σημαντικό κίνητρο για τον πωλητή ώστε να διορθώσει το πρόβλημα. Ο πωλητής δουλεύει για του πελάτη. Οι πελάτες δεν χρειάζεται να ανησυχούν για την εγκατάσταση του προγράμματος γιατί όλα τρέχουν στην τοποθεσία του παρόχου.
- Ο μύθος του "αγοράζω vs νοικιάζω". Η φράση αυτή χρησιμοποιείται σε συζητήσεις για τα μειονεκτήματα του λογισμικού ως υπηρεσία. Αυτό αποτελεί μια παραπλανητική αναλογία επειδή ακόμα και όταν αγοράζουμε το παραδοσιακό μοντέλο μιας εφαρμογής, απλώς αγοράζουμε την άδεια να το

χρησιμοποιήσουμε όπως ακριβώς γίνεται και όταν νοικιάσουμε την εφαρμογή ως υπηρεσία.

- Τακτικές ενημερώσεις χωρίς να χρειάζεται να εγκαταστήσετε το λογισμικό. Στο παλιό μοντέλο λογισμικού, μία νέα ενημέρωση της εφαρμογής απαιτούσε την αποστολή δίσκων σε όλους τους πελάτες για να εγκαταστήσουν το νέο λογισμικό μόνοι τους και να κάνουν τις απαιτούμενες ρυθμίσεις. Με το λογισμικό ως υπηρεσία οι ενημερώσεις γίνονται αμέσως στη βάση δεδομένων του πωλητή, μία διαδικασία που είναι αόρατη για τον πελάτη.
- Χαμηλό κόστος αγοράς. Αντί να πληρώσουν πολλά χρήματα για να αναπτύξουν μια σύνθετη εφαρμογή σε ολόκληρη την επιχείρηση, με το λογισμικό ως υπηρεσία δίνεται η δυνατότητα στους πελάτες να δοκιμάσουν την εφαρμογή σε μικρά τμήματα της επιχείρησης. Το ρίσκο είναι μικρότερο εάν αποτύχει η δοκιμή. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα σε μικρομεσαίας επιχείρησης, επειδή δε διαθέτουν τους απαιτούμενους πόρους για να πληρώσουν μεγάλα ποσά εκ των προτέρων για το λογισμικό. Οι πελάτες μπορούν εύκολα να κάνουν μία μηνιαία ή ετήσια συνδρομή για το λογισμικό, ανάλογα με την οικονομική χρήση της επιχείρησης, και μπορούν απλά να την τελειώσουν με ένα κλικ.
- Τήρηση αντιγράφων ασφαλείας.
- Απεριόριστη χωρητικότητα ( on-line) αποθήκευσης. Τα δεδομένα αποθηκεύονται χωρίς την ανάγκη προμήθειας συμβατικών μέσων αποθήκευσης (π.χ. εξωτερικοί σκληροί δίσκοι)
- Χρήση και εφαρμογή της τεχνολογίας χωρίς να απαιτείται η αγορά οποιουδήποτε επιπλέον λογισμικού ή υλικού και ταχύτατη εκμάθηση της εφαρμογής από τους τελικούς χρήστες
- Άμεση πρόσβαση στις πληροφορίες. Οι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση σε εφαρμογές και τα δεδομένα τους οποιανδήποτε στιγμή από οπουδήποτε. Τα δεδομένα δεν περιορίζονται σε έναν σκληρό δίσκο στον υπολογιστή ενός χρήστη αλλά πλέον η πρόσβαση μπορεί να γίνει απομακρυσμένα από οπουδήποτε
- Εκτός αυτού το μοντέλο SaS δίνει την δυνατότητα στις μικρομεσαίες επιχειρήσεις να χρησιμοποιούν τις εφαρμογές που στο παρελθόν ήταν απρόσιτες λόγω υψηλού κόστους. Σε αντίθεση της αγοράς του λογισμικού, ο πελάτης μισθώνει για ένα μικρό ποσό τη επιχειρησιακή λειτουργία που αυτό εφαρμόζει. Πραγματικά, χρειάζεστε κάτι περισσότερο;

- Υπάρχουν φορές που εμφανίζεται η ανάγκη για περισσότερο υλικό και λογισμικό για ένα μικρό μόνο χρονικό διάστημα, όμως οι απαιτήσεις αυτές θα πρέπει να καλυφθούν. Η αγορά επιπλέον υλικού αλλά και αδειών χρήσης λογισμικού για το διάστημα αυτό είναι ασύμφορο και το πιθανότερο είναι ότι μετά την πάροδο του διαστήματος που τα έχουμε ανάγκη θα παραγκωνιστούν. Παραδείγματα τέτοιων περιπτώσεων είναι υπηρεσίες του κράτους που αναλαμβάνουν την κατάθεση φορολογικών δηλώσεων, σώματα του στρατού που αναλαμβάνουν την εισαγωγή νεοσύλλεκτων κ.τ.λ. Επομένως το λογισμικό ως υπηρεσία φαντάζει ως μία ιδανική λύση ώστε σε περιπτώσεις σαν και αυτή να μειωθεί το κόστος του πελάτη στο ελάχιστο.
- Ανάγκη για πολύπλοκες διαδικασίες. Κάποιες επιχειρήσεις ή οργανισμοί χρειάζονται μεγάλη υπολογιστική ισχύ και μνήμη για την εκτέλεση περίπλοκων υπολογισμών, που συχνά παίρνουν μέρες ή ακόμα και εβδομάδες για να εκτελεστούν σε ένα απλό υπολογιστή και απαιτείται δέσμευση πόρων για όσο χρόνο διαρκούν. Με τη χρήση του λογισμικού ως υπηρεσία μπορούμε να εκμεταλλευτούμε την επεξεργαστική ισχύ αλλά και μνήμη ολόκληρου του διαδικτύου μειώνοντας το χρόνο εκτέλεσης των υπολογισμών.
- Τέλος, το μοντέλο SaS παρέχει αυτόματη ανανέωση του λογισμικού χωρίς περαιτέρω έξοδα στον πελάτη, και τη δυνατότητα να αλλάξετε τον αριθμό των λειτουργικών εφαρμογών ανά πάσα στιγμή. Αν αποφασίσετε πως δεν χρειάζεται ορισμένες λειτουργίες του συστήματος, μπορεί να τις σταματήσετε και να πληρώνετε μόνο για εκείνες που πραγματικά χρειάζεστε.

