



## **MUSE: Multiservice Access Everywhere**

Κονταράτου Αντωνία (09/20)

Μάθημα: Δίκτυα Υπολογιστών,

Επιβλέπων καθηγητής: κος Αναστάσιος Α. Οικονομίδης,

M.Sc. in Information Systems, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα, 14/01/2009

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Επισκόπηση Έργου / Περίληψη.....	3
2. Κίνητρα / Κύριες Προκλήσεις, Σκοπός .....	4
3. Τεχνική Προσέγγιση / Μεθοδολογία .....	5
4. Περιγραφή Παραδοτέων .....	9
5. Αποτελέσματα / Ευρήματα .....	13
6. Αναμενόμενες επιδράσεις.....	17
7. Μελλοντική Έρευνα .....	19
8. Βιβλιογραφικές Αναφορές.....	20

## 1. Επισκόπηση Έργου / Περίληψη

Ο τελικός στόχος του MUSE ήταν η έρευνα και η ανάπτυξη ενός μελλοντικού δικτύου χαμηλού κόστους που θα παρείχε πολλές υπηρεσίες καθώς και ασφαλή σύνδεση μεταξύ των τελικών χρηστών και των κόμβων σε ένα περιβάλλον που θα υπάρχουν πολλοί παροχείς και θα επιτυγχάνεται η πρόσβαση σε όλες τις ευρυζωνικές υπηρεσίες από κάθε ευρωπαίο πολίτη.

Κατά τη διάρκεια του πρώτου έτους της πρώτης φάσης του MUSE, το πρόγραμμα επικεντρώθηκε κυρίως στον προσδιορισμό της έννοιας της αρχιτεκτονικής πρόσβασης σε πολλαπλές πληροφορίες, στον προσδιορισμό των τεχνολογικών απαιτήσεων καθώς και στον έλεγχο της εφικτότητας κάποιων αρχικών ιδεών των ερευνητών. Κατά τη διάρκεια του δεύτερου έτους το MUSE μελέτησε τις διάφορες αρχιτεκτονικές δικτύων και άρχισε να επηρεάζει την προτυποποίηση συμμετέχοντας σημαντικά στο forum για το DSL, ETSI, HGI και ITU-T. Διάφορες λύσεις για τις απαιτήσεις αρχιτεκτονικής των δικτύων μελετήθηκαν λεπτομερώς και έγιναν και τρεις εργαστηριακές δοκιμές. Μελετήθηκαν ακόμη οι αρχιτεκτονικές πρόσβασης, οι πλατφόρμες πρόσβασης, οι λύσεις «πρώτου μιλίου» και οι οικιακές πύλες.

Κατά τη διάρκεια του τρίτου έτους, όπου πλέον αναφερόμαστε στη δεύτερη φάση του MUSE, το πρόγραμμα χωρίζεται σε υποεργασίες και μελετάται η ευρυζωνικότητα αναφορικά με τη μετάδοση πολυμέσων, οι τρόποι επίτευξης «Σταθερής-Κινητής Σύγκλισης», η κατανομημένη πρόσβαση υψηλής ταχύτητας και η απομόνωση των κόμβων. Ακολούθησαν και οι εργαστηριακές δοκιμές για τον έλεγχο των αποτελεσμάτων. Τέλος στον τέταρτο χρόνο του προγράμματος έγινε η ολοκλήρωση των απαραίτητων εγγράφων τεκμηρίωσης που θα ορίσουν τους διαφορετικούς τομείς μιας αρχιτεκτονικής πρόσβασης που θα παρέχει πολλαπλές υπηρεσίες και στην οποία υπάρχουν πολλοί παροχείς δικτύου.

Στα πλαίσια της παρούσης εργασίας αρχικά παρατίθενται τα κίνητρα, οι προκλήσεις και οι αντικειμενικοί στόχοι του προγράμματος. Ακολουθεί η τεχνική προσέγγιση του MUSE και η καταγραφή της μεθοδολογίας που χρησιμοποίησαν οι συμμετέχοντες στο πρόγραμμα. Έπειτα παρουσιάζονται τα παραδοτέα και τα αποτελέσματα. Τέλος παρατίθενται οι αναμενόμενες επιδράσεις του προγράμματος στην εξέλιξη των δικτύων και οι δυνατότητες για μελλοντική έρευνα.

## **2. Κίνητρα / Κύριες Προκλήσεις, Σκοπός**

Τα τελευταία χρόνια με τη ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας προέκυψε και η ανάγκη για την βαθύτερη έρευνα σε έναν τομέα που συμβάλει στην εξάπλωση και μετάδοση πληροφοριών και υπηρεσιών, τον τομέα των δικτύων. Σαν αποτέλεσμα της ανάπτυξης της πληροφορικής οι παρεχόμενες υπηρεσίες μέσω δικτύων έχουν πάρει διάφορες μορφές όπως είναι οι υπηρεσίες «φωνής» (voice services, VoIP- Voice over Package), οι οπτικοακουστικές υπηρεσίες (audio and video), οι πολυμεσικές υπηρεσίες (multimedia services) και οι υπηρεσίες δεδομένων (data services, SMS, www, e-mail). Η ανάγκη μετάδοσης όλων αυτών των υπηρεσιών και του όγκου δεδομένων οδήγησε ορισμένους ερευνητές και οργανισμούς του τομέα των τηλεπικοινωνιών καθώς και κάποια πανεπιστήμια να ασχοληθούν με το πρόγραμμα MUSE (Multi-service Access Everywhere) το οποίο κατά ένα μέρος χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Η πρόκληση των συμμετεχόντων στο πρόγραμμα ήταν να μπορέσουν να μελετήσουν διεξοδικά πως θα μπορέσει να εξαπλωθεί το δίκτυο έτσι ώστε με ασφάλεια, ταχύτητα και χαμηλό κόστος να μεταφέρονται οι πληροφορίες στους συνδρομητές. Στόχος του προγράμματος είναι όλοι οι Ευρωπαίοι πολίτες να έχουν πρόσβαση στο δίκτυο και στο σύνολο των πληροφοριών και από την ιδέα αυτή αναπτύχθηκε και το όνομα του 6<sup>ου</sup> πλαισίου «Ευρυζωνικότητα για όλους» (Broadband for all).

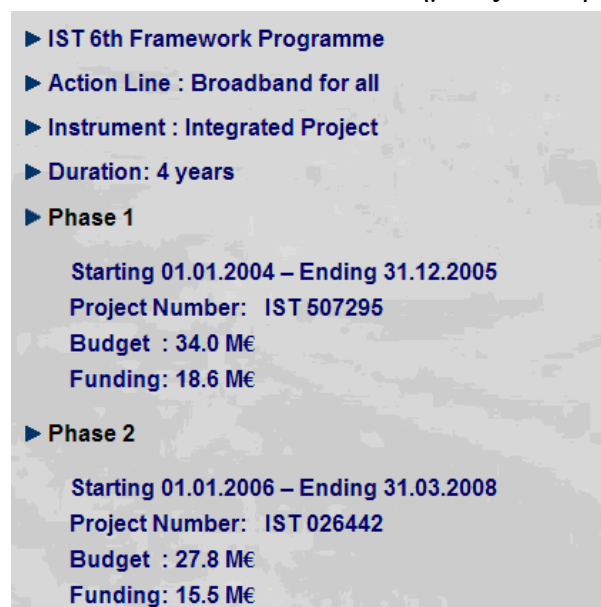
Στόχος του MUSE είναι να έχουν όλοι πρόσβαση σε δίκτυα που θα έχουν χαρακτηριστικά όπως χαμηλό επενδυτικό και λειτουργικό κόστος, δυνατότητα να παρέχονται πολλές υπηρεσίες σε ένα περιβάλλον που θα υπάρχουν πολλοί πάροχοι, να υπάρχουν λύσεις «πρώτου μιλίου» που θα συνδυάζουν μεγάλο εύρος ζώνης και την ύπαρξη πολλών συνδρομητών που θα οδηγήσουν σε ένα δίκτυο έτοιμο προς χρήση από τους τελικούς χρήστες.

