



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ  
ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ (Σ.Δ.Ο.)  
ΤΜΗΜΑ ΤΗΛΕΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

**ΤΙΤΛΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:**

**ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΙ ΧΡΕΩΣΗΣ  
ΣΕ ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ**

**ΓΚΙΑΟΥΡΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ Α.Μ. 3532**

**ΘΕΟΔΩΡΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ Α.Μ. 3526**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:  
ΤΣΙΑΝΤΗΣ ΛΕΩΝΙΔΑΣ**

**ΑΡΤΑ 2006**

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:**

### **Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή**

1.1 Ευρυζωνικά Δίκτυα.....	6
1.2 Η Ευρυζωνικότητα στη Ευρώπη.....	7

### **Κεφάλαιο 2: Τεχνολογίες Ευρυζωνικών Δικτύων**

2.1 Τεχνολογίες xDSL.....	11
2.1.1 HDSL.....	12
2.1.2 SDSL.....	12
2.1.3 VDSL.....	12
2.1.4 ADSL.....	13
2.2 Καλωδιακή.....	17
2.2.1 DVB/DAVIC – Euromodem.....	20
2.3 Δορυφορικές Υπηρεσίες.....	20
2.4 Ασύρματες Υπηρεσίες.....	23
2.4.1 Τεχνολογία LMDS.....	25

### **Κεφάλαιο 3: Υπηρεσιές Δικτύων**

3.1 Υπηρεσίες μέσω Ευρυζωνικών Δικτύων.....	28
3.2 Πρωτόκολλο TCP/IP.....	29
3.2.1 Μοντέλο Πρωτοκόλλου TCP/IP.....	31
3.3 Πρωτόκολλο ATM.....	33
3.3.1 Μοντέλο Πρωτοκόλλου ATM.....	36
3.4 Διαφοροποιήσεις πρωτοκόλλου TCP/IP και ATM.....	38
3.5 Επίπεδα Ποιότητας Υπηρεσιών – QoS Levels.....	39
3.6 Μετρικές Ποιότητας.....	41
3.7 Τύποι QoS.....	43
3.7.1 Μηχανισμοί για QoS στο φυσικό επίπεδο.....	43
3.7.2 Διαφοροποίηση φυσικών μονοπατιών.....	44

<b>3.8 Μηχανισμοί για QoS στο επίπεδο σύνδεσης.....</b>	<b>44</b>
<b>3.8.1 Ποιότητα Υπηρεσιών σε TCP/IP δίκτυα.....</b>	<b>45</b>
<b>3.8.2 Ποιότητα Υπηρεσιών σε ATM δίκτυα.....</b>	<b>45</b>
<b>3.9 Μηχανισμοί για QoS στα επίπεδα δικτύου και μεταφοράς.....</b>	<b>48</b>

#### **Κεφάλαιο 4: Τιμολόγηση Υπηρεσιών σε Ευρυζωνικά Δίκτυα**

<b>4.1 Εισαγωγή στην Τιμολόγηση Υπηρεσιών.....</b>	<b>52</b>
<b>4.2 Επιθυμητά χαρακτηριστικά των χρεώσεων.....</b>	<b>53</b>
<b>4.3 Ορισμός του SLA – Service Level Agreements.....</b>	<b>54</b>
<b>4.4 Κατηγοριοποίηση των SLAs.....</b>	<b>55</b>
<b>4.4.1 Με βάση το είδος των παρεχόμενων υπηρεσιών.....</b>	<b>55</b>
<b>4.4.2 Με βάση το πότε γίνεται η παροχή της υπηρεσίας.....</b>	<b>56</b>
<b>4.4.3 Με βάση το αν ο πάροχος είναι εντός ή εκτός οργανισμού.....</b>	<b>58</b>
<b>4.5 Περιεχόμενα του SLA.....</b>	<b>59</b>
<b>4.6 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των SLAs.....</b>	<b>63</b>
<b>4.7 Μέθοδοι Τιμολόγησης.....</b>	<b>67</b>
<b>4.7.1 Στατικές Μέθοδοι Τιμολόγησης.....</b>	<b>67</b>
<b>4.7.2 Δυναμικές Μέθοδοι Τιμολόγησης.....</b>	<b>68</b>
<b>4.8 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Μεθόδων Τιμολόγησης.....</b>	<b>70</b>

#### **Κεφάλαιο 5: Ευρυζωνικά Δίκτυα στην Ελλάδα**

<b>5.1 Η Ελληνική πραγματικότητα για τα Ευρυζωνικά Δίκτυα.....</b>	<b>74</b>
<b>5.2 Δημόσια έργα Ευρυζωνικών υποδομών.....</b>	<b>76</b>

<b>Επίλογος.....</b>	<b>84</b>
----------------------	-----------

<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>86</b>
--------------------------	-----------

## ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ:

<b>Σχήμα 1:</b> Αυξητική τάση ευζωνικών συνδέσεων στην Ε.Ε.....	<b>8</b>
<b>Σχήμα 2:</b> Οι πιο διαδεδομένες τεχνολογίες DSL.....	<b>11</b>
<b>Σχήμα 3:</b> ADSL modems.....	<b>14</b>
<b>Σχήμα 4:</b> Splitterless & splitter-based DSL.....	<b>15</b>
<b>Σχήμα 5:</b> TCP/IP μοντέλο.....	<b>31</b>
<b>Σχήμα 6:</b> Αναπαράσταση σύνδεσης διαμέσου δικτύου ATM.....	<b>37</b>
<b>Σχήμα 7:</b> Διαστρωμάτωση ATM.....	<b>38</b>
<b>Σχήμα 8:</b> Τα είδη της καθυστέρησης και η συνολική καθυστέρηση.....	<b>42</b>
<b>Σχήμα 9:</b> Η μετρική ποιότητας jitter.....	<b>43</b>
<b>Σχήμα 10:</b> Virtual paths και virtual circuits σε ATM δίκτυα.....	<b>48</b>

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

## 1.1 Ευρυζωνικά Δίκτυα

Η ταχύτατη ανάπτυξη των νέων δικτυακών τεχνολογιών και η επερχόμενη σύγκλιση τηλεπικοινωνιών, πληροφορικής και ηλεκτρονικών μέσων μαζικής ενημέρωσης, επιφέρουν σημαντικές αλλαγές στα οικονομικά μοντέλα ανάπτυξης στους τομείς των Τηλεπικοινωνιών, της Πληροφορικής, των Υπηρεσιών και του Εμπορίου. Παράλληλα, επιδρούν καθοριστικά στα κοινωνικά μοντέλα οργάνωσης που σκοπό έχουν την εξασφάλιση της συμμετοχής, της συνοχής και της ισονομίας των πολιτών, την ισότιμη επικοινωνία και την πρόσβαση στη γνώση. Η ανταγωνιστικότητα ενός κράτους στο σημερινό περιβάλλον υψηλής τεχνολογίας και ψηφιακής σύγκλισης συσχετίζεται έντονα με την ύπαρξη προηγμένων δικτυακών υποδομών υψηλής ποιότητας, χωρητικότητας και απόδοσης, ορθολογικά ανεπτυγμένων και κοστολογημένων, οι οποίες προσφέρουν εύκολη, ασφαλή και αδιάλειπτη πρόσβαση στο διεθνές “ηλεκτρονικό πλέγμα” της γνώσης και του εμπορίου, με προσιτά τιμολόγια χωρίς τεχνητούς αποκλεισμούς. ο όρος ο οποίος έχει επικρατήσει διεθνώς για την περιγραφή των παραπάνω δικτύων είναι ο όρος «broadband» και η ελληνική του μετάφραση «ευρυζωνικότητα». Ειδικότερα, με τον όρο «ευρυζωνικότητα» ορίζεται με ευρεία έννοια το προηγμένο, εφικτό και καινοτόμο από πολιτική, κοινωνική, οικονομική και τεχνολογική άποψη περιβάλλον αποτελούμενο από:

- την παροχή γρήγορων συνδέσεων στο Διαδίκτυο σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού, με ανταγωνιστικές τιμές (με τη μορφή καταναλωτικού αγαθού), χωρίς εγγενείς περιορισμούς στα συστήματα μετάδοσης και τον τερματικό εξοπλισμό των επικοινωνούντων άκρων
- την κατάλληλη δικτυακή υποδομή που:
  - α.** επιτρέπει την κατανομημένη ανάπτυξη υαρχόντων και μελλοντικών δικτυακών εφαρμογών και πληροφοριακών υπηρεσιών,
  - β.** δίνει τη δυνατότητα αδιάλειπτης σύνδεσης των χρηστών σε αυτές,
  - γ.** ικανοποιεί τις εκάστοτε ανάγκες των εφαρμογών σε εύρος ζώνης, αναδραστικότητα και διαθεσιμότητα, και
  - δ.** είναι ικανή να αναβαθμίζεται συνεχώς και με μικρό επιπλέον κόστος, ώστε να εξακολουθεί να ικανοποιεί τις ανάγκες όπως αυτές αυξάνουν και μετεξελίσσονται

με ρυθμό και κόστος που επιτάσσονται από την πρόοδο της πληροφορικής και της τεχνολογίας επικοινωνιών.

- τη δυνατότητα του πολίτη να επιλέγει:
  - α.** ανάμεσα σε εναλλακτικές προσφορές σύνδεσης που ταιριάζουν στον εξοπλισμό του,
  - β.** μεταξύ διαφόρων δικτυακών εφαρμογών και
  - γ.** μεταξύ διαφόρων υπηρεσιών πληροφόρησης και ψυχαγωγίας και με πιθανή συμμετοχή του ίδιου του πολίτη στην παροχή περιεχομένου, εφαρμογών και υπηρεσιών
- το κατάλληλο ρυθμιστικό πλαίσιο αποτελούμενο από πολιτικές, μέτρα, πρωτοβουλίες, άμεσες και έμμεσες παρεμβάσεις, αναγκαίες για την ενδυνάμωση της καινοτομίας, την προστασία του ανταγωνισμού και την εγγύηση σοβαρής, ισορροπημένης οικονομικής ανάπτυξης, ικανής να προέλθει από τη γενικευμένη συμμετοχή στην Ευρυζωνικότητα και την Κοινωνία της Πληροφορίας.

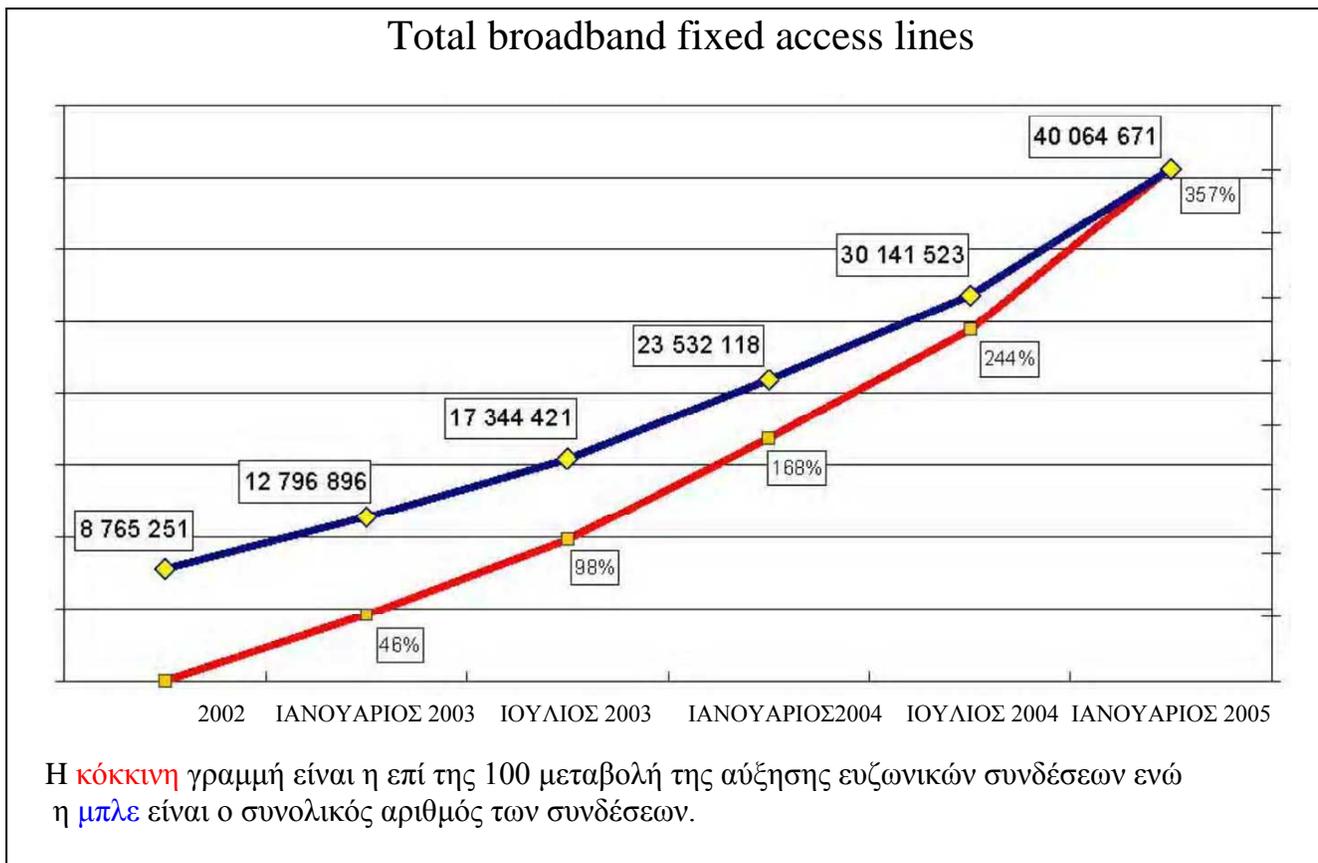
## 1.2 Η Ευρυζωνικότητα στη Ευρώπη

Η ευρυζωνικότητα βρίσκεται ψηλά στην ατζέντα της στρατηγικής ανάπτυξης της Ευρωπαϊκής Ένωσης και αποτελεί κεντρικό πυλώνα της πρωτοβουλίας «e-Europe 2005, An information society for all» με στόχους:

- α.** την ευρυζωνική πρόσβαση για όλη τη Δημόσια Διοίκηση.
- β.** την ενίσχυση της ευρυζωνικής πρόσβασης με έμφαση στις λιγότερο προνομιούχες περιοχές.
- γ.** την εισαγωγή πληροφοριακών δικτύων μεταξύ σημείων υγείας με ευρυζωνική πρόσβαση.
- δ.** την ευρυζωνική πρόσβαση για όλα τα σχολεία και τα πανεπιστήμια.

Η ανάπτυξη της ευρυζωνικότητας στην Ευρώπη είναι εντυπωσιακή με τις λιανικές ευρυζωνικές γραμμές να ξεπερνούν τα 40 εκ., έχοντας υπέρ-τετραπλασιαστεί στην περίοδο Ιούλιος 2002 - Ιανουάριος 2005.

Η εκρηκτική ανάπτυξη από τον Ιούλιο του 2002, αποτυπώνεται ευκρινέστερα στο σχήμα 1 που ακολουθεί. Σημειώνεται ότι ο αριθμός των νέων ευρυζωνικών γραμμών την ημέρα ήταν 45.295 για το 2004 έναντι 29.412 για το 2003 (15.883 περισσότερες την ημέρα). Τη μεγαλύτερη δυναμική ανάπτυξης εμφανίζει η Γαλλία, στην οποία οι συνδέσεις το 2004 αυξήθηκαν κατά 3.136.595 και ακολουθούν το Ηνωμένο Βασίλειο με 2.965.042 νέες συνδέσεις η Ιταλία με 2.299.293 νέες συνδέσεις και η Γερμανία με 2.237.702 νέες συνδέσεις.



**Σχήμα 1**

Ωστόσο, πέρα από τους απόλυτους αριθμούς ιδιαίτερη σημασία έχει το ποσοστό διείσδυσης, το οποίο ορίζεται ως ο αριθμός των συνδέσεων ανά 100 κατοίκους. Ο μέσος όρος των χωρών ΕΕ-15 έφτασε σχεδόν στο 10% από 6% το 2004. Η Ελλάδα βρίσκεται στην 25η Θέση της Ευρώπης των 25 με βαθμό διείσδυσης 0,5%. Στις πρώτες Θέσεις βρίσκονται οι χώρες της Βόρειας Ευρώπης με ποσοστά διείσδυσης άνω του 15%.

Τους υψηλότερους ρυθμούς αύξησης εμφανίζουν η Ολλανδία, η Φινλανδία και η Εσθονία και ακολουθούν η Δανία, η Γαλλία και το Ηνωμένο Βασίλειο. Πέρα από την απόλυτη διείσδυση της ευρυζωνικότητας σε μια χώρα, ενδιαφέρον έχει και το σχετικό μέγεθος της διείσδυσης σε μια χώρα, το οποίο συνδυάζει και το βαθμό διείσδυσης του Διαδικτύου και μπορεί να οριστεί ως το ποσοστό των ευρυζωνικών συνδέσεων ανά 100 κατοίκους τακτικούς χρήστες-Διαδικτύου.

Σε ότι αφορά στο μέλλον, η ΕΕ επεξεργάζεται τη νέα στρατηγική για την Κοινωνία της Πληροφορίας με τίτλο iEurope 2010, η οποία θα αντικαταστήσει την πρωτοβουλία eEurope 2005. Οι βασικοί άξονες - στόχοι της στρατηγικής που διαμορφώνεται περιλαμβάνουν:

**α. τη δημιουργία ενός χώρου ευρωπαϊκής πληροφορίας χωρίς σύνορα**, ο οποίος θα συμπεριλαμβάνει μια εσωτερική αγορά για την ηλεκτρονική επικοινωνία και τις ψηφιακές υπηρεσίες. Ο στόχος είναι να επιτευχθεί η σύγκλιση μεταξύ του Διαδικτύου, των τηλεφωνικών επικοινωνιών και της τηλεόρασης.

**β. την αύξηση της καινοτομίας και των επενδύσεων σε Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών**, τόσο από τον ιδιωτικό όσο και από το δημόσιο τομέα.

**γ. την προώθηση της ευρύτερης πρόσβασης στην Κοινωνία της Πληροφορίας**, για παράδειγμα για τους ηλικιωμένους και τα άτομα με ειδικές ανάγκες.

Στο προσεχές διάστημα οι στόχοι αυτοί θα οργανωθούν και θα εξειδικευτούν περαιτέρω, ωστόσο είναι προφανές ότι σημαντική συνιστώσα θα αποτελέσει και πάλι η ανάπτυξη της ευρυζωνικότητας ως αναγκαίο υπόβαθρο για ανάπτυξη ολοκληρωμένων ψηφιακών υπηρεσιών.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:**  
**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΩΝ**  
**ΔΙΚΤΥΩΝ**

## 2.1 Τεχνολογίες xDSL

Το DSL (Digital Subscriber Line) είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει τη μεταφορά δεδομένων με υψηλή ταχύτητα, μέσω των ήδη υφιστάμενων τηλεφωνικών γραμμών, που στη συντριπτική τους πλειοψηφία, εξυπηρετούν τις τηλεπικοινωνιακές ανάγκες όλου του πλανήτη. Το "x" στη συντομογραφία προκύπτει από την ύπαρξη πολλών διαφορετικών και ασύμβατων προδιαγραφών, οι οποίες καλύπτουν διαφορετικές ανάγκες. Με το xDSL, η επικοινωνία γίνεται εξ' ολοκλήρου ψηφιακά, επιτρέποντας τη χρήση πολύ μεγαλύτερου εύρους ζώνης για τη μεταφορά των δεδομένων, χάρη στη χρήση εξελιγμένων τεχνικών διαμόρφωσης σήματος, με αποτέλεσμα την επίτευξη υψηλότερων ταχυτήτων από αυτές των συνηθισμένων dial-up συνδέσεων. Το xDSL επιτρέπει επίσης, τη χρήση ενός μέρους του εύρους για τη μεταφορά αναλογικού σήματος (φωνής), επιτρέποντας έτσι την ταυτόχρονη χρήση μιας φυσικής γραμμής για την τηλεφωνική σύνδεση, αλλά και τη μετάδοση δεδομένων. Σε αντίθεση με την παραδοσιακή τηλεφωνία και τις υπηρεσίες OTE-ISDN όλες οι υπηρεσίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα. Για παράδειγμα μπορούν να χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα 2 τηλεφωνικές γραμμές και μία σύνδεση στο internet με ταχύτητα 256K download και 128K upload. Οι πιο διαδεδομένες τεχνολογίες DSL είναι οι παρακάτω:

Τύπος	Μέγιστη Αποστολή Δεδομένων	Μέγιστη Λήψη Δεδομένων	Μέγιστη Απόσταση
ADSL	800 Kbps	8 Mbps	5,500 m
HDSL	1.54 Mbps	1.54 Mbps	3,650 m
IDSL	144 Kbps	144 Kbps	10,700 m
MSDSL	2 Mbps	2 Mbps	8,800 m
RADSL	1 Mbps	7 Mbps	5,500 m
SDSL	2.3 Mbps	2.3 Mbps	6,700 m
VDSL	16 Mbps	52 Mbps	1,200 m

Σχήμα 2

Στη χώρα μας, προς το παρόν, διαθέσιμη προς το ευρύ κοινό είναι μόνον η ADSL τεχνολογία.

### 2.1.1 HDSL

Το ακρωνύμιο HDSL προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων High-bit-rate Digital Subscriber Line και σε αντίθεση με το ADSL είναι συμμετρικό και προσφέρει τον ίδιο ρυθμό μεταφοράς δεδομένων (μέχρι 2 Mbps) τόσο για τη αποστολή όσο και για τη λήψη. Ωστόσο, η μέγιστη απόσταση μεταξύ των δύο άκρων δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 3,5 km. Μια άλλη βασική διαφορά από το ADSL είναι ότι απαιτείται η εγκατάσταση 2 τηλεφωνικών γραμμών (2 συνεστραμμένα καλώδια).

### 2.1.2 SDSL

Το SDSL, Single-line Digital Subscriber Line, είναι μια τεχνολογία παρόμοια με το HDSL όσον αφορά στο ρυθμό μεταφοράς δεδομένων (μέχρι 2 Mbps), που απαιτεί όμως μόνο ένα συνεστραμμένο ζεύγος χαλκού. Για το λόγο αυτό, η μέγιστη απόσταση μεταξύ των δύο άκρων δεν μπορεί να ξεπερνά τα 3 km.

### 2.1.3 VDSL

Το VDSL, Very-high-data-rate Digital Subscriber Line, βρίσκεται ακόμη σε φάση ανάπτυξης και υπόσχεται να δώσει εντυπωσιακά μεγαλύτερες ταχύτητες που μπορεί να φτάνουν τα 52 Mbps, με περιορισμό όμως τη μέγιστη απόσταση μεταξύ των δύο άκρων του χάλκινου αγωγού. Ανάλογα με την υλοποίηση, το VDSL δε μπορεί να ξεπερνά το 1,5 km και οι ρυθμοί μετάδοσης κυμαίνονται για τη λήψη από 13 έως 52 Mbps και για την αποστολή από 1,5 έως 2,3 Mbps.

## 2.1.4 ADSL

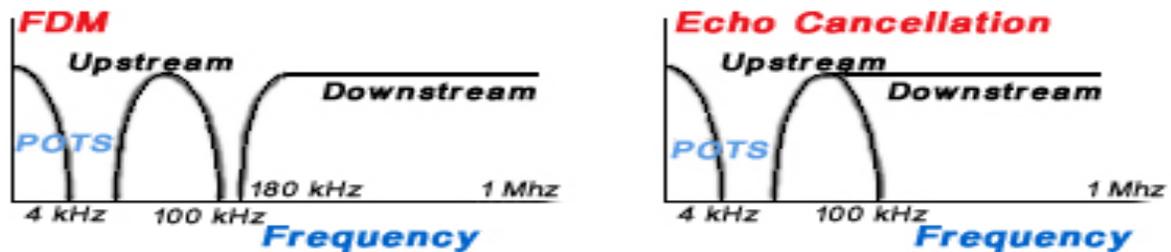
Το ADSL, Asymmetric Digital Subscriber Line, εξασφαλίζει πρόσβαση υψηλών ταχυτήτων στο Διαδίκτυο και σε άλλα Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα για ταυτόχρονη μετάδοση φωνής και δεδομένων (δεδομένα, κινούμενη εικόνα, γραφικά) μέσω της απλής τηλεφωνικής γραμμής. Αυτό γίνεται εφικτό χάρη στους εξελιγμένους αλγορίθμους και στη βελτιωμένη ψηφιακή επεξεργασία σήματος, τα οποία συμπίεζουν σε μεγάλο βαθμό την πληροφορία που μεταδίδεται μέσα από τα υπάρχοντα τηλεφωνικά καλώδια, καθώς επίσης και στη βελτίωση των μετασχηματιστών, των αναλογικών φίλτρων και των μετατροπέων σήματος (από αναλογικό σε ψηφιακό).

Τα ADSL modems κυκλοφορούν στο εμπόριο (τουλάχιστον για το εξωτερικό) σε διαφορετικούς ρυθμούς ταχυτήτων. Η "μικρότερη έκδοση" παρέχει 1,5 με 2 Mbps για τη λήψη δεδομένων (downstream) και 16 kbps για την αποστολή δεδομένων (upstream).

Οι τηλεφωνικές γραμμές μεγάλου μήκους προκαλούν μεγάλη εξασθένιση στα σήματα υψηλών συχνοτήτων που μπορεί να φτάσει και τα 90 dB στο 1 MHz (το οποίο αποτελεί το άνω όριο της ζώνης που χρησιμοποιεί το ADSL), υποχρεώνοντας έτσι τα ADSL modems να "δουλεύουν πολύ σκληρά" για να πετύχουν μεγάλο δυναμικό εύρος, να διαχωρίσουν τα κανάλια και να κρατήσουν το θόρυβο σε χαμηλά επίπεδα. Για τον απλό χρήστη το ADSL φαίνεται κάτι απλό -διαφανείς "σωλήνες" σύγχρονων δεδομένων διαφορετικών ταχυτήτων πάνω από απλές τηλεφωνικές γραμμές. Μέσα στα ADSL modems, όπου όλα τα τρανζίστορς λειτουργούν, υπάρχει ένα θαύμα τεχνολογίας.