### **3.7.1 Μειονεκτήματα του SaaS**

Εκτός από πλεονεκτήματα το λογισμικό ως υπηρεσία έχει και μειονεκτήματα, τα σημαντικότερα αφορούν θέματα ασφαλείας των πληροφοριών και προστασίας των προσωπικών δεδομένων κάθε επιχείρησης. Το βασικό πρόβλημα που αντιμετωπίζουν όλες οι επιχειρήσεις πριν εγκαταστήσουν μία εφαρμογή με το λογισμικό ως υπηρεσία είναι η χαμηλή εμπιστοσύνη στην ασφάλεια των δεδομένων, το γεγονός ότι εταιρικά δεδομένα ανεξάρτητα από το εάν είναι σημαντικά ή όχι δεν βρίσκονται εντός των τειχών της επιχείρησης δεν αρέσει ιδιαίτερα στα διευθυντικά στελέχη και έτσι διστάζουν να εκμεταλλευτούν της δυνατότητες που τους δίνει η συγκεκριμένη υπηρεσία.

Ένα άλλο θέμα είναι η απόδοση της υπηρεσίας. Το ερώτημα που βασανίζει τους καταναλωτές του SaaS είναι τι θα συμβεί όταν για κάποιο λόγο σταματήσει να λειτουργεί η υπηρεσία και πως μπορεί να αποζημιωθεί για το χρόνο που η υπηρεσία δεν είναι ενεργή;. Η πλήρης εξάρτηση του από το διαδίκτυο κάνει το λογισμικό ως υπηρεσία άχρηστο εάν διακοπεί η σύνδεση του πελάτη. Για αυτές της περιπτώσεις υπάρχει το συμβόλαιο (Service Level Agreement ή SLA) που καθορίζει την αποζημίωση που πρέπει να πληρώσει ο πάροχος στον πελάτη για το χρόνο που η υπηρεσία δεν ήταν ενεργή, αρκεί ο πελάτης να φροντίσει αυτό να αναφέρεται ρητά στο συμβόλαιο γιατί αλλιώς ο πωλητής δεν εγγυάται την αποζημίωση.

Επίσης άλλο ένα μειονέκτημα του λογισμικού σαν υπηρεσία είναι το πρόβλημα της αυξημένης πολυπλοκότητας. Αφού εγκατασταθεί η εφαρμογή με το λογισμικό ως υπηρεσία υπάρχει πιθανότητα η επιχείρηση να θέλει να συνδέσει ή να χρησιμοποιήσει τα δεδομένα που υπάρχουν στο σύννεφο με αυτά που υπάρχουν στην εταιρεία. Τα πράγματα τότε γίνονται αρκετά περίπλοκα και πολλές φορές, η λύση δεν είναι προφανής.

Το τελευταίο θέμα αφορά το αίσθημα αιχμαλωσίας του πελάτη. Όταν μια επιχείρηση χρησιμοποιεί το λογισμικό ως υπηρεσία για τη φύλαξη και το διαμερισμό των δεδομένων της, τίθεται το ερώτημα σε ποιον ανήκουν τα δεδομένα και αν ο πάροχος έχει πρόσβαση και δικαίωμα διαμερισμού των δεδομένων της επιχείρησης. Η απάντηση σε αυτό το ερώτημα είναι αντικείμενο έρευνας νομικών εταιρειών, πανεπιστημίων και κυβερνήσεων.

### 5.3 Υλοποιήσεις Cloud

#### ✓ **Private Cloud (Ιδιωτικό Cloud)**

Ιδιωτικό υπολογιστικό σύννεφο ονομάζεται το Cloud που είναι φτιαγμένο για την αποκλειστική χρήση ενός και μόνο πελάτη. Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές ανάλογα με το καθεστώς ιδιοκτησίας του, τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του κλπ. Ιδιαίτερο πάντως χαρακτηριστικό του είναι η αποκλειστική χρήση του από ένα και μόνο πελάτη.

Ένα ιδιωτικό Cloud επίσης είναι δυνατό να αποτελεί ιδιοκτησία του πελάτη. Η εγκατάσταση, η λειτουργία και η συντήρηση του ωστόσο δεν γίνεται από αυτόν. Οι φυσικές υποδομές (πχ servers) είναι δυνατόν να βρίσκονται είτε στις εγκαταστάσεις του πελάτη είτε στις εγκαταστάσεις του παρόχου της υπηρεσίας.

Πρόσφατα θεσπίστηκε ο όρος του «εικονικού ιδιωτικού νέφους» (virtual private cloud). Σε ένα τέτοιο εικονικό ιδιωτικό νέφος δεσμεύονται φυσικές υποδομές από ένα δημόσιο υπολογιστικό σύννεφο για την αποκλειστική χρήση ενός και μόνο πελάτη. Εξαιτίας της δέσμευσης των πόρων ο πελάτης μπορεί να είναι βέβαιος ότι τα δεδομένα του αποθηκεύονται και η επεξεργασία τους γίνεται μονάχα σε παραχωρημένους σε αυτόν διακομιστές στους οποίους βεβαίως έχει το αποκλειστικό δικαίωμα χρήσης.

#### ✓ **Community Cloud (Κοινοτικό Cloud)**

Στην περίπτωση που κάποιοι πελάτες με παρόμοιες ανάγκες αποφασίζουν για λόγους οικονομίας κλίμακας ή άλλους να μοιραστούν κοινές υλικοτεχνικές υποδομές, εγκαταστάσεις, παραμετροποιήσεις αλλά και την ευθύνη της διαχείρισης του Cloud, τότε έχουμε το κοινοτικό υπολογιστικό σύννεφο. Η διαχείριση του Cloud στην περίπτωση αυτή μπορεί να γίνεται είτε από τα μέλη της κοινότητας είτε από εξουσιοδοτημένο τρίτο μέλος εκτός κοινότητας.