### 3. Τεχνική Προσέγγιση / Μεθοδολογία

Το MUSE είναι ένα πρόγραμμα Έρευνας και Ανάπτυξης (R&D) υψηλού επιπέδου και σχετίζεται με την πρόσβαση στην ευρυζωνικότητα. Πραγματοποιείται βάση του 6<sup>ου</sup> προγράμματος πλαισίου με το όνομα «Ευρυζωνικότητα για όλους» του IST (Information Society Technologies) και κατά ένα μέρος χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Επίσης στην ολοκλήρωση του προγράμματος συμβάλουν και εταιρίες όπως είναι η Alcatel, η Ericsson και η Telecom καθώς επίσης και πολλά πανεπιστήμια μεταξύ των οποίων και το Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιών και Συστημάτων Υπολογιστών του Πολυτεχνείου Αθηνών.

Ο κύριος στόχος του MUSE είναι η έρευνα και η ανάπτυξη ενός μελλοντικού δικτύου χαμηλού κόστους που θα παρέχει μία πληθώρα πληροφοριών μέσω μίας ασφαλούς σύνδεσης μεταξύ των χρηστών και των τερματικών κόμβων σε ένα περιβάλλον όπου θα υπάρχουν πολλοί παροχείς, έτσι ώστε να παρέχονται οι ευρυζωνικές υπηρεσίες σε κάθε ένα Ευρωπαίο πολίτη. Το MUSE στοχεύει στο να καθορίσει ένα σύνολο προτύπων που επιτρέπουν τη διαλειτουργικότητα μεταξύ των στοιχείων δικτύων πρόσβασης και των διαφορετικών στρωμάτων των δικτύων.

Μία περιοχή στην οποία αναφέρεται το MUSE αποτελείται από 65K σταθερά τερματικά σημεία και περίπου 105-150K τελικούς χρήστες- συνδρομητές. Αυτά τα τερματικά σημεία είναι κατανεμημένα σε διαφορετικά σημεία σε περιοχές που μπορεί να είναι είτε πολύ πυκνοκατοικημένες είτε αραιοκατοικημένες (Kind 2008).



▶ <b>IST 6th Framework Programme</b>
▶ <b>Action Line : Broadband for all</b>
▶ <b>Instrument : Integrated Project</b>
▶ <b>Duration: 4 years</b>
▶ <b>Phase 1</b>
Starting 01.01.2004 – Ending 31.12.2005
Project Number: IST 507295
Budget : 34.0 M€
Funding: 18.6 M€
▶ <b>Phase 2</b>
Starting 01.01.2006 – Ending 31.03.2008
Project Number: IST 026442
Budget : 27.8 M€
Funding: 15.5 M€

Πίνακας 1. Στοιχεία προγράμματος MUSE

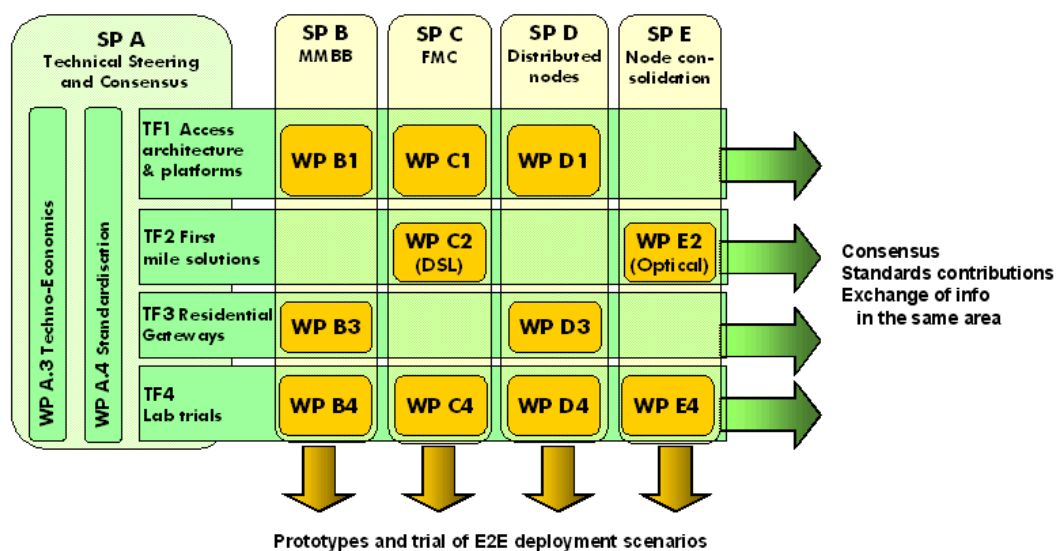
Όπως φαίνεται και από τον παραπάνω πίνακα (πίνακας 1) το MUSE οργανώθηκε σε δύο φάσεις κάθε μία απ' της οποίες διαρκεί δύο χρόνια. Ο πίνακας αυτός καθώς και τα στοιχεία παρουσίασης του προγράμματος που ακολουθούν αντλήθηκαν από την επίσημη ιστοσελίδα του προγράμματος. Η πρώτη φάση άρχισε τον Ιανουάριο του

2004 και ολοκληρώθηκε το Δεκέμβριο του 2006. Στην πρώτη φάση το MUSE όρισε την αρχιτεκτονική της πρόσβασης σε πολλαπλές υπηρεσίες ακολουθώντας δύο μοντέλα δικτύων και πραγματοποίησε τρεις εργαστηριακές δοκιμές ακολουθώντας τρία διαφορετικά σενάρια επέκτασης.

1. Access Network Migration
2. Ethernet and IPv6 optimized access
3. FTTx

Στη δεύτερη Φάση που ξεκίνησε τον Ιανουάριο του 2006 και ολοκληρώθηκε τον Μάρτιο του 2008, οι ερευνητές που συμμετείχαν στο MUSE ασχολήθηκαν περαιτέρω με:

1. την ενσωμάτωση των νέων υπηρεσιών στα στοιχεία δικτύων πρόσβασης για να δημιουργηθεί περισσότερη προστιθέμενη αξία για τις εφαρμογές πολυμέσων
2. την προετοιμασία της σταθερής αρχιτεκτονικής πρόσβασης που θα υποστηρίζει τη σταθερή κινητή σύγκλιση
3. την ανάπτυξη νέων ιδεών όπως είναι η κατακευματισμένη αρχιτεκτονική και της σταθεροποίησης των κόμβων.



Σχήμα 1. Οργάνωση των φάσεων του MUSE

Στο παραπάνω σχήμα (σχήμα 1) βλέπουμε ότι το MUSE στη δεύτερη φάση του χωρίστηκε σε υποεργασίες (SP- Sub Projects) και σε ομάδες εργασίας (TF- Task Forces).

Η υποεργασία A (SPA) που αφορά στην τεχνική καθοδήγηση, παρέχει την προοπτική του δικτύου σε όλες τις υπόλοιπες υποεργασίες και στις ομάδες εργασίας. Στην πρώτη φάση τα δύο πακέτα εργασίας παρείχαν στο δίκτυο τις απαιτήσεις για τις προσδοκώμενες εφαρμογές και υπηρεσίες (WPA1) και την από άκρο εις άκρο αρχιτεκτονική (WPA2). Στη δεύτερη φάση η υποεργασία A συνεχίζει με τις τεχνικο-οικονομικές μελέτες (WPA3) και με το συντονισμό και την τυποποίηση (WPA4).