Για να δημιουργηθούν πολλαπλά κανάλια επικοινωνίας, τα ADSL modems χωρίζουν το διαθέσιμο εύρος ζώνης μιας τηλεφωνικής γραμμής με ένα από τους δυο ακόλουθους τρόπους: **α) Πολυπλεξία στη συχνότητα (Frequency Division Multiplexing) ή β) Καταστολή της ηχούς (Echo Cancellation).** α) Με την πολυπλεξία στη συχνότητα δεσμεύεται μία ζώνη για τα δεδομένα λήψης (256 διακριτά κανάλια σε φάσμα 26 kHz μέχρι 1,2 MHz) και μια άλλη ζώνη για τα δεδομένα αποστολής. Το μονοπάτι για τα δεδομένα λήψης χωρίζεται στη συνέχεια μέσω πολυπλεξίας στο χρόνο σε ένα ή περισσότερα κανάλια υψηλής ταχύτητας και σε ένα ή περισσότερα κανάλια χαμηλής ταχύτητας. Το μονοπάτι για τα δεδομένα αποστολής πολυπλέκεται επίσης σε αντίστοιχα κανάλια χαμηλής ταχύτητας. β) Με την καταστολή της ηχούς η ζώνη για τα δεδομένα αποστολής επικαλύπτεται με τη ζώνη για τα δεδομένα λήψης και αυτές στη συνέχεια

διαχωρίζονται μέσω τοπικής καταστολής της ηχούς, μια τεχνικής γνωστής στα V.32 και V.34 modems. Οποιαδήποτε από τις δύο τεχνικές χρησιμοποιηθεί, το ADSL διαχωρίζει μια περιοχή 4 kHz (κανάλι φωνής) για απλή τηλεφωνία (POTS) κοντά στη DC περιοχή της ζώνης. Επίσης, κάθε ένα από τα 256 κανάλια μπορεί να μεταφέρει (μέσω πολυπλεξίας στο χρόνο) μέχρι 32 kbps. Έτσι, η μέγιστη ταχύτητα που μπορούμε να πετύχουμε με την τεχνολογία ADSL είναι  $256 * 32 \text{ kbps} = 8.192 \text{ Mbps}$



Σχήμα 3

Ένα ADSL modem οργανώνει σε μπλοκ τις ροές των δεδομένων που δημιουργούνται από την πολυπλεξία των καναλιών λήψης και των καναλιών αμφίδρομης επικοινωνίας και στη συνέχεια προσαρτεί ένα κώδικα διόρθωσης σφαλμάτων σε κάθε μπλοκ. Ο δέκτης στη συνέχεια διορθώνει τα σφάλματα που δημιουργούνται κατά την αποστολή των μπλοκ. Έτσι, ακόμη και σε κινούμενη εικόνα (MPEG video) όπου τα σφάλματα μειώνουν σε μεγάλο βαθμό την ποιότητά της, επιτυγχάνονται πολύ μικροί ρυθμοί σφαλμάτων (BER μικρότερο του  $1/10^9$ ).

### Συνδεσμολογίες ADSL (splitterless και splitter-based)

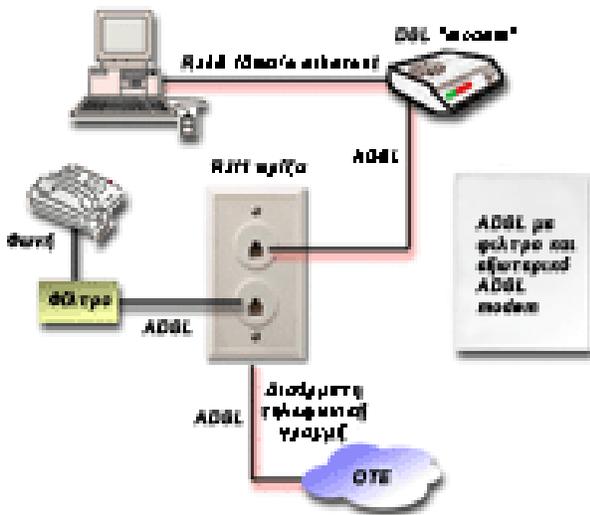
Όταν παίρνουμε ADSL στο σπίτι μας (για την Ελλάδα θα περιμένουμε λίγο ακόμα μέχρι να περάσει το ADSL από την πιλοτική φάση στη φάση παρεχόμενης υπηρεσίας) ο τηλεπικοινωνιακός παροχέας τοποθετεί μία συσκευή στον πελάτη (Network Interface Device - NID) η οποία διαχωρίζει τις συχνότητες της φωνής, που κυμαίνονται μεταξύ 0 - 4kHz, από τις υψηλότερες συχνότητες των DSL σημάτων (25kHz - 1,1MHz). Ο διαχωριστής των σημάτων διαφορετικών συχνοτήτων, ένα χαμηλοπερατό φίλτρο, είναι μια παθητική συσκευή, δηλαδή δεν χρειάζεται επιπλέον παροχή ρεύματος και μπορεί να συνεχίζει να λειτουργεί αν υπάρξει τοπική διακοπή παροχής ρεύματος.

Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες DSL, η splitter-based και η splitterless. Και στις δύο περιπτώσεις στο σπίτι μας φθάνει ένα δισύρματο καλώδιο. Ωστόσο, για την splitter-

based τεχνολογία απαιτείται η εγκατάσταση ενός διαχωριστή σήματος από την τηλεφωνική εταιρία στο χώρο του συνδρομητή (είτε μέσα στο σπίτι είτε έξω από αυτό) ώστε να διαχωριστεί το σήμα της φωνής από το σήμα που μεταφέρει τα δεδομένα. Για τη splitterless τεχνολογία, δεν έχουμε διαχωρισμό των δύο σημάτων. Η τεχνολογία splitterless είναι γνωστή και ως "Universal DSL" ή "G.Lite" ή "DSL Lite".

Με το splitterless DSL, το DSL modem συνδέεται απευθείας με την τηλεφωνική γραμμή, όπως και οι τηλεφωνικές συσκευές (εικόνα 1, σχήμα 4). Το modem περιέχει ειδικά chips που διαχωρίζουν τα σήματα, αλλά λειτουργούν σε χαμηλότερη ισχύ ώστε να μη δημιουργούν παρεμβολές στα σήματα της φωνής. Έτσι, η μέγιστη ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων είναι μικρότερη σε σχέση με το splitter-based DSL. Επιπλέον, οι τηλεφωνικές συσκευές απαιτούν την ύπαρξη ενός φίλτρου που θα παρεμποδίζει τα σήματα DSL (δεδομένων), τα οποία μπορεί να ακουστούν ως θόρυβος στη γραμμή και να παρεμβάλλουν την κανονική λειτουργία του τηλεφώνου.

Από την άλλη, με το splitter-based DSL, το σήμα DSL (δεδομένων) διαχωρίζεται από τη γραμμή του τηλεφώνου και με διαφορετικό καλώδιο οδεύει προς το modem (εικόνα 2, σχήμα 4). Αυτό απαιτεί, όπως καταλαβαίνουμε, επιπλέον καλωδίωση που στοιχίζει, όπως στοιχίζει επίσης και ο διαχωριστής σήματος. Το καλώδιο του modem συνδέεται μέσω διεπιφάνειας (NIC-Network Interface Card) η οποία συνήθως είναι μία κάρτα ethernet ή ένα hub το οποίο θα συνδέεται σε τοπικό δίκτυο.



Εικόνα 1



Εικόνα 2

Σχήμα 4

## **Πλεονεκτήματα του ADSL**

Το ADSL μετατρέπει τις υπάρχουσες τηλεφωνικές γραμμές σε μονοπάτια διέλευσης δεδομένων υψηλής ταχύτητας. Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει το ADSL είναι τα ακόλουθα:

Επιτρέπει ταυτόχρονη χρήση της τηλεφωνικής συσκευής και του modem για σύνδεση στο Διαδίκτυο, με υψηλές ταχύτητες για τη λήψη δεδομένων.

Η σύνδεση με τον παροχέα διαδικτύου (ISP) είναι μονίμως διαθέσιμη, 24 ώρες το 24ωρο. Συνεπώς δε χρειάζεται να περιμένουμε διαθέσιμο modem ή ελεύθερη γραμμή πρόσβασης προκειμένου να συνδεθούμε στο Διαδίκτυο, όπως γίνεται μέχρι σήμερα.

Ο τηλεπικοινωνιακός εξοπλισμός που πρέπει να αγοράσουμε είναι προσιτός. Βέβαια, μέχρι στιγμής ο ΟΤΕ προσφέρει μόνο σε πιλοτικό στάδιο την υπηρεσία ADSL για Fast Internet

Το ADSL, λόγω των υψηλών ταχυτήτων που προσφέρει, μπορεί να υποστηρίζει υπηρεσίες πολυμέσων, όπως video-on-demand, home shopping, απομακρυσμένη πρόσβαση σε τοπικό δίκτυο. Οι παραπάνω εφαρμογές δεν έχουν μεγάλες απαιτήσεις σε μεταφορά δεδομένων προς το Διαδίκτυο (upstream). Για παράδειγμα MPEG ταινίες απαιτούν 1,5 με 3 Mbps για λήψη δεδομένων (downstream), ενώ χρειάζονται μόνο 16 με 64 kbps για μετάδοση δεδομένων (upstream). Τα πρωτόκολλα που ελέγχουν την πρόσβαση στο Διαδίκτυο ή ένα τοπικό δίκτυο απαιτούν συνήθως υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων (upstream), αλλά τις περισσότερες φορές ένας λόγος εύρους ζώνης λήψης προς μετάδοση δεδομένων 10 προς 1 είναι ικανοποιητικός

Άλλες εφαρμογές που μπορεί να υποστηρίξει το ADSL είναι η τηλεδιάσκεψη, η τηλεργασία και η τηλεϊατρική.

## 2.2 Καλωδιακή

Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και σε αρκετές άλλες χώρες, από τα μέσα της δεκαετίας του '80, επιχειρήσεις καλωδιακής τηλεόρασης ξεκίνησαν να προσφέρουν υπηρεσίες καλωδιακής τηλεόρασης. Έτσι, σήμερα υπάρχει ένα αρκετά μεγάλο δίκτυο εγκατεστημένο ικανό να δεχθεί ψηφιακά δεδομένα, πράγμα που οδήγησε τις εταιρίες αυτές να προσφέρουν και δικτυακές υπηρεσίες στους πελάτες τους. Η υπηρεσία αυτή λειτουργεί με την προσθήκη ενός μηχανισμού ο οποίος συνδέεται με τον οικιακό υπολογιστή μέσω μιας κάρτας Ethernet με ταχύτητα 10Mbit/sec. Το εύρος ζώνης αυτής της υπηρεσίας είναι γύρω στα 10Mbit/sec downstream και γύρω στα 200~1000Kbit/sec upstream. Όμως, η καλωδιακή αυτή υπηρεσία είναι διαμοιρασμένη μεταξύ πολλών χρηστών (shared service) που χρησιμοποιούν το ίδιο κανάλι δεδομένων. Τα πακέτα που ταξιδεύουν μέσα στο δίκτυο είναι κρυπτογραφημένα ως μέτρο προστασίας.

### Περιγραφή της τεχνολογίας

Η τεχνολογία αυτή αφορά τη ψηφιακή μετάδοση δεδομένων μέσω ραδιοσυχνοτήτων (RF) σε ένα σύστημα καλωδιακής τηλεόρασης. Για αμφίδρομη επικοινωνία, ένα σήμα λαμβάνει δεδομένα (downstream) και ένα άλλο αποστέλλει δεδομένα (upstream).

Τα καλωδιακά modems είναι συσκευές που βρίσκονται στο χώρο του συνδρομητή και μετατρέπουν τη ψηφιακή πληροφορία σε διαμορφωμένο σήμα RF από το χρήστη προς το δίκτυο, ενώ εκτελούν την αντίστροφη διαμόρφωση προς την αντίθετη κατεύθυνση. Μια άλλη συσκευή που καλείται τερματικό σύστημα καλωδιακού modem (CMTS), εκτελεί τις αντίστοιχες λειτουργίες από τη πλευρά του παροχέα.

Μερικές εκατοντάδες χρήστες μπορούν να μοιραστούν ένα κανάλι λήψης των 6 MHz και ένα ή περισσότερα κανάλια αποστολής. Το κανάλι λήψης παίρνει τη θέση ενός τηλεοπτικού καναλιού από τα συνολικά παρεχόμενα. Είναι συμβατό με τη διαμόρφωση του ψηφιακού πρότυπου μετάδοσης MPEG (64 ή 256 QAM) και μπορεί να παρέχει μέχρι 40 Mbps. Στη παρούσα γενιά καλωδιακών modems τα κανάλια αποστολής χρησιμοποιούν διαμορφώσεις όπως η QPSK ή 16 QAM για να μεταφέρουν μέχρι 10 Mbps ανά κανάλι. Στην επόμενη γενιά η χωρητικότητα αυτή θα ανέβει στα 30 Mbps. Ένα επίπεδο MAC συντονίζει τη μοιραζόμενη πρόσβαση από το χρήστη στο δίκτυο.

Η καλωδιακή πλατφόρμα έχει εξελιχθεί σε ένα υβριδικό ψηφιακό και αναλογικό σύστημα μετάδοσης. Τα συστήματα καλωδιακής τηλεόρασης σχεδιάστηκαν αρχικά για να βελτιστοποιήσουν τη μονόδρομη, αναλογική μετάδοση του τηλεοπτικού προγράμματος στο σπίτι. Εντούτοις, το εγκατεστημένο ομοαξονικό καλώδιο μπορεί να υποστηρίξει τη διπλής κατεύθυνσης μεταφορά σημάτων. Η αύξηση στη ζήτηση για πρόσβαση στο Internet και άλλες αμφίδρομες υπηρεσίες, έχει συνταιριάσει με την τάση της βιομηχανίας να ενισχύσει τα υπάρχοντα συστήματα καλωδίων με την τεχνολογία οπτικών ινών. Οι βελτιώσεις των καλωδιακών εγκαταστάσεων έχουν μετασχηματίσει τα καλωδιακά συστήματα σε υβριδικά οπτικά - ομοαξονικά δίκτυα (HFC – Hybrid Fiber - Coaxial).

Η αντικατάσταση ενός μέρους των εγκαταστάσεων διανομής με καλώδια οπτικών ινών αύξησε την ικανότητα των ομοαξονικών εγκαταστάσεων για διπλής κατεύθυνσης μεταφορά δεδομένων, χωρίς την ανάγκη να αντικατασταθούν οι μεμονωμένες συνδέσεις των συνδρομητών. Τα συστήματα σχεδιάζονται με οπτικές ίνες που συνδέονται σε κόμβους για να εξυπηρετήσουν από 500 έως 2.000 σπίτια κατά μέσον όρο.

### **Εφαρμογές καλωδιακών modem**

Τα καλωδιακά modems έχουν επιτρέψει στους χρήστες να απολαύσουν μια σειρά υπηρεσιών υψηλής ταχύτητας, όλες με ταχύτητα πολύ υψηλότερη από αυτές που παρέχονται με τα συνηθισμένα τηλεφωνικά modems. Επιπλέον, η φύση των καλωδιακών modems (always on) επιτρέπει στους συνδρομητές να είναι πλήρως συνδεδεμένοι, 24 ώρες την ημέρα, με το internet χωρίς να παρεμποδίζονται οι υπηρεσίες της καλωδιακής τηλεόρασης ή η τηλεφωνική υπηρεσία. Επιπλέον, η ευρυζωνική σύνδεση που η πλατφόρμα των καλωδιακών modems παρέχει δημιουργεί τη βάση για πολλές νέες υπηρεσίες και εφαρμογές. Οι νέες υπηρεσίες περιλαμβάνουν:

- αποδοτική υπηρεσία μετάδοσης φωνής πάνω από IP (VoIP)
- εντυπωσιακά δικτυακά διαδραστικά παιχνίδια σε πραγματικό χρόνο
- υψηλής ποιότητας, προσωπική βιντεοτηλεφωνία και
- κατόπιν παραγγελίας, παράδοση ψηφιακού περιεχομένου από το Internet.

## **Προδιαγραφές και πρότυπα**

Από τα μέσα της δεκαετίας του '90, οι προσπάθειες είναι εν εξελίξει από μια σειρά οργανισμών για να αναπτύξουν τα πρότυπα για τα καλωδιακά modem για χρήση στον τοπικό βρόχο πάνω από υβριδικά οπτικά – ομοαξονικά δίκτυα (HFC). Πιο πρόσφατα, δύο ανταγωνιστικά πρότυπα έχουν προκύψει: DOCSIS και EuroDOCSIS, που συντονίζονται από την CableLabs στη Βόρεια Αμερική και την ITU, και DVB/DAVIC και DVB/RCC από το πρόγραμμα DVB στη Γενεύη, που υποστηρίζεται από το DAVIC (the Digital Audio Visual Council) και τα EuroCableLabs και την ECCA (European Cable Communications Association) και έχουν συμπεριληφθεί στις προδιαγραφές Eurobox/Euromodem.

## **DOCSIS**

Οι παροχείς καλωδιακής τηλεόρασης και οι κατασκευαστές εξοπλισμού ενώθηκαν τυπικά τον Δεκέμβριο του 1995 για να ξεκινήσουν τη διαμόρφωση μιας ανοικτής προδιαγραφής. Η CableLabs συντόνισε τη διαδικασία, γνωστή ως προδιαγραφές για τη διεπαφή υπηρεσίας μετάδοσης δεδομένων πάνω από καλωδιακή τηλεόραση (data over cable service interface specifications - DOCSIS). Έχει αποδειχθεί αρκετά επιτυχές και έχει οδηγήσει στις προδιαγραφές που περιγράφουν την επικοινωνία μεταξύ του καλωδιακού Modem και του CMTS.

Οι κύριοι παροχείς καλωδιακής τηλεόρασης σε Η.Π.Α και Καναδά ενεπλάκησαν, και αυτές οι προδιαγραφές έχουν εγκριθεί τυπικά ως εθνικά, περιφερειακά, και διεθνή πρότυπα από τους αναγνωρισμένους οργανισμούς τυποποίησης όπως η κοινωνία για τους μηχανικούς τηλεπικοινωνιών (SCTE), το ευρωπαϊκό ίδρυμα τηλεπικοινωνιακών προτύπων (ETSI), και τη διεθνή ένωση τηλεπικοινωνιών (ITU).

Η πρώτη προσπάθεια κάτω από DOCSIS – οι προδιαγραφές DOCSIS 1.0 – περιέλαβαν τη καλύτερη τεχνολογία διαθέσιμη στο χρονικό πλαίσιο του 1995-1996. Η δεύτερη γενιά – οι προδιαγραφές DOCSIS 1.1 – βελτίωσε την ευελιξία, την ασφάλεια, και τη ποιότητα υπηρεσιών (Quality of Service – QoS). Το DOCSIS 1.1 επίσης επιτρέπει τον καθορισμό προτεραιότητας στη κυκλοφορία των πακέτων. Αυτό επιτρέπει στους φορείς πρόσβασης να δώσουν σε ορισμένα πακέτα (π.χ. φωνή) προτεραιότητα και να επιτρέπουν σε άλλη κυκλοφορία να στέλνεται με προτεραιότητα "καλύτερης

προσπάθειας" (best effort) όπως καθορίζεται κάθε φορά από τη διαθεσιμότητα του εύρους ζώνης.

Η τρίτη γενιά - οι προδιαγραφές DOCSIS 2.0 - στοχεύουν στην παροχή αυξημένης ρυθμοαπόδοσης προς το δίκτυο για τις συμμετρικές υπηρεσίες.

### 2.2.1 DVB/DAVIC – Euromodem

Πρόκειται για μια συλλογική προσπάθεια για την ανάπτυξη ενός παγκόσμιου προτύπου για καλωδιακά modem υψηλής ταχύτητας και υπογράφηκε στο φόρουμ ECCA τον Νοέμβριο του 1998. Το πρότυπο συμμορφώνεται πλήρως με τα ευρωπαϊκά πρότυπα και με τις διάφορες προδιαγραφές DVB. Η ομάδα ECCA έχει εξετάσει δύο διαφορετικούς τύπους modem: κατηγορία A και κατηγορία B.

Τα modem κατηγορίας A είναι σε θέση να λάβουν δεδομένα σε πολύ ψηλές ταχύτητες - downstream (μέγιστος ρυθμός 50.8 Mbits/sec) και 3 Mbits/sec στην εκπομπή δεδομένων - upstream. Είναι σε θέση να προσφέρουν πρόσβαση στο Διαδίκτυο σε υψηλές ταχύτητες και υποστηρίζουν διάφορες τεχνολογίες ασφάλειας.

Η κατηγορία B είναι ο δεύτερος τύπος modem που εξετάζεται από την ομάδα. Επεκτείνει τη λειτουργία των συσκευών κατηγορίας A μέσω της υποστήριξης των χρονικά κρίσιμων υπηρεσιών όπως η βιντεοδιάσκεψη και η τηλεφωνία.

### 2.3 Δορυφορικές Υπηρεσίες

Οι δορυφορικές υπηρεσίες τηλεόρασης μπορούν επίσης να λειτουργήσουν και ως ευρυζωνικές υπηρεσίες, καθώς προσφέρουν ταχύτητες downstream μέχρι και 400Kbit/sec. Το πρόβλημα όμως βρίσκεται στο ότι δεν υπάρχει δυνατότητα upstream λόγω του ότι δεν υπάρχει αντίστοιχος πομπός εκπομπής. Αυτό μπορεί να λυθεί με την χρήση κλασσικών modem μέσω τηλεφωνικών γραμμών τα οποία μπορούν να παρέχουν upstream υπηρεσίες.

Το δορυφορικό ίντερνετ έχει δύο τρόπους σύνδεσης την μονόδρομη και την αμφίδρομη και διακρίνονται μεταξύ τους ανάλογα με τον τρόπο που χρησιμοποιείται για να έχουμε την δυνατότητα upstream.

## Μονόδρομη σύνδεση

Ο πρώτος αφορά σε μονόδρομη (unicast) δορυφορική σύνδεση που επιτρέπει μόνο downloading (κατέβασμα αρχείων). Πρόκειται δηλαδή για ένα συνδυασμό επίγειας και δορυφορικής σύνδεσης. Αρκεί ένας υπολογιστής, μια επίγεια σύνδεση στο Internet και μία κάρτα για λήψη σήματος DVB (Digital Video Broadcast), με το κατάλληλο λογισμικό για να λάβει τα δεδομένα και να τα δώσει ως IP πακέτα στο λειτουργικό σύστημα. Υπάρχουν βέβαια και ειδικά δορυφορικά modem, αλλά το κόστος τους είναι πολύ μμεγαλύτερο από μια κάρτα DVB.

Η σύνδεση στο Διαδίκτυο επιτυγχάνεται μέσω κάποιου proxy ή socks server. Ο χρήστης ζητά μέσω της επίγειας σύνδεσής του κάποια δεδομένα, και ο server (εξυπηρετητής) τις δορυφορικής υπηρεσίας τοποθετεί αυτά τα πακέτα στο data stream (ροή δεδομένων) που εκπέμπεται από το δορυφόρο. Η εταιρία που παρέχει την υπηρεσία ανοικιάζει συνήθως ένα κύκλωμα σε ένα δορυφόρο. Στο δορυφόρο εκπέμπεται ένα μμεγάλο stream, μέσα στο οποίο υπάρχουν τα δεδομένα όλων των χρηστών. Ο δορυφόρος επανεκπέμπει αυτό το stream προς τη Γη και αυτό λαμβάνεται από όλους τους χρήστες. Εναπόκειται στην ευχέρεια του υπολογιστή του χρήστη να φιλτράρει τα δεδομένα που απευθύνονται σε αυτόν και να τα χειριστεί κατάλληλα.

Οι ταχύτητες που επιτυγχάνονται στο μονόδρομο δορυφορικό Internet είναι της τάξεως του 1-2 Mbps. Συνήθως η ονομαστική ταχύτητα είναι 2Mbps, αλλά δεν επιτυγχάνεται πάντοτε, λόγω φόρτου στο επίγειο δίκτυο που διασυνδέει την εταιρία παροχής με το υπόλοιπο Διαδίκτυο. Ωστόσο, οι κάρτες DVB αναφέρουν στα τεχνικά τους χαρακτηριστικά τα 192Mbps ως μμεγίστο ρυθμό διαμεταγωγής δεδομένων.

Υποκατηγορία της μονόδρομης είναι η multicast σύνδεση, η οποία συνήθως προσφέρεται ως επιπλέον δώρο στις συνδρομές. Η εταιρία που παρέχει τη σύνδεση στέλνει αρχεία και προγράμματα μέσω του δορυφόρου, τα οποία μπορούν να κατεβάσουν όλοι οι συνδρομητές της (ή ομάδες συνδρομητών της). Τα αρχεία αυτά μπορεί να τα επιλέγει η ίδια η εταιρία, ή μπορεί να τα ζητά ο κάθε χρήστης ξεχωριστά. Πλεονέκτημα της σύνδεσης αυτής για την εταιρία είναι ότι με ένα μόνο stream (κάτι σαν ένα τηλεοπτικό κανάλι μέσα σε ένα "μπουκέτο") εξυπηρετούνται όλοι οι χρήστες της, σε αντίθεση με την απλή μονόδρομη, όπου κάθε χρήστης καταλαμβάνει ένα μέρος της χωρητικότητας του αναμεταδότη. Για το λόγο αυτό, στις multicast εκπομπές οι ταχύτητες

είναι συνήθως πολύ υψηλές. Ο εξοπλισμός που απαιτείται είναι ο ίδιος με τη μονόδρομη σύνδεση. Εντούτοις, σε αρκετές περιπτώσεις δεν είναι απαραίτητη η επίγεια σύνδεση (όταν βέβαια τα αρχεία τα επιλέγει ο ίδιος ο πάροχος).

### **Αμφίδρομη σύνδεση**

Ο δεύτερος τρόπος δορυφορικής σύνδεσης, ο οποίος ανεξαρτητοποιεί εντελώς το χρήστη από τα επίγεια καλώδια και τον ΟΤΕ, είναι η αμφίδρομη δορυφορική (two-way satellite Internet). Αυτός ο τρόπος διασύνδεσης λύνει κυριολεκτικά τα χέρια σε εταιρίες (και σε όσους ιδιώτες "αντέχουν" το κόστος), που προκρίνουν την ανεξαρτησία τους σε ό,τι αφορά τις επίγειες τηλεφωνικές γραμμές ή γραμμές δεδομένων (data). Είναι δε ιδανικός για εταιρίες που διαθέτουν παραγωγικές μονάδες σε δύσβατες τοποθεσίες, όπως π.χ. ιχθυοκαλλιέργειες, κτηνοτροφικές μονάδες, αλλά και για εταιρίες με μεγάλη γεωγραφική διασπορά, που έχουν ανάγκη από ένα αξιόπιστο Intranet.

Εδώ ο απαιτούμενος εξοπλισμός είναι αρκετά διαφορετικός. Απαιτείται ένας υπολογιστής και ένα modem εξοπλισμένο με πομπό και δέκτη. Δεν απαιτείται proxy server, καθώς η σύνδεση σε επίπεδο δικτύου δεν διαφέρει σε τίποτα από μια οποιαδήποτε σύνδεση βασισμένη σε ppp (Point to Point Protocol, πρωτόκολλο με το οποίο μπορεί κανείς να συνδεθεί στο Internet μέσω τηλεφώνου), Ethernet (διαδεδομένος τρόπος σύνδεσης Η/Υ σε τοπικό δίκτυο) κλπ.

Ο χρήστης αποστέλλει τα δεδομένα ενθυλακωμένα σε DVB MPEG-2 stream. Η εκπομπή γίνεται συνήθως στα 14,5GHz περίπου και η λήψη στα 11,5GHz, όπως δηλαδή και στο μονόδρομο Internet, μόνο που στη μονόδρομη σύνδεση εκπέμπει μόνο ένας κεντρικός server. Η ισχύς της εκπομπής είναι συνήθως γύρω στο 1 Watt. Κάποιος άλλος χρήστης, λοιπόν, μπορεί να λάβει αυτά τα δεδομένα και χρησιμοποιώντας τις ίδιες τεχνικές όπως παραπάνω να τα επεξεργαστεί.

Η μέγιστη ταχύτητα που προσφέρεται σε αυτές τις υπηρεσίες εξαρτάται από τον παροχέα Διαδικτύου (ISP). Θεωρητικά μπορεί να είναι της τάξεως των εκατοντάδων Mbit. Παρ' όλα αυτά, για οικονομικούς κυρίως λόγους, αλλά και εξαιτίας του προβλήματος διασύνδεσης της εταιρίας που παρέχει την υπηρεσία, οι συνδέσεις είναι συνήθως πολύ χαμηλής ταχύτητας για τα δορυφορικά δεδομένα. Ο ρυθμός διαμεταγωγής του uplink κυμαίνεται από 128Kbps έως και 1Mbps και για το downlink από 512Kbps έως 2Mbps.