#### ✓ **Public Cloud (Δημόσια Clouds)**

Τα Public Clouds παρέχουν πρόσβαση στους υπολογιστικούς τους πόρους στο γενικό κοινό μέσω του διαδικτύου. Ο πάροχος του επιτρέπει στους καταναλωτές να έχουν υπό τον έλεγχο τους, τους πόρους που έχουν ζητήσει, και αυτό γίνεται πιο συχνά μέσω μιας διαδικτυακής διεπαφής. Το ενοίκιο ουσιαστικά του καταναλωτή είναι σύμφωνα με την ανάγκη του με μια βάση του "pay-as you-go" (πληρώνεις όσο χρησιμοποιείς). Τα public Clouds προσφέρουν πρόσβαση σε μεγάλα «ταμεία» υπολογιστικών πόρων οι οποίοι μάλιστα είναι αρκετά επεκτάσιμοι και σε προσωρινό

ακόμα επίπεδο χωρίς να απαιτούν κάποια επένδυση κεφαλαίου για την ανάπτυξη των υποδομών του data center.

✓ **Hybrid Cloud (Υβριδικά Clouds)**

Ένα hybrid Cloud συνδυάζει τους πόρους (π.χ. Μηχανήματα, δίκτυο, αποθήκευση κλπ.) που προέρχονται από περισσότερα του ενός public Clouds και περισσότερα του ενός private Clouds και ίσως συνδυασμό και των δυο.

## 5.4 Γιατί επιλέγουν Cloud Computing

Το Cloud Computing θεωρείται από πολλούς σαν ένα μοντέλο που προσφέρει μια εικόνα από το μέλλον με το οποίο θα υπάρχει πρόσβαση σε υπολογιστικούς πόρους, επειδή προσφέρει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- ✓ **Self-service provisioning:** Επιτρέπει στους χρήστες να εφαρμόσουν τα δικά τους σύνολα από υπολογιστικούς πόρους σύμφωνα με τις ανάγκες τους, χωρίς τις καθυστερήσεις και τις επιπλοκές που έχει συνήθως η αγορά νέων υποδομών. Η τεχνολογία αυτή η ανάπτυξη και τροποποίησή της επιτρέπει τη βελτίωση της εμπειρίας του τελικού χρήστη του Cloud ενώ ταυτόχρονα μπορεί να γίνεται επίβλεψη, διαχείριση ή και επέκταση του υποκείμενου hardware.
- ✓ **Scalability :** Σπάει τη σύζευξη που υπήρχε ανάμεσα στις κυμαινόμενες ανάγκες μεμονωμένων χρηστών και τους τυπικούς περιορισμούς υποδομών, και αυτό το κάνει επειδή μπορεί να καλύψει άμεσα την αύξηση σε ανάγκη για υπολογιστικούς πόρους αλλά και να τους απελευθερώσει όταν αυτοί δεν είναι αναγκαίοι.
- ✓ **Reliability and fault-tolerance:** Είναι εύκολο να δοθεί έμφαση σε συγκεκριμένα κομμάτια της υποδομής ώστε αυτά να βελτιωθούν έως ότου να καλύπτουν τις ανάγκες σε αξιοπιστία. Επίσης αυτά τα επίπεδα αξιοπιστίας μπορούν να τροποποιηθούν, αλλά και να καλυφθούν χωρίς καμία μεσολάβηση του τελικού χρήστη.
- ✓ **Optimization/Consolidation:** Μεγιστοποιεί τη χρήση και αυξάνει την αποτελεσματικότητα της υπάρχουσας υποδομής και των πόρων της. Επεκτείνει τον κύκλο ζωής της υποδομής και μειώνει τα έξοδα κεφαλαίου για την ανανέωση της.
- ✓ **QoS :** Επιτρέπει στους διαχειριστές να επανεκτιμούν δυναμικά την SLA (service-level agreement) που σχετίζεται με τους χρήστες και τις ομάδες αυτών για τους υπάρχοντες πόρους. Επιτρέπει στον εκάστοτε οργανισμό να αντιδρά γρήγορα σε κυμαινόμενες συνθήκες χωρίς να παρέχει στους χρήστες περιττές πληροφορίες και ανάμειξη στο ζήτημα.
- ✓ **Well defined API:** Η χρήση ενός καλώς προσδιορισμένου και σταθερού βιομηχανικού API «απαγκιστρώνει» τους πελάτες από συγκεκριμένους προμηθευτές και βελτιώνει τη διαλειτουργικότητα (interoperability) με έναν

ολοένα και αναπτυσσόμενο αριθμό από εργαλεία, αλλά και παρόχους υπηρεσιών Cloud.

- ✓ **As-needed availability:** Ευθυγραμμίζει τη σπατάλη πόρων με την πραγματική χρήση τους επιτρέποντας έτσι στους εκάστοτε οργανισμούς να πληρώνουν μόνο για τους πόρους τους οποίους πραγματικά χρειάζονται, και όταν τους χρειάζονται.



## 5.5 Συστατικά Cloud Computing

Μία λύση cloud computing αποτελείται από τρία συστατικά στοιχεία τους υπολογιστές-πελάτες, το κέντρο δεδομένων και τους κατακευματισμένους διακομιστές.