Οι υπόλοιπες υποεργασίες απεικονίζονται στην κάθετη διάσταση του σχήματος και μελετούν λεπτομερείς λύσεις σε επίπεδο των βασικών στοιχείων των δικτύων και επικεντρώνονται σε τέσσερα βασικά σενάρια επέκτασης που είναι τα παρακάτω:

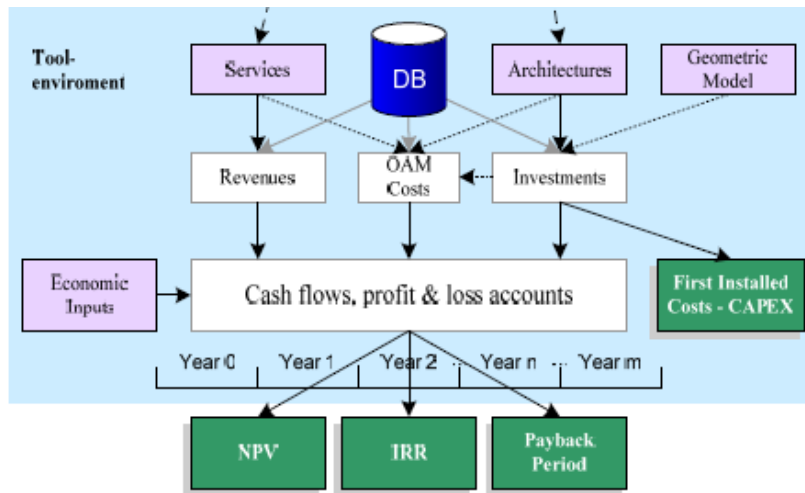
1. SPB αφορά στη σύγκλιση των Πολυμέσων και της Ευρυζωνικότητας (*MultiMedia and Broadband convergence*)
2. SPC αφορά στην Σταθερή Κινητή σύγκλιση (*Fixed Mobile convergence*) Με τον όρο σταθερή κινητή σύγκλιση εννοούμε ότι τα σταθερά και τα κινητά (wireless) δίκτυα θα συγχωνευτούν και οι χρήστες θα μπορούν να έχουν τις ίδιες υπηρεσίες ανεξάρτητα από το ποια τεχνολογία πρόσβασης ή ποια τερματική συσκευή χρησιμοποιούν (Heinonen 2007)
3. SPD αφορά στην κατανεμημένη πρόσβαση υψηλής ταχύτητας (*Distributed High Speed Access*)
4. SPE αφορά στην στερέωση των κόμβων με XL PON (*Node Consolidation with XL PON- Passive Optical Network*).

Οι υποεργασίες διαχωρίζονται περαιτέρω σε ομάδες εργασίας (TF) σύμφωνα με τις διαφορετικές περιοχές σε ότι αφορά την τεχνολογία που χρησιμοποιείται. Οι ομάδες εργασίας απεικονίζονται οριζόντια και εξασφαλίζουν την επικοινωνία μεταξύ συγκεκριμένων τεχνικών περιοχών κατά μήκος των υποεργασιών. Το αποτέλεσμα των ομάδων εργασίας είναι η συμβολή στην τυποποίηση και στις συγκρίσεις μεταξύ των διαφόρων προσεγγίσεων καθώς και στις μεθόδους ελέγχου και δοκιμών.

Οι ομάδες εργασίας είναι οι παρακάτω:

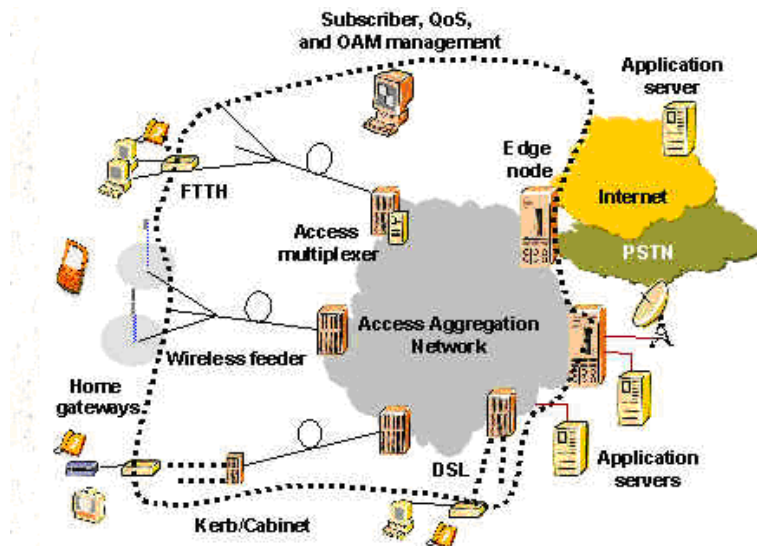
1. Η TF1 αφορά στις Πλατφόρμες πρόσβασης
2. Η TF2 αφορά στις λύσεις “First Mile” δηλαδή σε ότι αφορά στην οπτική με την οποία βλέπει τα πράγματα ο χρήστης.
3. Η TF3 αφορά στις πύλες του οικιακού δικτύου
4. Η TF4 αφορά στις εργαστηριακές δοκιμές

Για την ανάλυση των τεχνικοοικονομικών παραγόντων που επηρεάζουν το σχεδιασμό και τη λειτουργία των δικτύων πρόσβασης χρησιμοποιείται το εργαλείο TONIC (Tonic tool), το οποίο αποτελεί την υλοποίηση μιας μεθοδολογίας τεχνικοοικονομικής μοντελοποίησης που αναπτύχθηκε από μία σειρά από εργασίες χρηματοδοτούμενες από την Ευρωπαϊκή Ένωση και λειτουργεί βάση του μοντέλου που παρατίθεται στο σχήμα που ακολουθεί (σχήμα 2).



Σχήμα 2. Μοντέλο εργαλείου TONIC

Υπολογίζεται το οικονομικό κέρδος, λαμβάνοντας υπ' όψιν και την απώλεια συνδρομητών, με βάση τις παρεχόμενες υπηρεσίες, την αρχιτεκτονική και τα γεωμετρικά μοντέλα από πληροφορίες που βρίσκονται αποθηκευμένες σε μία Βάση Δεδομένων, από τα οποία προκύπτουν τα έσοδα, το κόστος λειτουργίας, διοίκησης και συντήρησης (OAM costs- Operational, Administration and Maintenance) και οι επενδύσεις. Τέλος προκύπτει ανά έτη η καθαρή αξία (NPV- Net Present Value) το ποσοστό επιστροφής (IRR- Internal Rate of Return) και η περίοδος επιστροφής (Monath 2005)



Σχήμα 3. Βασικά στοιχεία πρόσβασης στο δίκτυο

Στο παραπάνω σχήμα (σχήμα 3) φαίνονται τα διαφορετικά βασικά στοιχεία της πρόσβασης στο δίκτυο με τα οποία ασχολείται το πρόγραμμα MUSE. Η έρευνα επικεντρώνεται στην πρόσβαση και στην αρχιτεκτονική του δικτύου καθώς και στη λειτουργία των τερματικών κόμβων και στη διαλειτουργικότητα μεταξύ του οικιακού και του υπόλοιπου δικτύου.



#### 4. Περιγραφή Παραδοτέων

Σε μία έρευνα που αποσκοπεί στην επέκταση της ευρυζωνικότητας είναι απαραίτητο να γίνει εις βάθος μελέτη σε διάφορους τομείς που αφορούν στην αρχιτεκτονική και τον τρόπο λειτουργίας των δικτύων καθώς και στις δυνατότητες επέκτασής τους, στους διάφορους τρόπους μετάδοσης των δεδομένων και των πολυμέσων και στις απαιτήσεις των τελικών χρηστών. Συνεπώς πρέπει να αναλυθούν όλα τα παραπάνω και έτσι κατά τη διάρκεια του προγράμματος προκύπτουν διάφορα παραδοτέα τα οποία αφορούν στους τομείς που προαναφέρθηκαν και για το συγκεκριμένο πρόγραμμα MUSE χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες, σε κάποια γενικά παραδοτέα, σε αυτά που αναφέρονται στις πλατφόρμες πρόσβασης, σε αυτά που αναφέρονται στις λύσεις «πρώτου μιλίου», σε αυτά που αναφέρονται στις πύλες οικιακών δικτύων και τα τοπικά δίκτυα και τέλος σε αυτά που αναφέρονται στις εργαστηριακές δοκιμές.

Στην πρώτη κατηγορία, αυτή των γενικών παραδοτέων, στην αρχή της κάθε μίας από τις δύο φάσεις υπάρχει μία αναφορά που αποσκοπεί στο να παρουσιάσει το σκοπό για τον οποίο υλοποιείται το MUSE, τη δομή και τους συνεργάτες του προγράμματος και να γνωστοποιήσει τη συγκεκριμένη έρευνα στους επιστημονικούς κύκλους μέσω της επίσημης ιστοσελίδας, των δημοσιεύσεων στον τύπο και των παρουσιάσεων που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της αντίστοιχης φάσης σε συνέδρια και σε διάφορες επιστημονικές συναντήσεις (Hawinkel 2004 & 2006). Στο τέλος κάθε φάσης υπάρχει μία αναφορά που καταγράφονται όλες οι δημόσιες παρουσιάσεις που έγιναν κατά καιρούς από τους ερευνητές για το MUSE στο κοινό και ξεχωριστά σε τεχνικούς και ο αντίστοιχος σύνδεσμος για το ηλεκτρονικό υλικό καθώς και οι παρουσιάσεις των αποτελεσμάτων των εργαστηριακών δοκιμών και των ερευνών που έκαναν οι οργανισμοί που στήριζαν το πρόγραμμα και φωτογραφικό υλικό (Vetter[1] 2006 & Vetter 2008).