Η τεχνολογία αυτή είναι ιδανική για δημιουργία Intranet. Σε αυτή την περίπτωση, τα δεδομένα θα εκπέμπονται από τον αποστολέα προς το δορυφόρο, η δε λήψη τους θα γίνεται απευθείας από τον παραλήπτη. Μια τέτοια σύνδεση δεν θα επηρεάζεται καθόλου από ώρες αιχμής και από το πρόβλημα της σύνδεσης του συστήματος προς το Internet.

## 2.4 Ασύρματες Υπηρεσίες

Οι ασύρματες τεχνολογίες πρόσβασης χρησιμοποιούνται για να αντικαταστήσουν ή να επεκτείνουν ένα κοινό ενσύρματο δίκτυο ( Ethernet ) και επιτρέπουν στον κινητό χρήστη την ασύρματη μετάδοση και λήψη δεδομένων.

Τα Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα ( WLANs ) ακολουθούν το πρότυπο IEEE 802.11, το πρώτο πρότυπο για ασύρματη δικτύωση το οποίο αναπτύχθηκε. Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα τα οποία είναι συμβατά με το πρότυπο IEEE 802.11 ονομάζονται και δίκτυα Wi - Fi.

Τα βασικά στοιχεία ενός δικτύου IEEE 802.11 είναι:

- **Station ( STA )**: Ένας προσωπικός υπολογιστής ή μια συσκευή με ασύρματη σύνδεση.
- **Access Point ( AP )**: Η γέφυρα μεταξύ του ασύρματου και του ενσύρματου LAN.
- **Basic Service Set ( BSS )**: Σύνολο από STAs τα οποία επικοινωνούν μέσω του ίδιου καναλιού στην ίδια περιοχή.
- **Extended Service Set ( ESS )**: Ένα σύνολο από BSSs και ενσύρματα LANs.

Όσον αφορά την αρχιτεκτονική - τοπολογία τους τα δίκτυα αυτά εμφανίζονται με δύο μορφές. Τη δομημένη ( Infrastructure ) και την τυχαία ( Ad - hoc ).

Τα πιο κοινά WLANs λειτουργούν στη μη αδειοδοτημένη περιοχή συχνοτήτων ISM (Industrial, Scientific and Medical) των 2,4 GHz και στην UNII (Unlicensed National Information Infrastructure) μάλιστα των 5 GHz.

Τα **IEEE 802.11b** WLANs λειτουργούν στη ζώνη 2,4 - 2.4835 GHz. Το πρότυπο **IEEE 802.11a** χρησιμοποιεί την περιοχή των 5 GHz UNII. Αυτή η περιοχή έχει εύρος 300 MHz και είναι χωρισμένη σε δύο υποπεριοχές. Η χαμηλότερη υποπεριοχή

επεκτείνεται από 5,15 MHz ως 5,35 MHz. Η ανώτερη υποπεριοχή είναι από 5.725 MHz ως 5.825 MHz (η EETT δεν έχει δώσει άδεια χρήσης της στην Ελλάδα).

Στο φυσικό επίπεδο προδιαγράφονται δύο τεχνικές διαμόρφωσης (Απλωμένου Φάσματος):

- FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)
- DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

Και στις δύο υποστηρίζονται ρυθμοί μετάδοσης 1 και 11Mbps στην ζώνη συχνοτήτων 2.4 - 2.4835GHz.

Στην ζώνη συχνοτήτων 5GHz η τεχνική η οποία χρησιμοποιείται είναι η Orthogonal Frequency Division Multiplexing ( OFDM ). Οι ρυθμοί μετάδοσης μπορούν να αγγίξουν τα 54Mbps

Με σκοπό τη βελτίωση και την εξέλιξη του προτύπου δημιουργήθηκαν κατά την διάρκεια των χρόνων, εξελίξεις του προτύπου που διαφορετικά ονομάζονται και υποπρότυπα.

Τα πιο γνωστά από αυτά είναι:

- IEEE 802.11 a: Χρησιμοποιεί τη ζώνη των 5 GHz και OFDM . Ταχύτητα:<54M bps.
- IEEE 802.11 b (Χρησιμοποιείται στην Ελλάδα): Χρησιμοποιεί τη ζώνη των 2.4 GHz και DSSS . Ταχύτητα:<11M bps.
- IEEE 802.11 e: Παρέχει εγγυήσεις για ποιότητα υπηρεσίας.
- IEEE 802.11f: Κινητικότητα των σταθμών μέσα σε ένα IP δίκτυο (Intra - network Handover).
- IEEE 802.11 g: Επεκτείνει το 802.11 b ώστε να προσεγγίζει ταχύτητες υψηλότερες από 11M bps.
- IEEE 802.11 i: Πρότυπο το οποίο μελετά θέματα ασφάλειας στα WLANs.
- IEEE 802.11 h: Η ομάδα αυτή θα προσπαθήσει να εισάγει στο 802.11 a την δυνατότητα για καλύτερο έλεγχο συγκρούσεων.

Το 2003 η IEEE υιοθέτησε το πρότυπο 802.16 γνωστό και σαν Wi - Max , ώστε να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις για ασύρματη πρόσβαση (με σταθερούς ρυθμούς) ευρείας ζώνης. Όπως συμβαίνει με τα πρότυπα 802 για ασύρματα τοπικά δίκτυα LAN, έτσι και το 802.16 καθορίζει μια οικογένεια προτύπων με επιλογές για συγκεκριμένες ρυθμίσεις.

Προμηθευτές έχουν ανακοινώσει Wi - Max προϊόντα που θα σχεδιαστούν για μεγάλης απόστασης (εμβέλειας) κεραίες συνδρομητών και συστήματα μικρότερης απόστασης στοχεύοντας σε laptop με μια PC - CARD . Λέγεται ότι ο ρυθμός μεταφοράς δεδομένων φθάνει μέχρι και τα 70 Mbps και απόσταση μέχρι και τα 50 Km . Θα πρέπει να διευκρινίσουμε ότι οι δύο τελευταίοι αριθμοί δε μπορούν να πραγματοποιηθούν ταυτόχρονα.

Λέγεται ότι το Wi - Max θα αποτελέσει το κατεξοχήν πρότυπο για ασύρματη δικτύωση στο μέλλον.

#### 2.4.1 Τεχνολογία LMDS

Το Local Multipoint Distribution System (LMDS) είναι μια ευρυζωνική ασύρματη τεχνολογία που χρησιμοποιείται για να μεταδώσει φωνή, δεδομένα, υπηρεσίες διαδικτύου και τηλεοπτικές υπηρεσίες. Λειτουργεί στην περιοχή συχνοτήτων των 25 GHz καθώς και σε υψηλότερες συχνότητες (στην Ελλάδα ισχύουν τα 25 GHz ). Το LMDS βασίζεται σε μια κυψελοειδή δικτυακή αρχιτεκτονική. Ωστόσο σε αντίθεση με τα συνήθη κυψελωτά ασύρματα δίκτυα, οι παρεχόμενες υπηρεσίες είναι σταθερές και όχι κινητές.

Το LMDS είναι ένα σύστημα απευθείας μικροκυματικής μετάδοσης από μια τοπική κεραία στο σπίτι ή την επιχείρηση σε συνθήκες όμως οπτικής επαφής. Το LMDS είναι μια εναλλακτική λύση από την εγκατάσταση οπτικής ίνας μέχρι το χρήστη ( FTTH ).

Οι ταχύτητες μετάδοσης που παρέχει το LMDS προσεγγίζουν τα 1.5 Gbps προς τον χρήστη (downstream) και 200 Mbps από το χρήστη προς το δίκτυο (upstream), αν και ένας πιο ρεαλιστικός αριθμός είναι τα 38 Mbps downstream .

Όσον αφορά το κόστος του LMDS θεωρείται πολύ χαμηλότερο από αυτό της εγκατάστασης οπτικών ινών. Οι πρώτες εφαρμογές για την εκμετάλλευση του LMDS θεωρούνται οι:

- Μετάδοση μεγάλου όγκου δεδομένων για τις επιχειρήσεις.
- Διαλογική ( interactive ) τηλεόραση και ροή πολυμέσων από το Διαδίκτυο.
- Υπηρεσία φωνής (συνήθως ως συμπλήρωμα σε άλλες υπηρεσίες).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ**

### 3.1 Υπηρεσίες μέσω Ευρυζωνικών Δικτύων

Το εύρος των δυνατοτήτων που παρέχουν τα ευρυζωνικά δίκτυα είναι τόσο μεγάλο, ώστε συχνά θεωρείται ότι τα ευρυζωνικά δίκτυα θα είναι για τον 21ο αιώνα τόσο κριτικής σημασίας όσο ήταν για τον 19ο αιώνα οι δρόμοι, τα κανάλια των ποταμών και οι σιδηροδρομικές γραμμές και για τον 20ο αιώνα τα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα και τα ταχύτατα μέσα μαζικής μεταφοράς. Οι βασικότερες κατηγορίες υπηρεσιών εντοπίζονται στους ακόλουθους τομείς:

**α. στον τομέα της εκπαίδευσης,** όπου με τις εφαρμογές e-learning προσφέρονται νέες δυνατότητες, όπως η παροχή on-line μαθημάτων με χαμηλό κόστος, η πρόσβαση παραδοσιακών μαθητών και φοιτητών σε πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό από το σπίτι τους και η δημιουργία και αξιοποίηση on-line βιβλιοθηκών.

**β. στον τομέα της υγείας,** όπου με εφαρμογές τηλεϊατρικής e-health παρέχονται πρωτόγνωρες δυνατότητες εξέτασης ασθενών από απόσταση και αρχικής διάγνωσης ασθενειών. Παράλληλα παρέχεται η δυνατότητα αποτελεσματικότερης αντιμετώπισης έκτακτων περιστατικών (ατυχημάτων), μέσω της μεταφοράς δεδομένων και της καθοδήγησης του προσωπικού άμεσης βοήθειας (από ειδικευμένο ιατρικό προσωπικό στο νοσοκομείο ή σε ένα κεντρικό σημείο βοήθειας) στο σημείο του συμβάντος ή κατά την μεταφορά του τραυματία.

**γ. στον τομέα της εξυπηρέτησης του πολίτη,** όπου με τις εφαρμογές e-government παρέχεται η δυνατότητα εξυπηρέτησης του πολίτη και των επιχειρήσεων από το σπίτι ή την έδρα τους 7 ημέρες την εβδομάδα 24 ώρες την ημέρα, χωρίς να χάνεται χρόνος σε μεταβάσεις και ουρές και εξαλείφοντας φαινόμενα διαφθοράς. Αν και σε ορισμένο βαθμό η χρήση ορισμένων εφαρμογών είναι δυνατή και με απλές συνδέσεις, τα ευρυζωνικά δίκτυα δημιουργούν προϋποθέσεις για ανάπτυξη νέων εφαρμογών, όπως υποβολή σχεδίων για έκδοση άδειας οικοδομής, ηλεκτρονική υποβολή συμβολαίων σε υποθηκοφυλακεία, υποβολή ολοκληρωμένου φακέλου (με σχέδια) για έγκριση στεγαστικού δανείου, κλπ.

**δ. στον τομέα του παραδοσιακού επιχειρείν τα ευρυζωνικά δίκτυα προσφέρουν νέες δυνατότητες,** όπως ενδεικτικά η γρήγορη αναζήτηση προϊόντων από τους πελάτες,

πρόσβαση σε αυξημένο πλήθος πληροφοριών για τα προϊόντα, όπως φωτογραφίες, κλπ, δυνατότητες καλύτερης επικοινωνίας και συντονισμού των επιχειρήσεων με τους προμηθευτές τους και τα δίκτυα πωλήσεων τους. Παράλληλα δημιουργούνται και οι προϋποθέσεις για την εισαγωγή νέων προϊόντων ψηφιακής μορφής, όπως βιβλία, προσωποποιημένα compact disk κλπ., αλλά και νέες προοπτικές για μια σειρά από επαγγελματίες, όπως νομικοί, οικονομολόγοι, οι οποίοι μπορούν εύκολα και γρήγορα να αναζητούν σε εξειδικευμένες βάσεις δεδομένων που υπάρχουν στο Διαδίκτυο στοιχεία απαραίτητα για την εργασία τους, όπως νόμοι, δικαστικές αποφάσεις, στατιστικά στοιχεία, ισολογισμοί εταιριών.

**ε. στον τομέα της επικοινωνίας η εισαγωγή των ευρυζωνικών δικτύων ανατρέπει πλήρως τα δεδομένα,** τόσο σε επίπεδο κόστους όσο και σε επίπεδο νέων μεθόδων επικοινωνίας. Οι εφαρμογές μετάδοσης φωνής στο internet (voice over IP) αποκτούν με τα ευρυζωνικά δίκτυα επίπεδο υπηρεσίας αντίστοιχο με τα παραδοσιακά, τηλεφωνικά κανάλια με κόστος όμως υποπολλαπλάσιο. Παράλληλα παρέχεται η δυνατότητα φθηνών τηλεδιασκέψεων μειώνοντας την ανάγκη για μετακινήσεις και εξοικονομώντας κόστος και χρόνο.

**στ. στον τομέα της ψυχαγωγίας,** όπου χάρη στην ευρυζωνικότητα αναπτύσσονται τα on-line παιχνίδια, η αμφίδρομη διαδραστική τηλεόραση με τον κάθε χρήστη να μπορεί να επιλέγει την ταινία που επιθυμεί να δει και η δυνατότητα μεταφοράς αρχείων μουσικής και video μεταξύ χρηστών σε peer to peer δίκτυα.

### 3.2 Πρωτόκολλο TCP/IP

Ένα από τα βασικότερα πρωτόκολλα, τα οποία χρησιμοποιούν οι υπολογιστές για να επικοινωνούν μεταξύ τους, όταν βρίσκονται σε ένα εσωτερικό δίκτυο, ή στο Internet, είναι το πρωτόκολλο TCP/IP. Τη δεκαετία του '80 το πρωτόκολλο TCP/IP δηλαδή ο συνδυασμός των TCP και IP αναγνωρίζεται ως πρότυπο από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ. Η έκδοση του λειτουργικού συστήματος Berkeley UNIX το οποίο περιλαμβάνει το TCP/IP συντελεί στη γρήγορη εξάπλωση της διαδικτύωσης των υπολογιστών

Ο όρος TCP/IP αντιστοιχεί στις λέξεις Transmission Control Protocol/ Internet Protocol και αποτελεί τη βασική γλώσσα ή αλλιώς πρωτόκολλο επικοινωνίας των

υπολογιστών στο Internet. Κάθε υπολογιστής, ο οποίος έχει άμεση πρόσβαση στο Internet ή και σε κάποιο εσωτερικό δίκτυο intranet, διαθέτει εγκατεστημένο ένα αντίγραφο του TCP/IP, για να μπορεί να επικοινωνεί με τους υπόλοιπους. Ας φανταστούμε το Internet σαν ένα τεράστιο δίκτυο υπολογιστών, στο οποίο όλοι οι υπολογιστές χρειάζονται μια ενιαία γλώσσα, προκειμένου να μπορούν αφενός να στέλνουν αρχεία στους άλλους, αλλά και αφετέρου να μπορούν να αποκωδικοποιούν τα αρχεία, που δέχονται από τους υπόλοιπους. Το πρωτόκολλο TCP/IP αποτελείται από δυο μέρη.

Το υψηλότερο στρώμα διαχειρίζεται τη συγκρότηση οποιουδήποτε μηνύματος, ή αρχείου σε μικρότερα πακέτα πληροφοριών, τα οποία αποστέλλονται από τον υπολογιστή μας στο Internet, για να ανασυγκροτήσει και να τα διαβάσει κάποιος άλλος υπολογιστής, ο οποίος επίσης διαθέτει το ίδιο στρώμα TCP.

Από την άλλη μεριά υπάρχει και το χαμηλότερο στρώμα του πρωτοκόλλου TCP/IP, το Internet Protocol. Στην ουσία, το εν λόγω στρώμα του πρωτοκόλλου είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση της διεύθυνσης του κάθε υπολογιστή. Το Internet Protocol ορίζει στον κάθε υπολογιστή και από μια συγκεκριμένη διεύθυνση για να μπορούν να τον βρίσκουν οι υπόλοιποι, ενώ ταυτόχρονα φροντίζει για την αποστολή του κάθε πακέτου πληροφοριών, που στέλνει ο υπολογιστής σας στη σωστή διεύθυνση που του ορίσατε (Comer D.E., 1995).

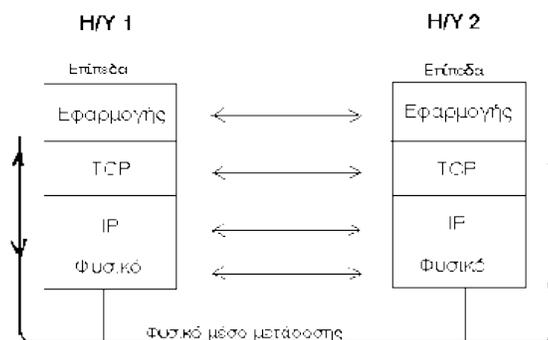
Το πρωτόκολλο TCP/IP χρησιμοποιεί ένα επικοινωνιακό μοτίβο, που διαθέτει τη μορφή client/server. Αυτό σημαίνει, πως κάποιος χρήστης υπολογιστή, σε αυτήν την περίπτωση client, καλεί μια υπηρεσία (μια σελίδα στο Internet για παράδειγμα), την οποία του την αποστέλλει ένας άλλος υπολογιστής. Η απλή λογική σύνδεση, που χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο, είναι η σύνδεση από σημείο σε σημείο, δηλαδή από τον έναν υπολογιστή του δικτύου στον άλλον. Παρ' όλα αυτά, σε αντίθεση με τη λογική για τις τηλεφωνικές γραμμές, κάθε αίτηση ενός υπολογιστή για κάποια υπηρεσία δεν απαιτεί μια αφοσιωμένη σύνδεση μέχρι την ολοκλήρωση της μεταφοράς της υπηρεσίας. Η πληροφορία για παράδειγμα, η οποία θέλετε να μεταφερθεί στον υπολογιστή σας, μπορεί κατά τη μεταφορά της να περάσει και από άλλους υπολογιστές του δικτύου, χωρίς να χρειάζεται να παραμένετε εσείς μόνιμα συνδεδεμένοι με τον αρχικό υπολογιστή, που σας την παρέχει. Παρ' όλα αυτά, το ίδιο το στρώμα TCP του πρωτοκόλλου παραμένει στον υπολογιστή σας, μέχρι να ανασυγκροτηθούν εκεί οι πληροφορίες, τις οποίες ζητήσατε.

Ταυτόχρονα, όλα τα πακέτα των πληροφοριών, που μεταφέρονται από τον έναν υπολογιστή στον άλλον, δεν "ανοίγουν", παρά μόνο όταν φτάσουν στο IP του παραλήπτη, που έχει οριστεί.

Η ελευθερία που προσφέρει ουσιαστικά το πρωτόκολλο TCP/IP, έγκειται στο γεγονός, πως επειδή τα δεδομένα δεν είναι απαραίτητο να μεταφέρονται από την ίδια σταθερή γραμμή ενός δικτύου, συνέχεια ελευθερώνονται γραμμές στο δίκτυο, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν από άλλους υπολογιστές. Αρκετά από τα πιο γνωστά πρωτόκολλα του Internet, σχετίζονται άμεσα με το πρωτόκολλο TCP/IP. Τα πρωτόκολλα HTTP, FTP συχνά διανέμονται μαζί με το TCP/IP, ως ένα πακέτο για την πρόσβαση στο Internet.

Το πρωτόκολλο TCP/IP, είτε πρόκειται για τη σύνδεση κάποιου υπολογιστή με το Internet, είτε για την επικοινωνία του με άλλους υπολογιστές σε κάποιο εσωτερικό δίκτυο, αποτελεί τον απαραίτητο εκείνο συνδετικό κρίκο, ο οποίος βοηθάει στην επικοινωνία μεταξύ των ηλεκτρονικών υπολογιστών.

### 3.2.1 Μοντέλο Πρωτοκόλλου TCP/IP



Σχήμα 5

Το μοντέλο του πρωτοκόλλου TCP/IP φαίνεται στο παραπάνω σχήμα 5. Η πορεία των δεδομένων από την δημιουργία τους και μετά είναι κάθετη, από πάνω προς τα κάτω, μέσω του φυσικού μέσου μετάδοσης. Μπορούμε όμως να θεωρήσουμε ότι οι δύο υπολογιστές θα αλληλεπιδράσουν οριζόντια και αυτό γιατί τελικά όταν ο χρήστης

(επίπεδο εφαρμογής) του H/Y-2 θα δει δεδομένα ξέρει ότι έχουν δημιουργηθεί από το αντίστοιχο επίπεδο του H/Y-1, χωρίς να τον ενδιαφέρει η πραγματική πορεία των δεδομένων αυτών. Όμοια όταν το TCP επίπεδο του H/Y-1 στέλνει δεδομένα στο TCP επίπεδο του H/Y-2 του είναι αδιάφορο τι εφαρμογή τα έχει δημιουργήσει και ποια πορεία αυτά έχουν ακολουθήσει.

Αναλυτικά το κάθε επίπεδο εκτελεί τι εξής λειτουργίες:

- Τα δεδομένα δημιουργούνται από τον H/Y-1 για να μεταδοθούν προς τον H/Y-2 (θα μπορούσε να ήταν και αντίστροφα) στο επίπεδο εφαρμογής/χρήστη δηλ. στο ανώτερο επίπεδο. Αυτό το επίπεδο συνιστούν τα προγράμματα που χειρίζεται και ο χρήστης και με τα οποία δημιουργεί τα δεδομένα (π.χ. ένα μήνυμα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου).
- Από το επίπεδο εφαρμογής/χρήστη τα δεδομένα οδηγούνται προς το επίπεδο TCP (Transmission Control Protocol) το οποίο αναλαμβάνει να τα διαμορφώσει έτσι ώστε να μπορούν να μεταδοθούν με ασφάλεια. Έτσι για παράδειγμα αν θέλουμε να στείλουμε ένα αρχείο μεγέθους 1Mb, το επίπεδο TCP αναλαμβάνει να τεμαχίσει το αρχείο σε μικρά τμήματα ή πακέτα (packets). Αυτό γίνεται γιατί αν επιχειρούσαμε να στείλουμε μονομιάς το αρχείο αυτό και παρουσιάζονταν σφάλμα στην μετάδοση, θα έπρεπε να ξαναστείλουμε ολόκληρο το αρχείο ξανά. Μετά τον τεμαχισμό αν παρουσιαστεί πρόβλημα μετάδοσης ξαναστέλνεται μόνο το κομμάτι που παρουσίασε πρόβλημα. Η εξοικονόμηση χρόνου είναι προφανής. Στην αρχή κάθε κομματιού προστίθεται μία επικεφαλίδα η οποία θα πληροφορήσει το TCP επίπεδο του H/Y 2 για το τι μέγεθος αρχείου έχει σταλεί, σε πόσα τμήματα έχει τεμαχιστεί, τι αριθμός τεμαχίου είναι αυτό και αν έχει σφάλμα.
- Όταν τα δεδομένα τεμαχιστούν, τα κομμάτια οδηγούνται στο επίπεδο IP (Internet Protocol) το οποίο αναλαμβάνει να τα κατευθύνει προς τα σωστά μηχανήματα λήψης. Εκτελεί ουσιαστικά λειτουργία διευθυνσιοδότησης των δεδομένων προσθέτοντας επιπλέον επικεφαλίδες με πληροφορίες για το ποιος τα στέλνει και ποιος πρέπει να τα λάβει.
- Τέλος τα δεδομένα, τεμαχισμένα και με κατάλληλη σήμανση διευθυνσιοδότησης, μεταδίδονται μέσα από το φυσικό επίπεδο σαν απλά ηλεκτρικά σήματα μέσα από

κατάλληλα μέσα μετάδοσης (π.χ. καλώδια, τηλεφωνικές συνδέσεις, δορυφορικές συνδέσεις κ.ο.κ.).

Στο μηχανήμα λήψης δηλ. τον H/Y-2 τα δεδομένα θα ακολουθήσουν την αντίστροφη πορεία: Τα ηλεκτρικά σήματα θα φτάσουν στον προορισμό τους, θα ανέβουν στο IP επίπεδο (σαν πακέτα πληροφοριών), το οποίο θα ελέγξει αν έπρεπε να φτάσουν εκεί και θα αφαιρέσει τις επικεφαλίδες του επιπέδου αυτού. Κατόπιν το επόμενο TCP επίπεδο τα παραλαμβάνει και περιμένει να έλθουν όλα τα πακέτα. Θα ελέγξει ότι έφτασαν όλα ορθά, θα τα βάλει στη σειρά, θα αφαιρέσει τις δικές του επικεφαλίδες, θα τα ενώσει και θα τα προωθήσει στο ανώτερο επίπεδο. Αν κάποιο πακέτο είναι εσφαλμένο θα ζητήσει από τον H/Y-1 την αναμετάδοση του πακέτου αυτού. Το τελευταίο επίπεδο αναλαμβάνει να εμφανίσει τα δεδομένα στον χρήστη.

### 3.3 Πρωτόκολλο ATM

Το ATM (Asynchronous Transfer Mode) γεννήθηκε στα εργαστήρια της A.T&T στη πόλη Νάπερβιλ του Ιλλινόις των ΗΠΑ το 1980, σαν μία τεχνική μεταγωγής η οποία θα εξυπηρετούσε τη μετάδοση φωνής και δεδομένων με τη μορφή πακέτου. Το 1988 ο οργανισμός ITU-T (πρώην CCITT) σε ένα συνέδριο στη Σεούλ της Ν. Κορέας εισήγαγε την ATM τεχνολογία στο BISDN. Το καθοριστικό γεγονός όμως στην ανάπτυξή του είναι η δημιουργία του ATM Forum το 1991, το οποίο αποτελούντα στην αρχή από Cisco Systems NET/ADAPTIVE, North Telecom and Sprint. Το ATM Forum προωθεί την ανάπτυξη αυτής της τεχνολογίας βασιζόμενο πάντα στα επίσημα πρότυπα-κανόνες των ITU-T και ANSI. Το ATM είναι μια ενιαία μέθοδος για μεταφορά, πολυπλεξία και μεταγωγή (switching) πληροφορίας πολλών ειδών (data, video, audio) με υψηλές ταχύτητες μέσω ενός απλού μηχανισμού μετάδοσης και μεταγωγής (switching). Το βασικό του χαρακτηριστικό που το κάνει να διαφέρει από τις άλλες τεχνολογίες που διαχειρίζονται δεδομένα (data) είναι η επεκτασιμότητά του από τα τοπικά δίκτυα LAN στα δίκτυα ευρείας περιοχής WAN καθώς και από τη backbone υποδομή ενός δικτύου στο desktop (S.K.Rao & M.Hatamian, 1995).