### ❖ Υπολογιστές – Πελάτες

Οι υπολογιστές-πελάτες, σε μία αρχιτεκτονική cloud computing, είναι, γενικά, οι υπολογιστές που μπορούν να αποτελέσουν θέσεις εργασίας και βρίσκονται πάνω στα γραφεία. Αλλά επίσης μπορεί να είναι φορητοί υπολογιστές, υπολογιστές ταμπλέτες, τα κινητά τηλέφωνα ή τα PDA. Τα παραπάνω μέσα αποτελούν τα πιο σημαντικά μιας και είναι εύκολη η δυνατότητα μεταφοράς τους. Γενικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι υπολογιστές – πελάτες είναι όλες οι συσκευές οι οποίες χρησιμοποιούνται από τους χρήστες για να διαχειρίζονται τις πληροφορίες τους σε ένα «σύννεφο». Χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- **Κινητές συσκευές:** Οι κινητές συσκευές περιλαμβάνουν PDA ή έξυπνα τηλέφωνα, όπως ένα Blackberry, το Windows Smartphone ή ένα iPhone.
- **Λεπτοί πελάτες:** Είναι οι υπολογιστές που δεν έχουν εσωτερικούς σκληρούς δίσκους και επιτρέπουν στον διακομιστή να κάνει όλη την δουλειά ενώ αυτοί εμφανίζουν μόνο τις πληροφορίες. Οι λεπτοί υπολογιστές-πελάτες αποτελούν την πιο συχνή επιλογή λόγω της τιμής τους και των πλεονεκτημάτων που προσφέρουν. Κατ' αρχάς έχουν χαμηλό κόστος υλικού και μηχανογράφησης, είναι φθηνότεροι διότι περιέχουν λιγότερο υλικό από τους παχιούς υπολογιστές και στην διαχείριση υπάρχουν λιγότερα σημεία αποτυχίας. Στη συνέχεια, παρέχουν μεγαλύτερη ασφάλεια και μεγαλύτερη ασφάλεια δεδομένων, αφού η επεξεργασία και αποθήκευση πραγματοποιείται στον διακομιστή και δεν υπάρχει σκληρός δίσκος οπότε η πιθανότητα να εισβάλει ιός στην συσκευή ή να κλαπούν δεδομένα είναι μικρότερη. Τέλος, πραγματοποιούν μικρότερη κατανάλωση ρεύματος, είναι εύκολοι στην επισκευή και στην αντικατάσταση και παράγουν λιγότερη θερμότητα και λιγότερο θόρυβο.
- **Παχιοί πελάτες:** Είναι οι κανονικοί υπολογιστές που χρησιμοποιούν έναν Web browser όπως το Firefox ή το Internet Explorer για να συνδεθούν με το «σύννεφο».

### ❖ **Κέντρο δεδομένων**

Το κέντρο δεδομένων (datacenter) είναι το σύνολο των διακομιστών, στους οποίους φιλοξενείται η εφαρμογή την οποία θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε. Θα μπορούσε να είναι ένα μεγάλο δωμάτιο στο υπόγειο ενός κτιρίου ή ένα δωμάτιο γεμάτο με διακομιστές στην άλλη πλευρά του κόσμου στους οποίους έχουμε πρόσβαση μέσω του

Διαδικτύου.

### ❖ **Κατανεμημένοι διακομιστές**

Δεν είναι απαραίτητο όλοι οι διακομιστές να βρίσκονται στην ίδια θέση. Συνήθως, οι διακομιστές είναι σε γεωγραφικά διαφορετικές θέσεις. Άλλα για τον συνδρομητή αυτοί οι διακομιστές ενεργούν σαν να είναι ο ένας δίπλα στον άλλο. Το γεγονός αυτό δίνει μεγαλύτερη ευελιξία και ασφάλεια στον φορέα παροχής υπηρεσιών. Για παράδειγμα, η Amazon διαθέτει την δική της λύση σε διακομιστές σε όλο τον κόσμο. Αν προκληθεί μια βλάβη σε κάποια τοποθεσία, οι υπηρεσίες θα μπορούν να προσπελάζονται μέσω μιας άλλης τοποθεσίας. Επίσης, αν το «σύννεφο» χρειάζεται μεγαλύτερη υποδομή δεν χρειάζεται να προσθέσουν διακομιστές σε ένα δωμάτιο αλλά μπορούν να προσθέσουν μια ολόκληρη τοποθεσία και απλώς να την κάνουν μέρος του «σύννεφου».

## 5.6 Τι είναι ο Hypervisor του Xen

Ο Hypervisor του Xen είναι ένα στρώμα λογισμικού που εκτελείται απ' ευθείας στο hardware του υπολογιστή αντικαθιστώντας το λειτουργικό σύστημα και μέσω αυτού επιτρέπεται να εκτελούνται πολλαπλά φιλοξενούμενα λειτουργικά συστήματα ταυτόχρονα (guests). Υποστηρίζονται επεξεργαστές αρχιτεκτονικών x86, Itanium, PowerPC, ARM πράγμα που επιτρέπει στον Hypervisor αυτό να εκτελείται σε μια ευρεία ποικιλία από υπολογιστικό υλικό ενώ ταυτόχρονα υποστηρίζει Linux, NetBSD, FreeBSD, Solaris, Windows και άλλα κοινά λειτουργικά συστήματα σαν guests που τρέχουν στον hypervisor. Η κοινότητα του Xen.org αναπτύσσει και διατηρεί τον hypervisor του Xen σαν μια δωρεάν διανομή υπό την άδεια GNU General Public License.

### Συστατικά του του Xen

Το εικονικό περιβάλλον του Xen αποτελείται από έναν αριθμό αντικειμένων που συνεργάζονται για να προσφέρουν το εικονικό περιβάλλον αυτό, που είναι επιθυμητό να εγκατασταθεί:

- Xen Hypervisor
- Domain 0 Guest
- Domain Management and Control (Xen DM&C)
- Domain U Guest (Dom U)
- PV Guest
- HVM Guest

## 5.7 Xen Hypervisor

Ο Xen Hypervisor είναι το βασικό επίπεδο αφαίρεσης του λογισμικού που «κάθεται» ακριβώς πάνω στο υποκείμενο hardware, κάτω από οποιοδήποτε λειτουργικό σύστημα. Είναι υπεύθυνο για τον χρονοπρογραμματισμό (scheduling) της CPU και την τμηματοποίηση της μνήμης για τις διάφορες εικονικές μηχανές που τρέχουν στο σύστημα. Ο hypervisor όχι μόνο αφαιρεί (κάνει αφηρημένο: στο πρωτότυπο "abstracts") το hardware για τις εικονικές μηχανές αλλά επίσης ελέγχει και την εκτέλεση των εικονικών μηχανών καθώς μοιράζονται το ίδιο περιβάλλον εκτέλεσης. Δεν έχει καμία γνώση για τη δικτύωση, εξωτερικούς χώρους αποθήκευσης, την εικόνα ή για λειτουργίες I/O που βρίσκονται στο υπολογιστικό σύστημα.

## 5.8 Domain 0

Ο Domain 0 είναι ένας τροποποιημένος kernel των Linux, και είναι στην πραγματικότητα μια εικονική μηχανή (VM) η οποία τρέχει πάνω στον hypervisor και έχει κάποια τροποποιημένα ιδιαίτερα δικαιώματα για την πρόσβαση σε φυσικούς πόρους I/O καθώς και αλληλεπιδρά με τα υπόλοιπα VM (Domain U: PV και HVM Guests) που τρέχουν στο σύστημα. Όλα τα περιβάλλοντα Virtualization με το Xen απαιτούν την ύπαρξη και την εκτέλεση Domain 0 πριν την εκτέλεση οποιουδήποτε άλλου VM.