Στα παραδοτέα που αναφέρονται στις πλατφόρμες πρόσβασης υπάρχουν αναφορές που προκύπτουν με τη χρήση του εργαλείου TONIC και αφορούν στις λειτουργικές δαπάνες και στο πως οι οικονομικοί λόγοι επηρεάζουν την πρόσβαση στο broadband internet και προκύπτουν από μελέτες περιπτώσεων και από έρευνες σχετικά με το πώς και από ποιους χώρους οι τελικοί χρήστες έχουν πρόσβαση στο internet. Ακόμη παρουσιάζεται το πώς η ολοκλήρωση, η ανάπτυξη και η εξέλιξη των πολυμέσων υποστηρίζεται από το δίκτυο και πως όλες αυτές οι υπηρεσίες κοστολογούνται (Kind 2008). Επιπρόσθετα αναφέρεται ότι κάθε στοιχειώδης κόμβος διαδικτύου μπορεί να μοντελοποιηθεί ως μία σύνθεση από δύο διαφορετικά μέρη, από τις τεχνικές προδιαγραφές του και από τη διασύνδεση χρήστη και δικτύου. Κάθε ένα από αυτά τα στοιχεία πρέπει να χαρακτηριστεί από έναν αριθμό από παραμέτρους για να οριστούν τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του και η παρουσία και απόδοσή του για να υπολογιστεί το κόστος του. Ακόμη στα παραδοτέα μελετάται το πώς οι διαφορετικές αρχιτεκτονικές δικτύων θα συνδυαστούν και θα εξελιχθούν ώστε να

δώσουν ένα IP Access Network που θα χρησιμοποιείται από την Ευρώπη (Monath 2005).

Στην ίδια κατηγορία παραδοτέων συμπεριλαμβάνονται και οι απαιτήσεις του δικτύου για να υπάρχει πρόσβαση στις πολλαπλές πληροφορίες και υπηρεσίες που εμφανίζονται με διάφορες μορφές, από απλό κείμενο μέχρι πολύπλοκες εφαρμογές πολυμέσων και πως οι απαιτήσεις για κάθε μία μορφή πολυμεσικής εφαρμογής θα πρέπει να ομαδοποιηθούν καθώς και πως η συμπεριφορά και οι απαιτήσεις των χρηστών επηρεάζουν τη διαδικασία αυτή (Clark 2004 & Armengol 2004). Επιπλέον μελετάται και η αρχιτεκτονική που θα πρέπει να ακολουθείται για την ομαλή μετάδοση των πακέτων και την αποφυγή αναμεταδόσεων (De Vos 2007). Ακόμη ένα παραδοτέο είναι αυτό που αφορά στη Σταθερή- Κινητή Σύγκλιση (FMC- Fixed Mobile Convergence), όπου παρουσιάζεται μία αρχιτεκτονική για την επίτευξη της FMC με την προσθήκη κάποιων συμπληρωματικών κόμβων και λειτουργικών οντοτήτων που θα υποστηρίζουν τη συνέχεια των συνόδων με τη χρήση των 3GPP κινητών δικτύων καθώς και πως θα γίνεται η αυθεντικοποίηση των χρηστών και πως θα ενισχύεται ο έλεγχος πρόσβασής τους (Melandar 2007).

Η δεύτερη κατηγορία παραδοτέων αφορά στις λύσεις «Πρώτου Μιλίου». Με τον όρο αυτό εννοούμε το τελευταίο κομμάτι της σύνδεσης του δικτύου με τον τελικό χρήστη και ονομάζεται έτσι γιατί αποτελεί το πρώτο κομμάτι της σύνδεσης του χρήστη με τον υπόλοιπο κόσμο. Ένα παραδοτέο στα πλαίσια της προσπάθειας για απομόνωση των κόμβων ενός XL-PON δικτύου αφορά και στη Σταθερή Ασύρματη Πρόσβαση (FWA- Fixed Wireless Access) που βασίζεται στο Radio over Fibre, με σκοπό την προσέγγιση των χρηστών που βρίσκονται σε σημεία που είναι αδύνατη η καλωδιακή υποδομή (Rijckenberg 2008). Ακόμη συμπεριλαμβάνεται και μια αναφορά που έγινε από τους οργανισμούς που συνεργάστηκαν για την έρευνα αυτή και μελετάει κυρίως θα θέματα της σύνδεσης DSL (Adams 2008). Επιπρόσθετα παρουσιάζονται και δύο διαφορετικά πρότυπα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να υπάρχει πρόσβαση στο δίκτυο μέσω οπτικών ινών. Το πρώτο είναι το VDSL over Optics και μεταφέρει επιτυχώς οπτικοακουστικές πληροφορίες με τον συνδυασμό VDSL καναλιών και πολύπλεξης και το δεύτερο είναι το CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing) (Wellen 2006). Καθώς για τη μεταφορά της δυαδικής πληροφορίας απαιτείται η μέγιστη απόδοση των συρμάτων χαλκού που χρησιμοποιείται, μελετώνται οι επιλογές που υπάρχουν ώστε να διασφαλίζεται η σταθερότητα του δικτύου και η επίτευξη της μέγιστης απόδοσης μέσω αυτού του μέσου μετάδοσης (Wallace 2005). Ακόμη παρατίθενται και τα κίνητρα και οι οδηγίες για τη μετάβαση από την παρούσα επέκταση του DSL στην επόμενη γενιά του DSL και του Ethernet με ταυτόχρονη επίτευξη μιας χαμηλού κόστους αναβάθμισης σε επίπεδο πρόσβασης και υπηρεσιών καθώς επίσης και μειωμένου λειτουργικού κόστους.

Στην τρίτη κατηγορία παραδοτέων ανήκουν αυτά που αναφέρονται στις πύλες των οικιακών δικτύων (Home Gateways) και στα τοπικά δίκτυα. Πιο συγκεκριμένα μελετήθηκε κατά πόσο κάποια ενσωματωμένα προγράμματα που βασίζονται στη Java, όπως είναι μια Java εικονική μηχανή και η πλατφόρμα που βασίζεται στη Java και ορίστηκε από τον OSGi (Open Services Gateway Initiative) μπορούν να «τρέξουν» πάνω στις συγκεκριμένες πύλες (Frenot 2008). Ακόμη παρουσιάζονται οι προδιαγραφές μιας προηγμένης, ευέλικτης πύλης (De Smedt 2007), οι προδιαγραφές για τη διαμόρφωση μίας τέτοιας πύλης (Festor 2006) και οι τεχνικές υποστήριξης των πολλών χρηστών του δικτύου και των πολλών υπηρεσιών καθώς και της ποιότητας υπηρεσίας (QoS- Quality of Service) (Foglar 2005).

Η τέταρτη και τελευταία κατηγορία παραδοτέων αφορούν στις εργαστηριακές δοκιμές. Με την έννοια έλεγχος εννοούμε τον προσδιορισμό και την ποσοτικοποίηση όλων των σχετικών ιδιοτήτων μιας λύσης για την πρόσβαση στο δίκτυο. Έτσι στα πλαίσια του ελέγχου για κάθε μία παρεχόμενη υπηρεσία μετράται ο χρόνος ανάκτησής της ενώ μελετήθηκαν τα πέντε επίπεδα του TCP/IP πρωτοκόλλου. Ο έλεγχος γίνεται στα χαρακτηριστικά που είναι απαραίτητα για την ομαλή λειτουργία του δικτύου. Έτσι μελετώνται τα χαρακτηριστικά «κίνησης-μποτυλιαρίσματος» (traffic attributes) που σχετίζονται με τη ροή που προκύπτει από τις παρεχόμενες υπηρεσίες. Πιο συγκεκριμένα λαμβάνεται υπόψη η ανταπόκριση του δικτύου στη μεταφορά δεδομένων πραγματικού χρόνου, η διαδραστικότητα, δηλαδή ο διάλογος που υπάρχει μεταξύ του χρήστη-συστήματος και του δικτύου, το κατά πόσο η ροή δεδομένων μεταφέρεται μόνο προς τη μία κατεύθυνση, η συμμετρία στο ρυθμό μετάδοσης και τέλος ο τύπος της σύνδεσης και αν πρόκειται για πολυεκπομπή ή όχι.

