

# Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών Και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

*Πληροφοριακά Και Επικοινωνιακά Συστήματα*

**Μεταπτυχιακή Διατριβή**



**Μελέτη Ποιότητας Υπηρεσιών Δικτύων Επικοινωνιών Σε  
Σχέση Με Έξυπνα Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας  
(Smart Grids)**

**Χαράλαμπος Παπαϊκονόμου**

Επιβλέπων Καθηγητής  
Δρ. Αντώνης Μ. Χατζηαντώνης

**Σεπτέμβριος 2015**

# Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών Και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

*Πληροφοριακά Και Επικοινωνιακά Συστήματα*

## Μεταπτυχιακή Διατριβή

Μελέτη Ποιότητας Υπηρεσιών Δικτύων Επικοινωνιών Σε  
Σχέση Με Έξυπνα Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας  
(Smart Grids)

Χαράλαμπος Παπαοικονόμου

Επιβλέπων Καθηγητής  
Δρ. Αντώνης Μ. Χατζηαντώνης

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στα Πληροφοριακά Και Επικοινωνιακά Συστήματα από τη Σχολή Θετικών Και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Σεπτέμβριος 2015



## Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη και η ανάλυση των σύγχρονων τεχνολογιών πρόσβασης και διαδικτύου που μπορούν να βρουν εφαρμογή σε ένα έξυπνο Ηλεκτρικό Δίκτυο (Smart Grid) καθώς και η μελέτη των αλληλεξαρτήσεων μεταξύ ηλεκτρικών και τηλεπικοινωνιακών δικτύων . Στα πλαίσια της μελέτης αυτής, διενεργήθηκαν σενάρια και προσομοιώσεις της τηλεπικοινωνιακής κίνησης ενός τμήματος δικτύου με διαφορετικές συνθήκες, οι οποίες περιλαμβάνουν βλάβες και διακοπή υπηρεσιών.

Το «Έξυπνο Δίκτυο» γενικά αναφέρεται στην προσπάθεια εκσυγχρονισμού του υπάρχοντος ηλεκτρικού δικτύου και τη μετατροπή του σε ένα μοντέρνο, διαλειτουργικό δίκτυο που θα ενσωματώνει τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών στην υποδομή διανομής ενέργειας. Κύριο γνώρισμα της λειτουργίας του αποτελεί η αμφίδρομη ροή τόσο της ενέργειας όσο και των πληροφοριών. Τα έξυπνα χαρακτηριστικά του, που εντοπίζονται σε όλα τα στάδια -από την παραγωγή, τη μεταφορά και τη διανομή έως την κατανάλωση και την εμπορία ενέργειας- θα καταστήσουν το δίκτυο πιο αποδοτικό, εύρωστο, φιλικό προς το περιβάλλον και εύκολα διαχειρίσιμο, ενώ ταυτόχρονα διευκολύνεται η παρακολούθηση και ο έλεγχος σε όλα τα συστατικά στοιχεία του δικτύου.

Θα προσπαθήσουμε να προσεγγίσουμε με περιπτώσεις χρήσης σεναρίων όσο το δυνατόν γίνετε σε πραγματικές συνθήκες για να εντοπίσουμε τα πιθανά προβλήματα που μπορούν να ανακύψουν αλλά παράλληλα και να δώσουμε λύσεις σε αυτά στον βαθμό πάντοτε που μας επιτρέπεται.

Τέλος, θα προτείνουμε τρόπους άρσης των πιθανών προβλημάτων που θα προκύψουν για το λόγο ότι το αντικείμενο “Έξυπνα Δίκτυα” είναι ένα κεφάλαιο που θα απασχολήσει την ανθρώπινη κοινωνία σε μεγάλο βαθμό τα επόμενα χρόνια.

## **Summary**

The aim of this diploma thesis is the study and the analysis of the new technologies that can be applied in the Smart Grid, as well as the study of interdependencies between electrical and telecommunications networks. As part of this study, several scenarios carried out as well as simulations of telecommunication traffic of a part of the network in different conditions, including failures and service interruption.

Smart Grid generally refers to the modernization of the existing aging power grid, turning in it into a modern, interoperable network that integrates information and communication technologies in the energy distribution infrastructure. Bidirectional flow of both energy and information is its main feature. The smart characteristics, evidence at all stages - from production, transmission and distribution to consumption as well as pricing of energy - will render the network more efficient, robust, environmental-friendly and manageable, while facilitating the monitoring and control of all components of the grid.

We will try to approach with use cases scenarios which become possible in real conditions in order to identify potential problems that may be arise and give solutions which permitted.

Finally, we will propose ways of resolving potential problems that will arise for " Smart Grids " because this is a chapter which will concern human society to a large extent in the next few years.

## **Ευχαριστίες**

Θερμές ευχαριστίες στον επιβλέποντα Δρ. Αντώνη Χατζηαντώνη που μου έδωσε τη δυνατότητα να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα, θα ήθελα επίσης να τον ευχαριστήσω για τη βοήθεια αλλά και την καθοδήγηση για την υλοποίηση της μεταπτυχιακής μου διατριβής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την πολύχρονη στήριξη που μου παρείχαν , όπως επίσης και την γυναικά μου Μαρία Παπαοικονόμου, για την υπομονή αλλά και την αμέριστη συμπαράσταση σε όλο αυτό το διάστημα.

# Περιεχόμενα

<b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ.....</b>	<b>viii</b>
<b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ.....</b>	<b>ix</b>
<b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....</b>	<b>x</b>
<b>1. Εισαγωγή.....</b>	<b>1</b>
1.1 Αναγκαιότητα και σπουδαιότητα της έρευνας.....	2
1.2 Αναγκαιότητα και σπουδαιότητα της έρευνας σε ευρωπαϊκό επίπεδο .....	4
1.3 Βασικά ερευνητικά ερωτήματα .....	4
<b>2. Έξυπνα Δίκτυα .....</b>	<b>8</b>
2.1 Παραδοσιακό ηλεκτρικό δίκτυο .....	8
2.2 Προκλήσεις και ανάγκες .....	12
2.3 Πλαίσιο και χαρακτηριστικά των έξυπνων δικτύων μεταφοράς.....	13
<b>3. Μελέτη Δικτύων Ηλεκτρικής Ενέργειας - Δικτύων Τηλεπικοινωνιών.....</b>	<b>15</b>
3.1 Τι είναι το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας .....	15
3.2 Γενικά στοιχεία ηλεκτρικού δικτύου της Κύπρου.....	16
3.3 Πληροφορίες καταναμητών DSLAMs.....	30
3.4 Μέθοδοι εντοπισμού βλάβης .....	35
3.5 Τρόποι άρσης προβλημάτων.....	37
3.6 Γενικά στοιχεία καταναμητών των υπό εξέταση συστημάτων.....	38
3.7 Δομικά στοιχεία ελέγχου .....	40
<b>4. Σενάρια - Βλάβες.....</b>	<b>47</b>
4.1 Παράγοντες - Προκλήσεις .....	47
4.2 Βλάβες Α.Η.Κ (Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου).....	48
4.2.1 Σενάριο 1ο διακοπής ηλεκτρικού ρεύματος στο βρόγχο του δικτύου .....	49
4.2.2 Σενάριο 2ο διακοπής ηλεκτρικού ρεύματος στον σταθμό διανομής του δικτύου .....	50
4.2.3 Σενάριο 3ο διακοπής ηλεκτρικού ρεύματος στον υποσταθμό μεταφοράς του δικτύου .....	51
4.3 Βλάβες στο δίκτυο τηλεπικοινωνιών DSLAMs .....	52
4.4 Σενάρια που αφορούν βλάβες που προκλήθηκαν από υπερτάσεις ηλεκτρικού ρεύματος.....	52
4.5 Μέτρα προστασίας.....	54
4.6 Σενάρια που αφορούν βλάβες σε υποσταθμούς (DSLAMs) σε σχέση με τις υπηρεσίες παροχής στους συνδρομητές.....	55
4.6.1 Σενάριο 1ο: Πρόβλημα στον κεντρικό πάροχο .....	56
4.6.2 Σενάριο 2ο: Διακοπή ρεύματος στο DSLAM-7-.....	59
4.6.3 Σενάριο 3ο: Διακοπή ρεύματος στο DSLAM-7-(2) .....	59
4.6.4 Σενάριο 4ο:Βλάβη δικτύου στο DSLAM-5-.....	60

4.7 Σενάρια Απώλειας Υπηρεσιών .....	61
4.7.1 Σενάριο 1ο: Χρήση υπηρεσιών στις ώρες αιχμής στο DSLAM-1- .....	61
4.7.2 Σενάριο 2ο: Χρήση υπηρεσιών στις ώρες μη αιχμής στο DSLAM-2- .....	62
4.7.3 Σενάριο 3ο: Χρήση υπηρεσιών στις ώρες μη αιχμής στο DSLAM-8- .....	63
<b>5. Προσομοιώσεις - Αλληλεπιδράσεις .....</b>	<b>65</b>
5.1 Ανίχνευση και μετριασμός αλληλεξαρτήσεων μεταξύ δικτύων .....	65
5.2 Ποιότητα Υπηρεσίας QoS (Quality of Service) .....	65
5.3 Τοπολογίες των δικτύων διανομής .....	67
5.4 Τοπολογία αρτηρίας (bus topology) - Προσομοίωση 1η .....	69
5.4.1 Δημιουργία Δικτύου αρτηρίας .....	70
5.5 Τοπολογία Δακτυλίου (Ring topology) - Προσομοίωση 2η .....	80
5.5.1 Δημιουργία δικτύου δακτυλίου .....	81
5.6 Τοπολογία πλέγματος (Mesh topology) - Προσομοίωση 3η .....	89
<b>6. Επίλογος.....</b>	<b>93</b>
6.1 Συμπεράσματα.....	93
6.2 Εισηγήσεις .....	94
6.3 Προοπτικές εξέλιξης .....	95
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>97</b>
Ελληνική Βιβλιογραφία .....	97
Ξένη Βιβλιογραφία .....	97
Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία.....	98



## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Σύνοψη σύγκριση του υπάρχοντος και του έξυπνου δικτύου. ....	12
Πίνακας 2. Γενικά Στοιχεία Διανομής ΑΗΚ .....	19
Πίνακας 3. Γενικά Στοιχεία Δικτύου Μεταφοράς ΑΗΚ.....	20
Πίνακας 4. Σταθμοί Ηλεκτρισμού ΑΗΚ.....	21
Πίνακας 5. Γενικά στοιχεία κατανομών .....	38
Πίνακας 6. Στοιχεία Ηλεκτρικού Δικτύου ΑΗΚ .....	39
Πίνακας 7. Μέγιστες Τιμές Αντιστάσεως .....	55
Πίνακας 8. Πίνακας Σεναρίων .....	76
Πίνακας 9. Χαρακτηριστικά πυκνοκατοικημένης περιοχής- Τοπολογία Δακτυλίου .....	82

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Σταθμός Δεκέλειας.....	22
Εικόνα 2. Σταθμός Μονής .....	23
Εικόνα 3. Ατμοστρόβιλοι Μονής .....	24
Εικόνα 4. Παγκύπριο Ηλεκτρικό δίκτυο.....	28
Εικόνα 5. Σταθμός τροφοδοσίας Περιοχής Μελέτη .....	29
Εικόνα 6. Διακοπή Ρεύματος στο Dslam -7-.....	59
Εικόνα 7. Βλάβη δικτύου στο Dslam -5-.....	60
Εικόνα 8. Υπερφόρτωση Του Πολυπλέκτη (Dslam) 1 .....	61
Εικόνα 9. Ομαλή Λειτουργία Του Πολυπλέκτη (Dslam) 2 .....	62
Εικόνα 10. Λειτουργία Σε Μεγαλύτερες Αποστάσεις Του Πολυπλέκτη (Dslam) 8.....	63
Εικόνα 11. Riverbed Modeler Academic Edition - Version 17.5 .....	68
Εικόνα 12. Bus Topology.....	69
Εικόνα 13. Ρύθμιση Υποσταθμών .....	71
Εικόνα 14. Επιλογή Στατιστικών Υπό Μελέτη.....	72
Εικόνα 15. Διαμόρφωση κόμβων .....	73
Εικόνα 16. Simulation .....	74
Εικόνα 17. Έναρξη Simulation.....	74
Εικόνα 18. Ethcoax delay - traffic sink- traffic received - traffic source - traffic sent - bus utilization .....	75
.....	75
Εικόνα 19. Average traffic sink-traffic received ( packets/sec) - Average traffic source-traffic sent ( packets/sec ) .....	76
.....	76
Εικόνα 20. Ρύθμιση Υποσταθμών .....	77
Εικόνα 21. Ethcoax delay - traffic sink- traffic received - traffic source - traffic sent - bus utilization (2) .....	78
.....	78
Εικόνα 22. Average traffic sink-traffic received ( packets/sec) - Average traffic source-traffic sent ( packets/sec) .....	78
.....	78
Εικόνα 23. Traffic Sent -Received Σενάριο 1 και 2.....	79
Εικόνα 24. Μέσος Όρος :Traffic sink - Traffic received Σεναρίων 1και 2 .....	79
.....	79
Εικόνα 25. Ring topology .....	80
Εικόνα 26. Διαμόρφωση Υποσταθμών.....	84
Εικόνα 27. Επιλογή Στατιστικών .....	85
Εικόνα 28. Παραμετροποίηση Προσομοιωτή .....	86
Εικόνα 29. Έναρξη Προσομοιωτή .....	86
Εικόνα 30. Traffic sink - Traffic source .....	87
Εικόνα 31. Traffic source- Traffic Sent.....	87
Εικόνα 32. Utilization .....	88
Εικόνα 33. Traffic sink - Traffic Received - Utilization .....	88
Εικόνα 34. Τοπολογία πλέγματος (Mesh Topology) .....	89
Εικόνα 35. Παράμετροι κόμβων και Συγκεντρωτή .....	90
Εικόνα 36. Παράδειγμα προσομοίωσης της καθυστέρησης.....	91
Εικόνα 37. Μέση καθυστέρηση ανάλογα με την πυκνότητα των κόμβων.....	92

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1. Παραδοσιακό ηλεκτρικό δίκτυο .....	8
Διάγραμμα 2. Όραμα ενός έξυπνου δικτύου μεταφοράς.....	13
Διάγραμμα 3. Τα χαρακτηριστικά και οι απατήσεις ενός έξυπνου δικτύου.....	14
Διάγραμμα 4. Δίκτυο Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	15
Διάγραμμα 5. Δίκτυο και τροφοδοσία καταναμητών DSLAMs .....	31
Διάγραμμα 6.Επικοινωνία DSLAM - MODEM .....	35
Διάγραμμα 7. DSL (Symmetric DSL).....	40
Διάγραμμα 8. ADSL (Asymmetric DSL) .....	40
Διάγραμμα 9. Απώλεια Δεδομένων - (Packet loss).....	41
Διάγραμμα 10. Μετάδοση δεδομένων.....	41
Διάγραμμα 11. Μετάδοση δεδομένων από το Dslam.....	42
Διάγραμμα 12. Απώλεια Πακέτων Δεδομένων.....	43
Διάγραμμα 13. Εξασθένιση σήματος σε γραμμή 24 AWG μήκους 100m (συνεχής καμπύλη) και 500m (διακεκομμένη καμπύλη) αντίστοιχα. Οι καμπύλες σχεδιάστηκαν με το πρόγραμμα Mat lab. Η μονάδα AWG (American Wire Gauge) χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της διαμέτρου των καλωδίων. .....	45
Διάγραμμα 14. Βλάβη στο βρόγχο του δικτύου .....	49
Διάγραμμα 15. Βλάβη στον σταθμό διανομής του δικτύου .....	50
Διάγραμμα 16. Βλάβη στον υποσταθμό μεταφοράς του δικτύου .....	51
Διάγραμμα 17. Network Topology.....	67
Διάγραμμα 18. Δίκτυο Διανομής Με Τοπολογία Διαδρομής .....	69
Διάγραμμα 19. Δίκτυο Αρτηρίας (Bus) Με 8 Σταθμούς .....	70
Διάγραμμα 20. Δίκτυο διανομής τοπολογίας δακτυλίου .....	81
Διάγραμμα 21. Τοπολογία Αστέρα- Δακτυλίου .....	83

# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

Τον τελευταίο καιρό ολοένα και περισσότερο ακούμε και διαβάζουμε τον όρο «Έξυπνα Δίκτυα». Τα έξυπνα δίκτυα δεν είναι προϊόν επιστημονικής φαντασίας, αλλά μία εξέλιξη των σημερινών δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας. Τα έξυπνα δίκτυα θα επιτρέπουν την αποδοτικότερη χρήση της υπάρχουσας εγκατεστημένης ισχύος και της υποδομής μεταφοράς και διανομής ενέργειας, με χαμηλότερη ένταση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Θα διευκολύνουν επίσης την επέκταση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με χρήση Φωτοβολταϊκών και ανεμογεννητριών. Με τα έξυπνα δίκτυα, θα μπορούμε να συνδέσουμε περιοχές με μεγάλη ζήτηση, όπως η Κεντρική Ευρώπη, με περιοχές με μεγάλο δυναμικό σε ανανεώσιμη ενέργεια, όπως η Νότια Ευρώπη ή η Βόρεια Αφρική και να προσφέρουμε μία πιο βιώσιμη παραγωγή ενέργειας και κέρδη για όλους τους λαούς του πλανήτη.

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία θα ασχοληθεί με τα έξυπνα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας (smart grids) . θα εξεταστούν όλες οι πιθανές πτυχές του θέματος που ως τελικό αποτέλεσμα θα έχουν την εφαρμογή τους πάνω σε ένα εικονικό ή και πραγματικό ακόμα περιβάλλον, κάτι το οποίο θα οριστεί κατά τη διάρκεια της έρευνας.

## 1.1 Αναγκαιότητα και σπουδαιότητα της έρευνας

Το σημερινό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας αποτελείται από ένα σύνθετο δίκτυο διασυνδεδεμένων σταθμών παραγωγής ενέργειας, υποδομών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, υποδομών διανομής και το φορτίο του, με τη ενέργεια και την επικοινωνία να ρέουν μόνο προς μία κατεύθυνση - προς το φορτίο. Το σύγχρονο δίκτυο Smart Grid οραματίζεται ένα διασυνδεδεμένο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας που βελτιστοποιεί τη μετάδοση, τη διανομή, την παρακολούθηση και τον έλεγχο της ηλεκτρικής ενέργειας, επιτρέποντας την αμφίδρομη επικοινωνία και ροή της. Για την υλοποίηση αυτού του οράματος, απαιτείται μια υποδομή που υποστηρίζει αυτήν την αμφίδρομη ροή και επιτρέπει στους καταναλωτές όχι μόνο να αντλούν ενέργεια, αλλά και να παρέχουν το πλεόνασμα τους στο δίκτυο.

Κάθε πελάτης θα είναι εξοπλισμένος με έναν έξυπνο μετρητή (Smart Meter) που επιτρέπει την παρακολούθηση και μέτρηση αυτής της αμφίδρομης ροής. Η νέα υποδομή θα μπορούσε μελλοντικά να ενσωματώσει εκατομμύρια από μικρότερες πηγές ενέργειας (π.χ. ηλιακή, αιολική ενέργεια κ.λπ.). Μέσω της πληροφορίας για την στιγμιαία ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας θα επέλθει καλύτερη εξισορρόπηση του φορτίου, η οποία θα βοηθήσει τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας να ταιριάζουν την παραγωγή τους με τη ζήτηση. Το Smart Grid θα πληροφορεί τους καταναλωτές για τις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας και για τη χρήση της σε συνεχή βάση. Η γνώση αυτή από την πλευρά των καταναλωτών, θα τους δώσει τη δυνατότητα να τροποποιήσουν τη συμπεριφορά τους σε πραγματικό χρόνο, ώστε να μπορούν να εξοικονομούν ενέργεια και να μειώσουν τα έξοδα τους.