Δύο οδηγοί περιλαμβάνονται στον Domain 0 για να υποστηρίξουν το δίκτυο και τα αιτήματα προς το δίσκο από τα Domain U PV και HVM Guests: ο Network Backend Driver και ο Block Backend Driver. Ο Network Backend Driver επικοινωνεί απ' ευθείας με το τοπικό δικτυακό hardware για να επεξεργαστεί όλα τα αιτήματα που προέρχονται από τα Domain U guests. Ο Block Backend Driver επικοινωνεί με τις τοπικές συσκευές αποθήκευσης για να διαβάσει και να εγγράψει δεδομένα σύμφωνα με τα αιτήματα των guests.

### Domain U

Οι DomainU guests δεν έχουν απ ευθείας πρόσβαση στο φυσικό hardware της πλατφόρμας όπως ο Domain 0 guest και γι' αυτό ονομάζονται και συχνά unprivileged (χωρίς δικαιώματα). Όλοι οι paravirtualized guests που τρέχουν στον hypervisor του Xen αναφέρονται σαν Domain U PV Guests και είναι τροποποιημένα λειτουργικά συστήματα Linux, Solaris, FreeBSD, και άλλα UNIX λειτουργικά συστήματα. Όλοι οι πλήρως virtualized guests αντίστοιχα ονομάζονται Domain U HVM Guests και τρέχουν στάνταρντ εκδόσεις των Windows ή οποιοδήποτε άλλο μη-τροποποιημένο λειτουργικό σύστημα. Μια Domain U PV Guest VM γνωρίζει ότι δεν έχει απ' ευθείας πρόσβαση στο hardware και αναγνωρίζει ότι υπάρχουν και άλλα VM που τρέχουν στο ίδιο φυσικό μηχάνημα. Μια Domain U HVM Guest VM δεν γνωρίζει ότι μοιράζεται τον επεξεργαστικό χρόνο στο υλικό με άλλες VM που υπάρχουν. Ένας Domain U PV Guest περιέχει δύο οδηγούς για για πρόσβαση στο δίκτυο και στο δίσκο: PV Network Driver και PV Block Driver. Ένας Domain U HVM Guest δεν έχει τους PV drivers που είναι κανονικά τοποθετημένοι μέσα σε ένα virtual machine. Αντίθετα ένας εξειδικευμένος "δαίμονας" (daemon) εκτελείται για

κάθε HVM Guest στον Domain 0, ο Qemu- dm. Ο Qemu-dm υποστηρίζει τον Domain U HVM Guest σε αιτήματα για πρόσβαση στο δίκτυο και στο δίσκο. Ο Domain U HVM Guest πρέπει να εκκινήσει όπως ακριβώς θα εκκινούσε και σε ένα φυσικό μηχάνημα, έτσι πρέπει να προστεθεί λογισμικό στον Domain U HVM Guest, Xen virtual firmware, για να εξομοιώσει το BIOS που ένα κανονικό λειτουργικό σύστημα θα περίμενε κατά την εκκίνηση του.

Για τη δημιουργία χρηστών πατάμε πάνω αριστερά στο εικονίδιο του cloud και επιλέγουμε contacts. Δίνουμε τα απαραίτητα στοιχεία και τους αποθηκεύουμε.

## 5.9 Η λειτουργία του Xen

Αυτό το τμήμα παρουσιάζει πως ένας paravirtualized Domain U δύναται να επικοινωνήσει με τα εξωτερικά δίκτυα ή την αποθήκευση μέσω του Xen hypervisor και του Domain 0.

### A) Επικοινωνία Domain 0 προς Domain U

Ο Xen hypervisor δεν έχει γραφτεί έτσι ώστε να υποστηρίζει αιτήματα δικτύου και δίσκου. Έτσι ένας Domain U PV Guest πρέπει να επικοινωνήσει μέσω του Xen hypervisor με τον Domain 0 για να επιτευχθεί η πρόσβαση στο δίσκο και το δίκτυο. Το

παράδειγμα που ακολουθεί παρουσιάζει έναν Domain U PV Guest ο οποίος γράφει δεδομένα στον τοπικό σκληρό δίσκο.

Ο Domain U PV Guest οδηγός PV block driver λαμβάνει ένα αίτημα για να γράψει στον

τοπικό δίσκο και γράφει μέσω του Xen hypervisor στην κατάλληλη τοπική μνήμη την οποία μοιράζεται με τον Domain 0. Ένα κανάλι που υπάρχει μεταξύ του Domain 0 και του Domain U PV Guest που τους επιτρέπει να επικοινωνούν μέσω ασύγχρονων διατμηματικών (inter-domain) διακοπών στον Xen hypervisor. Ο Domain 0 θα λάβει μια διακοπή από τον Xen hypervisor που προκαλεί τον οδηγό PV Block Backend Driver να πάρει την πρόσβαση στην τοπική μνήμη του συστήματος και να αναγνώσει τα απαραίτητα τμήματα από την κοινή μνήμη του Domain U PV Guest. Τα δεδομένα που μεταφέρονται από την κοινή μνήμη εγγράφονται στον τοπικό δίσκο σε μία συγκεκριμένη τοποθεσία. Το κανάλι γεγονότων παρουσιάζεται πιο κάτω σαν ένας

απευθείας σύνδεσμος ανάμεσα στον Domain 0 και Domain U PV Guest που είναι μια απλοποιημένη εικόνα του πως λειτουργεί το σύστημα. Στην πραγματικότητα το κανάλι γεγονότων εκτελείται δια μέσω του Xen hypervisor με συγκεκριμένες διακοπές να καταχωρούνται στο registry του Xenstored επιτρέποντας έτσι και στον Domain 0 αλλά και στον Domain U PV Guest να μοιράζονται γρήγορα τις πληροφορίες που βρίσκονται στην τοπική μνήμη.