Στα παραδοτέα αποδεικνύεται γιατί πρέπει να ελέγχονται οι προϋποθέσεις που διασφαλίζουν την **ποιότητα** του δικτύου όπως είναι η πιθανότητα μπλοκαρίσματος (blocking probability), δηλαδή το κατά πόσο το δίκτυο αποτυγχάνει λόγω έλλειψης πόρων στο να δημιουργήσει μια σύνδεση για την παροχή μιας υπηρεσίας καθώς και η διαθεσιμότητα του δικτύου (network availability) που εξαρτάται από το χρόνο που το δίκτυο δεν είναι διαθέσιμο. Ακόμη ορίζεται γιατί θα πρέπει να ελέγχεται ο χρόνος που κάνει το δίκτυο από τη στιγμή που ο χρήστης έθεσε το αίτημά του μέχρι την λήψη της ανταπόκρισης (application set-up-time) και ο χρόνος που έκανε το δίκτυο για να εγκαταστήσει μία σύνδεση ή σύνοδο ανάμεσα στα δύο μέρη του δικτύου (connection set-up time). Σημαντική είναι επίσης και η σταθερότητα του συστήματος (network robustness) δηλαδή ο βαθμός στον οποίο το δίκτυο ή ένα μέρος αυτού μπορεί να λειτουργήσει σωστά κάτω από συνθήκες πίεσης ή όταν δίνονται αναξιόπιστα δεδομένα καθώς και το ποσό των δεδομένων που μεταφέρονται μέσα σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα (throughput) και μετριέται σε kbps, Mbps και Gbps. Ακόμη επεξηγείται πως θα πρέπει να ελέγχεται η καθυστέρηση (delay) και η απώλεια δεδομένων (data loss) και πιο συγκεκριμένα ο συνολικός αριθμός των

πακέτων που χάθηκαν (packet loss) ή των bits που μεταδόθηκαν λάθος συγκριτικά με το σύνολο των bits που θα έπρεπε να μεταφερθούν (BER-Bit Error Rate ).

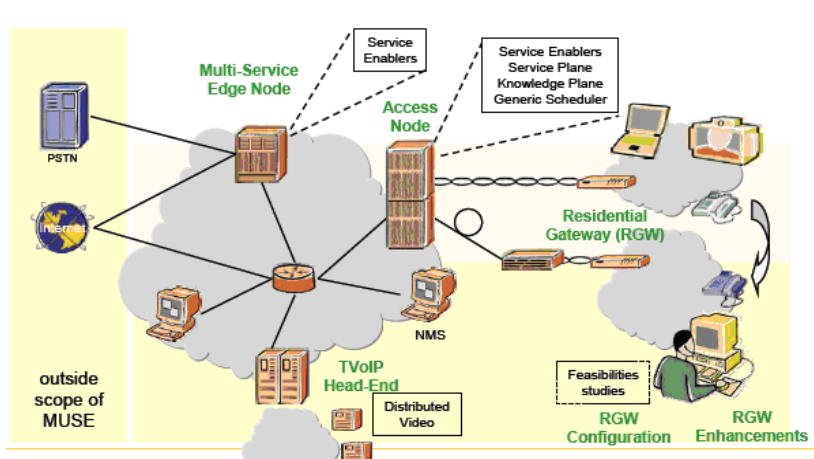
Αναφορικά με τον έλεγχο ασφάλειας, στα παραδοτέα αναφέρεται πως θα πρέπει να ελέγχεται κατά πόσο το δίκτυο απαγορεύει τη μη εξουσιοδοτημένη αποδοχή και παραλαβή πληροφορίας, τη μη εξουσιοδοτημένη χρήση των πόρων του, την παρεμπόδιση της ομαλής λειτουργίας των υπηρεσιών και εφαρμογών και την μη ανιχνεύσιμη αποστολή «κακής» πληροφορίας (Van den Brink 2006)

Τέλος ελέγχεται αν επιτυγχάνεται η διασφάλιση της ποιότητας (QoS- Quality of Service) με τον έλεγχο της κοστολόγησης, της εξουσιοδότησης και της αυθεντικότητας. Με τον όρο αυθεντικότητα εννοούμε τη διασφάλιση ότι δεν θα υπάρξει κατάχρηση των πόρων για την σωστή εξυπηρέτηση των συνδρομητών και την εγκυρότητα των παρόχων και εγγυάται και ότι οι χρεώσεις βαραίνουν τον σωστό συνδρομητή. Με τον όρο εξουσιοδότηση εννοούμε το κατά πόσο οι τελικοί χρήστες έχουν δικαίωμα-εξουσιοδότηση να χρησιμοποιήσουν κάποιους πόρους. Με τον όρο κοστολόγηση αναφερόμαστε στη χρέωση των συνδρομητών για τη χρήση των πόρων και των υπηρεσιών που προσφέρονται από το δίκτυο (Whitepaper AAA Framework and Solutions for Broadband Access).

## 5. Αποτελέσματα / Ευρήματα

Σκοπός του MUSE ήταν η μελέτη της υπάρχουσας αρχιτεκτονικής και υποδομής δικτύων και πως αυτά τα στοιχεία θα μπορούσαν να τροποποιηθούν και να εξελιχθούν ή ακόμη και να συμβάλλουν στην ανάπτυξη νέων τρόπων εξάπλωσης του δικτύου σε όλους τους ευρωπαϊούς πολίτες με την ταυτόχρονη εξασφάλιση της πρόσβασής τους σε πολλαπλές υπηρεσίες που θα μεταδίδονται με ταχύτητα και ασφάλεια σε ένα περιβάλλον που θα υπάρχουν πολλοί παροχείς δικτύων και υπηρεσιών. Το αποτέλεσμα κατά τη διάρκεια όλων των ετών που πραγματοποιήθηκε το πρόγραμμα ήταν η ανάπτυξη αναφορών, η παρουσίαση των αποτελεσμάτων επιβεβαιωμένα από τις εργαστηριακές μετρήσεις και η συμβολή στην προτυποποίηση.

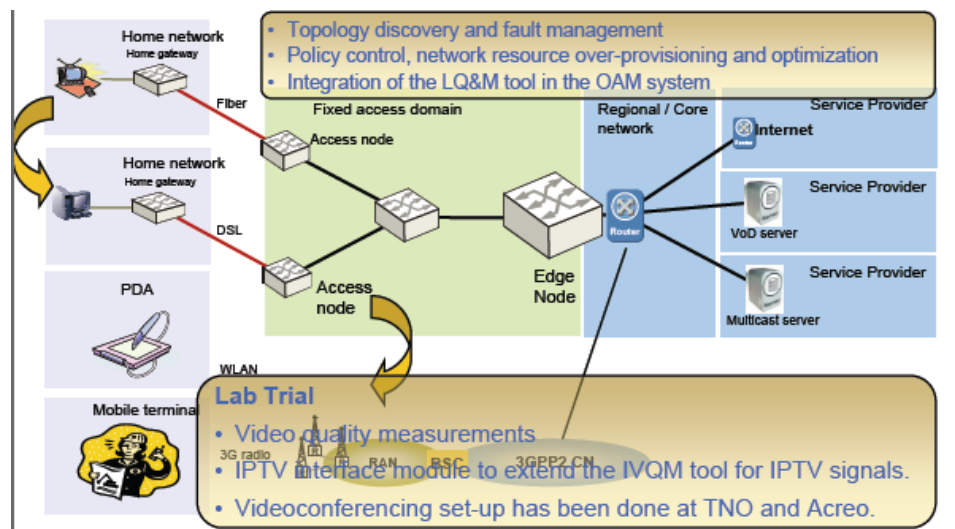
Σύμφωνα με την παρουσίαση του Stuart D. Walker “ MUSE: A European Vision of Enhanced Bandwidth, Multi-Service Access Networks” , το MUSE απέδειξε ότι σε επίπεδο μελέτης των τεχνικών χαρακτηριστικών και των πλατφορμών πρόσβασης (SPA, σχήμα 1) θα πρέπει να γίνει μια τεχνικοοικονομική προσέγγιση με την ανάλυση ευαισθησίας για την επιχείρηση λαμβάνοντας υπ’ όψιν την υποδομή, τις λειτουργικές αρχιτεκτονικές και το πλαίσιο για τη μείωση και καλύτερη εκμετάλλευση και διαχείριση των λειτουργικών δαπανών καθώς και την κατανόηση της αλυσίδας αξίας. Αυτό θα πρέπει να γίνει από την πλευρά των επιχειρήσεων που κινούνται στο χώρο ανάπτυξης δικτύων και παροχής υπηρεσιών για την καλύτερη εξυπηρέτηση των τελικών χρηστών με την ταυτόχρονη επικερδέστερη δική τους λειτουργία. Ακόμη αναφορικά με τη σύγκλιση των πολυμέσων και της ευρυζωνικότητας (SPB, σχήμα 1) αποδείχτηκε ότι πρέπει να χρησιμοποιηθούν οικιακές πύλες (RGW-Residential Gateways) που θα είναι συμβατές με την αρχιτεκτονική IP που προτείνεται από το MUSE και κατάλληλη για triple play (data, voice, video). Οι πύλες αυτές θα διασφαλίζουν την ποιότητα υπηρεσιών (QoS) και η μορφή του Multimedia Broadband Network θα είναι αυτή που φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί (σχήμα 4).