Κοινή αίσθηση στις τηλεπικοινωνιακές εταιρείες είναι ότι η ενοποίηση των δικτύων δεδομένων και φωνής θα είναι η πιο βιώσιμη και οικονομική λύση για τα ερχόμενα χρόνια, τόσο από πλευράς κόστους απόσβεσης όσο και από πλευράς κόστους συντήρησης. Ήδη, έννοιες όπως CTI (Computer & Telephony Integration) έχουν αρχίσει να αποκτούν όλο και μεγαλύτερη σημασία για την τηλεπικοινωνιακή υποδομή επιχειρήσεων και οργανισμών. Αναμενόμενη είναι επίσης η αύξηση των αναγκών της ανθρωπότητας σε διαθέσιμο εύρος ζώνης, καθώς έχουμε αρχίσει και μιλάμε για συνδέσμους της τάξης των Gigabit / sec.

Φυσικό λοιπόν είναι τα ερευνητικά τους τμήματα να ρίχνουν βάρος προς τη προσπάθεια εύρεσης του βέλτιστου τρόπου συγχώνευσης δύο φαινομενικά διαφορετικών «κόσμων»: φωνής και δεδομένων.

Ένας σημαντικός αρωγός στην έρευνα για το ATM είναι και η ανάδραση από την αγορά (market feedback). Αξίζουν να σημειωθούν εδώ κάποια στοιχεία από το κόσμο του marketing: η ετήσια αύξηση σε ζήτηση υπηρεσιών φωνής είναι κατά μέσο όρο περίπου 2% - 5%. Η αντίστοιχη αύξηση ζήτησης σε υπηρεσίες δεδομένων είναι αυτή τη στιγμή περίπου 20% - 33% (Stallings William, 2002).

Μέσα στην προσπάθεια αυτή ολοκλήρωσης των υπηρεσιών, πρέπει να αναφερθούμε στις διαφορές των δύο κόσμων και στη λύση την οποία προσπαθεί να επιβάλλει το ATM. Έτσι λοιπόν, συνδέσεις φωνής ή και κινούμενης εικόνας (απλή τηλεόραση) έχουν μικρή ανοχή σε χρονικές καθυστερήσεις (προβλήματα συγχρονισμού), ενώ έχουν σχετικά μεγάλη ανοχή σε αλλοιώσεις του σήματος και χαμένα πακέτα. Αντίθετα, οι συνδέσεις δεδομένων υπολογιστών (ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, μεταφορά αρχείων) έχουν μεγάλη ανοχή σε χρονικές καθυστερήσεις, αλλά όχι και στα χαμένα πακέτα.

Το προφίλ των συνδέσεων φωνής και δεδομένων διαφέρει επίσης ως προς το ρυθμό ροής των δεδομένων. Τα σήματα φωνής περιέχουν εν γένει μικρές χρονικές στιγμές έντονης ροής πληροφορίας (bursts) και μεγάλα χρονικά διαστήματα κενά πληροφορίας. Ο χρόνος ανάμεσα στις στιγμές έντονης ροής (bursts) μπορεί να είναι αρκετά μεγάλος και τυχαία κατανομημένος. Έτσι, θα ήταν σημαντική σπατάλη εύρους ζώνης να παρακρατείτε μία στοιχειώδης μονάδα χρόνου (μέσα σε ένα bucket) ακόμα και αν μόνο 1

στις 10 θα μετέφερε πραγματικά δεδομένα, ενώ οι άλλες 9 θα έμεναν κενές. Θα ήταν επίσης επιθυμητό να μπορεί ένα αχρησιμοποίητο πακέτο να χρησιμοποιηθεί για μεταφορά δεδομένων κάποιας άλλης σύνδεσης που αναμένει.

Η κεντρική ιδέα πίσω από το ATM είναι αντί να αναγνωρίζει το σύστημα τον αριθμό της σύνδεσης από τη θέση του πακέτου σε ένα bucket, απλά να φέρει το πακέτο τον αριθμό της σύνδεσης μαζί με τα δεδομένα, και ταυτόχρονα να κρατά τον συνολικό αριθμό των bytes σε ένα πακέτο μικρό, έτσι ώστε αν χαθεί κάποιο πακέτο λόγω συμφόρησης, να έχει ελάχιστη επιρροή στην ροή των δεδομένων και ίσως να μπορεί να ανακτηθεί με ειδικούς αλγορίθμους επαναληπτικότητας (redundancy).

Το όλο σχήμα φέρει από μεταγωγή πακέτου, οπότε και ονομάστηκε «Γρήγορη μεταγωγή πακέτου με μικρά σταθερού μεγέθους πακέτα». Το δε μέγεθος αυτό (53 bytes) προήλθε από την επιθυμία των εταιρειών να κρατήσουν σταθερή τη ποιότητα των φωνητικών επικοινωνιών όπως στα δίκτυα STM, γιατί σε συνδέσεις που ο χρόνος μεταφοράς πακέτου πρέπει να είναι μικρός (όπως στη κλασική τηλεφωνία), η πιθανότητα να χαθούν πακέτα αυξάνεται, αλλά αφού το μέγεθος του πακέτου είναι πολύ μικρό, αυτό δεν συνεπάγεται αισθητή απώλεια στη φυσική ροή της ομιλίας.

Έτσι στο ATM σε κάθε σύνδεση ανατίθεται ένα «εικονικό αναγνωριστικό κυκλώματος» (VCI - Virtual Circuit Identifier), το οποίο περιέχεται σε κάθε πακέτο και αναγνωρίζει με μοναδικό τρόπο τα δύο άκρα της σύνδεσης.

Υπάρχουν πολλές εφαρμογές στις οποίες η τεχνολογία ATM μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Οι κυριότερες από αυτές είναι:

- Τηλεσυνδιάσκεψη (Video Conferencing)
- Συνδιάσκεψη από γραφείο σε γραφείο (Desktop Conferencing)
- Εικονοτηλέφωνο (Videophone)
- Εικόνα / Ήχος κατά παραγγελία (Audio/Video On Demand)
- Εικονικά τοπικά δίκτυα (VLAN: Virtual LANs)
- Επικοινωνίες ATM μεγάλης χωρητικότητας με κινητούς κόμβους (συνήθως με δορυφορικές ζεύξεις)

Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα του ATM είναι ότι είναι μια εύκολα αναβαθμιζόμενη τεχνολογία. Είναι χαρακτηριστικό ότι οι αρχικές προδιαγραφές του μιλούν για βασική χαμηλή ταχύτητα 1,544 Mbps που μπορεί να φτάσει τα 10 Gbps και πάνω.

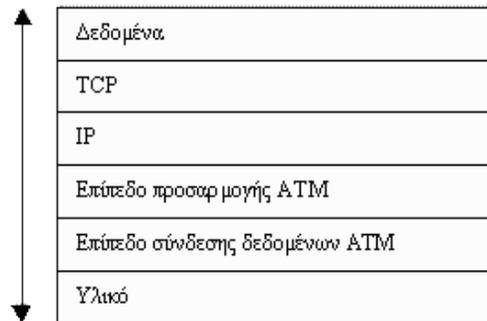
Ένα τελευταίο και πολύ σημαντικό επακόλουθο της ενοποίησης των δικτύων φωνής και δεδομένων είναι η λεγόμενη ενοποίηση τηλεφωνικών και δικτύων δεδομένων σε μεγάλες και μικρές επιχειρήσεις (CTI: Computer and Telephony Integration). Με τη δυνατότητα του ATM να χειρίζεται με την ίδια ευκολία το φορτίο που του αναθέτουν, είναι δυνατό να ενοποιηθούν τα συνήθως ανεξάρτητα δύο εσωτερικά δίκτυα των οργανισμών αυτών σε ένα, μειώνοντας το κόστος συντήρησης και επένδυσης. Η αναβαθμισιμότητα του ATM, όπως διαφάνηκε παραπάνω, αφήνει δε πολλά περιθώρια για επέκταση του ενιαίου δικτύου, τόσο σε χωρητικότητα, όσο και σε απόσταση.

### 3.3.1 Μοντέλο Πρωτοκόλλου ATM

Όπως έχει γίνει φανερό μέχρι τώρα, το ATM είναι σχεδιασμένο για μεταγωγή πακέτων μικρού και σταθερού μήκους στο επίπεδο του υλικού (hardware) με μεγάλες ταχύτητες (gigabit/sec) σε μεγάλες αποστάσεις. Έτσι η θέση του στο μοντέλο ανοιχτής αρχιτεκτονικής δικτύων (OSI) θα έπρεπε μάλλον να βρίσκεται στο επίπεδο σύνδεσης δεδομένων (data link layer). Παρ' όλα αυτά δεν μπορεί με βεβαιότητα να τοποθετηθεί σε κάποιο από τα επίπεδα της ανοιχτής αρχιτεκτονικής δικτύων και αυτό γιατί σε αυτό εμφανίζονται πολλές έννοιες από ανώτερα σε ιεραρχία επίπεδα της OSI αρχιτεκτονικής, όπως π.χ. η σύνδεση από άκρο σε άκρο, ο έλεγχος ροής και η δρομολόγηση. Όλα αυτά δε τα χαρακτηριστικά υλοποιούνται μέσα σ' ένα πακέτο ATM, οπότε και καθίσταται δύσκολη έως αδύνατη η ένταξη του σε κάποιο επίπεδο του OSI. Αντίθετα θα μπορούσε κανείς να πει ότι το ATM δανείζεται στοιχεία από τρία διαδοχικά επίπεδα στην ιεραρχία OSI, το δεύτερο (επίπεδο σύνδεσης δεδομένων) γιατί βρίσκεται ακριβώς πάνω από το υλικό και μιλάει κατ' ευθείαν με αυτό, το τρίτο (επίπεδο δικτύου) γιατί τροποποιεί τη συμπεριφορά του με τον έλεγχο ροής και τη δυναμική δρομολόγηση, και το τέταρτο (επίπεδο μεταφοράς) γιατί οι συνδέσεις είναι καθορισμένες από σημείο σε σημείο και έχουν αρχή και τέλος.

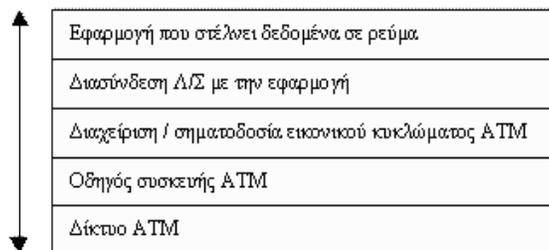
Το πιο σημαντικό ερώτημα που δημιουργείται σ' αυτό το σημείο είναι πως το ATM θα συνυπάρξει και θα συλλειτουργήσει με τα υπάρχοντα IP δίκτυα γενικά, και με ποιες εφαρμογές ειδικότερα. Ένα βολικό μοντέλο για μια διασύνδεση (interface) ATM είναι να τη θεωρήσουμε σαν άλλη μια (σειριακή) θύρα επικοινωνιών του συστήματος. Έτσι από τη πλευρά του λογισμικού μπορεί να θεωρηθεί σαν μια κοινή θύρα σύνδεσης δεδομένων (π.χ. /dev/eth\* στο Unix). Η μόνη διαφοροποίηση τότε που θα προέκυπτε τότε θα ήταν η κατάτμηση των πακέτων IP σε πολύ μικρότερα πακέτα ATM και η επανασύνδεση τους αμέσως πριν τη παράδοσή τους στο επίπεδο μεταφοράς του συνομιλητή.

Έτσι μια απλή αναπαράσταση μίας σύνδεσης διαμέσου ενός δικτύου ATM θα μπορούσε να είναι μια συνεχής ροή πληροφορίας και κατά τις δύο κατευθύνσεις (πάνω-κάτω) στο σχήμα 6.



Σχήμα 6

Όλα αυτά βέβαια σε έναν ιδανικό κόσμο, γιατί στον πραγματικό τίποτα δεν δουλεύει όπως οι μοντελοποιήσεις των μηχανικών και είναι απαραίτητη μια προσαρμογή ή εξειδίκευση. Για την σύνδεση μίας εφαρμογής με το επίπεδο του ATM, νέες διασυνδέσεις πρέπει να σχεδιαστούν για τα σημερινά λειτουργικά συστήματα που να παρέχουν γρήγορους και ευφυείς μηχανισμούς για την εγκαθίδρυση συνδέσεων, τη μεταφορά δεδομένων, την διασφάλιση ανοιχτής σύνδεσης (keepalive), την διακοπή σύνδεσης, ακόμα και τον έλεγχο ροής των δεδομένων από το λογισμικό. Σ' αυτή τη περίπτωση, μπορεί να φανταστεί κανείς την διαστρωμάτωση στο σχήμα 7 (A.Romanow & S.Floyd, 1994).



Σχήμα 7

### 3.4 Διαφοροποιήσεις πρωτοκόλλου TCP/IP και ATM

Το πρωτόκολλο TCP/IP σχεδιάστηκε κατά τη διάρκεια του ψυχρού πολέμου από ερευνητικές ομάδες των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής με σκοπό την επάρκεια επικοινωνίας σε περίπτωση πυρηνικού πολέμου. Λόγω της φιλοσοφίας αυτής επιλέχθηκε η μεταγωγή αυτόνομων πακέτων πληροφοριών, έτσι ώστε η πληροφορία να μπορεί να αλλάξει διαδρομές σε περίπτωση καταστροφής ή μη λειτουργίας ενός κόμβου.

Το πρωτόκολλο αυτό έθεσε το διαδίκτυο ως ένα νέο μοντέλο εξέλιξης των τηλεπικοινωνιών των 21 αιώνα. Τα χαρακτηριστικά αυτού του νέου μοντέλου συνοψίζονται από τον John C. B. Le Gates ως εξής:

“Ως ένα αρχιτεκτονικό μοντέλο, το δίκτυο προτείνει διάσπαρτη ροή πακέτων (flat packet-routed) αντί της ιεραρχικής δομής κυκλωμάτων (circuit-switched). Ως μία αγορά, προτείνει ουσιώδη έλεγχο από τους χρήστες παρά από τις εταιρίες τηλεπικοινωνιών. Ως προς το επίπεδο της νοημοσύνης, προτείνει περισσότερη στα άκρα και λιγότερη στο κέντρο. Ως ένα μοντέλο οργάνωσης, προτείνει ελάχιστη κεντρική προετοιμασία και καθόλου προετοιμασία για τις υπηρεσίες και τις εφαρμογές. Ως ένα οικονομικό μοντέλο προτείνει έναν μεγάλο ρόλο κυριότητας για τον τελικό χρήστη – το αντίθετο από το παραδοσιακό μοντέλο των τηλεφωνικών εταιριών. Ως ένα κανονιστικό μοντέλο, ξεκάθαρα απορρίπτει τα μονοπώλια εκτός ίσως από τους προμηθευτές των γραμμών σύνδεσης” (John C. B. Le Gates, 1996).

Το πρωτόκολλο ATM έχει προταθεί από την ITU (πρώην CCITT) ως το πρωτόκολλο που θα χρησιμοποιηθεί για την λεγόμενη Ευρυζωνική Εποχή (broadband era). Κύριο χαρακτηριστικό του είναι ότι σχεδιάστηκε με γνώμονα την παροχή επιπέδων ποιότητας υπηρεσιών (Quality of Service – QoS). Για να το επιτύχει αυτό επιστρατεύει

την λογική των τηλεφωνικών δικτύων όπου μία σύνδεση πρέπει να εγκαθίσταται για να πραγματοποιηθεί μια συνομιλία (ανταλλαγή δεδομένων). Το πρωτόκολλο αυτό εισάγει τις τεχνικές των νοητών μονοπατιών (virtual paths) και των νοητών κυκλωμάτων (virtual circuits) δημιουργώντας έτσι μία νοητή σύνδεση για κάθε ανταλλαγή δεδομένων που πραγματοποιείται. Παρ' όλο που τα δεδομένα που δρομολογούνται στο ATM δίκτυο, κελιά δεδομένων (cells), είναι αρκετά όμοια με τα δεδομένα που δρομολογούνται στο TCP/IP δίκτυο, πακέτα δεδομένων (packets), αυτά ακολουθούν την πορεία που τους επιβάλλεται από το αντίστοιχο νοητό κανάλι. Επίσης λόγω του ότι το ATM έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να επιτρέπει τον ορισμό επιπέδων υπηρεσιών, μπορεί να διαχειριστεί πιο αποδοτικά τις περιπτώσεις συμφόρησης όταν αυτές προκληθούν.

Ως προς το θέμα που εξετάζουμε τώρα, τις υπηρεσίες που προσφέρουν τα δύο πρωτόκολλα, η κύρια διαφορά που πρέπει να εντοπίσουμε είναι η ποιότητα των υπηρεσιών. Ουσιαστικά το πρωτόκολλο TCP/IP προσφέρει ένα μόνο επίπεδο υπηρεσιών στον τελικό χρήστη ενώ το πρωτόκολλο ATM τέσσερα ξεχωριστά επίπεδα υπηρεσιών.

### 3.5 Επίπεδα Ποιότητας Υπηρεσιών – QoS Levels

Σε ένα πραγματικό IP δίκτυο, η βασική υπηρεσία που προσφέρεται είναι η υπηρεσία best effort (καλύτερης προσπάθειας). Σύμφωνα με αυτή κάθε πακέτο που φτάνει σε ένα δρομολογητή δέχεται την ακόλουθη επεξεργασία:

- Αρχικά γίνεται έλεγχος για το που θα σταλεί το πακέτο που μόλις έφτασε.
- Στη συνέχεια το πακέτο στέλνεται στη γραμμή εξόδου για το επόμενο hop. Εάν δεν είναι δυνατό το πακέτο να σταλεί άμεσα αυτό αποθηκεύεται προσωρινά σε μια ουρά εξόδου.
- Εάν η ουρά αυτή είναι γεμάτη το πακέτο απορρίπτεται. Σε περίπτωση που όταν φτάσει το πακέτο η ουρά περιέχει ήδη άλλα πακέτα τότε το πακέτο αυτό δέχεται επιπλέον καθυστέρηση σύμφωνα με το χρόνο που απαιτείται ώστε τα παλιότερα πακέτα να φύγουν από την ουρά.

Ουσιαστικά στην best effort υπηρεσία όλα τα πακέτα αντιμετωπίζονται όμοια και δεν υπάρχουν εγγυήσεις, διαφοροποιήσεις ή προσπάθεια επιβολής δικαιοσύνης. Εντούτοις το δίκτυο προσπαθεί να προωθήσει όσο περισσότερη κίνηση μπορεί με

«λογική» ποιότητα. Στο δίκτυο πολλές φορές παρουσιάζεται το φαινόμενο της συμφόρησης, που ουσιαστικά συμβαίνει όταν ένας δρομολογητής αποθηκεύει πακέτα σε μια ουρά εξόδου, γεγονός που συμβαίνει όταν λαμβάνει περισσότερα πακέτα από αυτά που μπορεί να μεταδώσει. Στη διάρκεια της περιόδου συμφόρησης είναι λογικό τα πακέτα να δέχονται μεγαλύτερη καθυστέρηση ενώ όταν η ουρά εξόδου γεμίσει, τότε αυτά απορρίπτονται.

Ωστόσο υπάρχουν εφαρμογές που απαιτούν ορισμένες εγγυήσεις (κυρίως σε καθυστέρηση και απόρριψη πακέτων) όπως οι εφαρμογές Voice over IP (VoIP - IP τηλεφωνία) και Videoconference (τηλεδιάσκεψη). Αυτές προκειμένου να πετύχουν τις εγγυήσεις ποιότητας που εξασφαλίζουν τη σωστή λειτουργία τους πρέπει να βρίσκουν στο δίκτυο άδειες ή σχεδόν άδειες ουρές, γεγονός που για να συμβεί πρέπει να υπάρξουν μηχανισμοί που θα το διασφαλίσουν.

Ένας τρόπος προκειμένου να υπάρξει παροχή εγγυήσεων σε κάποια κίνηση είναι η διαχείριση ορισμένων πακέτων διαφορετικά έναντι των υπολοίπων. Στο σημείο αυτό ουσιαστικά εισέρχεται η έννοια της ποιότητας υπηρεσίας (Quality of Service). Ένας ορισμός της είναι: **«η ικανότητα ενός στοιχείου του δικτύου να παρέχει ένα επίπεδο διαβεβαίωσης (εγγύησης) σε ένα υποσύνολο κίνησης ότι οι απαιτήσεις υπηρεσίας της μπορεί να επιτευχθούν με συγκεκριμένη (πολύ μεγάλη) πιθανότητα»** (Chahed T., 2000). Ουσιαστικά οι μηχανισμοί του Quality of Service δεν παρέχουν μεγαλύτερη χωρητικότητα στο δίκτυο ή κάτι παρόμοιο, αλλά απλώς κάνουν καλύτερη διαχείριση του δικτύου ώστε να χρησιμοποιείται πιο αποδοτικά και σύμφωνα με τις απαιτήσεις των εφαρμογών.

Συζητώντας περί επιπέδων ποιότητας υπηρεσιών καλό θα ήταν να ξεχωρίσουμε δύο γενικές κατηγορίες κίνησης δεδομένων:

**Κίνηση ροής (stream traffic):** όπου οι οντότητες (τα πακέτα) είναι ροές που έχουν μια εγγενή διάρκεια και ρυθμό (ο οποίος μπορεί να είναι μεταβαλλόμενος), όπου η χρονική ακεραιότητα πρέπει να διατηρείται (πολύ ή λίγο) από το δίκτυο. Τέτοιο είδος κίνησης παράγεται από εφαρμογές όπως η τηλεφωνία και οι αμφίδρομες υπηρεσίες τηλεδιάσκεψης.

**Ελαστική κίνηση (elastic traffic):** όπου οι οντότητες είναι ψηφιακά αντικείμενα όπου πρέπει να μεταφερθούν από ένα μέρος σε ένα άλλο. Τέτοια αντικείμενα μπορεί να είναι αλφαριθμητικά αρχεία, κείμενα ή εικόνες για παράδειγμα.

### 3.6 Μετρικές Ποιότητας

Οι μετρικές που ενδιαφέρουν τις εφαρμογές που ζητούν ποιότητα υπηρεσίας στην εξυπηρέτηση τους είναι γενικά 4 και περιγράφονται αμέσως παρακάτω (S.Shenker, R.Guerin, 1999) . Η σημαντικότερη μετρική που ενδιαφέρει και επηρεάζει τις εφαρμογές είναι η **χωρητικότητα (bandwidth)**, που ορίζεται ως το πλήθος των δεδομένων, σε bits per second, που μεταδίδονται από ένα χρήστη στον άλλο.

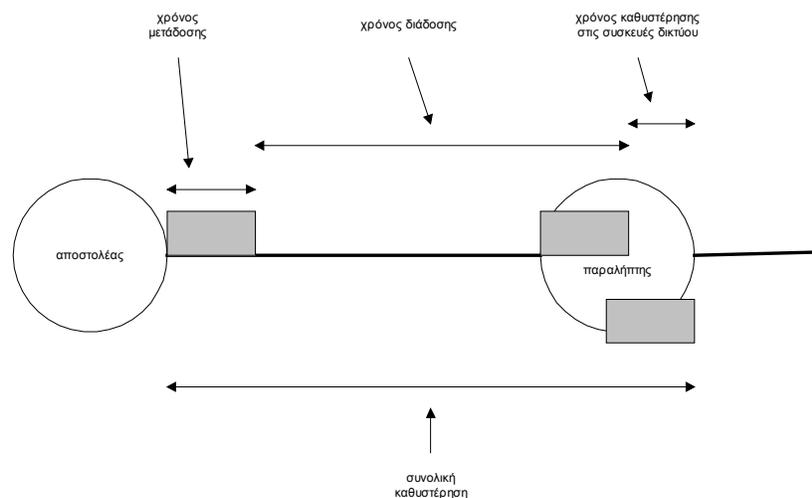
Το bandwidth χαρακτηρίζεται από 4 μεγέθη που είναι:

- Το μέγιστο μέγεθος καταιγισμού (maximum burst size), δηλαδή ο μέγιστος αριθμός πακέτων που μπορούν να βρεθούν στην ουρά του δρομολογητή χωρίς να απορριφθούν. Μία εφαρμογή που κατά τα άλλα συμπεριφέρεται μέσα στα προκαθορισμένα όρια, μπορεί για διάφορους λόγους να στείλει κάποια χρονική στιγμή δεδομένα με ρυθμό καταιγισμού.
- Η μέγιστη χωρητικότητα (peak bandwidth), δηλαδή η ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή της χωρητικότητας που επιτρέπεται μία ροή να διατηρήσει σταθερή.
- Η ελάχιστη εγγυημένη χωρητικότητα (minimum guaranteed bandwidth)
- Η μέση χωρητικότητα (average bandwidth), δηλαδή η μέση τιμή της χωρητικότητας που υπολογίζεται διαιρώντας τον αριθμό των bytes που μεταδόθηκαν προς το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Η δεύτερη μετρική που ενδιαφέρει σχεδόν όλες τις εφαρμογές είναι η **καθυστέρηση (delay)**, που ορίζεται ως ο χρόνος μεταξύ της μετάδοσης του πρώτου bit ενός IP πακέτου και της λήψης του τελευταίου bit αυτού του πακέτου από τον παραλήπτη. Ουσιαστικά η συνολική αυτή καθυστέρηση ισούται με το άθροισμα των καθυστερήσεων σε κάθε τμήμα του δικτύου.

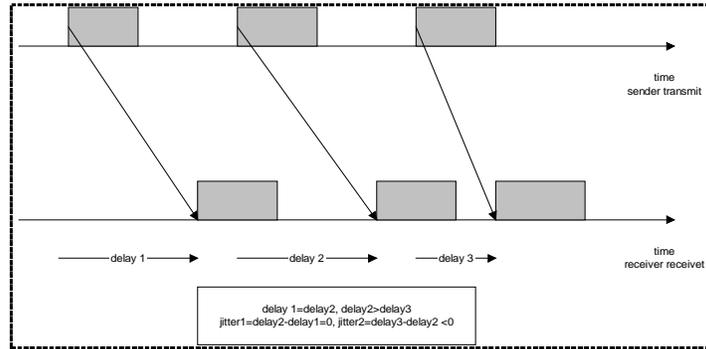
Η καθυστέρηση σε κάθε τμήμα του δικτύου είναι 3 ειδών και συγκεκριμένα:

- Χρόνος μετάδοσης, είναι δηλαδή ο χρόνος που απαιτείται για την τοποθέτηση πάνω σε μια γραμμή μετάδοσης όλων των bit του πακέτου και είναι ανάλογος της ταχύτητας της γραμμής
- Χρόνος διάδοσης, είναι ο χρόνος από τη μετάδοση του πρώτου (ή του τελευταίου bit του πακέτου) και τη λήψη αυτού του bit από τον παραλήπτη. Ο χρόνος αυτός εξαρτάται από την τεχνολογία μετάδοσης και την απόσταση.
- Χρόνος καθυστέρησης στις συσκευές του δικτύου. Η καθυστέρηση αυτή εισάγεται στα σημεία που λαμβάνουν πληροφορία και είναι ο χρόνος από τη λήψη τους μέχρι η πληροφορία να μεταδοθεί στην επόμενη συσκευή. Ο χρόνος αυτός αποτελείται από το χρόνο επεξεργασίας και το χρόνο που η πληροφορία παραμένει στην ουρά.



Σχήμα 8: Τα είδη της καθυστέρησης και η συνολική

Η επόμενη μετρική που χαρακτηρίζει την ποιότητα υπηρεσίας είναι το **jitter (IP packet delay variation)**. Ουσιαστικά, το jitter αναφέρεται σε ζεύγη πακέτων και είναι η διαφορά μεταξύ της καθυστέρησης του πρώτου πακέτου από το δεύτερο. Όπως φαίνεται και από το σχήμα 8, το jitter μεταξύ των πακέτων 1 και 2 ισούται με  $\text{delay}_2 - \text{delay}_1$  και μεταξύ των πακέτων 2 και 3 με  $\text{delay}_3 - \text{delay}_2$  αντίστοιχα. Πολλές εφαρμογές απαιτούν να έχουν ένα άνω όριο για το jitter προκειμένου η απόδοσή τους να είναι καλή.