**B) Εξέχοντα σημεία στην ανάπτυξη του Xen.**

- Το Xen διαχωρίζει την εκτέλεση του hypervisor από τη διαχείριση του λειτουργικού συστήματος, τη διαχείριση της στοίβας, τους οδηγούς του υλικού και τους guests.
- Τα στοιχεία είναι εναλλάξιμα – γίνεται επιλογή του καλύτερου λειτουργικού για την υποστήριξη των αναγκών
- Ισχυρή απομόνωση μεταξύ όλων των συστατικών – υποβοηθείται κι από το σύγχρονο υλικό και έτσι οι domains μπορούν να επανεκκινήσουν χωρίς την ολική επανεκκίνηση όλου του συστήματος.
- Επεκτασιμότητα

### 5.9.1 Χαρακτηριστικά απεύθυνσης και στήριξης του Xen.org

- Η Open-source κοινότητα με συμμετέχοντες τους μεγαλύτερους κατασκευαστές CPU (AMD, Intel) με τη δυνατότητα για paravirtualization και hardware Virtualization δίνει τη δυνατότητα για μέγιστη εκμετάλλευση των τελευταίων τεχνολογικών επιτευγμάτων σε επίπεδο virtualization αλλά και hardware.
- Η κοινότητα υποστηρίζεται επίσης και από ακαδημαϊκά ιδρύματα με ιδέες που δοκιμάζονται και ενσωματώνονται στον hypervisor. Σημαντικό παράδειγμα η πρόσφατη ενσωμάτωση του project Remus του πανεπιστημίου British Columbia.
- Σχετίζεται άμεσα με την τεχνολογία του Cloud computing. Με τις μεγαλύτερες εταιρίες στον τομέα (Amazon, Cloud.com, GoGrid, Rackspace) να χρησιμοποιούν όλες το Xen η κοινότητα μπορεί να εγγυηθεί την επεκτασιμότητα που μπορεί να παρέχει ο hypervisor του Xen.
- Έχει αναπτυχθεί και είναι πλέον διαθέσιμη και η πλατφόρμα Cloud από το Xen που ονομάζεται Xen Cloud Platform (XCP).
- Είναι ο πρώτος open-source hypervisor που ήταν διαθέσιμος για την εφαρμογή του σε μεγάλα επιχειρησιακά περιβάλλοντα και έχει ενσωματωθεί επιτυχώς από: μεγάλους οργανισμούς έκδοσης Linux, εταιρίες λογισμικού/hardware (Avaya, Cisco, Citrix, Fujitsu, Lenovo, Novell, Oracle, Samsung, VAlinux, and others. Cloud providers including Amazon, Cloud.com, GoGrid, Rackspace), και άλλους πελάτες παγκοσμίως που χρησιμοποιούν τεχνικές Virtualization.
- Η κοινότητα των προγραμματιστών είναι παγκόσμια και απαρτίζεται από συνεταιρικούς προγραμματιστές, πανεπιστημιακούς ερευνητές και τεχνολόγους της Virtualization.
- Εκδίδονται περίπου 250 patch το μήνα. Υποστηρίζεται από το Xen Advisory Board (Citrix, Fujitsu, HP, IBM, Intel, Novell, Oracle, and VA Linux Systems Japan)



## 6.0 Συμπεράσματα

Το cloud computing είναι αναμφίβολα μια σημαντική τεχνολογική εξέλιξη του 21ου αιώνα. Από τεχνική άποψη, είναι περισσότερο το αποτέλεσμα υπαρκτών εδώ και πολλά χρόνια εσωτερικών τάσεων παρά μια πραγματική επανάσταση. Αντίθετα, από οικονομική, οργανωτική και νομική άποψη, το cloud computing κάνει ουσιαστική ρήξη με το παρελθόν: η πληρωμή ανάλογα με την πραγματική χρήση, ευελιξία και κατ' αίτηση πρόσβαση σε υπολογιστικές υπηρεσίες από τη μία αλλά και τεχνολογική εξάρτηση, απώλεια ελέγχου δεδομένων, μη αναστρεψιμότητα επιλογής από την άλλη. Τέλος οι πιο σημαντικές παράμετροι που επηρεάζουν το χρήστη, ο οποίος είναι ο κριτής του προσφερόμενου QoS, είναι η καθυστέρηση, το jitter και η απώλεια των δεδομένων. Αυτές οι παράμετροι, μαζί με άλλες όπως είναι ο εγγυημένος ρυθμός μετάδοσης, ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης κτλ, είναι αυτές που διαφοροποιούν τις τάξεις QoS και καθορίζουν τα διαφορετικά προφίλ QoS που προσφέρουν τα δίκτυα.

## 6.1 Βιβλιογραφία

- [1][http://conta.uom.gr/conta/ekpraideysh/metaptyxiaka/technologies\\_diktywn/teaching\\_m/management/qos.htm](http://conta.uom.gr/conta/ekpraideysh/metaptyxiaka/technologies_diktywn/teaching_m/management/qos.htm), Ημερομηνία Πρόσβασης 20/6/2014
- [2] Ahmed S. ,A Deep Learning method for classification of images RSVP events with EEG data, Dept. of Electr. & Comput. Eng., Univ. of Texas at San Antonio, San Antonio, TX, USA
- [3] Δημήτρης Ζαΐναλιπούρ, Στέλλα Αριστείδου, Σοφία Καζέλη Internet Protocol Quality of Services, Department of Computer Science – University of Cyprus, Κύπρος 1999
- [4]<http://www.icbnet.ntua.gr/website/Mathimata/InternetTech/kef6.pdf>, Ημερομηνία Πρόσβασης 23/6/2014
- [5] Τεχνολογίες Διαδικτύου, Ι.Σ. Βενιέρης, Ε.Νικολούζου, 2000
- [6] Δημήτριος Πρίμπας, Αυτοματοποιημένη Διαχείριση Υπηρεσιών Quality of Service, Διδακτορική Διατριβή, Πάτρα 2008
- [7] Ανδριοπούλου Φωτεινή, Μελέτη Αρχιτεκτονικής Υπηρεσιών – Qos πάνω σε Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα Νέας Γενιάς(Ngn) (Με Χρήση Εξομοιωτή Opnet)
- [8] Κονταράκη Μαρία, Παροχή Ποιότητας Υπηρεσίας στο UMTS με τη χρήση Ενοποιημένων Υπηρεσιών» (Quality of Service in UMTS – Integrated Services), Αθήνα 2005
- [9] RFC 2205, R. Braden, L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, S. Jamin, "Resource ReSer- vation Protocol (RSVP) - Version 1 Functional Specification", IETF.
- [10] Τεχνολογίες Διαδικτύου, Ι.Σ. Βενιέρης, Ε.Νικολούζου, 2000
- [11] Διδακτορική Διατριβή Πρίμπας Δημήτριος, Αυτοματοποιημένη Διαχείριση Υπηρεσιών Quality of Service
- [12] Μαρίνα Μαρκέλλου, Μεταδιδακτορικός Ερευνητικός Συνεργάτης Université de Poitiers Cloud Computing : Όταν τα δεδομένα "πετούν" στα σύννεφα