Σχήμα 4. Multimedia Broadband Network

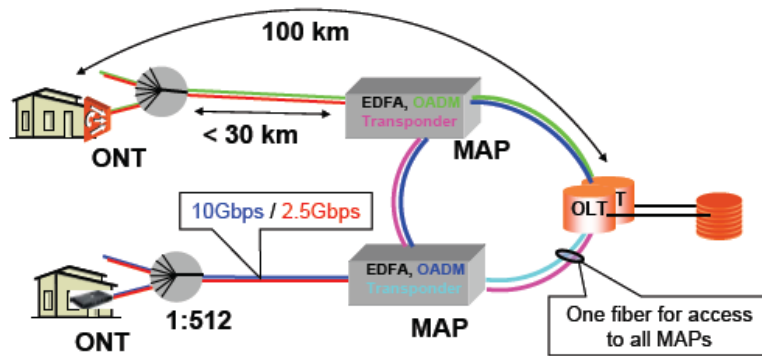
Για την αξιόπιστη μετάδοση των δεδομένων το MUSE προτείνει δύο λύσεις, το FEC (Forward Error Correction) σε επίπεδο εφαρμογής και την ύπαρξη ενός proxy αναμετάδοσης.

Αναφορικά με την επίτευξη της Σταθερής-Κινητής Σύγκλισης (SPC, σχήμα 1) οι ερευνητές του MUSE κατέληξαν ότι για την επίτευξή της θα πρέπει να εφαρμοστεί το παρακάτω μοντέλο (σχήμα 5) όπου τα δεδομένα των παρόχων υπηρεσιών θα περνάνε μέσω ενός δρομολογητή του τοπικού δικτύου στον ακραίο κόμβο και μετά στους κόμβους πρόσβασης όπου από εκεί με DSL ή οπτικές ίνες περνούν στο τοπικό δίκτυο και στην οικιακή πύλη και φτάνουν στον τελικό χρήστη.



Σχήμα 5. Μοντέλο για Σταθερή- Κινητή Σύγκλιση

Επιπρόσθετα από το στάδιο της έρευνας που αφορά στην γρήγορη κατανεμημένη πρόσβαση (SPD, σχήμα 1) και στη χρήση των δικτύων XLPON (SPE, σχήμα 1) για την ένωση των κόμβων με δίκτυο οπτικών ινών προέκυψε ότι θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν οπτικές ίνες για την υλοποίηση του δικτύου μέχρι το τελικό σημείο όπου βρίσκεται ο συνδρομητής (FTTH- Fiber To The Home). Αυτό θα πρέπει να συμβεί γιατί μόνο οι οπτικές ίνες προσφέρουν 100Mb/s συμμετρικό ή υψηλότερο εύρος ζώνης χωρίς περιορισμούς απόστασης ή παρεμβολής. Ακόμη πλέον στοιχίζει το ίδιο με τα παραδοσιακά σύρματα χαλκού ενώ το λειτουργικό κόστος από τη χρήση ενός δικτύου που λειτουργεί σε όλο του το φάσμα με οπτικές ίνες είναι κατά 50% μειωμένο. Τέλος είναι ασφαλές και μπορούν τα δεδομένα σε όλες τους τις μορφές να ρέουν και προς τις δύο κατευθύνσεις από την ίδια ίνα. Η αρχιτεκτονική XLPON που προτείνεται από το MUSE για την κατασκευή του δικτύου έχει τη μορφή του σχήματος που ακολουθεί (σχήμα 6).



Σχήμα 6. Αρχιτεκτονική XLPON

Όπου για τη μείωση των στοιχείων του δικτύου χρησιμοποιείται ένας απλοποιητής (MAP), στο MUSE χρησιμοποιείται απλοποιητής C-band που συνδέεται μέσω οπτικών ινών με το τερματικό του παρόχου του δικτύου (OLT- Optical Line Terminal) και με τον τελικό χρήστη.

Αναλυτικότερα τα αποτελέσματα του προγράμματος MUSE που όπως προαναφέρθηκε χωρίστηκε σε δύο φάσεις ακολουθούν παρακάτω. Σε πρώτο στάδιο έγινε μια λεπτομερής περιγραφή και ορισμός της αρχιτεκτονικής πρόσβασης σε πολλαπλές πληροφορίες, των απαιτήσεων σε τεχνολογική υποδομή καθώς και η μελέτη των στοιχείων που απαιτούνται για τη λειτουργία ενός δικτύου καθώς και το κατά πόσο ήταν εφικτές κάποιες αρχικές ιδέες όλων όσων συμμετείχαν στο πρόγραμμα.

Το MUSE όσο αφορά στις **αρχιτεκτονικές δικτύων** επηρέασε την προτυποποίηση συμβάλλοντας στα forum για το DSL, ETSI, HGI και ITU-T, ενώ ακολούθησαν και εργαστηριακές δοκιμές. Αναφορικά με τις **αρχιτεκτονικές πρόσβασης** η υποεργασία της τεχνικής καθοδήγησης (SPA, σχήμα 1) και η μελέτη των πλατφορμών πρόσβασης συνέβαλλαν στον ορισμό δύο μοντέλων αρχιτεκτονικής, το πρώτο βασίζεται στο Ethernet και το δεύτερο στο IP Forwarding. Παρόλο που υπάρχουν ήδη πρότυπα για τις αρχιτεκτονικές πρόσβασης που βασίζονται στο Ethernet κατά τη διάρκεια του MUSE μελετήθηκε η δυνατότητα παροχής πολλαπλών υπηρεσιών όταν υπάρχουν πολλοί παροχείς δικτύου, μέσω μιας κλιμακωτής και ασφαλούς MAC διευθυνσιοδότησης. Το μοντέλο IP Forwarding είναι ένα καινούριο μοντέλο που βασίζεται στο Ethernet σε ότι αφορά στην ασφάλεια και την υποστήριξη της ποιότητας των υπηρεσιών (QoS). Η έρευνα επικεντρώθηκε και στα πλεονεκτήματα της χρήσης του IPv6 καθώς και στη συνύπαρξή του με το IPv4. Με σκοπό την επίτευξη της παροχής πολλών υπηρεσιών και στα δύο μοντέλα δικτύων μελετήθηκαν η αυθεντικότητα, οι τρόποι επίτευξης του QoS και η πολυεκπομπή. Ακόμη αναλύθηκαν και τα επιχειρηματικά μοντέλα με σκοπό την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο μπορεί να επιτυγχάνεται η πολλαπλή φιλοξενία υπηρεσιών από τους παροχείς υπηρεσιών και δικτύου καθώς ορίστηκε ότι όλα τα πακέτα από όλους τους

παροχές θα πρέπει να φτάνουν ως ένα ενιαίο πακέτο στον τελικό χρήστη. Με την ανάλυση των τεχνικοοικονομικών παραγόντων επιβεβαιώθηκε ότι η μετάβαση στη νέα αρχιτεκτονική IP που προτείνεται από το MUSE συμφέρει περισσότερο συγκριτικά με την προσπάθεια εξέλιξης των ήδη υπάρχουσων αρχιτεκτονικών, όχι μόνο στο φυσικό επίπεδο αλλά και σε λειτουργικές επιλογές σε ανώτερα επίπεδα.