Επιπλέον, οι τεχνολογίες τηλεπικοινωνιών, που θα επικαλύπτουν το Smart Grid, θα υποστηρίζουν τον σύγχρονο μηχανισμό μέτρησης φάσης (synchrophasor mechanism) μεταδίδοντας πληροφορίες για την κατάσταση του συστήματος με χαμηλό λανθάνον χρόνο (Low Latency), βελτιώνοντας έτσι το συγχρονισμό δικτύου, τον σχεδιασμό του συστήματος, τη λειτουργία του, τη συντήρηση του και τις ενεργειακές συναλλαγές. Ωστόσο, οι τεχνολογίες δικτύωσης και τα

πρωτόκολλα επικοινωνίας, πρέπει να επιλέγονται προσεκτικά. Η χρήση εναλλακτικών πηγών, η βελτιωμένη αξιοπιστία της μετάδοσης και οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση, θα συμβάλουν στην αύξηση του ανταγωνισμού μεταξύ των παρόχων. Αυτός ο ανταγωνισμός, σε συνδυασμό με την ευρύτερη χρήση των *synchronous* θα επιτρέψουν την ευρύτερη ενσωμάτωση του δικτύου, καθώς και την πιο αποτελεσματική εξισορρόπηση του. Η εξισορρόπηση γίνεται ακόμη πιο σημαντική καθώς αυξάνει ο αριθμός των εναλλακτικών πηγών ενέργειας.

Τεχνολογικά, το Smart Grid μπορεί να θεωρηθεί ως μια υπέρθεση ενός δικτύου επικοινωνιών πάνω στο ηλεκτρικό δίκτυο. Το δίκτυο επικοινωνίας του θα παρέχει υπηρεσίες υψηλότερου επιπέδου, όπως σε πραγματικό χρόνο παράδοση των δεδομένων που συλλέγονται από τους αισθητήρες, και θα υλοποιηθεί πάνω από διάφορα υποστρώματα τεχνολογιών δικτύου. Υπάρχει μια σειρά από υποψήφια μέσα επικοινωνίας, όπως τα ασύρματα, η επικοινωνία μέσω γραμμών μεταφοράς (Power Line Communications) και άλλες υπάρχοντες υποδομές. Για την επιλογή δικτύου που βασίζεται στις επικοινωνίες μέσω των γραμμών μεταφοράς, δεν απαιτείται σημαντική επιπλέον ανάπτυξη της υποδομής καθώς το μέσο υπάρχει ήδη. Υπάρχουν ωστόσο γνωστά προβλήματα με τη χρήση αυτής της τεχνολογίας που πηγάζουν από την κακή αξιοπιστία και το χαμηλό εύρος ζώνης. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα χρήσης ασύρματης επικοινωνίας με βάση το διαθέσιμο εύρος ζώνης. Αυτό συνεπάγεται την εγκατάσταση *cognitive radios* σε κάθε τμήμα της διανομής, όπου το καθένα θα επικοινωνεί με το επόμενο δημιουργώντας μια αδιάκοπη αλυσίδα επικοινωνίας σε όλο το δίκτυο. Ο τρίτος τρόπος είναι η διατήρηση ενός μέρους των υφιστάμενων υποδομών υψηλής ταχύτητας σύνδεσης στο διαδίκτυο για την επικοινωνία στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Υπάρχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα για κάθε μια από τις επιλογές και, στην πράξη, είναι πιθανό ότι και οι τρεις τρόποι επικοινωνίας θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την επικοινωνία του Smart Grid σε κάποιο βαθμό. Σημαντική είναι η αξιολόγηση των βασικών παραγόντων, όπως το εύρος ζώνης, η λανθάνουσα κατάσταση, η ασφάλεια και η αξιοπιστία των υποδομών. Κάθε τεχνολογία έχει διαφορετικές στατιστικές ιδιότητες για καθέναν από αυτούς τους βασικούς παράγοντες, και θα πρέπει να ενσωματωθεί προσεκτικά. Είναι αβέβαιο το πώς θα επιτευχθεί το όραμα του Smart Grid, και

πως ή ποιές καινοτομίες θα διαμορφώσουν το μέλλον. Δεν υπάρχουν μόνο οι τρέχουσες απαιτήσεις και τα θέματα του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και τα μελλοντικά σενάρια και οι συνακόλουθες επιπτώσεις τους (π.χ. ηλεκτρικά αυτοκίνητα). Αρκετές σκέψεις έχουν πραγματοποιηθεί, είτε με το βλέμμα στο παρόν είτε στο μέλλον, αλλά σε όλες υπάρχουν πολλά κενά στον τομέα των τεχνολογιών που απαιτούνται για την πλήρη υποστήριξη του δικτύου. Αυτές οι τεχνολογίες μαζί με την τηλεπικοινωνιακή υποδομή, τις μεθόδους αποθήκευσης και την λήψη και αποστολή μετρήσεων (metering), θα πρέπει να ενσωματωθούν και να συνεργάζονται άψογα μεταξύ τους. Ακριβώς όπως το διαδίκτυο εξελίχθηκε με την πάροδο του χρόνου από τις αλλαγές στην τεχνολογία της επικοινωνίας, την ανάπτυξη νέων πρωτοκόλλων και την εμφάνιση νέων εφαρμογών, έτσι θα εξελιχθεί το Smart Grid. Μπορούμε να ονειρευόμαστε ένα ενεργειακό 'σύννεφο' και έναν 'ιστό' πληροφοριών που με τη χρήση τυποποιημένων πρωτοκόλλων παρέχουν αδιάκοπη επικοινωνία μεταξύ καταναλωτών και παρόχων σε όλο το δίκτυο. [20]

## **1.2 Αναγκαιότητα και σπουδαιότητα της έρευνας σε ευρωπαϊκό επίπεδο**

Η πολιτική της Ευρωπαϊκής Επιτροπής στον τομέα αυτό ορίζεται στην ανακοίνωση «Έξυπνα Δίκτυα – από την Καινοτομία στην Ανάπτυξη» (Απρίλιος 2011). Σύμφωνα με την Επιτροπή, τα έξυπνα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να μειώσουν τις εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά 9% των νοικοκυριών και την κατανάλωση ενέργειας κατά 10%. Τα έξυπνα δίκτυα έχουν συνεπώς να διαδραματίσουν ζωτικό ρόλο για να μπορέσει η ΕΕ να επιτύχει τους στόχους της ολοκληρωμένης ενέργειας και την κλιματική αλλαγή (που εγκρίθηκε το Δεκέμβριο του 2008) αποκαλούμενη «20-20-20».

## **1.3 Βασικά ερευνητικά ερωτήματα**

Στο στάδιο αυτό χρειάστηκε να μελετήσουμε, να αναλύσουμε αλλά και να εξαγάγουμε συμπεράσματα όσον αφορά τα Smart Grid σε σχέση με το ηλεκτρικό

δίκτυο και τις εφαρμογές που μπορούν να εφαρμοστούν σε αυτό, όπως και στο δίκτυο τηλεπικοινωνιών .

Η ανάλυση επικεντρώνεται σε ρεαλιστικά στοιχεία τα οποία αναφέρονται σε περειαίρω βήματα στο κομμάτι των Smart Grid σε σχέση με το ηλεκτρικό δίκτυο, αυτό συνέβη γιατί για λόγους προσωπικού απορρήτου δεν ήταν διαθέσιμα στοιχεία και πληροφορίες για σκοπούς έρευνας που αφορούν τις τηλεπικοινωνίες , αρά κατά επέκταση και τα σενάρια είναι περιορισμένα σε εικονικά σενάρια και με περιορισμένο όγκο πληροφοριών.

Εναλλακτικά στο κομμάτι του ηλεκτρικού δικτύου καταφέραμε να συλλέξουμε περισσότερα στοιχεία κατόπιν έρευνας που πραγματοποιήθηκε και κατ' επέκταση της ανάλυσης που θα δούμε σε επόμενα βήματα.

Αρχικά θα πραγματοποιηθεί πλήρη ανασκόπηση των υφιστάμενων συστημάτων τεχνολογίας δικτύων και δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και έξυπνων δικτύων τα οποία θα μας απασχολήσουν στο μεγαλύτερο μέρος της διατριβής.

- Θα εξεταστούν οι προοπτικές ανέλιξης της συγκεκριμένης τεχνολογίας καθώς επίσης και τα πιθανά προβλήματα που μπορούν να προκύψουν είτε στην πορεία είτε μετέπειτα ,όπως επίσης και ο βαθμός εξέλιξης αλλά και αναβάθμισης τους.

Ένα δίκτυο είναι έξυπνο, όταν χρησιμοποιούνται σε αυτό τεχνολογίες πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών για να γίνει:

- ✓ Συλλογή πληροφορίας για τη λειτουργία του
- ✓ Επεξεργασία της πληροφορίας αυτής
- ✓ Λήψη μιας απόφασης / ενός μέτρου για τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας του
- Θα οριστεί τι είναι έξυπνο δίκτυο αλλά και που βρίσκει εφαρμογή για να γίνει πλήρως κατανοητό τόσο ως προς την δομή του όσο και ως την πραγματική του εφαρμογή σε πραγματικά περιβάλλοντα. Οποιοδήποτε λειτουργικό πρόβλημα στα δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.



Αναγκαία βήματα:

- Ορισμός προβλήματος - καθορισμός απαιτήσεων
- Πεδίο εφαρμογής

Τεχνολογία:

- Μετρητικές διατάξεις
- Ενσωματωμένα συστήματα
- Τεχνολογίες τηλεπικοινωνιών
- Ευφυές λογισμικό

Βούληση:

- Ευρωπαϊκό επίπεδο
- Ελλάδα – Κύπρος

- Θα αναλυθεί η σημερινή μορφή συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας και δικτύων διανομής , στη συνέχεια θα δείξουμε τα πεδία εφαρμογής τεχνικών έξυπνων δικτύων καθώς και τις ευκαιρίες αυτών.