Σχήμα 9: Η μετρική ποιότητας jitter

Τέλος, μια μετρική που ενδιαφέρει πολλές εφαρμογές είναι η **απώλεια πακέτων (packet loss)** και είναι ουσιαστικά το ποσοστό των πακέτων που μεταδόθηκαν από την πηγή και δεν λήφθηκαν από τον παραλήπτη ή παραλήφθηκαν με λάθη. Η απώλεια πακέτων προκαλείται είτε από απώλεια κάποιου link (συνδέσμου του δικτύου), είτε εξαιτίας προβλημάτων στη ρύθμιση των συσκευών του δικτύου είτε τέλος από συμφόρηση στο δίκτυο. Γενικά η επίδραση της απώλειας πακέτων στις εφαρμογές μπορεί να είναι καταστροφική υποβαθμίζοντας την απόδοσή τους. Επίσης σε πολλές εφαρμογές ενδεχόμενη αποστολή ξανά ενός χαμένου πακέτου δεν έχει καμιά απολύτως σημασία και αντιθέτως δυσχεραίνει την λειτουργία της εφαρμογής παρά την βοηθά. Ένα παράδειγμα τέτοιας εφαρμογής είναι η τηλεδιάσκεψη.

### 3.7 Τύποι QoS

#### 3.7.1 Μηχανισμοί για QoS στο φυσικό επίπεδο

Το φυσικό επίπεδο αποτελείται από τη φυσική καλωδίωση και το μέσο μετάδοσης στο ίδιο το δίκτυο. Η δοκιμασμένη τακτική της κατασκευής διαφοροποιημένων μεταξύ τους φυσικών μονοπατιών σε ένα δίκτυο είναι μια πρώτη προσπάθεια για την παροχή διαφοροποιημένων επιπέδων υπηρεσιών. Σε ορισμένες περιπτώσεις διαφορετικά μονοπάτια κατασκευάζονται κυρίως για χρήση από το επίπεδο δικτύου, παρέχοντας διαθεσιμότητα επιπλέον links στις περιπτώσεις που το πρωτεύων φυσικό μονοπάτι χαθεί για κάποιο λόγο. Ωστόσο, πολλές φορές η χρήση όλου του διαθέσιμου εύρους ζώνης τόσο από το πρωτεύων όσο και από τα εναλλακτικά (backup) μονοπάτια φαίνεται ελκυστική. Στις περιπτώσεις αυτές βέβαια υπάρχει ο κίνδυνος η απόδοση να γίνει

προβληματική. Ειδικότερα, αυτό μπορεί να παρατηρηθεί αν ένα αυθαίρετο τμήμα της κίνησης του δικτύου χρησιμοποιήσει το χαμηλής καθυστέρησης, μεγάλου εύρους ζώνης μονοπάτι και το υπόλοιπο τμήμα της κίνησης επιλέξει ένα backup μονοπάτι το οποίο μπορεί να έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά εύρους ζώνης και καθυστέρησης. Μια τέτοια ρύθμιση οδηγεί σε μειωμένη αξιοπιστία και αυξημένο jitter, εκτός εάν το πρωτόκολλο δρομολόγησης έχει σχεδιαστεί προσεκτικά έτσι ώστε να σταθεροποιεί την τμηματοποίηση της κίνησης μεταξύ των δύο μονοπατιών (V. Sander, 2002).

### 3.7.2 Διαφοροποίηση φυσικών μονοπατιών

Παρ' όλο που η εισαγωγή επιπλέον φυσικών μονοπατιών σε ένα δίκτυο γίνεται συνήθως προκειμένου να εξασφαλιστεί backup μέσω πλεονασμού (redundancy), μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την παροχή διαφοροποιημένων μεταξύ τους υπηρεσιών στις περιπτώσεις όπου τα διαθέσιμα μονοπάτια έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά.

Για παράδειγμα, η κίνηση καλύτερης προσπάθειας μπορεί να διοχετευτεί από τις συσκευές του επιπέδου δικτύου (δρομολογητές) στο μονοπάτι χαμηλότερης ταχύτητας, ενώ η κίνηση υψηλότερης προτεραιότητας (QoS) μπορεί να προωθηθεί στο μονοπάτι υψηλότερης ταχύτητας. Εναλλακτικά, το παραπάνω σενάριο μπορεί να υλοποιηθεί με ένα δορυφορικό μονοπάτι που συνοδεύεται από ένα γρηγορότερο επίγειο μονοπάτι μέσω καλωδίων. Η κυκλοφορία καλύτερης προσπάθειας διοχετεύεται μέσω του μεγαλύτερης καθυστέρησης δορυφορικού μονοπατιού, ενώ η κίνηση υψηλότερης προτεραιότητας δρομολογείται μέσω του συστήματος επίγειων καλωδίων. Η παραπάνω προσέγγιση είναι πρωτόγονη και έχει πολλά μειονεκτήματα.

## 3.8 Μηχανισμοί για QoS στο επίπεδο σύνδεσης

Η διαφοροποίηση στις υπηρεσίες που παρέχονται μέσω της κυκλοφορίας στα δίκτυα, επιτυγχάνεται κυρίως μέσω μηχανισμών στο επίπεδο σύνδεσης και πιο συγκεκριμένα με τη χρήση των TCP/IP και ATM.

### 3.8.1 Ποιότητα Υπηρεσιών σε TCP/IP δίκτυα

Ουσιαστικά δεν μπορούμε να μιλήσουμε για επίπεδα ποιότητας υπηρεσιών σε TCP/IP δίκτυα. Ο λόγος είναι ότι ο σχεδιασμός του πρωτοκόλλου αυτού δεν προέβλεψε την διαφοροποίηση των απαιτήσεων των χρηστών σε σχέση με την καθυστέρηση, την διακύμανση των καθυστερήσεων και την απώλεια δεδομένων. Έτσι, στο διαδίκτυο είμαστε όλοι χρήστες της υπηρεσίας βέλτιστης προσπάθειας ή όπως έχει επικρατήσει ο όρος στα Αγγλικά της best-effort service. Για την δρομολόγηση των πακέτων που ταξιδεύουν στο διαδίκτυο χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος FIFO (First In First Out) ο οποίος δεν διακρίνει μεταξύ πακέτων, και εξάλλου δεν γνωρίζει το είδος της πληροφορίας που μπορεί αυτό να περιλαμβάνει. Έτσι δεν μπορούμε να έχουμε εγγυήσεις για την μεταφορά των δεδομένων μας στο διαδίκτυο είτε πρόκειται για ελαστική κίνηση είτε για κίνηση ροής (R. Braden, D. Clark, 1994). Τα τελευταία χρόνια γίνονται έρευνες πάνω στο πως θα μπορεί να υπάρξει έστω ένα είδος εγγυήσεων ποιότητας υπηρεσιών με την χρήση του πρωτοκόλλου TCP/IP. Πάνω σ' αυτή την κατεύθυνση έχουν υλοποιηθεί πειραματικά πρωτόκολλα όπως το RSVP το οποίο δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να δηλώσει το εύρος ζώνης που επιθυμεί, την μέγιστη καθυστέρηση και την διακύμανση των καθυστερήσεων που απαιτεί για κάθε συγκεκριμένη χρήση του δικτύου. Επίσης, το πρωτόκολλο IPv6 έχει σχεδιαστεί με γνώμονα τα επίπεδα ποιότητας υπηρεσιών ώστε να επιτρέψει την μελλοντική αξιοποίηση των υπηρεσιών αυτών από τους χρήστες.

### 3.8.2 Ποιότητα Υπηρεσιών σε ATM δίκτυα

Υπάρχουν δύο κλάσεις QoS στο ATM:

- Η κλάση που ορίζει παραμέτρους απόδοσης (specified QoS class)
- Η κλάση όπου δεν ορίζονται παράμετροι απόδοσης (unspecified QoS class)

Οι κλάσεις του QoS αφορούν κάθε μεμονωμένη σύνδεση και ορίζουν μια σειρά από παραμέτρους απόδοσης καθώς και αντικειμενικές τιμές για κάθε μια από τις παραμέτρους αυτές.

Ένα δίκτυο ATM μπορεί να υποστηρίζει διαφορετικές κλάσεις QoS, ωστόσο μόνο μια από αυτές μπορεί να είναι μη καθορισμένη (unspecified). Είναι επίσης λογικό η απόδοση του δικτύου να είναι τουλάχιστον ίση με αυτή που ζητήθηκε από κάποιο τερματικό σημείο ενός ATM δικτύου. Κάθε σύνδεση ATM δηλώνει την απαιτούμενη QoS με τον ορισμό μιας συγκεκριμένης τάξης. Στα PVCs (Permanent Virtual Circuits, δηλαδή ένας σύνδεσμος με στατική δρομολόγηση που έχει καθοριστεί εκ των προτέρων) το σύστημα διαχείρισης δικτύου (NMS) χρησιμοποιείται για να υποδεικνύει τις τάξεις του QoS μέσω της UNI σηματοδοσίας (User-Network Interface, ο τρόπος επικοινωνίας μεταξύ τερματικών σταθμών και ATM switches). Στα SVCs (Switched Virtual Circuits, δηλαδή σύνδεση που εγκαθιδρύεται όχι στατικά όπως τα PVCs, αλλά δυναμικά μέσω σηματοδοσίας) χρησιμοποιούνται τα τμήματα της πληροφορίας του πρωτοκόλλου σηματοδοσίας για να δηλωθεί στο δίκτυο η QoS κλάση.

Ένας συνδυασμός από κλάσεις QoS και κατηγορίες υπηρεσιών του ATM έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία των παρακάτω κατηγοριών υπηρεσιών: (Eckberg, Ae., 1997)

- Κατηγορία Υπηρεσίας Α. Εξομοίωση κυκλωμάτων, μετάδοση video με χρήση CBR.
- Κατηγορία Υπηρεσίας Β. VBP ήχος και video
- Κατηγορία Υπηρεσίας Γ. Μεταφορά δεδομένων με προσανατολισμό στη σύνδεση
- Κατηγορία Υπηρεσίας Δ. Μεταφορά δεδομένων χωρίς σύνδεση

Στις μέρες μας έχουν οριστεί οι παρακάτω κλάσεις QoS:

- 1η κλάση QoS: Υποστηρίζει QoS που απαντά στις απαιτήσεις της Κατηγορίας Υπηρεσίας Α. Έχει απόδοση παρόμοια με αυτή των ψηφιακών ιδιωτικών γραμμών.
- 2η κλάση QoS: Υποστηρίζει QoS που απαντά στις απαιτήσεις της Κατηγορίας Υπηρεσίας Β. Έχει απόδοση που μπορεί να εξυπηρετήσει εφαρμογές μετάδοσης video με χρήση πακέτων καθώς επίσης και εφαρμογές τηλεδιάσκεψης και πολυμέσων.

- 3η κλάση QoS: Υποστηρίζει QoS που απαντά στις απαιτήσεις της Κατηγορίας Υπηρεσίας Γ. Μπορεί να υποστηρίξει πρωτόκολλα όπως το Frame Relay.
- 4η κλάση QoS: Υποστηρίζει QoS που απαντά στις απαιτήσεις της Κατηγορίας Υπηρεσίας Δ. Μπορεί να υποστηρίξει πρωτόκολλα όπως το IP.

Η βασική διαφορά μεταξύ των καθορισμένων και μη (specified και unspecified) κλάσεων είναι ότι στις μη καθορισμένες κλάσεις καθορίζονται στόχοι απόδοσης. Παρόλα αυτά, το ίδιο το δίκτυο μπορεί να ορίσει ορισμένες εσωτερικές επιθυμητές τιμές για τις παραμέτρους απόδοσης και έτσι μπορεί να δημιουργηθούν νέες έμμεσες κλάσεις QoS.

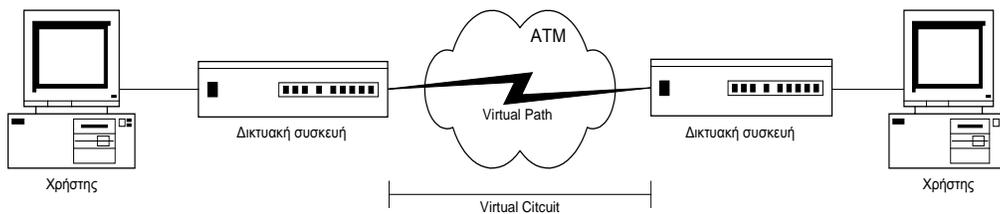
Από τη στιγμή που για κάποια σύνδεση έχουν δεσμευθεί τα άκρα της και το δίκτυο για κάποιο συμβόλαιο κίνησης, τότε πρέπει να αναπτυχθούν μηχανισμοί που να ελέγχουν αν ικανοποιείται το συμβόλαιο αυτό. Οι μηχανισμοί αυτοί μπορούν να βοηθήσουν το χρήστη να διαφοροποιήσει τα χαρακτηριστικά της κίνησης που εισάγει στο δίκτυο (traffic shaping) και το δίκτυο να προστατευθεί από χρήστες οι οποίοι παραβιάζουν το συμβόλαιο κίνησης ηθελημένα ή μη.

Ο μηχανισμός ο οποίος ελέγχει το ρυθμό ροής των κελιών (cells, τα μικρά, σταθερού μήκους πακέτα στο ATM), ονομάζεται γενικός αλγόριθμος ρυθμού κελιού (Generic Cell Rate Algorithm – GCRA). Ο αλγόριθμος αυτός εφαρμόζεται σε κάθε κελί και αποφασίζει αν ικανοποιείται το συμβόλαιο κίνησης. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να εφαρμοστεί από τις λειτουργίες ελέγχου κίνησης (UPC) για να ανιχνευτούν τα κελιά που παραβιάζουν το συμβόλαιο και να απορριφθούν ή να μαρκαριστούν ως υποψήφια για απόρριψη (μέσω του bit Cell Loss Priority). Παρότι δεν είναι υποχρεωτικό να εφαρμοστεί ο GCRA από τις δικτυακές συσκευές, εντούτοις είναι υποχρεωτικό κάθε αλγόριθμος που χρησιμοποιείται να έχει τα ίδια αποτελέσματα με αυτόν.

Επομένως, για να πραγματοποιηθεί μια σύνδεση που έχει κάποιες απαιτήσεις όσον αφορά την ποιότητα που αναμένει από το δίκτυο, θα πρέπει να δεσμευθούν πόροι σε όλες τις δικτυακές συσκευές κατά μήκος του μονοπατιού. Επίσης για κάθε κελί που εισάγεται στο δίκτυο θα πρέπει να ελέγχεται σε όλες τις ενδιάμεσες συσκευές αν ικανοποιεί το συμβόλαιο κίνησης και αν όχι να γίνονται οι απαραίτητες ενέργειες. Όλο αυτό το σύνολο λειτουργιών που είναι ιδιαίτερα πολύπλοκο θα δημιουργούσε τεράστιο πρόβλημα στα στοιχεία του δικτύου και ιδιαίτερα εκείνα μέσω των οποίων διέρχονται πολλές κλήσεις. Αν κάθε δικτυακή συσκευή υλοποιούσε αυτές τις λειτουργίες τότε θα μπορούσε να εξυπηρετήσει μόνο λίγες κλήσεις.

Για να επιλυθεί το πρόβλημα αυτό τα δίκτυα ATM ορίζουν δύο επίπεδα σύνδεσης, το επίπεδο νοητού μονοπατιού (virtual path) και το επίπεδο νοητού κυκλώματος (virtual circuit). Καταρχήν, σε ένα δίκτυο υπάρχουν τα δικτυακά στοιχεία και οι φυσικές συνδέσεις, οι οποίες ενώνουν δύο κόμβους. Αυτό είναι το φυσικό δίκτυο. Πάνω από αυτό, ορίζονται νοητές συνδέσεις μεταξύ οποιονδήποτε κόμβων και έτσι δημιουργείται ένα άλλο (νοητό) δίκτυο. Για τις συνδέσεις στο επίπεδο αυτό ορίζονται κάποια χαρακτηριστικά κίνησης και κάποιες απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιούν και την πιο απαιτητική εφαρμογή που θα διέλθει μέσω αυτού του μονοπατιού. Τα νοητά κυκλώματα χρησιμοποιούν αυτό το δίκτυο.

Αν το VP έχει δεσμεύσει τους απαραίτητους πόρους και μπορεί να εξυπηρετήσει τη ζητούμενη σύνδεση (δηλαδή το VC που πρέπει να δημιουργηθεί), τότε η σύνδεση πραγματοποιείται (σχήμα 10).



**Σχήμα 10: Virtual paths και virtual circuits σε δίκτυα ATM**

### 3.9 Μηχανισμοί για QoS στα επίπεδα δικτύου και μεταφοράς

Στο μεγαλύτερο τμήμα του Διαδικτύου ο βασικός φορέας υπηρεσιών είναι η οικογένεια πρωτοκόλλων TCP/IP και το καθολικά κοινό πρωτόκολλο είναι το IP. Η χρήση του πρωτοκόλλου αυτού για την εφαρμογή μηχανισμών QoS, φαίνεται να οδηγεί σε μια μεγαλύτερη πιθανότητα για την επιτυχή παροχή πραγματικής ποιότητας υπηρεσίας αφού η εφαρμογή, διαχείριση και αντιμετώπιση λαθών μπορούν να γίνουν πάνω σε μια κοινή βάση.

Συμβαίνει επίσης η τεχνολογία αυτή του IP να λειτουργεί πάνω σε μια από άκρο σε άκρο φιλοσοφία, χρησιμοποιώντας ένα μηχανισμό σηματοδότησης που εκτείνεται σε όλο το δίκτυο με ομοιόμορφο τρόπο. Το IP είναι η υπηρεσία από άκρου σε άκρο μεταφοράς στις περισσότερες περιπτώσεις, οπότε παρ' όλο που όπως φάνηκε στις προηγούμενες

παραγράφους είναι δυνατόν να υλοποιηθούν QoS υπηρεσίες στα κατώτερα επίπεδα της στοίβας πρωτοκόλλων, οι υπηρεσίες αυτές καλύπτουν μόνο ένα τμήμα του από άκρο σε άκρο μονοπατιού δεδομένων. Αυτές οι ατελείς προσπάθειες συχνά υποβαθμίζονται από την αλλοίωση της σηματοδότησης, η οποία προκαλείται από τα τμήματα του από άκρο σε άκρο μονοπατιού που δεν καλύπτονται από την QoS υπηρεσία, οπότε το συνολικό αποτέλεσμα μιας μη-καθολικής QoS δομής είναι γενικά μη ικανοποιητικό.

Όταν το από άκρο σε άκρο μονοπάτι δεν αποτελείται από ένα ομοιογενές επίπεδο διασύνδεσης δεδομένων, κάθε προσπάθεια για την παροχή διαφοροποιημένων υπηρεσιών μέσα στα πλαίσια μιας συγκεκριμένης τεχνολογίας του επιπέδου διασύνδεσης δεν θα έχει τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Στο Διαδίκτυο για παράδειγμα, ένα IP πακέτο μπορεί να διανύσει οποιοδήποτε αριθμό από ανομοιογενή μονοπάτια του επιπέδου διασύνδεσης, κάθε ένα από τα οποία μπορεί να χρησιμοποιεί χαρακτηριστικά που εγγενώς παρέχουν μεθόδους για την παροχή διαφοροποίησης της κίνησης. Ωστόσο το πακέτο μπορεί επίσης να διανύσει συνδέσμους του δικτύου που δεν μπορούν να παρέχουν κανενός είδους διαφοροποίηση υπηρεσιών στο επίπεδο διασύνδεσης, οπότε η παροχή QoS καθίσταται ανεπαρκής.

Το συμπέρασμα είναι ότι κανενός είδους μηχανισμός στα επίπεδα μεταφοράς και δικτύου δεν μπορεί να προσφέρει τη δυνατότητα για διαφοροποίηση υπηρεσιών σε όλα τα είδη ροής δεδομένων και ότι ένα QoS δίκτυο πρέπει να αναπτύσσει έναν αριθμό από μηχανισμούς για την αντιμετώπιση του μεγάλου εύρους απαιτήσεων των χρηστών. Η IETF (Internet Engineering Task Force) έχει προτείνει διάφορα μοντέλα και μηχανισμούς για την επίτευξη QoS. Τα πιο σημαντικά μοντέλα είναι :

- Integrated services με χρήση του Resource Reservation Protocol (RSVP). Στην περίπτωση αυτή πραγματοποιείται κράτηση πόρων (resource reservation), όπου οι πόροι του δικτύου διατίθενται με βάση τις ανάγκες των εφαρμογών. Πιο συγκεκριμένα για κάθε πελάτη (η συνένωση πελατών) που επιθυμεί κάποια ποιότητα υπηρεσίας γίνεται στο δίκτυο κράτηση πόρων ώστε να εξυπηρετούνται οι ανάγκες του.
- Differentiated Service Architecture (DS). Στην περίπτωση αυτή γίνεται διάκριση των πακέτων και παρέχεται προτεραιότητα σε ορισμένα από αυτά. Η κίνηση του δικτύου διαχωρίζεται και οι πόροι διανέμονται δίκαια με βάση τα κριτήρια

αστυνόμευσης και διαχείρισης του bandwidth. Προκειμένου να επιτευχθεί ποιότητα στην υπηρεσία, οι διαχωρισμοί (classifications) που έχουν μεγαλύτερες απαιτήσεις απολαμβάνουν προνομιακή μεταχείριση από το δίκτυο.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:**  
**ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ**  
**ΣΕ ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ**

## 4.1 Εισαγωγή στην Τιμολόγηση Υπηρεσιών

Η πορεία εξέλιξης του διαδικτύου από το ARPANET στη σημερινή του μορφή μπορεί να διακριθεί σε τρεις φάσεις, αναφορικά στις πολιτικές τιμολόγησης των δικτυακών υπηρεσιών που εφαρμόστηκαν:

Στην πρώτη φάση, η χρήση του δικτύου ήταν **ελεύθερη χρέωσης (free of charge)** λόγω της κυβερνητικής υποστήριξης στο εγχείρημα. Κι αυτό ήταν φυσιολογικό καθώς το γενικό πλαίσιο στο οποίο εντασσόταν το ARPANET, ήταν αυτό της κυβερνητικής χρηματοδότησης με σκοπό την περαιτέρω ανάπτυξη των πρωτοεμφανιζόμενων δικτυακών τεχνολογιών (μεταγωγή πακέτου κλπ). Το άσχημο σε αυτή την περίπτωση είναι ότι η ελεύθερη από χρέωσης χρήση του Διαδικτύου θεωρήθηκε ως *de facto*, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν δυσaráεσκεις στους χρήστες στην πορεία.

Στη δεύτερη φάση, βλέπουμε να εισάγεται η πολιτικής της **πάγιας χρέωσης** ή αλλιώς **τιμολόγησης ενιαίου τέλους (flat rate charge)**. Στην περίπτωση αυτή, η πρόσβαση στο Internet είναι χρεώσιμη υπηρεσία (προφανώς η πρόσβαση παρέχεται από κάποια εταιρεία που καλείται πάροχος-provider) και κοστολογείται με ένα σταθερό, ίδιο για όλους τους χρήστες ποσό (πάγιο τέλος) ανά χρονική μονάδα σύνδεσης (π.χ. εβδομάδα ή μήνα). Εδώ θα πρέπει να διευκρινίσουμε ότι το πάγιο αυτό τέλος είναι ανεξάρτητο των πραγματικών ωρών σύνδεσης του χρήστη με το διαδίκτυο. Στην πορεία όμως, η πολιτική αυτή διαφοροποιήθηκε κάπως. Δημιουργήθηκαν διαβαθμίσεις στα πάγια τέλη που αντανakλούσαν την ταχύτητα σύνδεσης του υπολογιστή του χρήστη με το Internet, μια πολιτική που ακολουθούν σήμερα σχεδόν όλοι οι πάροχοι συνδέσεων και υπηρεσιών Internet στην Ελλάδα.

Ιστορικά η επικράτηση της τιμολόγησης ενιαίου τέλους έχει να κάνει κυρίως με τη μορφολογία της αμερικανικής αγοράς και οικονομίας, κάτι που είναι απολύτως φυσικό, λόγω της αρχικής ανάπτυξης του Internet σ' αυτή τη χώρα

Τέλος, μπορούμε να πούμε ότι πλησιάζουμε, αν δεν έχουμε ήδη μπει, σε μια τρίτη φάση. Τη φάση της χρέωσης βάσει της χρήσης (**Usage-sensitive charging**). Εδώ θα πρέπει να τονίσουμε ότι αυτό το μοντέλο χρέωσης δε συνίσταται σε κάτι το συγκεκριμένο. Άλλη εταιρεία μπορεί να εφαρμόζει χρέωση ανά μονάδα πληροφορίας, άλλη ανά μονάδα χρόνου κι άλλη ανά υπηρεσία. Αντιλαμβάνεται όμως κανείς εύκολα τη

διαφορά φιλοσοφίας σε σχέση με το προηγούμενο μοντέλο χρέωσης. Βέβαια και μόνο η ιδέα αυτού του είδους μεταβλητής χρέωσης, φέρνει πονοκέφαλο σε πολλούς χρήστες και δεν είναι καθόλου βέβαιο ότι τελικά θα επικρατήσει. Στο θέμα αυτό υπάρχει εκτεταμένη βιβλιογραφία και εκφράζεται η άποψη ότι τελικά θα ακολουθηθούν τα παραδείγματα της εξάλειψης διακρίσεων (pricing discriminations) στις χρεώσεις των επικοινωνιακών συστημάτων (π.χ. ταχυδρομείο, τηλεγράφος κλπ) όπου τελικά η ιστορία έδειξε ότι οι εταιρείες αναγκάστηκαν να συμμορφωθούν στο μέτρο του οικονομικά γι'αυτές δυνατού με τις επιθυμίες των χρηστών.

## 4.2 Επιθυμητά χαρακτηριστικά των χρεώσεων

Παραδοσιακά οι οικονομολόγοι, βλέπουν την τιμολόγηση ως μία αφηρημένη έννοια και δεν υπολογίζουν την βιωσιμότητα των μηχανισμών τιμολόγησης. Πρέπει να τονίσουμε εδώ ότι ο μηχανισμός τιμολόγησης πρέπει να είναι βιώσιμος και οικονομικός. Ποιος ο λόγος να χρεώσουμε τον χρήστη, αν το κόστος της χρέωσης αυτής ξεπερνάει το ποσό που χρεώνουμε σε αυτόν; Επιπρόσθετα, αφού δεν είναι μόνο μία η συγκεκριμένη πολιτική τιμολόγησης που είναι εφαρμόσιμη, είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε κάποια χαρακτηριστικά του επιθυμητού τιμολογιακού (Lee W. McKnight, 2000).