Αναφορικά με τις **πλατφόρμες πρόσβασης** το MUSE βασισμένο στο σενάριο της μετάβασης σε μία νέα αρχιτεκτονική μελέτησε μία πλατφόρμα που θα παρέχει υπηρεσίες triple-play σύμφωνα με το μοντέλο IP Forwarding. Το σενάριο μετάβασης υποστηρίζεται από ADSL λύσεις, ενώ οι κόμβοι έχουν προηγμένες δυνατότητες όπως είναι οι πύλες πακέτο προς πακέτο (packet-to-packet gateways) για να παρέχονται έτσι υπηρεσίες πολυμέσων και VoIP. Ακόμη έχει προστεθεί στον κόμβο πρόσβασης ένας TCP επιταχυντής και ένας Time Shifted TV proxy για να δείξει πως μπορεί να προστεθεί αξία στις υπηρεσίες τόσο για τους τελικούς χρήστες όσο και για τους παρόχους και μάλιστα σε υπηρεσίες που αφορούν υψηλότερο επιπέδο από αυτό του φυσικού επιπέδου (Vetter[2] 2006). Σχετικά με τις λύσεις «**πρώτου μιλίου**» η έρευνα έδειξε ότι είναι εφικτό να πάρουμε μεγαλύτερο εύρος ζώνης και καλύτερη ποιότητα χρησιμοποιώντας τα καλώδια χαλκού που χρησιμοποιούνται από το DSL. Στο στάδιο «Σύγκλισης των Πολυμέσων και της Ευρυζωνικότητας» (SPB, σχήμα 1) συγκρίθηκε η αποτελεσματικότητα της δυναμικής φασματικής διαχείρισης και της δυναμικής διαχείρισης με γραμμές και προέκυψε ότι ο θόρυβος στις γραμμές DSL σχετίζεται με την ποιότητα μετάδοσης των video ενώ οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν στο στάδιο της σταθερής-κινητής σύγκλισης (SPC, σχήμα 1) απέδειξαν ότι μπορεί να γίνει μείωση των λειτουργικών εξόδων και να μεγιστοποιηθεί το εύρος ζώνης των ατομικών γραμμών αν γίνει μέτρηση των χαρακτηριστικών τους. Ακόμη στο στάδιο αυτό αναπτύχθηκαν μεταδότες και προς τις δύο κατευθύνσεις που επιτρέπουν σε έναν κόμβο PTP να λειτουργεί με οπτικές ίνες συγκριτικά με ένα DSLAM.

Το στάδιο που αφορά την **κατανεμημένη πρόσβαση υψηλής ταχύτητας** μείωσε το μέγεθος του κόμβου πρόσβασης με την χρήση της μεθοδολογίας PTP PON και συνέβαλε στην προτυποποίηση ενός νέου WIMAX, χρησιμοποιώντας την ίδια αρχή μετάδοσης μέσω ινών με τα αναλογικά ραδιοφωνικά σήματα, ενώ αποδείχθηκε ακόμη ότι μία αρχιτεκτονική δακτυλίου έχει χαμηλότερο κόστος (Hawinkel 2004). Επιπρόσθετα αποδείχθηκε ότι η συνέχεια των συνόδων μπορεί να επιτευχθεί σε επίπεδο δικτύου με τη χρήση του Mobile IP (Vetter 2007) Αναφορικά με τις «**οικιακές πύλες**» αφού μελετήθηκε ο τρόπος λειτουργίας του ADSL internet και η αρχιτεκτονική triple play, αναπτύχθηκε μια διασύνδεση ADSL2+ και υλοποιήθηκε μια πύλη που αναδεικνύει τις δυνατότητες μιας πλατφόρμας OSGI (Vetter[2] 2006).



## 6. Αναμενόμενες επιδράσεις

Σε έναν κόσμο που η εξέλιξη της τεχνολογίας είναι ραγδαία και οι τεχνολογικές απαιτήσεις συνεχώς αυξάνονται οι ερευνητές έχουν να αντιμετωπίσουν νέες προκλήσεις στον τομέα των δικτύων. Για το λόγο αυτό και οι ερευνητές του MUSE που αποσκοπεί στην επίτευξη της «Ευρυζωνικότητας για όλους» αφού μελέτησαν την αρχιτεκτονική των δικτύων, τους τεχνολογικούς πόρους που έχουν στη διάθεσή τους και μία πληθώρα από απαιτούμενες προϋποθέσεις για την ομαλή λειτουργία των δικτύων προσδοκούν ότι η έρευνά τους θα έχει το παρακάτω αντίκτυπο στο χώρο των δικτύων, όπως αναφέρεται στην επίσημη ιστοσελίδα του προγράμματος:

*Χαμηλό κόστος και έξοδα λειτουργίας:*

Ο κάτοικος- συνδρομητής δεν θα πρέπει να ξοδεύει πάνω από 50 ευρώ το μήνα, ποσό που θα εξαρτάται και από τις παρεχόμενες εφαρμογές και υπηρεσίες της ευρυζωνικότητας.

*Δυνατότητα παροχής πολλών υπηρεσιών και πολλαπλής φιλοξενίας:*

Αφορά στα διάφορα ήδη γνωστών και άγνωστων ακόμη υπηρεσιών με την απαραίτητη ποιότητα υπηρεσιών (QoS, Quality of Service) που θα παρέχονται από μία κοινή υποδομή καθώς επίσης και από τη φιλοξενία πολλών παρόχων υπηρεσιών πάνω σε μία υποδομή.

*Πλατφόρμα που επιτρέπει την ανοιχτή πρόσβαση σε υπηρεσίες:*

Επιτρέπει στις επιχειρήσεις που παρέχουν νέες κερδοφόρες υπηρεσίες και συμμετέχουν σε διάφορα επιχειρησιακά μοντέλα να παίρνουν ακριβώς το ποσό που τους αναλογεί στην αλυσίδα αξίας.

*Λύσεις « Πρώτου Μιλίου» εξελικτικές τόσο ως προς το εύρος ζώνης όσο και ως προς την πυκνότητα των χρηστών.*

Οι λύσεις αυτές θα μπορούν να είναι προσιτές τουλάχιστον στο 80% των Ευρωπαίων πολιτών και θα φέρει μια οικονομικά αποδοτική μετατόπιση του εύρους ζώνης στα 100 Mbit/s για κάθε ένα συνδρομητή το 2010.

*Δίκτυο καλά ενσωματωμένο σε μια από άκρο εις άκρο οπτική:*

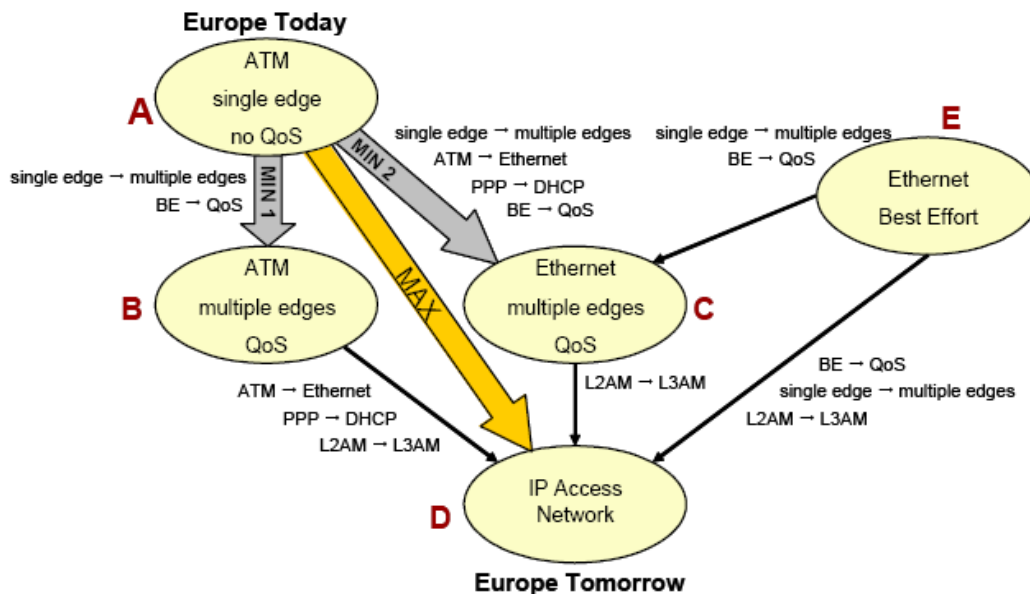
Κατάλληλη συνεργασία ανάμεσα στον πυρήνα του δικτύου και στο τοπικό οικιακό δίκτυο.