Παραδείγματα:

Δίκτυο διανομής:

- Βελτιστοποίηση αξιοπιστίας
- ελαχιστοποίηση απωλειών
- διαχείριση διανεμημένης παραγωγής

Διαχείριση ζήτησης:

- Μετατροπή καταναλωτών από ανελαστικά φορτία σε ενεργά τμήματα του δικτύου
- Διαχείριση προβλημάτων λειτουργίας / αγοράς

Καταναλωτές:

- Εξορθολογήσεις
- Εξοικονόμηση

Τέλος, θα αναλύσουμε και θα εκτελέσουμε σενάρια για να ελέγξουμε τις περιπτώσεις χρήσης ηλεκτρικού ρεύματος σε συσχέτιση με τις τηλεπικοινωνίες και τα πιθανά προβλήματα που μπορούν να αποφέρουν, αλλά και πόσο μπορούν να επηρεάσουν την ορθή λειτουργία τους.

Το κύριο θέμα της διπλωματικής είναι να προτείνουμε λύσεις στα προβλήματα που συναντάμε σήμερα στις τηλεπικοινωνίες για τον εξής απλό λόγο ότι είναι αλληλένδετα σήμερα με τους παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας. Συνεπώς όσο πιο ευέλικτο και λειτουργικό γίνει ένα σύστημα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας τόσο πιο εύκολα θα υποστηρίξετε το δίκτυο τηλεπικοινωνιών με μικρότερες απώλειες. υπηρεσιών .

Εν κατακλείδι θα γίνει ανασκόπηση των τεχνολογιών όπου και θα προτείνουμε λύσεις και προτάσεις για βελτίωση και αποτροπή ενδεχόμενων προβλημάτων.

# Κεφάλαιο 2

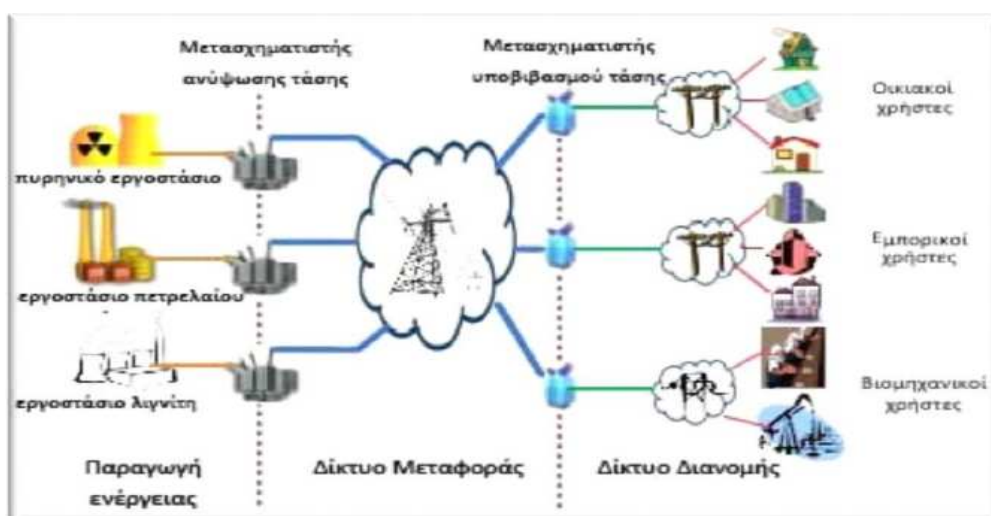
## Έξυπνα Δίκτυα

Η συνεχής αύξηση κατανάλωσης ενέργειας καθώς και η αναμενόμενη εξάντληση ορυκτών καυσίμων, η διακύμανση των τιμών του πετρελαίου και η ανάγκη για αειφόρο ανάπτυξη και περιβαλλοντική προστασία ωθούν στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με ανανεώσιμες πηγές.

Παρόλα αυτά η αυξανόμενη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η επιπλέον επιβάρυνση του δικτύου, οδηγούν στη μεταμόρφωση του υπάρχοντος δικτύου, από ένα δίκτυο με συγκεντρωμένη παραγωγή, όπου η ισχύς ρέει προς μια κατεύθυνση και ελέγχεται από τις διαχειριστικές αρχές, σε ένα έξυπνο δίκτυο όπου η παραγωγή είναι διανεμημένη και η ισχύς ρέει προς οποιαδήποτε κατεύθυνση [23].

Η προσομοίωση ενός έξυπνου δικτύου θα μπορούσε να διευκολύνει τη μετάβαση από το παραδοσιακό στο έξυπνο δίκτυο.

### 2.1 Παραδοσιακό ηλεκτρικό δίκτυο



Διάγραμμα 1. Παραδοσιακό ηλεκτρικό δίκτυο.

Το υπάρχον παραδοσιακό δίκτυο βρίσκεται υπό μεγάλη πίεση από τις ανάγκες που προκύπτουν από τους καταναλωτές, την αγορά, το περιβάλλον και αποθέματα υποδομών. Για να ξεπεράσουμε τέτοιου είδους προβλήματα ένα νέο ηλεκτρικό δίκτυο, ένα έξυπνο δίκτυο μπορεί να υλοποιηθεί ένα έξυπνο δίκτυο.

## **Αναμενόμενα οφέλη ενός έξυπνου δικτύου**

" Τα αναμενόμενα οφέλη από ένα σύγχρονο ηλεκτρικό δίκτυο είναι πολλά καθώς ένα έξυπνο δίκτυο:

- Βελτιώνει την αξιοπιστία και την ποιότητα της ενέργειας.
- Βελτιστοποιεί την αξιοποίηση των εγκαταστάσεων και αποτρέπει την κατασκευή εφεδρικών (για φορτία αιχμής) σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Ενισχύει τη χωρητικότητα και την αποδοτικότητα των υπάρχοντων ηλεκτρικών δικτύων.
- Βελτιώνει την ανθεκτικότητα προς βλάβες/διακοπές.
- Επιτρέπει την προληπτική συντήρηση και την αυτό-αποκατάσταση σε περίπτωση διαταραχών του συστήματος.
- Διευκολύνει την ευρεία ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Χρησιμοποιεί κατανεμημένες πηγές ενέργειας.
- Αυτοματοποιεί τη συντήρηση και τη λειτουργία.
- Μειώνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα επιτρέποντας τη χρήση ηλεκτρικών οχημάτων και νέων πηγών ενέργειας.
- Μειώνει την κατανάλωση πετρελαίου, μειώνοντας την ανάγκη για ανεπαρκή παραγωγή κατά τις περιόδους χρήσης αιχμής.
- Παρουσιάζει ευκαιρίες για τη βελτίωση της ασφάλειας του δικτύου.
- Δίνει τη δυνατότητα μετάβασης σε plug - in ηλεκτρικά οχήματα και νέων επιλογών αποθήκευσης της ενέργειας.
- Αυξάνει τις επιλογές των καταναλωτών.
- Δίνει τη δυνατότητα για νέα προϊόντα, υπηρεσίες και αγορές και επιτρέπει την πρόσβαση των καταναλωτών σε αυτά.

Ο όρος Έξυπνο Δίκτυο δεν έχει ακριβή έννοια. Η χροιά του μπορεί να αποδοθεί από διαφορετικές οπτικές γωνίες και η ερμηνεία του από τους ειδικούς των διαφόρων πεδίων πιθανότατα θα διαφέρει. Διαφορετικοί ορισμοί του Έξυπνου δικτύου περιλαμβάνουν:

- Η Ευρωπαϊκή Πλατφόρμα Τεχνολογίας ( European technology platform) το ορίζει ως: Ένα Έξυπνο Δίκτυο είναι ένα ηλεκτρικό δίκτυο που μπορεί έξυπνα να ενοποιήσει τις δράσεις όλων των συνδεδεμένων σε αυτό χρηστών παραγωγούς, καταναλωτές και αυτούς που κάνουν και τα δυο- με σκοπό την αποδοτική διανομή βιώσιμων, οικονομικών και ασφαλών ηλεκτρικών προμηθειών.
- Σύμφωνα με το Τμήμα Ενέργειας των ΗΠΑ: Ένα Έξυπνο Δίκτυο χρησιμοποιεί την ψηφιακή τεχνολογία για να βελτιώσει την αξιοπιστία, την ασφάλεια και την αποδοτικότητα (τόσο την οικονομική όσο και την ενεργειακή) του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας –από τη μεγάλη παραγωγή, μέσω των συστημάτων μεταφοράς, έως τους καταναλωτές- και έναν αυξανόμενο αριθμό μέσων αποθήκευσης και κατανεμημένης παραγωγής.
- Σε άλλη αναφορά το Έξυπνο Δίκτυο ορίζεται: Ένα Έξυπνο Δίκτυο χρησιμοποιεί αισθητήρες, ενσωματωμένη επεξεργασία και ψηφιακές επικοινωνίες για να καταστήσει το ηλεκτρικό δίκτυο παρατηρήσιμο (ικανό να υπολογιστεί και να απεικονιστεί), ελέγξιμο (διαχειρίσιμο και ικανό να βελτιστοποιηθεί), αυτοματοποιημένο (ικανό να προσαρμοστεί και να αυτό-θεραπευτεί), πλήρως διασυνδεδεμένο (πλήρως διαλειτουργικό με τα υπάρχοντα συστήματα και με την ικανότητα να ενσωματώσει ένα διαφορετικό σύνολο πηγών ενέργειας).