Αυτά είναι:

- Οι τιμές πρέπει να ενθαρρύνουν τους χρήστες να χρησιμοποιούν το δίκτυο όταν σε αυτό δεν παρατηρείται μεγάλη συμφόρηση με το να επηρεάζουν την ζήτηση στο χρόνο.
- Οι τιμές πρέπει να παίρνουν υπόψη την επίδραση του τωρινού φορτίου στη μελλοντική ζήτηση.
- Η τιμολόγηση πρέπει να γίνεται πιο χονδρικά απ' ότι χρεώνοντας ξεχωριστά τα πακέτα έτσι ώστε να είναι ευκολότερη και πιο οικονομική στην υλοποίηση της.
- Οι τιμές πρέπει να αντικατοπτρίζουν το φορτίο των κόμβων του δικτύου (routers, gateways).
- Η μέθοδος τιμολόγησης πρέπει να εφαρμόζεται σε τελείως αποκεντρωμένο επίπεδο, για παράδειγμα ζητώντας στοιχεία επίδοσης σε κάθε κόμβο και να υπολογίζεται

αυτόματα η χρέωση εκεί και όχι κάπου συγκεντρωτικά. Ειδικά, το κόστος που μπορεί να προκληθεί μπορεί να ισοσκελιστεί με τα έσοδα ή ακόμα και να τα ξεπεράσει.

- Πρέπει να εφαρμόζονται σ' αυτά οι ποιότητες των υπηρεσιών που προσφέρονται ώστε οι χρήστες και οι εφαρμογές να κάνουν χρήση αυτών.
- Η μέθοδος τιμολόγησης πρέπει να εφαρμοστεί με τέτοιο τρόπο ώστε οι χρήστες να έχουν κίνητρα να παίρνουν αποφάσεις για την τιμή που θα πληρώσουν και οι προμηθευτές των υπηρεσιών να έχουν κι' αυτοί με την σειρά τους κίνητρα ώστε να παρέχουν την απαιτούμενη ποιότητα μέσω των κερδών που θα τους αποφέρει η μέθοδος τιμολόγησης.

Δυστυχώς αυτό δεν είναι κάτι το οποίο υλοποιείται εύκολα, και πρέπει να εξεταστούν πολύ σοβαρά οι παραπάνω προϋποθέσεις από τους προμηθευτές των ευρυζωνικών υπηρεσιών ώστε να καταλήξουν στην κατάλληλη μέθοδο τιμολόγησης.

### 4.3 Ορισμός του SLA - Service Level Agreements

Ένα Service Level Agreement – SLA είναι ένα νομικό κείμενο που αποτελεί τμήμα, μέρος ή προσάρτημα ενός γενικότερου συμβολαίου, το οποίο προκύπτει από την εκχώρηση λειτουργιών σε εξωτερικό συνεργάτη και την παροχή υπηρεσιών από αυτόν (outsourcing).

Τα SLAs είναι ότι περιγράφει το όνομα τους: **Συμβάσεις** μεταξύ του οργανισμού και του παρόχου, για τις **υπηρεσίες** που θα παρέχονται και για το μετρήσιμο **επίπεδο ποιότητας** που αναμένεται να διασφαλίσει ο πάροχος (D.Verma, 2001).

Το SLA περιέχει την περιγραφή των υπηρεσιών που θα προσφερθούν αναφορικά με τις εκχωρούμενες επιχειρηματικές διαδικασίες του αγοραστή. Καθορίζει τις προδιαγραφές για το επίπεδο των υπηρεσιών, οι οποίες περιγράφουν ξεκάθαρα το επίπεδο της απόδοσης και τα αποτελέσματα που ο αγοραστής αναμένει να λαμβάνει από τον πάροχο των υπηρεσιών. Ο πάροχος πρέπει να φθάσει ή και να ξεπεράσει αυτά τα επίπεδα απόδοσης. Επιπλέον, το SLA προσδιορίζει μια διαδικασία για τη μέτρηση και

την αναφορά της ποιότητας των λαμβανόμενων υπηρεσιών και προβλέπει αποζημίωση αν ο πάροχος δεν επιτύχει τους στόχους.

Αναφέρουμε χαρακτηριστικά παραδείγματα παρόχων – πελατών, όπου στη μεταξύ τους σχέση μπορούν να εφαρμοστούν SLAs. Ο πάροχος μπορεί να είναι ένας οργανισμός που παρέχει στους πελάτες του υπολογιστικές υπηρεσίες, ένας διαχειριστής intranet που παρέχει στους πελάτες του υπηρεσίες δικτυακής διασύνδεσης, μια εταιρία τηλεπικοινωνιών που παρέχει στους πελάτες της τηλεφωνικές υπηρεσίες, μια εταιρία εξυπηρέτησης που παρέχει στους πελάτες της υποστήριξη συντήρησης και διαχείρισης υπολογιστών ή ένας Πάροχος Υπηρεσιών Διαδικτύου (Internet Service Provider) που παρέχει στους πελάτες του πρόσβαση στο διαδίκτυο. Γενικά, ένα SLA μπορεί να οριστεί και να χρησιμοποιηθεί στα πλαίσια οποιασδήποτε βιομηχανίας στην οποία υπάρχει μια σχέση παρόχου – πελάτη.

#### 4.4 Κατηγοριοποίηση των SLAs

Μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τα SLAs με διάφορους τρόπους. Μερικοί από αυτούς είναι:

- Με βάση το είδος των παρεχόμενων υπηρεσιών
- Με βάση το πότε γίνεται η παροχή της υπηρεσίας
- Με βάση το αν ο πάροχος είναι εντός ή εκτός οργανισμού

##### 4.4.1 Με βάση το είδος των παρεχόμενων υπηρεσιών

Μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τα SLAs με πολλούς τρόπους αν λάβουμε υπόψη μας το είδος των παρεχόμενων υπηρεσιών. Στην περίπτωση που οι λαμβανόμενες υπηρεσίες υπάγονται στον τομέα των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών, για τον οποίο και ενδιαφερόμαστε, θα μπορούσαμε να διακρίνουμε τα παρακάτω είδη SLAs:

- Τεχνικής υποστήριξης (technical support)

- Δικτύωση (networking)
- Παροχή υποδομής (systems infrastructure)
- Περιβάλλοντα ανάπτυξης (development environment)
- Εφαρμογές (applications)
- Περιεχόμενο (content)
- Υποστήριξη διαδικασιών (process support)
- Ανάλυση διαδικασιών (process execution)

Από τις παραπάνω κατηγορίες SLAs περισσότερο διαδεδομένα είναι τα SLAs τεχνικής υποστήριξης, παροχής υπηρεσιών δικτύωσης και εκτέλεσης εφαρμογών.

#### 4.4.2 Με βάση το πότε γίνεται η παροχή της υπηρεσίας

Μπορούμε να διακρίνουμε τα παρακάτω είδη SLAs αν λάβουμε υπόψη μας το πότε γίνεται η παροχή της υπηρεσίας (G.Fankhauser, 1999):

##### **α) SLAs συνεχούς παροχής υπηρεσιών (performance)**

Τα SLAs συνεχούς παροχής υπηρεσιών αφορούν τις υπηρεσίες εκείνες, τις οποίες ο αγοραστής θα μπορεί να τις προμηθεύεται ασταμάτητα, επί συνεχόμενης βάσης και φυσικά ο πάροχος θα πρέπει να εγγυηθεί την πολύ μεγάλη διαθεσιμότητα τους.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου SLA είναι το SLA για παροχή υπηρεσίας φιλοξενίας δικτυακού τόπου (web hosting). Σε αυτή την περίπτωση προκειμένου να εξασφαλίσουμε το επίπεδο ποιότητας της λαμβανόμενης υπηρεσίας μπορούμε παραδείγματος χάρη να μετρήσουμε το χρόνο λειτουργίας του εξυπηρετητή, την απόδοση της υπηρεσίας και την ικανότητα διασύνδεσης με το Διαδίκτυο.

## **β) SLAs απόκρισης σε συμβάντα (reactive)**

Τα SLAs απόκρισης σε συμβάντα αφορούν τις υπηρεσίες εκείνες, η παροχή των οποίων γίνεται ως αποτέλεσμα κάποιου γεγονότος ή αιτήματος από τον οργανισμό και η κύρια μετρούμενη ποσότητα είναι ο χρόνος απόκρισης.

Στην περίπτωση των SLAs απόκρισης σε συμβάντα, ενδιαφερόμαστε για την κατηγοριοποίηση των συμβάντων, καθώς και για το βαθμό στον οποίο είναι υπεύθυνος ο πάροχος για την επίλυση των προβλημάτων.

Μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τα συμβάντα με τους εξής δυο τρόπους:

- Με βάση τη σοβαρότητα του συμβάντος
- Με βάση την προτεραιότητα επίλυσης τους

Λαμβάνοντας υπόψη την κατηγοριοποίηση των συμβάντων με βάση τη σοβαρότητα τους, μπορούμε να διακρίνουμε τα παρακάτω είδη συμβάντων:

- Επικίνδυνο (critical): Κάποια υπηρεσία δεν παρέχεται ή το επίπεδο παροχής δεν είναι αποδεκτό.
- Επείγον (urgent): Η υπηρεσία παρέχεται κανονικά αλλά κάποιο τμήμα της χρειάζεται άμεση αποκατάσταση προκειμένου να αποφευχθεί πρόβλημα.
- Συνηθισμένο (routine): Η υπηρεσία παρέχεται και το επίπεδο είναι ικανοποιητικό, αλλά υπάρχει ένα θέμα που πρέπει να αντιμετωπιστεί.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου SLA είναι το SLA για παροχή υπηρεσίας υποστήριξης (support). Σε αυτή την περίπτωση προκειμένου να εξασφαλίσουμε το επίπεδο ποιότητας της λαμβανόμενης υπηρεσίας μπορούμε παραδείγματος χάρη να μετρήσουμε το χρόνο απόκρισης στα αιτήματα και το χρόνο αποκατάστασης.

### γ) SLAs πρόληψης (proactive)

Τα SLAs πρόληψης αφορούν την παροχή υπηρεσιών που στοχεύουν στην πρόληψη προβλημάτων.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων SLAs είναι τα SLAs που αφορούν λειτουργίες όπως:

- Λήψη αντιγράφων ασφαλείας (backup)
- Παρακολούθηση
- Τακτικός έλεγχος αρχείων log
- Εγκατάσταση νέων εκδόσεων προγραμμάτων

#### 4.4.3 Με βάση το αν ο πάροχος είναι εντός ή εκτός οργανισμού

Ενώ αρχικά τα SLAs συνάπτονταν μεταξύ ενός οργανισμού – λήπτη των υπηρεσιών και ενός εξωτερικού παρόχου, η πρακτική αυτή άρχισε να χρησιμοποιείται και για τον καθορισμό του επιπέδου των υπηρεσιών που παρέχουν διάφορα τμήματα ενός οργανισμού σε άλλα τμήματα του ίδιου οργανισμού (δηλ. εσωτερικά στον οργανισμό).

Με βάση το αν ο πάροχος είναι εντός ή εκτός οργανισμού έχουμε τα παρακάτω είδη SLAs:

- **Εσωτερικά (Internal):** Ο πάροχος είναι τμήμα του οργανισμού, του οποίου άλλα τμήματα είναι οι λήπτες των υπηρεσιών. Σε αυτή την περίπτωση τα SLAs είναι εσωτερικό θέμα του οργανισμού και είναι φυσικά απλούστερα, αφού δεν χρειάζεται να είναι αυστηρά ως προς το νομικό τμήμα τους. Το θέμα των πληρωμών, αλλά και των αποζημιώσεων, είναι συνήθως λογιστικό (αφού δεν έχει νόημα η πληρωμή ή η αποζημίωση). Συνήθως, τα εσωτερικά SLAs καθορίζουν τα επίπεδα ποιότητας της υπηρεσίας με τη χρήση περισσότερων τεχνικών όρων, αφού και οι δυο πλευρές κατανοούν πλήρως την τεχνική ορολογία και είναι εξοικειωμένες με τη χρήση της.

- **Εξωτερικά (External):** Ο πάροχος είναι εξωτερικός και δεν σχετίζεται με τον οργανισμό ο οποίος είναι λήπτης των υπηρεσιών. Τα SLAs πρέπει να είναι ξεκάθαρα σε όλα τα θέματα και για το λόγο αυτό είναι συνήθως πιο περίπλοκα.

## 4.5 Περιεχόμενα του SLA

Τυπικά, ένα SLA περιέχει:

### **Ορισμός της υπηρεσίας που θα παρέχεται.**

- Περιγραφή της υπηρεσίας που πρόκειται να παρασχεθεί.
- Ακριβή αναφορά στον τύπο και στη φύση αυτής της υπηρεσίας, για παράδειγμα δικτυακή υπηρεσία, help-desk υποστήριξη κ.α.
- Ορισμοί όρων που σχετίζονται με την υπηρεσία, προκειμένου να αποφευχθούν παρανοήσεις που προέρχονται από την πολλαπλή ερμηνεία των όρων.
- Στα πλαίσια ενός δικτύου υπολογιστών, η υπηρεσία που μπορεί να προσφερθεί μπορεί να είναι η dial-in πρόσβαση, η καλωδιακή πρόσβαση, οι υπηρεσίες ασφάλειας ή οι υπηρεσίες φιλοξενίας δικτυακού τύπου.

### **Προδιαγραφές και επίπεδο ποιότητας υπηρεσίας.**

- Ποιο είναι το επίπεδο ποιότητας που αναμένεται να πετύχει ο πάροχος.
- Περιγραφή των παραμέτρων που σχετίζονται με την υπηρεσία για παράδειγμα χρόνος απόκρισης, δυνατότητα πρόσβασης ως ποσοστό του χρόνου κ.α.
- Το αναμενόμενο επίπεδο απόδοσης της υπηρεσίας περιλαμβάνει δυο σημαντικές όψεις: την αξιοπιστία και την ικανότητα ανταπόκρισης.
- Αξιοπιστία: απαίτηση για διαθεσιμότητα της υπηρεσίας
- Πότε η υπηρεσία είναι διαθέσιμη
- Ποια προβλήματα στην παροχή της υπηρεσίας μπορούν να εμφανιστούν

- Ικανότητα ανταπόκρισης: το πόσο γρήγορα ανταποκρίνεται η υπηρεσία (εξαρτάται από την ύπαρξη καθυστέρησης).
- Στα πλαίσια ενός δικτύου υπολογιστών, η αξιοπιστία μετριέται συνήθως όταν το δίκτυο βρίσκεται σε λειτουργία και η ικανότητα ανταπόκρισης μετριέται σαν όριο στις round-trip καθυστερήσεις ανάμεσα σε δυο τοποθεσίες πελατών.

### **Διαδικασία μέτρησης - Παρακολούθηση.**

- Περιγραφή της μεθόδου με την οποία γίνονται οι μετρήσεις – παρακολούθηση.
- Ποιος θα κάνει τις μετρήσεις-παρακολούθηση.
- Ποια εργαλεία θα χρησιμοποιηθούν για να γίνουν οι μετρήσεις.
- Ποιές εγκαταστάσεις θα χρησιμοποιηθούν.
- Πως υπολογίζονται ποσότητες που δεν είναι άμεσα μετρήσιμες.
- Ποια είδη στατιστικών στοιχείων θα περισυλλεχθούν.
- Πως υπολογίζονται τα στατιστικά στοιχεία.
- Πόσο συχνά θα συλλέγονται τα στατιστικά στοιχεία.
- Πως θα γίνεται η πρόσβαση στα παλαιότερα και στα τρέχοντα στατιστικά στοιχεία.
- Πως ερμηνεύονται τα αποτελέσματα.

Μερικοί πάροχοι δικτύου επιτρέπουν στους πελάτες τους να έχουν απευθείας πρόσβαση σε μέρος του δικτύου μέσω ενός εργαλείου διαχείρισης δικτύου. Τυπικά, δίνεται στους πελάτες το δικαίωμα πρόσβασης στις πληροφορίες παρακολούθησης και στα στατιστικά στοιχεία, αλλά δεν επιτρέπεται να τροποποιήσουν το σχήμα ή τη λειτουργία του δικτύου.

### **Διαδικασίες επικοινωνίας και επίλυσης θεμάτων.**

- Περιγραφή όλων των διαδικασιών επικοινωνίας μεταξύ πελάτη και παρόχου και των σχέσεων μεταξύ τους.
- Πως γίνεται η αναφορά προβλημάτων σχετικά με την υπηρεσία.
- Ποια βήματα ακολουθούνται για την επίλυση των διαφόρων προβλημάτων που δημιουργούνται.
- Ποιο άτομο από την πλευρά του παρόχου έχει την εξουσιοδότηση να έρθει σε επαφή με τον πελάτη για την επίλυση του προβλήματος.
- Με ποιον τρόπο γίνεται η αρχειοθέτηση των παραπόνων.
- Μέσα σε πόσο χρονικό διάστημα από την αναφορά του προβλήματος θα πρέπει ο πάροχος να αρχίσει να ασχολείται με την επίλυση του (ανταπόκριση στο συμβάν).
- Μέσα σε πόσο χρονικό διάστημα θα πρέπει να γίνει η επίλυση του προβλήματος από τη στιγμή που άρχισε η ενασχόληση με αυτό.

### **Κυρώσεις για μειωμένη απόδοση - Αποζημιώσεις.**

- Τι συμβαίνει όταν ο πάροχος δεν επιτυγχάνει τη συμφωνηθείσα απόδοση.
- Οικονομική αποζημίωση του πελάτη– Ύψη των προστίμων.
- Όρια στις αποζημιώσεις που μπορούν να καταβληθούν.
- Ποιες διορθωτικές κινήσεις θα γίνονται από τον πάροχο εάν δεν επιτυγχάνεται το επιθυμητό επίπεδο υπηρεσιών.
- Αντισταθμιστικά οφέλη.
- Σε ποιο σημείο η μειωμένη απόδοση επιφέρει τερματισμό της σύμβασης.
- Όταν τα επίπεδα είναι πολύ χαμηλά ή όταν η παραβίαση των επιπέδων γίνεται συνεχώς ή πολύ συχνά, τότε μπορεί να επιβληθούν άλλα μέτρα, όπως η

ικανότητα του πελάτη να τερματίσει τη σχέση ή να ζητήσει αποζημίωση για μέρος του εισοδήματος που χάθηκε λόγω απώλειας - βλάβης της υπηρεσίας. Οι συνέπειες από την παραβίαση του SLA μπορεί να ποικίλλουν ανάλογα με τη φύση της σχέσης ανάμεσα στον πελάτη και στον πάροχο.

Μια μορφή κυρώσεων - επιβραβεύσεων είναι η βαθμολόγηση των παρόχων. Σε αυτή την περίπτωση, ο πελάτης μπορεί να προσθέτει ή να αφαιρεί βαθμούς σε ένα σύστημα βαθμολόγησης των παρόχων. Φυσικά, για να έχει σημασία η ύπαρξη ενός συστήματος βαθμολόγησης θα πρέπει να προτιμάται από αρκετά μεγάλο αριθμό παρόχων - πελατών. Έτσι, ο πελάτης που είναι ευχαριστημένος από τις υπηρεσίες που λαμβάνει, προσθέτει βαθμούς στη συνολική βαθμολογία του παρόχου. Οπότε, αυτός ο πάροχος έχει περισσότερες πιθανότητες να προτιμηθεί από άλλους πελάτες για την παροχή υπηρεσιών. Όταν όμως ο πάροχος αποτυγχάνει να παραδώσει ικανοποιητικά επίπεδα υπηρεσιών, τότε ο πελάτης αφαιρεί βαθμούς από το σύνολο των βαθμών του παρόχου. Κατά συνέπεια, κανένας πάροχος δεν θα επιθυμούσε την αφαίρεση βαθμών, αφού μελλοντικά θα μπορούσε να τον οδηγήσει στη δύσκολη ανεύρεση πελατών.

### **Κόστη - Πληρωμές.**

- Ποιο θα είναι το κόστος της προμήθειας υπηρεσιών για τον πελάτη.
- Επιπρόσθετα κόστη για υπηρεσίες υποστήριξης και επίλυσης προβλημάτων.
- Διακύμανση των κοστών αναλόγως με την απόδοση των υπηρεσιών.
- Διαδικασία πληρωμής.
- Θέματα τιμολογίων.
- Κάθε πότε θα πρέπει να γίνεται η πληρωμή για την παροχή των υπηρεσιών.
- Το κόστος μπορεί να δίνεται είτε συνολικά είτε κατά μονάδα για ξεχωριστές λειτουργίες (π.χ. κόστος απόκρισης σε ένα αίτημα παροχής υποστήριξης).

### **Αναφορές του επιπέδου ποιότητας των υπηρεσιών και άλλα έγγραφα.**

- Με ποιον τρόπο θα γίνονται οι αναφορές από τον πάροχο.
- Ποια θα είναι η δομή και η μορφή για όλα τα έγγραφα που θα χρησιμοποιούνται.
- Τι θα περιλαμβάνουν οι αναφορές.
- Ποια η συχνότητα αποστολής των αναφορών.
- Ποιος θα τις προετοιμάζει και ποιος θα είναι ο αποδέκτης τους.

### **Ευθύνες των δυο μερών και εξαιρέσεις.**

- Ποιες είναι οι ευθύνες και οι ρόλοι των συμβαλλομένων μερών σχετικά με την παρεχόμενη υπηρεσία.
- Προτάσεις διαφυγής και εξαιρέσεις από τις ευθύνες.
- Συνέπειες αν ο πελάτης δεν τηρήσει τις υποχρεώσεις του.

Οι προτάσεις διαφυγής είναι συνθήκες που όταν ισχύουν θεωρείται παράλογο να επιτευχθούν τα συμφωνηθέντα SLAs. Για παράδειγμα, όταν ο εξοπλισμός του παρόχου της υπηρεσίας καταστρέφεται από πλημμύρα, φωτιά ή πόλεμο ή όταν πιθανά προβλήματα οφείλονται σε τρίτους.

Περιορισμοί μπορούν να επιβληθούν και στη συμπεριφορά του πελάτη. Για παράδειγμα, ένας διαχειριστής δικτύου μπορεί να ακυρώσει ένα SLA αν ο πελάτης προσπαθεί να παραβιάσει την ασφάλεια του δικτύου.

## **4.6 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των SLAs**

Μερικοί διευθυντές επιχειρήσεων παροχής υπηρεσιών έχουν αρνητική αντίληψη για τα SLAs. Αυτό οφείλεται σε δυο κυρίως λόγους:

- Η υλοποίηση ενός SLA απαιτεί χρόνο και προσπάθεια. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι επιχειρήσεις δουλεύουν ήδη με περιορισμένους πόρους, είναι δύσκολο να

αιτιολογηθεί λογικά η κατανομή μερικών από αυτούς τους πόρων για τη δημιουργία ενός SLA.

- Υπάρχει ο φόβος ότι οι πελάτες μπορούν μέσω των διαπραγματεύσεων να επιτύχουν πολύ υψηλά επίπεδα ποιότητας υπηρεσιών. Επειδή ο πάροχος μπορεί να μη τα καταφέρει να ανταποκριθεί σε αυτά, οι πελάτες θα μπορούν να ανατρέξουν στο SLA προς υπεράσπιση τους. Αφού, είναι γνωστό ότι το SLA τεκμηριώνει εγγράφως τις υποχρεώσεις του παρόχου ως προς τα επίπεδα των παρεχόμενων υπηρεσιών.

Αυτά τα αρνητικά σημεία θεωρούνται αμελητέα εν συγκρίσει με τα οφέλη που προσφέρει η υλοποίηση ενός SLA. Παρακάτω αναφέρουμε ορισμένα κύρια οφέλη που μπορούμε να αναμένουμε από την εφαρμογή των SLAs.

#### **Ικανοποίηση των πελατών.**

Ο βασικός λόγος για τη δημιουργία SLAs είναι η ικανοποίηση των πελατών. Η δημιουργία SLAs απαιτεί το διάλογο ανάμεσα σε εκπροσώπους του παρόχου και του πελάτη. Αυτό είναι απαραίτητο προκειμένου ο πάροχος να μπορέσει να καταλάβει τις απαιτήσεις σε υπηρεσίες του πελάτη. Υποχρεούνται συνεπώς οι πελάτες να μπουνε στη διαδικασία να δηλώσουν με σαφήνεια τις απαιτήσεις τους ή τις προσδοκίες τους. Κατόπιν, ο πάροχος και ο πελάτης συμφωνούν σε ένα κοινά αποδεκτό επίπεδο υπηρεσίας και ο πάροχος έχει έναν καλά καθορισμένο στόχο – τις συμφωνημένες απαιτήσεις. Η επικοινωνία μεταξύ του παρόχου και του πελάτη συνεχίζεται μέσω των αναφορών. Όμως, ακόμα και το SLA δεν μπορεί να παράγει ευτυχισμένους πελάτες, όταν τα προσυμφωνημένα επίπεδα ποιότητας δεν επιτυγχάνονται. Ωστόσο, αυξάνει τη συνολική ικανοποίηση των πελατών, όταν οι στόχοι για την απόδοση επιτυγχάνονται.

#### **Διαχείριση των προσδοκιών.**

Ένα σημαντικό όφελος από την υλοποίηση SLAs είναι ότι προφυλάσσει τους παρόχους από τις συνεχώς αυξανόμενες ατεκμηρίωτες προσδοκίες των πελατών τους για καλύτερα επίπεδα ποιότητα υπηρεσιών. Είναι συνηθισμένο φαινόμενο οι άνθρωποι να επιθυμούν βελτιώσεις στην υπάρχουσα κατάσταση. Αν οι απαιτήσεις των πελατών δεν

είναι τεκμηριωμένες εγγράφως, τότε οι προσδοκίες τους μπορούν να αυξάνουν σταθερά και πάντα να στοχεύουν σε υψηλότερο επίπεδο για τις παρεχόμενες υπηρεσίες. Με το SLA όμως, οι απαιτήσεις των πελατών τεκμηριώνονται εγγράφως και ακόμα και σε περίπτωση που οι πελάτες συνεχίζουν να θέλουν υψηλότερα επίπεδα υπηρεσιών, το SLA λειτουργεί ως μηχανισμός φρεναρίσματος. Έτσι, προκειμένου να γίνουν βελτιώσεις στα επίπεδα των λαμβανόμενων υπηρεσιών θα πρέπει να γίνει επαναδιαπραγμάτευση της συμφωνίας μεταξύ του παρόχου και του πελάτη και πιθανόν επιπρόσθετη χρηματοδότηση από την πλευρά του πελάτη, προκειμένου να παραλάβει υψηλότερα επίπεδα υπηρεσιών.

### **Σαφήνεια και Μονιμότητα.**

Το SLA συμβάλλει καθοριστικά στην απλούστευση της διαδικασίας που ακολουθείται για την παροχή υπηρεσιών από τον πάροχο στον πελάτη. Μετά την υλοποίηση του SLA, οι απαιτήσεις του πελάτη είναι ξεκάθαρες και τεκμηριωμένες εγγράφως, ενώ συγχρόνως αποτελούν το στόχο του παρόχου. Τόσο ο πάροχος, όσο και ο πελάτης μπορούν να ανατρέξουν στο κείμενο της συμφωνίας και να λύσουν οποιαδήποτε απορίες προκύψουν.

Επιπλέον, το SLA διασφαλίζει τη διάρκεια στους στόχους του παρόχου, αφού ο πάροχος γνωρίζει τα επίπεδα ποιότητας που πρέπει να πετύχει και το πιο σημαντικό είναι ότι γνωρίζει το χρονικό διάστημα για το οποίο ισχύει το SLA και συνεπώς για πόσο καιρό οι στόχοι παραμένουν ίδιοι.