*Δίκτυο έτοιμο προς χρήση από τον τελικό χρήστη.*

Βασική αρχή του MUSE είναι ότι η τυποποίηση θα αποτελεί το κλειδί για την επίτευξη του χαμηλού κόστους και των διαλειτουργικών λύσεων.

Συνεπώς το πρόγραμμα αυτό έθεσε τους στόχους που θα πρέπει να εκπληρωθούν για να είναι εφικτή η ευρυζωνικότητα και η γρήγορη, ασφαλής και αξιόπιστη πρόσβαση στο δίκτυο από κάθε χρήστη. Ακόμη προσδιόρισε κάποιες τεχνολογικές δομές και τεχνικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να ισχύουν στα εγκατεστημένα δίκτυα για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος, όπως αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω για τη διασφάλιση της ποιότητας.

Όπως φαίνεται και από το σχήμα που ακολουθεί (σχήμα 7) στην Ευρώπη σήμερα τα δίκτυα ATM με μία άκρη που χρησιμοποιούνται δεν προσφέρουν ποιότητα υπηρεσιών, όπως συμβαίνει με τα ATM δίκτυα με πολλαπλές άκρες. Η μετάβαση από μία πρόσβαση στο δίκτυο σε μία αρχιτεκτονική που θα παρέχει πολλαπλές υπηρεσίες και θα βασίζεται στο Ethernet ή το IP είναι καλύτερη από μια λύση που θα βασίζεται στην εξέλιξη των ATM δικτύων (Monath 2005).



Σχήμα 7. Η εξέλιξη των δικτύων

Το προσδοκώμενο αποτέλεσμα του προγράμματος MUSE είναι να επιτευχθεί σταδιακά ένα δίκτυο που θα βασίζεται στο IP και θα είναι ασφαλές, αξιόπιστο, με άρτια τεχνολογία και προσβάσιμο από όλους.

## 7. Μελλοντική Έρευνα

Το πρόγραμμα MUSE αποτέλεσε μια συντονισμένη προσπάθεια διαφόρων οργανισμών που χρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση με σκοπό να μελετηθούν οι τρόποι εξάπλωσης του διαδικτύου σε κάθε πολίτη και η εύκολη και αξιόπιστη πρόσβασή του σε πληροφορίες και πολλαπλές υπηρεσίες. Αφού όρισε ποιο μοντέλο, δηλαδή το IP Forwarding, θα πρέπει να ακολουθηθεί για την κατασκευή του δικτύου στο οποίο θα χρησιμοποιούνται οπτικές ίνες και έθεσε κάποιες βάσεις για την υλοποίησή του, η σε βάθος μελέτη των συμμετεχόντων του γύρω από τα τεχνικοοικονομικά χαρακτηριστικά που θα καθορίσουν την υλοποίηση του δικτύου αυτού άνοιξε νέους δρόμους και ερωτήματα για περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη στον τομέα αυτό. Πιο συγκεκριμένα προτρέπει την ενασχόληση με την προσπάθεια εύρεσης τρόπων εξάπλωσης του δικτύου μέσω οπτικών ινών (PON). Ακόμη σύμφωνα με τους ερευνητές θα πρέπει να μελετηθεί (Vetter 2007) πως μπορεί να αναπτυχθεί το δίκτυο ώστε να χρησιμοποιεί IPv6 στα άκρα και Ethernet μεταξύ των κόμβων αλλά και πως θα μπορέσουμε να πετύχουμε 1Gbit/s UWB (Ultra WideBand) μέσω χαλκού για μικρές αποστάσεις DSL, ερώτημα που προκύπτει από στάδιο έρευνας για τη σταθερή κινητή σύγκλιση.

Οι ερευνητές του MUSE όρισαν ότι ως μοντέλο θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί το IP Forwarding αλλά για την ολοκλήρωση του μοντέλου θα πρέπει να γίνει μελλοντική έρευνα από τους οργανισμούς. Ακόμη θα πρέπει στο μέλλον να μελετηθούν πως οι απαιτήσεις για μεγάλο εύρος ζώνης και οι καθυστερήσεις και οι απώλειες πακέτων θα πρέπει να εξαλειφθούν και πως θα αναπτυχθούν αλγόριθμοι ανάκτησης της χαμένης πληροφορίας και κώδικες ασφαλούς συμπίεσης και κωδικοποίησης. Τέλος καθώς οι απαιτήσεις για τη μετάδοση πληροφοριών, δεδομένων και πολυμέσων ολοένα και αυξάνονται η σε βάθος έρευνα για την ανάπτυξη των δικτύων είναι απαραίτητη. Συνεπώς ο τομέας των δικτύων συνεχώς θα εξελίσσεται και θα δημιουργούνται νέοι τομείς που θα απαιτούν μελέτη και έρευνα.

## 8. Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Adams P, Berg M, Van den Brink R, Humphrey L, Tilocca M, 2008, “Standards participation summary”, DTF2.0 <sup>Σημείωση</sup>
- Armengol A & Rueda G, 2004, “Network Requirements for multi-service access”, DA1.2, Madrid
- Clark A & Kent T, 2004, “Advanced Application Requirements and User Behaviours”, DA1.3, BT Company
- De Smedt A, 2007, “Specification of an advanced, flexible, multi-service residential gateway”, DTF3.3, Thomson Telecom Belgium
- De Vos B & Vetter P, 2007, “Multimedia Support in Access Architecture”, DTF1.7, Alcatel Belgium
- Festor O & D’ Haeseller S, 2006, “Specification of Residential Gateway Configuration”, DB3.4
- Foglar A, 2005, “Specification of subscriber interface between public network and local network”, DTF3.1, Infineon Technologies Germany
- Frenot S & Papastefanos S, 2008, “Virtual Machines for Embedded Environments”, BD3.6
- Hawinkel C, “MUSE Project Presentation”, 2004, DA0.1, Alcatel
- Hawinkel C, “MUSE II Project Presentation”, 2006, DA0.5, Alcatel
- Kind M, 2008, “Economical guidelines and decisions in BB access (results of use cases)”, DA3.3, Deutsche Telekom
- Melander B, 2007, “FMC Support in Access Architecture”, DTF1.8, Ericsson
- Monath T, Krauss S, Kind M, 2005, “MUSE - Techno-economics for fixed access network evolution scenarios”, 2005, DA3.2, T-Systems International GmbH
- Rijckenberg G, Ng’oma A, Wang K, Alonso E, Koonen T, 2008, “FWA over long optical links”, The Netherlands
- Van den Brink R & Krommendijk F, 2006, “Test Suite Part 1: Test Objectives”, DTF4.1
- Vetter P [1], 2006, “Report on Raising Public Awareness of MUSE”, DA0.4, Alcatel
- Vetter P [2], 2006, Publishable Executive Summary, periodic report Year 2
- Vetter P, 2007, Publishable Executive Summary, periodic report Year 3
- Vetter P, 2008, “Report on Raising Public Awareness of MUSE”, DA0.8, Alcatel
- Walker S, 2007, “Presentation: MUSE: A European Vision of Enhanced Bandwidth, Multi Service Access Networks”, University of Essex
- Wallace A, Humphray L, Kirkby R, Pitt C, 2005, “Enhanced DSL Algorithms”, DB2.2
- Wellen J, Habel K, Talamanis I, Baker L, Koonen T, 2006, “Optical Access Solution, DD2.3
- Whitepaper AAA Framework and Solutions for Broadband Access

MUSE official website: [www.muse-ist.org](http://www.muse-ist.org)

*Σημείωση: Οι αριθμοί δίπλα στους τίτλους είναι οι αναφορές στα παραδοτέα έτσι όπως ονομάζονται από τους ερευνητές στην ιστοσελίδα του MUSE.*