Επιπλέον ορισμοί αναφέρονται σε ένα Έξυπνο Δίκτυο που:

Συνεπάγεται τη μετατροπή σε ένα ικανό για μετάδοση πληροφοριών και άκρως διασυνδεδεμένο δίκτυο μεταξύ των καταναλωτών και των παρόχων ηλεκτρικής ενέργειας, που περικλείει την παραγωγή, τη μεταφορά και τη διανομή. Δημιουργεί την πλατφόρμα για την ανάπτυξη έξυπνων τεχνολογιών που βελτιώνουν τη διαχείριση φορτίου και την απόκριση ζήτησης. Θα κάνει τα συστήματα μεταφοράς ενέργειας των χωρών πιο αποδοτικά, θα ενθαρρύνει τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και θα παρέχει στους καταναλωτές

καλύτερο έλεγχο της χρήσης και του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι μια ακριβή μοντεροποίηση του ηλεκτρικού δικτύου που περιλαμβάνει την υποστήριξη πραγματικού-χρόνου, αμφίδρομης ψηφιακής επικοινωνίας μεταξύ των επιχειρήσεων ηλεκτρισμού και των όλο και πιο συνειδητοποιημένων ενεργειακά καταναλωτών. Είναι μια συλλογή ιδεών/σχεδίων για την παροχή ενέργειας επόμενης γενιάς, που περιλαμβάνει νέα στοιχεία παροχής ισχύος, παρακολούθηση και έλεγχο σε όλο το δίκτυο ενέργειας και περισσότερες και πιο ενημερωμένες επιλογές για τους καταναλωτές. Είναι ένα σύγχρονο, βελτιωμένο, ανθεκτικό και αξιόπιστο ηλεκτρικό δίκτυο που στηρίζει την περιβαλλοντική διαχείριση, είναι ασφαλές, οικονομικά αποδοτικό και είναι ένας κύριος μοχλός για την οικονομική σταθερότητα και ανάπτυξη. Είναι ένα σύγχρονο ηλεκτρικό σύστημα. Χρησιμοποιεί αισθητήρες, παρακολούθηση, επικοινωνίες, αυτοματισμό και υπολογιστικά συστήματα για να βελτιώσει την ευελιξία, την ασφάλεια, την αξιοπιστία και την αποδοτικότητα του ηλεκτρικού συστήματος. Είναι μια υποδομή που δίνει έμφαση στον ενεργό αντί στον παθητικό έλεγχο.

Συνοψίζοντας κάποιους ορισμούς, θα λέγαμε ότι ο όρος Έξυπνο Δίκτυο αναφέρεται σε ένα τελείως εκσυγχρονισμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας το οποίο παρακολουθεί, προστατεύει και βελτιστοποιεί τη λειτουργία των διασυνδεδεμένων σε αυτό στοιχείων από άκρο σε άκρο. Πρόκειται για μια υποδομή που στόχο έχει την ενίσχυση της αποδοτικότητας και της αξιοπιστίας μέσω αυτομάτου ελέγχου, μετατροπών υψηλής ισχύος, σύγχρονης δομής επικοινωνιών, τεχνολογιών αισθητήρων/μετρητών και σύγχρονων τεχνικών διαχείρισης ενέργειας βασισμένων στη βελτιστοποίηση της ζήτησης, τη διαθεσιμότητας της ενέργεια και του δικτύου κ.ά. Το σύστημα περιλαμβάνει κεντρικές και κατακεμημένες ηλεκτρικές γεννήτριες μέσω του δικτύου υψηλής τάσης και σύστημα διανομής χαμηλής τάσης σε βιομηχανικούς χρήστες ή συστήματα αυτοματισμού οικιακών κτηρίων, σε εγκαταστάσεις αποθήκευσης ενέργειας και σε τελικούς καταναλωτές. Το έξυπνο δίκτυο θα χαρακτηρίζεται από αμφίδρομη ροή ηλεκτρικής ενέργειας και πληροφοριών για τη δημιουργία ενός αυτοματοποιημένου, ευρέως κατακεμημένου δικτύου διανομής ενέργειας. Ενσωματώνει στο δίκτυο τα πλεονεκτήματα των κατακεμημένων υπολογιστικών συστημάτων και των επικοινωνιών, για τη μεταφορά σε

πραγματικό χρόνο πληροφοριών με σκοπό την εξισορρόπηση της παροχής και της ζήτησης ρεύματος."

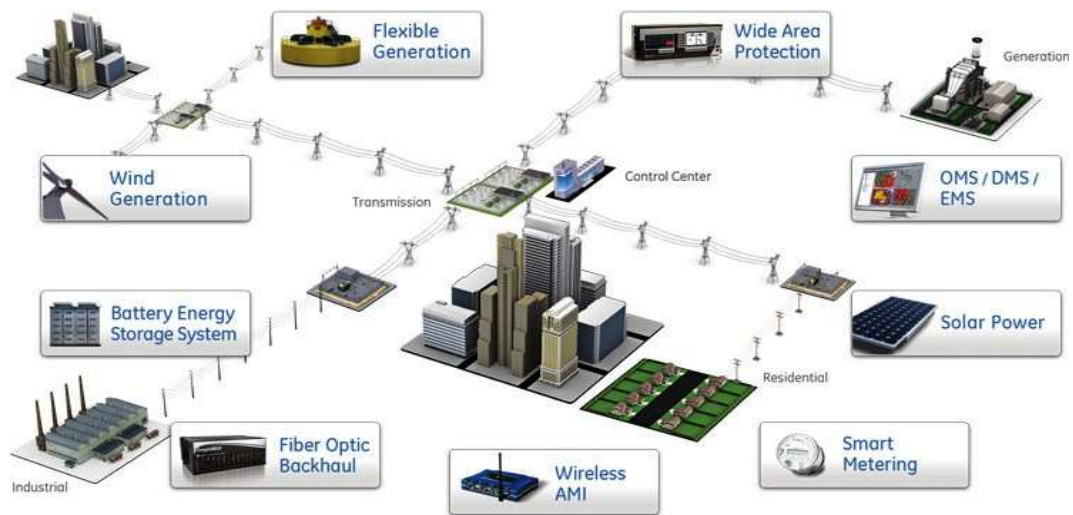
<b>Υπάρχον δίκτυο</b>	<b>Έξυπνο δίκτυο</b>
Ηλεκτρομηχανολογικό	ψηφιακό
Μονόδρομη επικοινωνία	Αμφίδρομη επικοινωνία
Κεντρική παραγωγή	Κατανεμημένη παραγωγή
Λίγοι αισθητήρες	Αισθητήρες παντού
Χειροκίνητη παρακολούθηση	Αυτό-παρακολούθηση
Χειροκίνητη αποκατάσταση/επαναφορά	Αυτό-θεραπεία
Βλάβες και διακοπές ρεύματος	Προσαρμοστικότητα και Νησιδοποίηση
Περιορισμένος έλεγχος	Εις βάθος έλεγχος
Λίγες επιλογές των πελατών	Πολλές επιλογές των πελατών

**Πίνακας 1.**Σύντομη σύγκριση του υπάρχοντος και του έξυπνου δικτύου

## **2.2 Προκλήσεις και ανάγκες**

Οι προσκλήσεις που έχουμε να αντιμετωπίσουμε και οι ανάγκες του μελλοντικού έξυπνου δικτύου μεταφοράς συνοψίζονται σε τέσσερις κατηγορίες:

1. Περιβαλλοντικές προκλήσεις.
2. Ανάγκες αγοράς/καταναλωτών.
3. Προκλήσεις Υποδομής.
4. Καινοτόμες Τεχνολογίες.



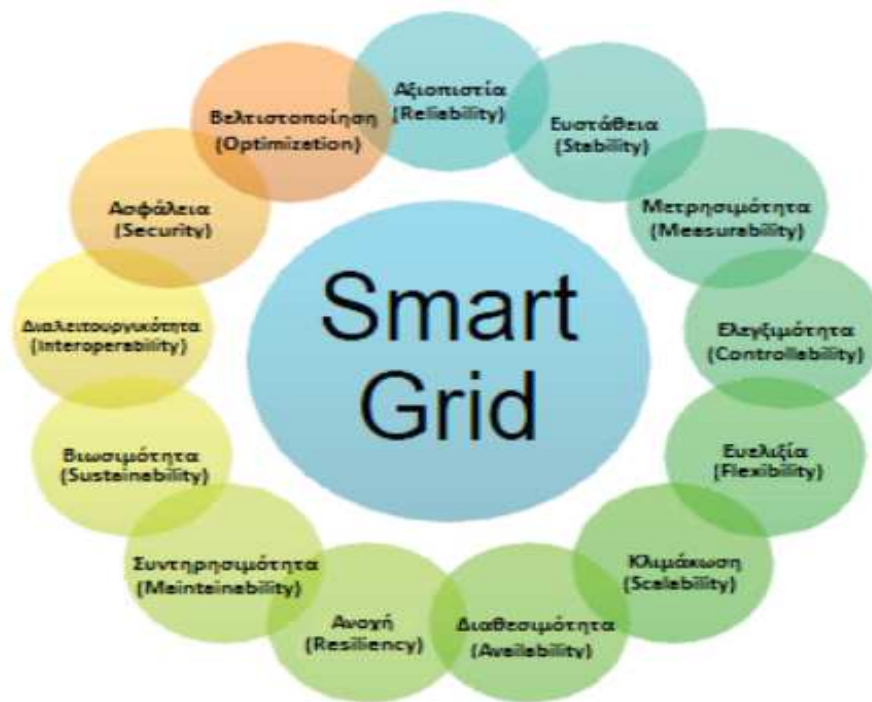
Διάγραμμα 2. Όραμα ενός έξυπνου δικτύου μεταφοράς

## 2.3 Πλαίσιο και χαρακτηριστικά των έξυπνων δικτύων μεταφοράς

Στην εικόνα που ακολουθεί καταγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά ενός έξυπνου δικτύου. Αποτελούν προκλήσεις που πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη κατά το σχεδιασμό ενός έξυπνου δικτύου.