- [13] Cloud security and privacy, above the clouds (A Berkeley View Of Cloud Computing) Electrical engineering and Computer Sciences University of California at Berkeley.
- [14] Σολδάτου Ελένη, Ασφάλεια στο Cloud Computing, Πτυχιακή Εργασία, Λάρισα 2012
- [15] Hurwitz, J.,Blor,R.,Kaufman,M. & Halper, F. Cloud Computing For DUMMIES
- [16] Καλαντζή, Ρ. Υπολογιστικό Νέφος & Ηλεκτρονικές Ταυτότητες: Προβλήματα Ιδιωτικότητας Διδακτορική διατριβή
- [17] <http://architects.dzone.com/news/5-key-events-history-Cloud?>, Ημερομηνία Πρόσβασης 25/6/2014
- [18] Blokdiijk, G. SaaS 10 Success Secrets How Companies Successfully Buy, Manage, Host and deliver software as a service
- [19] Κουφού, Κ. Cloud computing και Η Περίπτωση Υποδομών Gogle Ap Engine. Πτυχιακή εργασία
- [20] Τριχινάς, Δ.Μελέτη και ανάπτυξη διαδικτυακής υπηρεσία για την επίβλεψη νέφους αποθήκευσης δεδομένων (storage cloud). Διπλωματική εργασία
- [21] Qi Zhang, Lu Cheng, Raouf Boutaba; (2010); "Cloud computing: state-of-the-art and research challenges"; J Internet Serv Appl (2010) 1: 7–18
- [22] [http://apythanos.blogspot.gr/2012/10/cloud-computing\\_5514.html](http://apythanos.blogspot.gr/2012/10/cloud-computing_5514.html), Ημερομηνία Πρόσβασης 28/6/2014
- [23] Staten James; (2009); "Which Cloud Computing Platform is right for you?"; Forrester Reasearch Inc
- [24] Marinos Alexandros, Briscoe Gerard; (2009); "Communtiy Cloud Computing"; SprigerLink
- [25] The NIST Definition of Cloud Computing (Draft) Recommendations of the National Institute of Standards and Technology Peter Mell Timothy Grance
- [26] Τσακαλίδη Ιωάννα, Δυνατότητες υιοθέτησης και εφαρμογής του cloud computing από το Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα της Θεσσαλονίκης και ειδικότερα από το τμήμα Εμπορίας και Διαφήμισης για την υποστήριξη των φοιτητών του, Σίνδος 2013

[27] <http://www-archive.xenproject.org/files/Marketing/WhatisXen.pdf>, Ημερομηνία Πρόσβασης 1/7/2014

[28] Βουλγαράκης Χρήστος Τσάπραλη Ιωάννα, Cloud Computing. Πτυχιακή εργασία 01/09/2014

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Για τη δημιουργία του προσωπικού cloud server κατεβάζουμε το VMware fusion ώστε να μπορέσουμε να κάνουμε mount το εικονικό αρχείο των UBUNTU. Εφόσον εγκατασταθεί το VMware δημιουργούμε μια νέα εικονική μηχανή με τα Ubuntu.



Κάνουμε την εγκατάσταση και τρέχουμε τον terminal των Ubuntu:

```

Terminal
savvasmamakis@ubuntu: ~
ubuntu1 [102 kB]
Get:10 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu/ utopic/main libmagickcore5 amd64 7.7.10+dfsg-4ubuntu1 [1,508 kB]
Get:11 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu/ utopic/main libmagickwand5 amd64 7.7.10+dfsg-4ubuntu1 [282 kB]
Get:12 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu/ utopic-updates/main mysql-commu 5.5.41-0ubuntu0.14.10.1 [13.5 kB]
Get:13 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu/ utopic-updates/main libmysqlcl amd64 5.5.41-0ubuntu0.14.10.1 [603 kB]
Get:14 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu/ utopic-updates/main libpq5 amd64 9.4.0-1-0ubuntu0.14.10 [76.2 kB]
Get:15 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu/ utopic/main libdbi-perl amd64 1.631-3build1 [770 kB]
Get:16 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu/ utopic/main libdbd-mysql-perl amd64 4.028-2 [88.6 kB]
Get:17 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu/ utopic/main libterm-readkey-perl amd64 2.32-1build1 [25.0 kB]
Get:18 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu/ utopic-updates/main mysql-clie e-5.5 amd64 5.5.41-0ubuntu0.14.10.1 [714 kB]
Get:19 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu/ utopic-updates/main mysql-clie amd64 5.5.41-0ubuntu0.14.10.1 [1,610 kB]
Get:20 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu/ utopic-updates/main mysql-serv e-5.5 amd64 5.5.41-0ubuntu0.14.10.1 [3,264 kB]
58% [20 mysql-server-core-5.5 2,625 B/3,264 kB 0%] [1 owncloud 19.2 MB/23.1
  