### **Ρύθμιση των πόρων.**

Επειδή το SLA προσδιορίζει τα προσδοκώμενα επίπεδα των υπηρεσιών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν δείκτης για τις αυξανόμενες απαιτήσεις σε χωρητικότητα του συστήματος και σε εύρος ζώνης του δικτύου. Ορισμένοι πόροι θα πρέπει να είναι ενήμεροι για τις SLA παραμέτρους. Η παρακολούθηση και οι μετρήσεις που γίνονται προκειμένου να διασφαλιστεί η συνέπεια με το SLA, προειδοποιούν εγκαίρως για οποιαδήποτε νέα χωρητικότητα που μπορεί να χρειαστεί. Συνεπώς, τα SLAs βοηθάνε τον πάροχο να αποφύγει προβλήματα χωρητικότητας που προκύπτουν όταν πάρα πολλές αιτήσεις συνωστίζονται στο δίκτυο ή στον εξυπηρετητή (server).

### **Έλεγχος του κόστους.**

Με το SLA ο πάροχος γνωρίζει ξεκάθαρα τους στόχους για το επίπεδο των παρεχόμενων υπηρεσιών, ενώ σε αντίθετη περίπτωση ο πάροχος θα ήταν αβέβαιος και θα αναγκαζόταν να μαντέψει. Αρκετά συχνά, αυτό το μάντεμα οδηγεί σε υπερβολές. Δηλαδή, μπορεί να οδηγήσει σε παραπανίσια στελέχωση, στο σχηματισμό δικτύων με υπερβολική χωρητικότητα, στην αγορά μεγαλύτερων και γρηγορότερων υπολογιστών και ούτω καθεξής. Συνεπώς, με την απουσία του SLA οι απαιτήσεις των χρηστών καθορίζονται με βάση το τι είναι επιθυμητό και όχι με βάση το τι είναι εφικτό. Όταν όμως έχει υλοποιηθεί SLA, τότε τα κόστη μπορούν να ελαττωθούν με το μετριασμό των απαιτήσεων των πελατών για υψηλότερα επίπεδα υπηρεσιών.

### **Μέσο επικοινωνίας.**

Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι πελάτες στην πλειοψηφία τους δεν έχουν την τεχνογνωσία και την κατάρτιση που έχει ο πάροχος, το SLA συμβάλλει καθοριστικά στη μεταξύ τους επικοινωνία, δημιουργώντας έναν κοινό κώδικα κατανοητό και από τις δυο πλευρές.

### **Στρατηγική Υπεράσπισης.**

Το SLA είναι ένα εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο από τους παρόχους, όσο και από τους πελάτες προς υπεράσπιση τους. Ξεκάθαροι στόχοι έχουν τεθεί και τεκμηριωθεί εγγράφως. Δεν υπάρχει χώρος για αμφιβολίες σχετικά με το αν οι στόχοι έχουν επιτευχθεί. Σε ένα καλογραμμένο SLA, ακόμα και οι μετρικές για τη μέτρηση των επιπέδων των υπηρεσιών είναι καθορισμένες και συμφωνημένες τόσο από τον πάροχο, όσο και από τον πελάτη. Αν κάποιος παραβιάσει τη συμφωνία, θα υποστεί τις συνέπειες όπως αυτές ορίζονται στο SLA. Το SLA είναι κάτι που ωφελεί όχι μόνο τον πάροχο, αλλά και τον πελάτη και συμβάλλει καθοριστικά στη βελτίωση της μεταξύ τους συνεργασίας.

## 4.7 Μέθοδοι Τιμολόγησης

Οι μέθοδοι τιμολόγησης μπορούν να καταταχθούν σε δύο κατηγορίες. Αυτές αναφέρονται ως στατικές ή δυναμικές μέθοδοι τιμολόγησης. Στις στατικές μεθόδους τιμολόγησης οι τιμές είναι προκαθορισμένες και εξαρτώνται από τις υπηρεσίες που απαιτεί ο χρήστης. Παραδείγματα τέτοιων μεθόδων είναι η ομοιόμορφη χρέωση (flat rate charges). Χαρακτηριστικό της στατικής μεθόδου τιμολόγησης είναι ότι η συνολική χρέωση κάθε τελικού χρήστη μπορεί να υπολογιστεί εξ αρχής. Αντίθετα οι δυναμικές μέθοδοι τιμολόγησης μεταβάλλονται είτε με αργούς είτε με γρήγορους ρυθμούς. Μέθοδοι δυναμικής τιμολόγησης θεωρούνται η χρέωση χρήσης (usage based charges), η σταθερή χρέωση (connection rate charges) και η χρέωση όγκου δεδομένων (volume rate charges). Στην χρέωση χρήσης η οποία έχει και πολλές παραλλαγές στις οποίες θ' αναφερθούμε εκτενέστερα παρακάτω.

### 4.7.1. Στατικές Μέθοδοι Τιμολόγησης

Σύμφωνα με την ομοιόμορφη μέθοδο τιμολόγησης (flat rate charging), ο χρήστης πληρώνει ένα σταθερό ποσό για ένα σταθερό χρονικό διάστημα για απεριόριστη χρήση. Οι ομοιόμορφες χρεώσεις δεν αποθαρρύνουν το χρήστη στην αναζήτηση νέων υπηρεσιών στο διαδίκτυο (Altmann & Rhodes, 2002). Είναι επίσης αρκετά ενδιαφέρουσες προς τον τελικό χρήστη καθώς μπορούν να υπολογίσουν ακριβώς την χρέωση του και έτσι ο χρήστης δεν ενοχλείται με την χρήση ενός μετρητή. Εφόσον οι τελικοί χρήστες αποφασίσουν να πληρώσουν ένα συγκεκριμένο σταθερό ποσό στην αρχή κάθε μήνα, το μόνο κόστος που έχουν να αντιμετωπίσουν είναι αυτό του χρόνου. Από την πλευρά του ISP, τα προτερήματα της συγκεκριμένης μεθόδου τιμολόγησης είναι ότι είναι αρκετά απλή μέθοδος τιμολόγησης και τους παρέχει ένα σταθερό και προβλέψιμο έσοδο. Παρ' όλα αυτά η μέθοδος αυτή έχει αρκετά μειονεκτήματα. Τα κυριότερα είναι η έλλειψη δίκαιης μεταχείρισης μεταξύ των χρηστών, η επιδείνωση της ποιότητας των υπηρεσιών που προκαλείται από υπερβολική χρήση του δικτύου και ο περιορισμός στην αναβάθμιση των υπηρεσιών στην αγορά των ευρυζωνικών δικτύων. Επειδή οι τελικοί χρήστες καθώς και οι εφαρμογές που χρησιμοποιούνται διαφοροποιούνται αρκετά μεταξύ

τους, το πλήθος των δεδομένων που μεταφέρεται σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους μεταβάλλεται συχνά και σε μεγάλο βαθμό. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την “επιδότηση” των χρηστών με πολλές απαιτήσεις από αυτούς με μικρές ή και μεσαίες απαιτήσεις. Καταλήγουμε έτσι στο συμπέρασμα ότι η μέθοδος αυτή δεν είναι δίκαιη. Ένα άλλο μειονέκτημα της ομοιόμορφης μεθόδου τιμολόγησης είναι ότι κάποια στιγμή η συμφόρηση του δικτύου είναι αναπόφευκτη. Δεν υπάρχει χρηματικό όριο για την χρήση του δικτύου. Έτσι δεν υπάρχει κανένα κίνητρο για να περιορίσει κανείς την χρήση του δικτύου σε περίπτωση συμφόρησης. Το άμεσο αποτέλεσμα είναι η υποβάθμιση των επιπέδων ποιότητας για όλους. Τέλος, με το δεδομένο ότι η ζήτηση συνεχώς αυξάνεται και ο ISP χρησιμοποιεί την συγκεκριμένη μέθοδο τιμολόγησης, θέλοντας να καλύψει την επιπλέον ζήτηση αναγκάζεται να αυξήσει τις τιμές του για να επενδύσει σε δικτυακές υποδομές. Αυτό δημιουργεί ένα αρνητικό φαινόμενο ανατροφοδότησης το οποίο θα καταστήσει εν καιρώ την υπηρεσία μη κερδοφόρα. Σε γενικές γραμμές, η χρησιμοποίηση αυτής της μεθόδου καθυστερεί την ανάπτυξη της αγοράς.

#### 4.7.2 Δυναμικές Μέθοδοι Τιμολόγησης

Όσον αφορά την μέθοδο σταθερής χρέωσης, δεν θ’ αναφερθούμε σ’ αυτήν καθώς η χρησιμοποίηση της έχει εφαρμογή μόνο σε σύνδεση στο διαδίκτυο μέσω του τηλεφωνικού δικτύου και όχι για συνδέσεις που είναι πάντα ενεργές όπως στην περίπτωση των ευρυζωνικών υπηρεσιών. Στην ενότητα αυτή θα ασχοληθούμε καθαρά με το σχήμα των usage based charging όπου έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην ανάπτυξη και διερεύνηση καινούργιων μεθοδολογιών τιμολόγησης.

Το σχήμα των usage based charges θεωρείται επιθυμητό από τους ερευνητές λόγω της σχέσης μεταξύ των τιμών και των τελικών χρηστών. Ένας βασικός ρόλος των τιμών είναι να παρουσιάζουν πληροφορίες στους χρήστες για το αληθινό κόστος των πράξεων τους. Αν οι τιμές αντικατοπτρίζουν το κόστος με ακρίβεια τότε οι χρήστες θα μπορούν να συγκρίνουν τα κέρδη από τις πράξεις τους με το κόστος των πράξεων τους και να πάρουν σωστές αποφάσεις (Jeffrey, Mackie-Mason & Varian, 1994). Έτσι, ερευνητές έχουν παρουσιάσει κατά περιόδους τα δικά τους προτεινόμενα τιμολογιακά σχήματα για

υπηρεσίες ευρυζωνικών ATM δικτύων. Οι πιο σημαντικές προτάσεις πάνω στην χρέωση ευρυζωνικών υπηρεσιών αναφέρονται παρακάτω (Stefan Bodamer, 1998).

### **Effective Bandwidth Approach 1**

Η συγκεκριμένη μέθοδος τιμολόγησης παρουσιάζεται σε πολλά ερευνητικά άρθρα, το καθένα απ' αυτά τονίζει μια διαφορετική πλευρά, από τους ερευνητές Kelly, Songhurst, Κουρκουμπέτη, Σήρη, Σταμούλη και Weber. Τα περισσότερα από τα ερευνητικά άρθρα είναι βασισμένα πάνω ερευνητικές δραστηριότητες του προγράμματος CASHMAN, που λειτούργησε υπό την ομπρέλα του προγράμματος ACTS της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η μέθοδος αυτή θεωρείται και connection based charging καθώς στηρίζεται ιδιαίτερα στην διάρκεια της σύνδεσης.

### **Effective Bandwidth Approach 2**

Μία απλή μέθοδος χρέωσης που προτάθηκε από τον Lindberger όπου για κάθε σύνδεση η χρέωση C υπολογίζεται από την συνάρτηση

$$C = K_{L,T} \times d \times t$$

Οι ακόλουθοι ορισμοί ισχύουν:  $K_{L,T}$  είναι ο συντελεστής που εξαρτάται από την απόσταση, την ημέρα και την ώρα, d η εκτίμηση του εφικτού εύρους ζώνης για την σύνδεση και t η διάρκεια της σύνδεσης.

### **Mean Bandwidth Approach**

Η μέθοδος χρέωσης mean bandwidth approach προτάθηκε από τον Botvich και είναι αποτέλεσμα του ερευνητικού προγράμματος CANCAN που χρηματοδοτήθηκε επίσης από την Ευρωπαϊκή Ένωση (πρόγραμμα ACTS). Για κάθε σύνδεση η χρέωση C υπολογίζεται από την συνάρτηση

$$C = \alpha \times K \times m \times t$$

Για την παραπάνω συνάρτηση οι ακόλουθοι ορισμοί ισχύουν: t η διάρκεια της σύνδεσης, m ο μέσος όρος δεδομένων της σύνδεσης,  $\alpha$  μια σταθερά που εξαρτάται από την ώρα της ημέρας και K ο συντελεστής που προσπαθεί να προβλέψει τον λόγο d/m όπου d υποδηλώνεται το εφικτό εύρος ζώνης.

### Design Rate Approach

Πρόκειται για μια νέα μέθοδο χρέωσης η οποία προτάθηκε από τους ερευνητές Griffiths, Miah και Cuthber, η οποία βασίστηκε σε προηγούμενη εργασία του Griffiths. Σ' αυτή την μέθοδο χρέωσης, η χρεώσεις C μια σύνδεσης υπολογίζονται ως εξής:

$$C = a \times D \times t$$

Όπου το t υποδηλώνει την διάρκεια της σύνδεσης, το a μία σταθερά και το D αναπαριστά το επονομαζόμενο Design Rate το οποίο μπορεί να οριστεί από τον χρήστη. Το Design Rate αντιστοιχεί στον ρυθμό του σχηματιστή ροής (traffic shaper) που είναι αφοσιωμένος στην σύνδεση. Ο σχηματιστής αυτός μπορεί να βρίσκεται στην τελική συσκευή ή στο εσωτερικό του δικτύου.

### 4.8 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Μεθόδων Τιμολόγησης

Στο σημείο αυτό θα παρουσιάσουμε τα πλεονέκτημα και μειονεκτήματα που παρουσιάζουν δύο μέθοδοι τιμολόγησης που απαντώνται συχνά. Ο πρώτος στο πραγματικό περιβάλλον (flat rate charges) και ο δεύτερος κυρίως σε επιστημονικές εργασίες (usage based charges).

Όσον αφορά τις flat rate charges στα ευρυζωνικά δίκτυα το βασικό του πλεονέκτημα είναι η σταθερότητα των τιμών. Η σταθερότητα αυτή παίζει πολύ σημαντικό ρόλο για τον χρήστη και αυτό διαφαίνεται και από έρευνες που έχουν γίνει κατά καιρούς ως προς την συμπεριφορά των χρηστών προς διαφορετικές μεθόδους τιμολόγησης.

Μελέτες πάνω στην ζήτηση τηλεφωνικών υπηρεσιών έδειξαν ότι οι χρήστες προτιμούν flat rate τιμές απ' ότι υπολογιζόμενες (measure). Επιπλέον έρευνες έδειξαν ότι οι χρήστες που παύουν τις τηλεφωνικές τους υπηρεσίες είτε με πρόθεση είτε από αδυναμία τακτοποίησης των λογαριασμών τους, το πράττουν είτε λόγω της αβεβαιότητας που προσδίδει η μέθοδος χρέωσης usage-based, είτε διότι δεν μπορούν να υπολογίσουν σωστά το ποσό του λογαριασμού τους και δεν μπορούν να ανταποκριθούν σ' αυτό. Πρόσφατα, μελέτες που αφορούν την πρόσβαση στο διαδίκτυο έδειξαν ότι οι τελικοί

χρήστες προτιμούν την βεβαιότητα στις τιμές. Τα αποτελέσματα του πειράματος INDEX (Internet Demand Experiment) έδειξαν ότι οι χρήστες προτιμούν την χρέωση flat rate, παρόλο που η χρέωση usage based ήταν συγκρίσιμη με αυτήν. Επίσης, ομοιόμορφες (flat) χρεώσεις επιλέχθηκαν από τους χρήστες ακόμα και όταν οι αντίστοιχες εβδομαδιαίες χρεώσεις με usage based χρέωση ήταν μικρότερες.

Από τα παραπάνω διαφαίνεται ότι ο τελικός χρήστης προτιμά την σταθερότητα και βεβαιότητα που του παρέχει μία τέτοια πολιτική τιμολόγησης, από την αβεβαιότητα που θα του παρέχει η πολιτική usage based. Ένα άλλο πλεονέκτημα του συγκεκριμένου τρόπου χρέωσης από την πλευρά του ISP είναι και η ευκολία στην επεξεργασία των λογαριασμών των χρηστών, κρατώντας παράλληλα το κόστος τιμολόγησης σε χαμηλά επίπεδα. Τέλος, πέρα από την βεβαιότητα των τελικών χρηστών όσον αφορά τα επίπεδα τιμών, και οι ISPs μπορούν να γνωρίζουν εκ των προτέρων το μέγεθος των εσόδων που θα εισρεύσουν και έτσι θα μπορούν να σχεδιάζουν πολιτικές επέκτασης με περισσότερη ασφάλεια.

Το κύριο μειονέκτημα των flat rate χρεώσεων σε ευρυζωνικά δίκτυα είναι η μη υποστήριξη των μηχανισμών που θέτουν τα επίπεδα ποιότητας μέσω του συστήματος τιμών. Έτσι, το πιο πιθανό είναι να καταλήξουμε σ' ένα δίκτυο με μεγάλη συμφόρηση αφού σχεδόν όλοι οι χρήστες θα επιλέγουν ανώτερες υπηρεσίες CBR και VBR ακόμα και για απλές διεργασίες, εκτός και αν επικρατήσει μία άτυπη συμφωνία μεταξύ των χρηστών ή προστεθούν εσωτερικοί μηχανισμοί ελέγχου ώστε να αποφεύγεται η συμφόρηση. Ένα άλλο μειονέκτημα των flat rate χρεώσεων είναι σύμφωνα με τους οικονομολόγους, και η παγίωση των κερδών, πράγμα που μπορεί να οδηγήσει στο φαινόμενο της αρνητικής ανατροφοδότησης, δηλαδή με την αύξηση των χρηστών και την ανάπτυξη περισσότερων υποδομών από τους ISP τα κέρδη θα μειώνονται.

Τα πλεονέκτημα που σημειώνονται από την χρησιμοποίηση της μεθόδου τιμολόγησης usage based σε ευρυζωνικά δίκτυα είναι τα εξής: Αντιστοίχιση των επιπέδων ποιότητας υπηρεσιών (QoS) με κατάλληλες τιμολογιακές πολιτικές. Σαν αποτέλεσμα, επιτυγχάνεται καλύτερη αξιοποίηση των πόρων των δικτύων, αποτρέπονται φαινόμενα συμφόρησης και αυξάνεται η ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών.

Επικράτηση ενός δικαίου στα επίπεδα χρεώσεων μεταξύ των χρηστών. Οι χρήστες που δεν καταναλώνουν πολλούς πόρους του δικτύου πληρώνουν λιγότερο, ενώ οι

χρήστες με αυξημένες απαιτήσεις σε πόρους περισσότερο. Παύει έτσι να ισχύει το φαινόμενο της “επιδόησης” των απαιτητικών χρηστών από τους χρήστες που δεν καταναλώνουν πολλούς πόρους.

Αντιθέτως, το κυριότερο μειονέκτημα του συγκεκριμένου χρεωστικού σχήματος, είναι ότι δεν έχει την αποδοχή από την ευρύ βάση των χρηστών πράγμα που φάνηκε και από τις μελέτες και έρευνες που παραθέσαμε παραπάνω και κυρίως ότι προς το παρόν η υλοποίηση του απαιτεί υψηλό λογιστικό κόστος από πλευράς των ISP.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:**  
**ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

## 5.1 Η Ελληνική πραγματικότητα για τα Ευρυζωνικά Δίκτυα

Όπως φαίνεται , σύμφωνα με τελευταία στοιχεία του ΟΤΕ , στην Ελλάδα στο τέλος Ιουνίου 2005 λειτουργούν 87.193 συνδέσεις από 46.547 συνδέσεις ADSL που λειτουργούσαν την 1η Ιανουαρίου 2005 (αύξηση 71,3%). Λαμβάνοντας υπόψη και το πλήθος των λοιπών ευρυζωνικών συνδέσεων (π.χ. μισθωμένες γραμμές, ασύρματες συνδέσεις, κλπ.), την 1η Ιανουαρίου 2005 ο συνολικός αριθμός ευρυζωνικών συνδέσεων την 1η Ιουλίου 2005 υπολογίζεται ότι ξεπερνά τις 92.000 και ο βαθμός διείσδυσης προσεγγίζει το 0,9%. Επίσης προκύπτει ότι οι μηνιαίες αιτήσεις για νέες συνδέσεις είναι σταθερά πάνω από 7.000, ρυθμός που εφόσον διατηρηθεί θα έχει ως αποτέλεσμα ο βαθμός διείσδυσης να προσεγγίσει το 1,5% στο τέλος του 2005. Παρά τη σημαντική αύξηση που παρατηρείται, κυρίως τους τελευταίους 18 μήνες, εξακολουθεί να υπολείπεται αισθητά από τους άλλους ευρωπαϊκούς εταίρους.

Οι βασικοί παράγοντες που λειτουργούν μέχρι σήμερα ανασταλτικά στην ανάπτυξη της ευρυζωνικότητας περιλαμβάνουν:

- α.** το μικρό ακόμη ποσοστό των χρηστών ίντερνετ στην Ελλάδα (στην περιοχή του 20%),
- β.** την έντονη μορφολογία και κατακερματισμό της ελληνικής γεωγραφίας (απομακρυσμένα ορεινά χωριά, πληθώρα νησιών),
- γ.** το ολιγοπωλιακό επιχειρηματικό περιβάλλον παροχής ευρυζωνικών υπηρεσιών
- δ.** την έλλειψη περιεχομένου και ηλεκτρονικών υπηρεσιών που θα δημιουργούσαν ζήτηση.

Λαμβάνοντας υπόψη και τους παράγοντες αυτούς, η στρατηγική για την προώθηση της ευρυζωνικότητας στην Ελλάδα που έχει θεσπιστεί από το 2002 περιλαμβάνει τα εξής σημεία:

- α.** τη ρύθμιση του κατάλληλου θεσμικού και επιχειρηματικού πλαισίου για την προστασία από τη δεσπόζουσα θέση του ΟΤΕ ως κυρίου του φυσικού δικτύου και την παροχή ευκαιριών συνεργασίας μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού τομέα για την ανάπτυξη υποδομών.

**β.** την ανάπτυξη από την Πολιτεία και τους ΟΤΑ κατάλληλων, προσιτών και προσβάσιμων ευρυζωνικών υποδομών σε όλη τη χώρα, προσφέροντας ευκαιρίες και δυνατότητες για την εξέλιξη των τοπικών κοινωνιών της Ελλάδας και αποτρέποντας την εμφάνιση ψηφιακού χάσματος.

**γ.** την ανάπτυξη και χρήση ευρυζωνικών υπηρεσιών από τη Δημόσια Διοίκηση, ειδικότερα στους τομείς της Παιδείας, του Πολιτισμού, της Οικονομίας και της Υγείας, που Θα αποτελέσουν κύριο μοχλό ευαισθητοποίησης και διείσδυσης των υπηρεσιών αυτών στην επικράτεια, προωθώντας τη χρήση τους στους πολίτες και στις επιχειρήσεις.

**δ.** την ανάπτυξη ευρυζωνικού δικτύου μεταξύ Ερευνητικών και Ακαδημαϊκών Ιδρυμάτων που εκτός από την εξυπηρέτηση και την ανάπτυξη ευρυζωνικής κουλτούρας των χρηστών τους (Ερευνητών, Καθηγητών και φοιτητών), Θα λειτουργήσει ως πλατφόρμα ανάπτυξης και δοκιμών νέων δικτυακών τεχνολογιών υπερ-υψηλών ταχυτήτων και ως προπομπός νέων επιχειρηματικών μοντέλων στην αγορά ευρυζωνικών υπηρεσιών.

**ε.** τη στήριξη της ιδιωτικής πρωτοβουλίας για την εισαγωγή στην αγορά δικτυακών ευρυζωνικών υποδομών και τη διεύρυνση του ανταγωνισμού, που Θα οδηγήσει στον περιορισμό του κόστους για τον τελικό χρήστη.

**στ.** τη στήριξη της ιδιωτικής πρωτοβουλίας στην ανάπτυξη επιχειρηματικών δραστηριοτήτων που στηρίζονται στη πώληση ευρυζωνικού περιεχομένου και υπηρεσιών.

**ζ.** την αντιμετώπιση του τελικού χρήστη των υπηρεσιών ταυτόχρονα και ως εν δυνάμει παρόχου υπηρεσιών και προστιθέμενης αξίας (π.χ. peer to peer).

Από το Μάιο του 2005 προστέθηκε ένας νέος στρατηγικός άξονας για την ανάπτυξη της ευρυζωνικότητας, ο οποίος αφορά στην πολύ φθηνή παροχή ευρυζωνικών συνδέσεων στην κοινωνική ομάδα των φοιτητών κατόπιν συμφωνίας πολιτείας και παρόχων. Σύμφωνα με τα δημοσιευμένα στοιχεία, οι φοιτητές της χώρας

Θα έχουν τη δυνατότητα να αποκτήσουν πρόσβαση σε ευρυζωνική σύνδεση ADSL 512 με μηνιαίο κόστος που δεν θα ξεπερνά τα 18€ (συμπεριλαμβανομένου ΦΠΑ), έναντι περίπου 85 € που είναι σήμερα ο στόχος είναι αφενός η εξοικείωση σημαντικού μέρους μιας μεγάλης πληθυσμιακής ομάδας (πάνω από 200.000 άτομα) με τα οφέλη της ευρυζωνικότητας και αφετέρου η δημιουργία μιας κρίσιμης μάζας κοινού που θα διαθέτει την υποδομή για πρόσβαση και χρήση υπηρεσιών που απαιτούν μεγάλες ταχύτητες σύνδεσης στο Διαδίκτυο.

## 5.2 Δημόσια έργα Ευρυζωνικών Υποδομών

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα έργα ευρυζωνικών υποδομών που έχουν υλοποιηθεί ή προκηρυχθεί από την πολιτεία μέχρι τώρα.

### **Ακαδημαϊκά εσωτερικά δίκτυα**

Τα τελευταία χρόνια υλοποιήθηκαν σε όλα τα ακαδημαϊκά ιδρύματα (ΑΕΙ, ΤΕΙ, Ερευνητικά Κέντρα) της χώρας έργα που εγκατέστησαν τοπικά δίκτυα υψηλών ταχυτήτων που παρείχαν εσωτερική ευρυζωνική διασύνδεση μεταξύ των τμημάτων και των εργαστηρίων τους. Επίσης υλοποιήθηκαν τηλεματικές υπηρεσίες οι οποίες αναβαθμίζονται σε ευρυζωνικές. Σημαντικό στοιχείο αποτελεί η δημιουργία κέντρων διαχείρισης δικτύου (NOC) τα οποία υποστηρίζουν την λειτουργία και τη συνεχή αναβάθμιση του δικτύου και των υπηρεσιών του.