- Αξιοπιστία και Ευστάθεια (Reliability and Stability)
- Μετρησιμότητα και Ελεγχιμότητα (Measurability and Controllability)
- Ευελιξία και Κλιμάκωση (Flexibility and Scalability)
- Διαθεσιμότητα (Availability)
- Ανθεκτικότητα (Resiliency)
- Δυνατότητα συντήρησης (Maintainability)
- Βιωσιμότητα (Sustainability)
- Διαλειτουργικότητα (Interoperability)
- Ασφάλεια (Security)
- Βελτιστοποίηση (Optimization)
- Ψηφιοποίηση (Digitalization)
- Ευφυΐα (intelligence)
- Προσαρμογή (Customization)





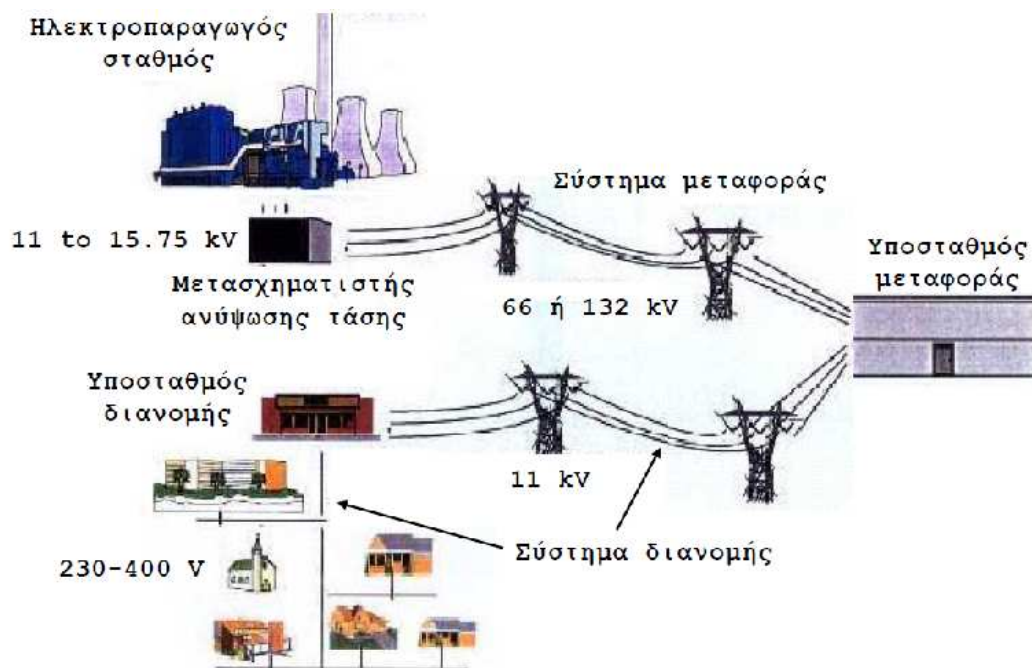
**Διάγραμμα 3.** Τα χαρακτηριστικά και οι απαιτήσεις ενός έξυπνου δικτύου

# Κεφάλαιο 3

## Μελέτη Δικτύων Ηλεκτρικής Ενέργειας - Δικτύων Τηλεπικοινωνιών

### 3.1 Τι είναι το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας?

Είναι το μεγαλύτερο και πιο σύνθετο δυναμικό σύστημα που κτίστηκε ποτέ από ανθρώπους.



Διάγραμμα 4. Δίκτυο Μεταφοράς Ηλεκτρικής ενέργειας

## **Δίκτυο μεταφοράς**

- Δίκτυο υψηλής τάσης (66 ή 132 kV).
- Μεταφέρει την ηλεκτρική ισχύ από τους σταθμούς παραγωγής στους υποσταθμούς μεταφοράς.
- Γίνεται σε ψηλή τάση για να μειωθούν οι απώλειες ισχύος  $I^2R$ , αφού η μεταφορά γίνεται σε μεγάλες αποστάσεις.

## **Δίκτυο διανομής**

- Περιλαμβάνει (α) το δίκτυο διανομής μέσης τάσης (11 kV) που μεταφέρει την ηλεκτρική ισχύ από τους υποσταθμούς μεταφοράς στους υποσταθμούς διανομής (β) το δίκτυο διανομής χαμηλής τάσης (230/400V) που μεταφέρει την ηλεκτρική ισχύ από τους υποσταθμούς διανομής στους καταναλωτές.
- Είναι το μεγαλύτερο σύστημα σε συνολικό μήκος αγωγών.
- Το ρεύμα στην Κύπρο είναι 240 volt, A.C. 50Hz.

# **3.2 Γενικά στοιχεία ηλεκτρικού δικτύου της Κύπρου**

## **Συστήματα Υποδομής**

### **1. Σύστημα Τηλεελέγχου και Διαχείρισης Ενέργειας (ΣΤΗΔΕ)**

Το μηχανογραφημένο Σύστημα Τηλεελέγχου και Διαχείρισης Ενέργειας (ΣΤΗΔΕ) πραγματικού χρόνου λειτούργησε το 1997. Ελέγχει μέσω του Κέντρου Ελέγχου Ενέργειας (ΚΕΕ) και των Περιφερειακών Κέντρων Ελέγχου, τα συστήματα Παραγωγής, Μεταφοράς και Πρωτεύοντος Δικτύου Διανομής [21].

## **2. Σύστημα Τηλεχειρισμού Φορτίου (ΣΤΗΦΟΡ)**

Το Σύστημα αυτό χρησιμοποιείται για την διαχείριση ελεγχόμενου φορτίου στις εγκαταστάσεις των καταναλωτών (θερμοσυσσωρευτές, κεντρικά συστήματα κλιματισμού, υδραντλίες, οδικός φωτισμός, κλπ.) χρησιμοποιώντας ως τηλεπικοινωνιακό μέσο το δίκτυο Μεταφοράς και Διανομής [21].

## **3. Γεωγραφικό Διαχειριστικό Σύστημα Δεδομένων Δικτύου (ΓεωΔιαΣ) σε περιβάλλον GIS**

Το Γεωγραφικό Διαχειριστικό Σύστημα Δεδομένων Δικτύου (ΓεωΔιαΣ) της ΑΗΚ, σε περιβάλλον GIS, αποτελεί βασικό πυλώνα του στρατηγικού σχεδιασμού του Οργανισμού. Στόχος η καθημερινή εργασία των τεχνικών τμημάτων, και όχι μόνον, να διεκπεραιώνεται σε ένα ενιαίο περιβάλλον προσομοίωσης του ηλεκτρικού δικτύου, με εργαλεία φιλικά προς το χειριστή, σε λιγότερο χρόνο με καλύτερες και ασφαλέστερες αποφάσεις και αποτελέσματα.

Το GIS απευθύνεται σε όλο το προσωπικό σε όλες τις βαθμίδες και σκοπός του είναι να προσφέρει εργαλεία και εφαρμογές για τη βέλτιστη και έγκαιρη λήψη στρατηγικών αποφάσεων λειτουργικής, νομικής, διοικητικής, οικονομικής υφής αποτελώντας όργανο σχεδιασμού και ανάπτυξης. Επίσης επιδιώκεται η μοναδιαία καταχώριση όλων των δεδομένων, από το καταλληλότερο σύστημα, μέσω διασυνδέσεων με όλα τα απαραίτητα συστήματα του Οργανισμού [21].

## **4. Δίκτυο Οπτικών Ινών**

Η Αρχή διαθέτει εκτεταμένο εναέριο και υπόγειο δίκτυο οπτικών ινών. Το Σύστημα Οπτικών Ινών της Αρχής, που εγκαταστάθηκε το 2000, διασυνδέει 21 Υποσταθμούς Μεταφοράς, Ηλεκτροπαραγωγούς Σταθμούς και Γραφεία της Αρχής, με σκοπό την εξυπηρέτηση των αναγκών των συστημάτων Τηλεέγχου και Διαχείρισης Ενέργειας, Τηλεπροστασίας Γραμμών Μεταφοράς, Τηλεφωνίας, Τηλεχειρισμού Φορτίου, Πληροφορικής και άλλων υπηρεσιών [24].

## Δίκτυο Διανομής

Το Δίκτυο Διανομής αποτελεί το συνδεδετικό κρίκο του συστήματος Μεταφοράς της ΑΗΚ, και των πελατών. Αναλυτικά τα στοιχεία του Δικτύου Διανομής της ΑΗΚ φαίνονται στο πιο κάτω Πίνακα: [21]

Περιγραφή	Μονάδα	Σε Λειτουργία 31.12.06	Τέθηκαν Σε Λειτουργία Το 2007	Τέθηκαν Εκτός Λειτουργίας Το 2007	Σε Λειτουργία 31.12.2007
Διαζυγικοί Μετασχηματιστές 132/66kV	Αρ.	12	-	-	12
	MVA	603	-	-	603
Μετασχηματιστές υποβιβασμού 132/11kV	Αρ.	67	3	-	70
	MVA	2 119	96	-	2215
Μετασχηματιστές υποβιβασμού 132/6,6kV	Αρ.	2	-	-	2
	MVA	58	-	-	58
Μετασχηματιστές υποβιβασμού 132/3,3kV	Αρ.	2	-	-	2
	MVA	20	-	-	20
Μετασχηματιστές υποβιβασμού 66/11kV	Αρ.	68	1	-	69
	MVA	668,5	15	-	683,5
Μετασχηματιστές υποβιβασμού 66/3,3kV	Αρ.	2	-	-	2
	MVA	5	-	-	5
Μετασχηματιστές αναβιβασμού 15,75/132kV	Αρ.	2	-	-	2
	MVA	330	-	-	330
Μετασχηματιστές αναβιβασμού 11/132kV	Αρ.	13	-	-	13
	MVA	741	-	-	741
Μετασχηματιστές αναβιβασμού 11/66kV	Αρ.	4	-	-	4
	MVA	150	-	-	150
Υποσταθμοί	Αρ.	50	1	-	51
Ενεργοποίηση Υποσταθμού: "Ομόνοια" - Καμιά Απο-ενεργοποίηση					
<b>ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ:</b>					
Εναέριες Γραμμές Μέσης Τάσης	km	5 059,07	111,43	29,13	5 141,37

Υπόγεια Καλώδια Μέσης Τάσης	km	2 499,81	182,76	23,12	2 659,45
Εναέριες Γραμμές Χαμηλής Τάσης	km	8 362,05	215,26	36,24	8 541,07
Υπόγεια Καλώδια Χαμηλής Τάσης	km	2 559,68	460,44	0,14	3 019,98
Εναέριοι Μετασχηματιστές 22 000-11 000/433/250V	Αρ.	8 190	312	98	8 404
	kVA	740 127	54 428	29 514	765 041
Επίγειοι Μετασχηματιστές 22 000-11 000/433V	Αρ	4 208	316	7	4 517
	kVA	2 253 505	218 800	30 105	2 442 200

**Πίνακας 2.** Γενικά Στοιχεία Διανομής ΑΗΚ

### Δίκτυο Μεταφοράς

Το Δίκτυο Μεταφοράς αποτελεί τη σπονδυλική στήλη του Συστήματος της ΑΗΚ, διασυνδέονταν τους Ηλεκτροπαραγωγούς Σταθμούς με τα κέντρα φορτίου.