```

```

Terminal
savvasmamakis@ubuntu: ~
Preparing to unpack .../libpq5_9.4.0-1-0ubuntu0.14.10_amd64.deb ...
Unpacking libpq5:amd64 (9.4.0-1-0ubuntu0.14.10) ...
Selecting previously unselected package libdbi-perl.
Preparing to unpack .../libdbi-perl_1.631-3build1_amd64.deb ...
Unpacking libdbi-perl (1.631-3build1) ...
Selecting previously unselected package libdbd-mysql-perl.
Preparing to unpack .../libdbd-mysql-perl_4.028-2_amd64.deb ...
Unpacking libdbd-mysql-perl (4.028-2) ...
Selecting previously unselected package libterm-readkey-perl.
Preparing to unpack .../libterm-readkey-perl_2.32-1build1_amd64.deb ...
Unpacking libterm-readkey-perl (2.32-1build1) ...
Selecting previously unselected package mysql-client-core-5.5.
Preparing to unpack .../mysql-client-core-5.5_5.5.41-0ubuntu0.14.10.1_amd64.deb ...
Unpacking mysql-client-core-5.5 (5.5.41-0ubuntu0.14.10.1) ...
Selecting previously unselected package mysql-client-5.5.
Preparing to unpack .../mysql-client-5.5_5.5.41-0ubuntu0.14.10.1_amd64.deb ...
Unpacking mysql-client-5.5 (5.5.41-0ubuntu0.14.10.1) ...
Selecting previously unselected package mysql-server-core-5.5.
Preparing to unpack .../mysql-server-core-5.5_5.5.41-0ubuntu0.14.10.1_amd64.deb ...
Unpacking mysql-server-core-5.5 (5.5.41-0ubuntu0.14.10.1) ...
Processing triggers for man-db (2.7.0.2-2) ...
  
```

```

Terminal
savvasmamakis@ubuntu: ~
Preparing to unpack .../heirloom-mailx_12.5-2_amd64.deb ...
Unpacking heirloom-mailx (12.5-2) ...
Selecting previously unselected package libapache2-mod-php5.
Preparing to unpack .../libapache2-mod-php5_5.5.12+dfsg-2ubuntu4.1_amd64.deb ...
Unpacking libapache2-mod-php5 (5.5.12+dfsg-2ubuntu4.1) ...
Selecting previously unselected package libhtml-template-perl.
Preparing to unpack .../libhtml-template-perl_2.95-1_all.deb ...
Unpacking libhtml-template-perl (2.95-1) ...
Selecting previously unselected package libmcrypt4.
Preparing to unpack .../libmcrypt4_2.5.8-3.3_amd64.deb ...
Unpacking libmcrypt4 (2.5.8-3.3) ...
Selecting previously unselected package mysql-server.
Preparing to unpack .../mysql-server_5.5.41-0ubuntu0.14.10.1_all.deb ...
Unpacking mysql-server (5.5.41-0ubuntu0.14.10.1) ...
Selecting previously unselected package php5.
Preparing to unpack .../php5_5.5.12+dfsg-2ubuntu4.1_all.deb ...
Unpacking php5 (5.5.12+dfsg-2ubuntu4.1) ...
Selecting previously unselected package php5-mcrypt.
Preparing to unpack .../php5-mcrypt_5.4.6-0ubuntu5_amd64.deb ...
Unpacking php5-mcrypt (5.4.6-0ubuntu5) ...
Selecting previously unselected package owncloud.
Preparing to unpack .../owncloud_7.0.4-3_all.deb ...
Unpacking owncloud (7.0.4-3) ...
  
```

Στη συνέχεια πληκτρολογούμε τις παρακάτω εντολές για την εγκατάσταση του owncloud καθώς και την επανεκκίνηση του Apache.

- Add the owncloud repository as apt source:

```
Sudo sh -c "echo `deb
```

[http://download.opensuse.org/repositories/sv:/ownCloud:/community/xUbuntu\\_14.10/](http://download.opensuse.org/repositories/sv:/ownCloud:/community/xUbuntu_14.10/)>>/etc/apt/sources.list.d/owncloud.list"

- Download and install the repository key

```
$ wget
```

[http://download.opensuse.org/repositories/sv:ownCloud:community/xUbuntu\\_14.10/Release.key](http://download.opensuse.org/repositories/sv:ownCloud:community/xUbuntu_14.10/Release.key)

```
sudo apt-key add --<Release
```

- Update the source list

```
sudo apt-get update
```

- Install owncloud

```
sudo apt-get install owncloud
```

- Now you need to Enable the Apache rewrite module using the following command

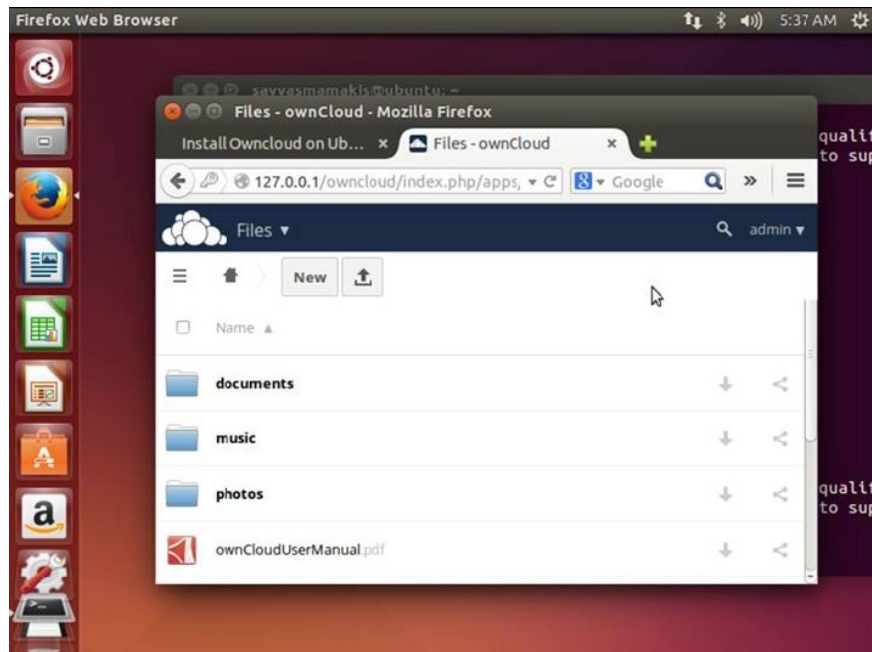
```
sudo a2enmod rewrite
```

- Restart apache server

```
sudo service apache2 restart
```



Ανοίγουμε τον browser και πληκτρολογούμε στο address bar το 127.0.0.2/owncloud. Βάζουμε admin για username και admin για password και έχουμε ολοκληρώσει τη διαδικασία, οπότε μπορούμε να διαχειριστούμε τον private cloud server.



Για τη δημιουργία χρηστών πατάμε πάνω αριστερά στο εικονίδιο του cloud και επιλέγουμε contacts. Δίνουμε τα απαραίτητα στοιχεία και τους αποθηκεύουμε.