### **Ακαδημαϊκό διαδίκτυο GUnet**

Στα πλαίσια του Β' ΚΠΣ υλοποιήθηκε το έργο Greek Universities Network – GUnet στα πλαίσια του οποίου συντονίστηκε και υποστηρίχθηκε η διασύνδεση μέσω του Εθνικού Δικτύου Έρευνας και Τεχνολογίας 18 Πανεπιστημίων και 14 ΤΕΙ με ευρυζωνικές συνδέσεις και την παροχή ευρυζωνικών υπηρεσιών και πιλοτικών εφαρμογών. Για την περαιτέρω και συνεχή αναβάθμιση των συνδέσεων πρόσβασης των ακαδημαϊκών ιδρυμάτων αλλά και την συνεχή βελτίωση και ανάπτυξη ευρυζωνικών υπηρεσιών, δημιουργήθηκε η μη κερδοσκοπική εταιρία «Ακαδημαϊκό Δια-δίκτυο – GUnet» το Σεπτέμβριο 2000. Η εταιρία προσβλέπει στην περαιτέρω ανάπτυξη υποδομών, και συγκεκριμένα έχει θέσει τέσσερις άξονες δράσεις:

- **Περαιτέρω αναβάθμιση του δικτύου πρόσβασης των Ιδρυμάτων:** με σκοπό το συντονισμό των Ακαδημαϊκών Ιδρυμάτων για την αναβάθμιση του υφιστάμενου δικτύου πρόσβασης στο Διαδίκτυο. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού, η εταιρεία έχει ήδη εκπονήσει μελέτη σκοπιμότητας για την υλοποίηση εναλλακτικού δικτύου οπτικών ινών, ως μελλοντική λύση για υλοποίηση υπερ-υψηλών ταχυτήτων πρόσβασης των Ιδρυμάτων στο Διαδίκτυο.
- **Συντονισμένη Ανάπτυξη Προηγμένων Τηλεματικών Υπηρεσιών:** με σκοπό την ανάπτυξη και υποστήριξη υπηρεσιών τηλεματικής οριζόντιου χαρακτήρα με στόχο τη διάδοση ψηφιακού περιεχομένου στους χρήστες του ακαδημαϊκού δικτύου. Η ανάπτυξη αυτή βασίζεται είτε στην περαιτέρω ανάπτυξη και προσαρμογή παλαιότερων ολοκληρωμένων υπηρεσιών, είτε στην αξιοποίηση νέων τεχνολογικών εξελίξεων που έχουν μελετηθεί και εφαρμοστεί στην περιοχή των δικτύων.
- **Ανάπτυξη Υπηρεσιών Σύγχρονης & Ασύγχρονης Τηλεκπαίδευσης:** περιλαμβάνει την παροχή υπηρεσιών σύγχρονης και ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης στους φορείς του GUnet και στους χρήστες τους. Συστατικά στοιχεία της δράσης είναι αφενός η σταδιακή υλοποίηση ενός κέντρου υποστήριξης τηλεκπαίδευσης για την παροχή υπηρεσιών σύγχρονης τηλεκπαίδευσης αλλά και για την μελλοντική παραγωγή ψηφιακού υλικού υψηλής ποιότητας για την ασύγχρονη τηλεκπαίδευση. Στα πλαίσια αυτής της κατεύθυνσης, έχουν ήδη ακολουθηθεί ενέργειες για την παροχή υπηρεσιών σύγχρονης τηλεκπαίδευσης σε εθνικό επίπεδο, με την δημιουργία και χρήση ανάλογων χώρων των Ακαδημαϊκών Ιδρυμάτων. Αφετέρου μελετάται η από κοινού ανάπτυξη υπηρεσιών ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης προκειμένου να διασφαλιστεί η διαλειτουργικότητα ανάμεσα στα Ιδρύματα, αλλά και για να επιτευχθούν οι κατάλληλες οικονομίες κλίμακας.
- **Ανάπτυξη Ψηφιακού Περιεχομένου για την Πληροφορική και τις Τηλεπικοινωνίες:** με στόχο την ανάπτυξη μίας δικτυακής πύλης για τις νέες ΤΠΕ. Η δράση αυτή αποσκοπεί στην ανάδειξη, συλλογή και παρουσίαση των δραστηριοτήτων της Τριτοβάθμιας εκπαίδευσης στις συγκεκριμένες θεματικές περιοχές.

## Πανελλήνιο Σχολικό Δίκτυο

Στα πλαίσια της πολιτικής του Υπουργείου Παιδείας για τη λειτουργική αναδιάρθρωση των εκπαιδευτικών υπηρεσιών, έχει δημιουργηθεί το Πανελλήνιο Σχολικό Δίκτυο. Πρόκειται για ένα εκτενές δίκτυο πρόσβασης που καλύπτει όλη τη χώρα και καλύπτει μονάδες της Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Τα σημεία πρόσβασης διασυνδέονται μέσω δικτύου διανομής και μέσω 7 συνδέσεων με το Εθνικό Δίκτυο Έρευνας και Τεχνολογίας παρέχεται δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ των διασυνδεδεμένων μονάδων αλλά και πρόσβαση στο Internet. Το δίκτυο έχει αρχίσει να υλοποιείται από το 1999, συνδέοντας σταδιακά όλο και περισσότερες μονάδες, μέσα από τα έργα «Ασκοί του Αιόλου» και «EDUnet», στα πλαίσια χρηματοδοτήσεων από το Β' ΚΠΣ, το ΕΠΕΑΕΚ. Στην παρούσα φάση αναβαθμίζεται και επεκτείνεται ΕΠ Κοινωνία της Πληροφορίας στα πλαίσια του Γ' ΚΠΣ, μέσα από το έργο «Πανελλήνιο Δίκτυο για την Εκπαίδευση – EDUnet», με σκοπό την σύνδεση όλων των μονάδων της Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Το πλήρες δίκτυο της Βασικής Εκπαίδευσης διαθέτει αυτή τη στιγμή 51 κόμβους που καλύπτουν όλους τους νομούς της χώρας. Μέχρι στιγμής έχει ολοκληρωθεί η σύνδεση όλων των μονάδων δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, το 45% των μονάδων πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, και το 100% των μονάδων επαγγελματικής κατάρτισης. Επίσης η παροχή πρόσβασης έχει επεκταθεί και στους εκπαιδευτικούς, όπου με ραγδαίους ρυθμούς προχωρά η παροχή δυνατότητας επιλεγόμενης τηλεφωνικής σύνδεσης σε όσους εκπαιδευτικούς έχουν επιμορφωθεί.

Οι τεχνολογίες πρόσβασης στις οποίες βασίστηκε η υλοποίηση του δικτύου αυτού είναι οι επιλεγόμενες τηλεφωνικές συνδέσεις (PSTN, ISDN) καθώς και συνδέσεις μέσω μισθωμένων κυκλωμάτων χαμηλής ταχύτητας. Στα πλαίσια όμως των αναγκών για μεγαλύτερης ταχύτητας πρόσβαση στο Internet καθώς και για την μείωση των τελών μέσω μετάβασης σε μονίμου χρόνου συνδέσεις (σε αντιδιαστολή με τις επιλεγόμενες τηλεφωνικές), έχουν ξεκινήσει προσπάθειες για παροχή ευρυζωνικής πρόσβασης στις συνδεδεμένες μονάδες.

Έτσι, το Πανελλήνιο Σχολικό Δίκτυο, έχει αρχίσει δράσεις για υλοποίηση σε ευρυζωνικής πρόσβασης με χρήση διαφόρων τεχνολογιών:

- **Ασύρματα τοπικά δίκτυα:** αρχικά υλοποιήθηκαν ως πιλοτικές δράσεις στις πόλεις Ιωάννινα και Ρέθυμνο, συνδέοντας στο ΠΣΔ 36 μονάδες με ταχύτητες

από 1 ως 11 Mbps. Από τις αρχές του 2003 έχουν ήδη μελετηθεί και αρχίσει να υλοποιούνται ασύρματα τοπικά δίκτυα στις πρωτεύουσες 10 νομών που θα δίνουν ευρυζωνική πρόσβαση σε συνολικά 163 επιπλέον μονάδες. Η αρχιτεκτονική των δικτύων αυτών συνδυάζουν ασύρματες ζεύξεις και υλοποίηση τοπικών δικτύων (Fast Ethernet) εντός σχολικών συγκροτημάτων.

- **Μισθωμένα κυκλώματα:** ξεκινώντας από μεμονωμένες πρωτοβουλίες φορέων και σχολείων, υλοποιήθηκαν αρχικά μικρός αριθμός ευρυζωνικών συνδέσεων με χρήση μισθωμένων γραμμών, κυρίως σε μεγάλα σχολικά συγκροτήματα. Στο τέλος του 2003, αναμένεται να αναβαθμιστούν σε ευρυζωνικές οι χαμηλής ταχύτητας μισθωμένες συνδέσεις ορισμένων σχολείων καθώς και η υλοποίηση επιπλέον ευρυζωνικών μισθωμένων συνδέσεων σε άλλα σχολεία. Οι δράσεις αυτές θα εξασφαλίσουν την ευρυζωνική σύνδεση συνολικά 95 σχολικές μονάδες. Επίσης, έχει υλοποιηθεί ήδη ευρυζωνική πρόσβαση σε 50 διοικητικές μονάδες της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, ενώ έχει ξεκινήσει έργο σύνδεσης στο ΠΣΔ μέσω μισθωμένων γραμμών 30 Δημοσίων και Δημοτικών Βιβλιοθηκών.
- **Συνδέσεις ADSL:** το Πανελλήνιο Σχολικό Δίκτυο προωθεί την μαζική υλοποίηση ADSL συνδέσεων, το οποίο αποτελεί και την εκτενέστερη δράση για την εξάπλωση ευρυζωνικής πρόσβασης. Η υλοποίηση ξεκινά με δυο παράλληλες δράσεις στα πλαίσια των οποίων θα συνδεθούν περίπου 500 μονάδες πανελλαδικά. Η πολιτική του Υπουργείου Παιδείας πάνω στην υιοθέτηση του ADSL προβλέπει την επέκταση της ADSL σύνδεσης σε 5000 μονάδες. Στα πλαίσια αυτά γίνονται συνομιλίες με τον ΟΤΕ ώστε να επιλεγεί η καλύτερη οικονομική και τεχνική λύση.
- **Δορυφορικές συνδέσεις:** βρίσκεται σε φάση μελέτης έργο για την υλοποίηση δορυφορικής σύνδεσης σε μικρό αριθμό σχολείων, το οποίο θα αποτελέσει πιλοτική δράση με σκοπό να διερευνηθεί η δυνατότητα ενσωμάτωσης τέτοιων συνδέσεων στο ΠΣΔ. Μελλοντικός στόχος είναι η εκμετάλλευση των δυνατοτήτων που θα παρέχει ο ελληνικός δορυφόρος Hellas Sat για την παροχή ευρυζωνικής πρόσβασης σε απομακρυσμένα σχολεία της χώρας.

## **Εθνικό Δίκτυο Έρευνας και Τεχνολογίας (ΕΔΕΤ)**

Το Εθνικό Δίκτυο Έρευνας και Τεχνολογίας (ΕΔΕΤ) αποτελεί το πλέον εξελιγμένο δίκτυο στην Ελλάδα, με εθνικές και διεθνείς διασυνδέσεις, υψηλή τεχνογνωσία, αποτελεσματική διαχείριση, πρωτοποριακές υπηρεσίες και συνεργασίες με διεθνή ερευνητικά κέντρα.

Το ΕΔΕΤ ενεργοποιείται στην Ελλάδα από το 1995 σαν έργο της Γενικής Γραμματείας Έρευνας & Τεχνολογίας (ΓΓΕΤ) του Υπουργείου Ανάπτυξης για την παροχή προηγμένων υπηρεσιών Internet προς την ακαδημαϊκή και ερευνητική κοινότητα της χώρας. Το 1998 δημιουργήθηκε η ΕΔΕΤ Α.Ε., ο φορέας διαχείρισης του ΕΔΕΤ, σαν εταιρεία Τεχνολογικής Ανάπτυξης της ΓΓΕΤ κατά το πρότυπο των Εθνικών Ερευνητικών Δικτύων (National Research Networks) των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το ΕΔΕΤ παρέχει σήμερα ευρυζωνικές προσβάσεις σε 68 Ερευνητικούς και Ακαδημαϊκούς φορείς, εξυπηρετώντας 190,000 χρήστες και διασυνδέεται σε ταχύτητα 1.2 Gbps με το Πανευρωπαϊκό Δίκτυο GEANT.

Με την ανάπτυξη του ΕΔΕΤ2, στο πλαίσιο του Γ' ΚΠΣ, ικανοποιείται η περαιτέρω αναβάθμιση του Εθνικού Ερευνητικού & Ακαδημαϊκού σε ταχύτητες 2.5/10 Gbps ανάλογες του GEANT, ενώ προσφέρονται στα ερευνητικά ινστιτούτα, τα ΑΕΙ και ΤΕΙ προσβάσεις υψηλής ταχύτητας στο Διαδίκτυο πάνω από οπτικές υποδομές (1 Gbps μέσω Gigabit Ethernet σήμερα). Έως σήμερα, έχουν συνδεθεί ήδη στο Μητροπολιτικό Δίκτυο Αθηνών τεχνολογίας DWDM ταχύτητας 2.5 Gbps (με δυνατότητες αναβάθμισης στα 10 Gbps) 20 ΑΕΙ/ΤΕΙ μέσω Gigabit Ethernet. Μέσω της ανάπτυξης προηγμένων υπηρεσιών στα πλαίσια του ΕΔΕΤ2, βελτιώνονται σημαντικά οι επιδόσεις ερευνητών και φοιτητών, δεδομένου ότι αποκτούν δυνατότητες συλλογικής ευελιξίας και καινοτόμων μορφών μάθησης και συνεργασίας. Η ανάπτυξη του ΕΔΕΤ2 δίνει τη δυνατότητα στους ερευνητικούς και ακαδημαϊκούς φορείς, να υιοθετήσουν τη χρήση προηγμένων πρωτοκόλλων στο Διαδίκτυο με έμφαση στην υποστήριξη εφαρμογών πολυμέσων (τηλε-εκπαίδευση, τηλε-ιατρική, τηλε-εργασία, κτλ.), στην υποστήριξη υπερ-υπολογιστικών κέντρων, εικονικών βιβλιοθηκών και εργαστηρίων και στην ανάπτυξη τεχνολογιών σύγκλισης μέσα από το Διαδίκτυο νέας γενιάς.

## Δίκτυο ΣΥΖΕΥΞΙΣ

Το «ΣΥΖΕΥΞΙΣ» είναι ένα έργο του Υπουργείου Εσωτερικών Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης (ΥΠΕΣΔΔΑ), με το οποίο επιδιώκεται η ανάπτυξη και ο εκσυγχρονισμός της τηλεπικοινωνιακής υποδομής του Δημόσιου Τομέα. Το έργο αφορά αποκλειστικά στην προμήθεια υπηρεσιών ευρυζωνικής πρόσβασης σε 1800 σημεία παρουσίας της Δημόσιας Διοίκησης, Υγείας και Στρατολογίας και διασύνδεσης μέσω προμήθειας υπηρεσίας διασύνδεσης από δικτύου κορμού. Πάνω από αυτό το δίκτυο πρόσβασης και κορμού θα παρέχονται οι εξής υπηρεσίες

- Τηλεφωνία (εσωτερική και εξωτερική)
- Δεδομένα (εσωτερική επικοινωνία και πρόσβαση στο Internet)
- Video (τηλεδιάσκεψη - τηλεεκπαίδευση)

Στα πλαίσια του έργου επίσης θα δημιουργηθεί δημόσια υποδομή κλειδιού (Public Key Infrastructure) για την έκδοση ψηφιακών πιστοποιητικών, δικτυακή πύλη πληροφόρησης (portal) για παροχή των υπηρεσιών του δημοσίου προς τους πολίτες. Τέλος το έργο περιλαμβάνει εκπαίδευση υπαλλήλων πάνω στις ΤΠΕ καθώς και καταναμημένη υποστήριξη δικτύου από τους αναδόχους.

Μέσω του δικτύου «ΣΥΖΕΥΞΙΣ» είναι δυνατή η παροχή, στους φορείς του Δημοσίου, τηλεματικών υπηρεσιών με υψηλή ποιότητα και χαμηλό κόστος, γι αυτό και η πραγματοποίησή του αποτελεί θέμα πρώτης προτεραιότητας για το ΥΠΕΣΔΔΑ.

Σκοπός του έργου είναι η βελτίωση της λειτουργίας των δημοσίων υπηρεσιών, με την αναβάθμιση της μεταξύ τους επικοινωνίας μέσω της παροχής προηγμένων τηλεματικών υπηρεσιών με χαμηλό κόστος, και η ενοποιημένη εξυπηρέτηση των πολιτών, με αυτοματοποιημένα και φιλικά προς τον χρήστη συστήματα πληροφόρησης και διεκπεραίωσης συναλλαγών με το Δημόσιο.

Στόχοι του έργου είναι:

- Η μείωση του κόστους της επικοινωνίας (περίπου 50%) μεταξύ των φορέων του Δημοσίου με ταυτόχρονη αύξηση της ταχύτητας και ασφάλειας διακίνησης των πληροφοριών.
- Η αποτελεσματική εκμετάλλευση των πληροφοριακών συστημάτων των φορέων του Δημοσίου μέσω της λειτουργικής διασύνδεσης των συστημάτων τους.
- Η εκμετάλλευση εναλλακτικών πηγών πληροφοριών.
- Η αποφυγή επικαλύψεων - επαναλήψεων σε βάσεις δεδομένων και δικτυακές εγκαταστάσεις.
- Η αποτελεσματική διαχείριση της διακίνησης των δεδομένων των φορέων του Δημοσίου και η κεντρική και κατακεντρωμένη υποστήριξη των τηλεματικών εφαρμογών.
- Η δημιουργία προϋποθέσεων συμβατότητας στις δικτυακές εγκαταστάσεις των φορέων του Δημοσίου.
- Η εύκολη και γρήγορη αναζήτηση από τον πολίτη πληροφοριών οι οποίες έχουν ως πηγή φορείς του Δημοσίου.
- Η βελτίωση της εξυπηρέτησης του πολίτη, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις που απαιτούν εμπλοκή περισσότερων του ενός φορέων, με τελικό στόχο την παροχή υπηρεσιών μιας στάσης (one-stop-shopping).
- Η δημιουργία αποτελεσματικής δημόσιας διοίκησης με πληροφοριακή και επικοινωνιακή υποδομή και ο ευκολότερος συντονισμός των διαδικασιών των δημοσίων υπηρεσιών μέσω της δικτύωσης.

# **ΕΠΙΛΟΓΟΣ**

## Επίλογος

Αναμφίβολα το μέλλον το δικτύων πορεύεται προς την ευρυζωνική εποχή (broadband era). Τόσο οι υπηρεσίες που παρέχονται από το διαδίκτυο σήμερα αλλά και στο μέλλον, αλλά και ο ρυθμός αύξησης των χρηστών του διαδικτύου συνδράμουν στο συμπέρασμα ότι τα ευρυζωνικά δίκτυα θα αντικαταστήσουν σιγά αλλά σταθερά της υπάρχουσες δομές. Μεγάλη στροφή θα παρατηρηθεί και στα φυσικά μέσα μεταφοράς δεδομένων καθώς οι οπτικές ίνες θα αντικαταστήσουν και αυτές με την σειρά τους την υπάρχουσα καλωδίωση, φτάνοντας ως τους οικιστικούς και επαγγελματικούς χώρους. Με την έλευση των οπτικών ινών, των ασύρματων δικτύων και τη χρησιμοποίηση του πρωτοκόλλου ATM, είναι πιθανή η πολυπόθητη ενοποίηση των μέσων, ώστε να οδηγηθούμε σ' ένα καθολικό δίκτυο πληροφοριών, όπως είχαν οραματιστεί οι πρωτεργάτες του B-ISDN (Broadband Integrated Services Digital Network) πριν από σχεδόν 15 χρόνια.

Το σενάριο αυτό όμως μοιάζει τελείως ουτοπικό, τουλάχιστον για τα επόμενα 5 με 10 χρόνια, δεδομένου των τωρινών τεχνολογικών, οικονομικών και κοινωνικών συνθηκών.

Οι ελλείψεις σε ευρυζωνικές υποδομές είναι φανερή ακόμα και σε αναπτυγμένα κράτη και προϋποθέτοντας ότι η τεχνολογική υποδομή θα προέλθει μέσω των εσόδων των ιδιωτικών εταιριών από εμάς τους χρήστες θα καθυστερήσει ακόμα περισσότερο, δεδομένου ότι ακόμα ο μεγαλύτερος αριθμός των εταιριών βασίζονται σε πεπαλαιωμένα τιμολογιακά συστήματα τα οποία δεν αντικατοπτρίζουν τις σημερινές δικτυακές υπηρεσίες.

Αυτό που χρειάζεται είναι ένας συνδυασμός των τριών συνθηκών που αναφέραμε παραπάνω (τεχνολογικές, οικονομικές, κοινωνικές), ο οποίος θα βασίζεται στους εξής άξονες:

- Αυξημένη κρατική παρέμβαση σε θέματα ευρυζωνικών δικτύων. Το κράτος πρέπει να συνεχίσει σε συνδυασμό με τις ιδιωτικές εταιρίες την ανάπτυξη όλο και περισσότερων ευρυζωνικών πλατφόρμων προς τους τελικούς χρήστες.
- Αλλαγή νοοτροπίας από πλευράς χρηστών αλλά και εταιριών σε θέματα τιμολογιακής πολιτικής.

- Περισσότερα κονδύλια σε θέματα έρευνας και τεχνολογίας, εγρήγορση των επιστημόνων. Μεγαλύτερη συνεργασία μεταξύ φορέων για την ανάπτυξη προτύπων και τεχνολογιών οι οποίες θα μας βοηθήσουν να ξεπεράσουμε γρήγορα την μεταβατική περίοδο στην οποία βρισκόμαστε.

Όσον αφορά το θέμα της τιμολόγησης των ευρυζωνικών υπηρεσιών υπάρχουν αρκετά εμπόδια αλλά και ασάφειες οι οποίες πρέπει να ξεκαθαριστούν ώστε να οδηγηθούμε στη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου τιμολογιακού συστήματος για ευρυζωνικά δίκτυα. Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην ανάπτυξη εργαλείων διοίκησης που θα επιτρέπουν τους ISP να λαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με το ύψος των χρεώσεών τους. Τέτοια εργαλεία πρέπει να είναι εύχρηστα και να οδηγούν σε σωστές αποφάσεις. Επίσης πρέπει να δοθούν απαντήσεις και άρα να ερευνηθούν περισσότερο σημαντικά θέματα τιμολόγησης τα οποία ακόμα παραμένουν εκκρεμή όπως, το ποιος θα χρεωθεί για την ανταλλαγή των πληροφοριών, ο αποστολέας ή ο παραλήπτης, ποιος θα λαμβάνει την πληρωμή, το δίκτυο στο οποίο ο χρήστης είναι συνδεδεμένος ή όλα τα δίκτυα που παρεμβλήθηκαν μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη κ.α. Οποιοσδήποτε όμως και αν είναι οι εξελίξεις, αυτό που πρέπει να διαφυλάξουμε είναι το κοινό μας μέσο, το διαδίκτυο.

## Βιβλιογραφία

**Πομπόρτσης Ανδρέας**, “Εισαγωγή στις νέες τεχνολογίες επικοινωνιών”, Εκδόσεις Α. Τζιόλα, 2000.

**Tanenbaum Andrew**, “Δίκτυα Υπολογιστών”, Τέταρτη έκδοση Κλειδάριθμος, 2003.

**Chahed T.**, “IP QoS Parameters”, private communication to TF-NGN, November 2000.

**Sander V.**, “Design and Evaluation of a Bandwidth Broker that Provides Network Quality of Service for Grid Applications”, John von Neumann Institute for Computing, December 2002.

**Braden R. & Clark D.**, “Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview“, RFC 1633, June 1994

**John C. B. Le Gates**, “TCP/IP and Related Protocolos”, New York, McGraw-Hill, 1996.

**Fankhauser G. & Schweikert D.**, “Service Level Agreement Trading for the Differentiated Services Architecture”, Bernhard Plattner, 1999.

**Stallings William**, "High-speed Networks TCP/IP and ATM design principles", First Edition Prentice Hall, 2001.

**Stallings William**, “Data and Computer Communications”, Seventh Edition Prentice Hall, 2004.

**Comer D.E.**, "Interworking with TCP/IP" , Prentice Hall, 1995.

**Seddigh N., Nandy B. & Heinanen J.**, “An Assured Rate Per-Domain Behaviour for Differentiated services”, Bernhard Plattner, 2000.

**Dinesh Verma**, “Supporting Service Level Agreements on IP Networks”, Prentice Hall, 2001.

**Shenker S. & Guerin R.**, “Specification of the Guaranteed Quality of Service”, RFC 2212, September 1999.

**Jeffrey K. Mackie-Mason & Hal. R. Varian**, “Some FAQs about usage-Based Pricing”, University of Michigan, 1994.

**Stefan Bodamer**, “Charging in Multi-Service Networks”, University of Stuttgart, 1998.

**Jorn Altmann, Bjorn Rupp & Pravin Varaiya**, “Effects of Pricing on Internet User Behavior”, University of California at Berkeley, 2000

**Clark D. & Feng W.**, “Explicit allocation of the best effort packet delivery service”, IEEE/ACM Transactions on Networking, 6(4):362-374, 1998.

**Hahne E. & Gallager R.**, “Round Robin Scheduling for Fair Flow Control in Data Communication Networks”, IEEE International Conference on Communications, June 1986.

**Lee W. McKnight & William Lehr**, “A Broadband Access Market Framework: Towards Consumer Service Level Agreements” Center for eBusiness at MIT, September 2000.

**Ying Xu & Roch Guerin**, “Individual QoS versus Aggregate QoS: A Loss Performance Study”, Proc. Infocom '99 New York, 1999.

**Jorn Altmann & Lee Rhodes**, “Dynamic Netvalue Analyzer – A pricing Plan Modeling Tool for ISPs Using Actual Network Usage Data”, Proceedings of the 4th IEEE International Workshop on Advanced Issues of E-Commerce and Web-based Information Systems, 2002.

**Claffy K., Miller G. & Thomso K.**, “The nature of the beast: recent traffic measurements from an Internet backbone”, In INET89, 1998.

**Eckberg A.**, “B-ISDN/ATM Traffic and Congestion Control”, IEEE Network Magazine, vol. 6, pp. 28-37, Sept./Oct. 1997.

**Victor Firoiu, Xiaohui Zhang & Yang Guo**, “Best Effort Differentiated Services: trade-off Service Differentiation for Elastic Applications”, Byte, vol. 21 pp. 231-243, 1997.

**Romanow A. & Floyd S.**, “Dyanmics of TCP Traffic Over ATM Networks”, Proc. SIGNOM '92 Conf., ACM, pp. 79-88, 1994.

**Rao S. & Hatamian M.**, “The ATM Physical Layer”, Computer Commun, Rev.: vol. 25, pp. 73-81, April 1995.

**Aloc Gupta, Dale O. Stal & Andrew B. Whinston**, “The Economics of Network Management”, Communications of the ACM, vol. 42, No 9, September 1999.

## **Web pages**

[www.ietf.org](http://www.ietf.org)

[www.m3i.org](http://www.m3i.org)

[www.merit.edu](http://www.merit.edu)

[www.yale.edu](http://www.yale.edu)

[www.teltec.dcu.ie/cancan](http://www.teltec.dcu.ie/cancan)

[www.statslab.cam.ac.uk](http://www.statslab.cam.ac.uk)

[www.cisco.com](http://www.cisco.com)

[www.sun.com/blueprints](http://www.sun.com/blueprints)

[www.protocols.com/pbook/tcpip.htm](http://www.protocols.com/pbook/tcpip.htm)

[www.yahoo.com](http://www.yahoo.com)

[www.google.com.gr](http://www.google.com.gr)

[www.ics.forth.gr/netgroup/](http://www.ics.forth.gr/netgroup/)

[www.uth.gr/main/help/help-desk/internet/internet4.html](http://www.uth.gr/main/help/help-desk/internet/internet4.html)

[www.uth.gr/main/help/help-desk/internet/internet3.html](http://www.uth.gr/main/help/help-desk/internet/internet3.html)

[www.chip.gr](http://www.chip.gr)

[www.noc.uom.gr/edu\\_math/history.html](http://www.noc.uom.gr/edu_math/history.html)

[www.upnet.gr/profile.php](http://www.upnet.gr/profile.php)

[www.grnet.gr/](http://www.grnet.gr/)

[www.ouranos.ceid.upatras.gr/diffserv/start.htm](http://www.ouranos.ceid.upatras.gr/diffserv/start.htm)