Τα αναπτυξιακά έργα μεταφοράς που συμπληρώθηκαν μέσα στο 2007 αύξησαν την αξιοπιστία και την εγκατεστημένη ισχύ των Υποσταθμών μεταφοράς κατά 111MVA [21]. Αναλυτικά τα στοιχεία του Δικτύου Μεταφοράς της ΑΗΚ φαίνονται στο πιο κάτω Πίνακα:

Περιγραφή	Μονάδα	Σε Λειτουργία 31.12.06	Τέθηκαν σε Λειτουργία το 2007	Τέθηκαν εκτός Λειτουργίας το 2007	Σε Λειτουργία 31.12.2007
<b>ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ:</b>					
Η/Π Στ. Δεκέλειας "B"					
Μονάδες Ατμού/Πετρελαίου	Αρ.	6	-	-	6
Ονομαστική Ισχύς	MW	360	-	-	360
Η/Π Στ. Μονής					
Μονάδες Ατμού/Πετρελαίου	Αρ.	6	-	-	6
Ονομαστική Ισχύς	MW	180	-	-	180
Αεριοστρόβιλοι	Αρ.	4	-	-	4

Ονομαστική Ισχύς	MW	150	-	-	150
Η/Π Στ.Βασιλικός			-	-	
Αεριοστρόβιλοι	Αρ.	1	-	-	1
Ονομαστική Ισχύς	MW	38	-	-	38
Μονάδες Ατμού/Πετρελαίου	Αρ..	2	-	-	2
Ονομαστική Ισχύς	MW	260	-	-	260
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ:					
Γραμμές Μεταφοράς 220kV που λειτουργούν σε 132kV					
Μήκος Διαδρομής	km	1,40	-	-	1,40
Μήκος Κυκλώματος	km	2,80	-	-	2,80
Γραμμές Μεταφοράς 132kV					
Μήκος Διαδρομής	km	408,15	5,85	5,00	409,00
Μήκος Κυκλώματος	km	761,51	11,70	10,01	763,20
Υπόγεια Καλώδια 132kV					
Μήκος Διαδρομής	km	63,53	0,05	0,04	63,54
Μήκος Κυκλώματος	km	91,60	0,05	0,04	91,61
Υπόγεια Καλώδια 132kV που λειτουργούν σε 66kV					
Μήκος Διαδρομής	km	8,33	-	-	8,33
Μήκος Κυκλώματος	km	8,33	-	-	8,33
Υπόγεια Καλώδια 66kV					
Μήκος Διαδρομής	km	1,68	-	-	1,68
Μήκος Κυκλώματος	km	1,68	-	-	1,68
Γραμμές Μεταφοράς 132kV που λειτουργούν σε 66kV					
Μήκος Διαδρομής	km	168,81	4,96	4,86	168,91
Μήκος Κυκλώματος	km	267,35	9,92	9,72	267,55
Γραμμές Μεταφοράς 66kV					
Μήκος Διαδρομής	km	291,78	-	-	291,78
Μήκος Κυκλώματος	km	291,78	-	-	291,78

**Πίνακας 3.Γενικά Στοιχεία Δικτύου Μεταφοράς ΑΗΚ**

## Σύστημα Παραγωγής

Η Κύπρος δεν διαθέτει πρωτογενείς πηγές ενέργειας, για αυτό η Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου (ΑΗΚ) βασίζεται για την παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας αποκλειστικά σε εισαγόμενα καύσιμα, κυρίως μαζούτ. Επί του παρόντος, η ΑΗΚ διαθέτει τρεις Ηλεκτροπαραγωγούς Σταθμούς με συνολική εγκαταστημένη ισχύ 1598 MW ως πιο κάτω (σε παρένθεση η αναμενόμενη ημερομηνία αποκατάστασης) [21]:

Σταθμός Βασιλικού	1 x 130 MW Ατμοηλεκτρικές Μονάδα Αρ.1	130 MW (Ιουν. 2013)
	1 x 130 MW Ατμοηλεκτρικές Μονάδα Αρ.2	130 MW (Ιουν. 2013)
	1 x 130 MW Ατμοηλεκτρικές Μονάδα Αρ.3	130 MW (Ιαν. 2013)
	1 x 38 MW Αεριοστρόβιλος	38 MW
	1 x 220 MW Μονάδα Συνδυασμένου Κύκλου	220 MW
	1 x 220 MW Μονάδα Συνδυασμένου Κύκλου	72,5 MW (Νοε.2012)
		+37,5 MW (Δεκ. 2012)
		+110 MW (Δεκ. 2012)
Σταθμός Δεκέλειας	6 x 60 MW Ατμοηλεκτρικές Μονάδες	360 MW
	2 x 50 MW Μηχανές Εσωτερικής Καύσης	100 MW
Σταθμός Μονής	4 x 30 MW Ατμοηλεκτρικές Μονάδες	120 MW
	4 x 37,5 MW Αεριοστρόβιλοι	150 MW
Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς		1598 MW
Διαθέσιμη Ισχύς		988 MW
		1060,5 MW (Νοε.2012)
		1208 MW (Δεκ. 2012)
		1338 MW (Ιαν. 2013)
		1598 MW (Ιουν. 2013)

**Πίνακας 4.** Σταθμοί Ηλεκτρισμού ΑΗΚ



## Υφιστάμενο Σύστημα



**Εικόνα 1.** Σταθμός Δεκέλειας

**Σταθμός Δεκέλειας:** Ο Σταθμός αυτός βρίσκεται στη Νοτιοανατολική ακτή της Κύπρου. Ο Σταθμός Δεκέλειας, με εγκαταστημένη ισχύ 460 MW (6 x 60MW Ατμοστρόβιλοι και 100 MW Μονάδες Εσωτερικής Καύσης) παρήγαγε κατά το 2011 το 54,17% (2 560 819 MWh) της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που παρήχθη από τους Ηλεκτροπαραγωγούς Σταθμούς της Αρχής, ενώ κατά την ίδια περίοδο, εξήγαγε το 54,38% (2 451 879 MWh) της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που εξήχθη από τους Ηλεκτροπαραγωγούς Σταθμούς της Αρχής.

Ο θερμικός βαθμός απόδοσης των Ατμοστροβίλων για μονάδες παραγωγής ανήλθε στο 30,70% και ο αντίστοιχος θερμικός βαθμός απόδοσης των Μονάδων Εσωτερικής Καύσης ανήλθε στο 42,16%. Ο θερμικός βαθμός απόδοσης των Ατμοστροβίλων για μονάδες εξαγωγής ανήλθε στο 29,15% και ο αντίστοιχος θερμικός βαθμός απόδοσης των Μονάδων Εσωτερικής Καύσης ανήλθε στο 41,30% [21].

**Σταθμός Μονής:** Ο Σταθμός αυτός αποτελείται από τέσσερις (4) συμβατικές μονάδες των 30 MW η κάθε μία με χρησιμοποιούμενο καύσιμο το μαζούτ και από τέσσερις (4) αεριοστροβίλους των 37,5 MW με χρησιμοποιούμενο καύσιμο το ντίζελ. Οι δύο πρώτες μονάδες ατμού λειτούργησαν το 1966 και η τελευταία

το 1976. Οι δύο αεριοστρόβιλοι προστέθηκαν στο σύστημα το 1992 και οι άλλοι δύο το 1995, και χρησιμοποιούνται κυρίως για αντιμετώπιση φορτίων αιχμής και για περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης.



**Εικόνα 2.**Σταθμός Μονής

Ο Ηλεκτροπαραγωγός Σταθμός Μονής παρήγαγε κατά το 2011 το 10,91%(515 518 MWh) της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που παρήχθη από τους Ηλεκτροπαραγωγούς Σταθμούς της Αρχής, ενώ κατά την ίδια περίοδο, εξήγαγε το 10,89% (490 822 MWh) της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που εξήχθη από τους Ηλεκτροπαραγωγούς Σταθμούς της Αρχής.

Ο θερμικός βαθμός απόδοσης των Ατμοστροβίλων για μονάδες παραγωγής ανήλθε στο 25,47% και ο αντίστοιχος θερμικός βαθμός απόδοσης των αεριοστρόβιλων ανήλθε στο 26,09%. Επίσης, ο θερμικός βαθμός απόδοσης των Ατμοστροβίλων για μονάδες εξαγωγής ανήλθε στο 23,98% και ο αντίστοιχος θερμικός βαθμός απόδοσης των αεριοστρόβιλων ανήλθε στο 25,84%.

Οι ατμοστροβίλοι του Ηλεκτροπαραγωγού Σταθμού Μονής έχουν τεθεί σε κρύα εφεδρεία και θα τίθενται σε λειτουργία, εάν χρειαστεί, για κάλυψη απρόβλεπτων περιστατικών βλάβης στις υπόλοιπες μονάδες παραγωγής [21].



**Εικόνα 3.**Ατμοστρόβιλοι Μονής

**Σταθμός Βασιλικού:** Ο Ηλεκτροπαραγωγός Σταθμός Βασιλικού αποτελεί το μεγαλύτερο έργο υποδομής που έγινε ποτέ στην Κύπρο. Η σημασία του βασικού αυτού έργου υποδομής είναι στενά συνυφασμένη με την ευρύτερη οικονομική ανάπτυξη της Κύπρου [21].

Ο Σταθμός είναι έργο υψηλής τεχνολογίας και αποτελείται από:

- Τρεις συμβατικές μονάδες παραγωγής ισχύος 130 MW η κάθε μία με χρησιμοποιούμενο καύσιμο το μαζούτ. Στη μία συμβατική μονάδα των 130 MW έχει εγκατασταθεί σύστημα αποθείωσης των καυσαερίων για μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του θείου πιο κάτω από τα όρια που καθορίζονται από την Ευρωπαϊκή Οδηγία για Μεγάλες Εγκαταστάσεις Καύσης.
- Ένα αεριοστρόβιλο ισχύος 38 MW με χρησιμοποιούμενο καύσιμο το ντίζελ.
- Δυο μονάδες συνδυασμένου κύκλου 220 MW έκαστη με καύσιμο το ντίζελ και δυνατότητα μετατροπής τους για να έχουν ως καύσιμο το φυσικό αέριο.

Στις 11 Ιουλίου 2011 εξαιτίας έκρηξης στην Ναυτική Βάση στο Μαρί, ο γειτονικός Ηλεκτροπαραγωγός Σταθμός Βασιλικού υπέστη μεγάλες ζημιές που είχαν σαν αποτέλεσμα την ολοκληρωτική αναστολή λειτουργίας του.

Το προσωπικό της ΑΗΚ σε συνεργασία με τους εργολάβους των έργων έχουν καταβάλει υπεράνθρωπες προσπάθειες και μέχρι σήμερα έχουν με επιτυχία επιδιορθώσει το μεγαλύτερο μέρος του σταθμού. Παραμένουν εκτός λειτουργίας οι τρεις συμβατικές μονάδες παραγωγής συνολικής ισχύος 390 MW, λόγω επισκευής των ζημιών που υπέστησαν μετά από την έκρηξη της 11<sup>ης</sup> Ιουλίου 2011. Οι εργασίες αποκατάστασης της μονάδας συνδυασμένου κύκλου αρ. 4 βρίσκονται στο τελικό στάδιο και αναμένεται να ολοκληρωθούν πριν το τέλος Δεκεμβρίου 2012. Αναμένεται ότι η μονάδα Αρ. 3 θα τεθεί σε λειτουργία στις αρχές του 2013 και οι μονάδες Αρ. 1 και Αρ. 2 θα τεθούν σε λειτουργία τον Ιούνιο του 2013.

Ο Ηλεκτροπαραγωγός Σταθμός Βασιλικού παρήγαγε κατά το 2011 το 34,92% (1 650 547 MWh) της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που παρήχθη από τους Ηλεκτροπαραγωγούς Σταθμούς της Αρχής, ενώ κατά την ίδια περίοδο, εξήγαγε το 34,73% (1 565 802 MWh) της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που εξήχθη από τους Ηλεκτροπαραγωγούς Σταθμούς της Αρχής. Σημειώνεται επίσης ότι η Μονάδα Συνδυασμένου Κύκλου Αρ. 5 συνολικής δυναμικότητας 220 MW λειτούργησε από την 1η Ιουλίου 2011 σε ανοικτό κύκλο (με δυναμικότητα 145 MW) μέχρι και την 11η Ιουλίου που συνέβηκε η έκρηξη.

Ο θερμικός βαθμός απόδοσης των Ατμοστροβίλων για μονάδες παραγωγής ανήλθε στο 38,63%, της Μονάδας Συνδυασμένου Κύκλου Αρ. 4 σε 45,15% και ο αντίστοιχος θερμικός βαθμός απόδοσης του Αεριοστροβίλου ανήλθε στο 18,77%. Επίσης, ο θερμικός βαθμός απόδοσης των Ατμοστροβίλων για μονάδες εξαγωγής ανήλθε στο 36,27%, της Μονάδας Συνδυασμένου Κύκλου Αρ. 4 σε 43,77% και ο αντίστοιχος θερμικός βαθμός απόδοσης του Αεριοστροβίλου ανήλθε στο 17,84%.

Η Διεύθυνση Νέων Επιχειρήσεων δραστηριοποιείται στην ανάπτυξη νέων δραστηριοτήτων και αξιοποίηση νέων τεχνολογιών ως αντιστάθμισμα της προβλεπόμενης μείωσης του μεριδίου αγοράς της ΑΗΚ στην απελευθερωμένη αγορά ηλεκτρικής ενέργειας [21].

### Τηλεπικοινωνίες

Συνεχίζεται η παραχώρηση υποδομής στους Στρατηγικούς Συνεργάτες της ΑΗΚ για την εμπορική αξιοποίηση του δικτύου Οπτικών Ινών και άλλων εγκαταστάσεων και υπηρεσιών για Τηλεπικοινωνιακούς Σκοπούς.

Στα πλαίσια ανάπτυξης της ΑΗΚ σε νέες δραστηριότητες συνεχίζεται η παραχώρηση άδειας χρήσης έκτασης γης στον Η/Σ Βασιλικού και στον Υποσταθμό Αθαλάσσης, για την εγκατάσταση κεραιών κινητής τηλεφωνίας.

### Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)

Μελετούνται διάφορες προτάσεις για σύναψη κοινοπραξιών με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.

Συγκεκριμένα γίνονται μελέτες και άλλες προπαρασκευαστικές εργασίες για εγκατάσταση ηλιακού θερμικού σταθμού στο Ακρωτήριο Λεμεσού. Ήδη διεξήχθησαν τεχνοοικονομικές και περιβαλλοντικές μελέτες. Ετοιμάστηκαν επίσης αρχιτεκτονικά και κατασκευαστικά σχέδια τα οποία υποβλήθηκαν για έκδοση Άδειας Οικοδομής.

Ζητήθηκαν προσφορές για εγκατάσταση φωτοβολταϊκού πάρκου στον Υ/Σ Τσερίου. Επίσης ζητήθηκε εκδήλωση ενδιαφέροντος για επιλογή στρατηγικού συνεργάτη για ανάπτυξη μεγάλων φωτοβολταϊκών Πάρκων.

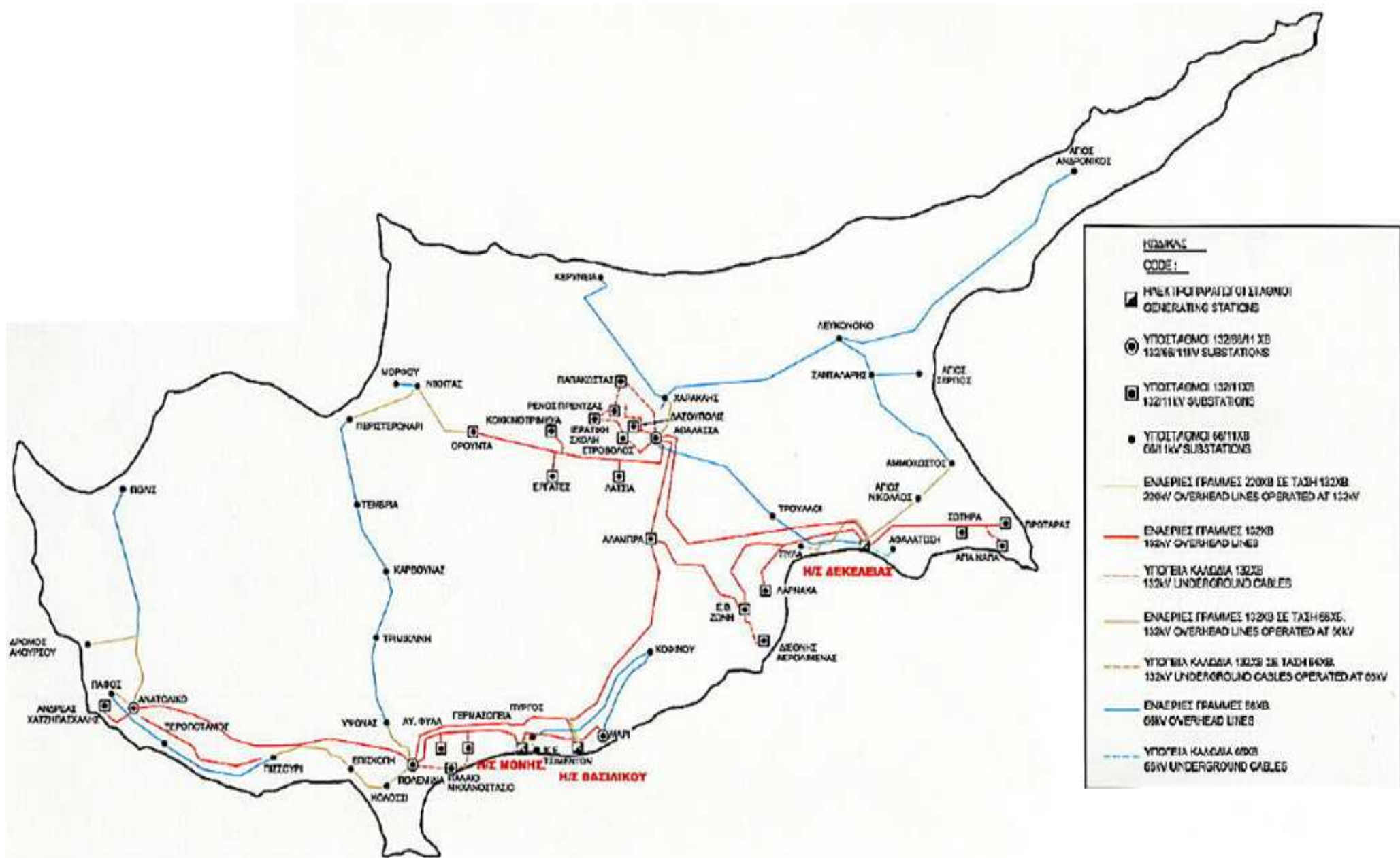
Εντός του πλαισίου του χρηματοδοτικού προγράμματος της Ευρωπαϊκής Ένωσης ΝΕΡ 300 για χρηματοδότηση καινοτόμων τεχνολογιών στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ετοιμάστηκαν οι σχετικοί φάκελοι και υποβλήθηκαν έξι αιτήσεις για χρηματοδότηση έργων ΑΠΕ στα οποία θα συμμετέχει η ΑΗΚ.

### **ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ**

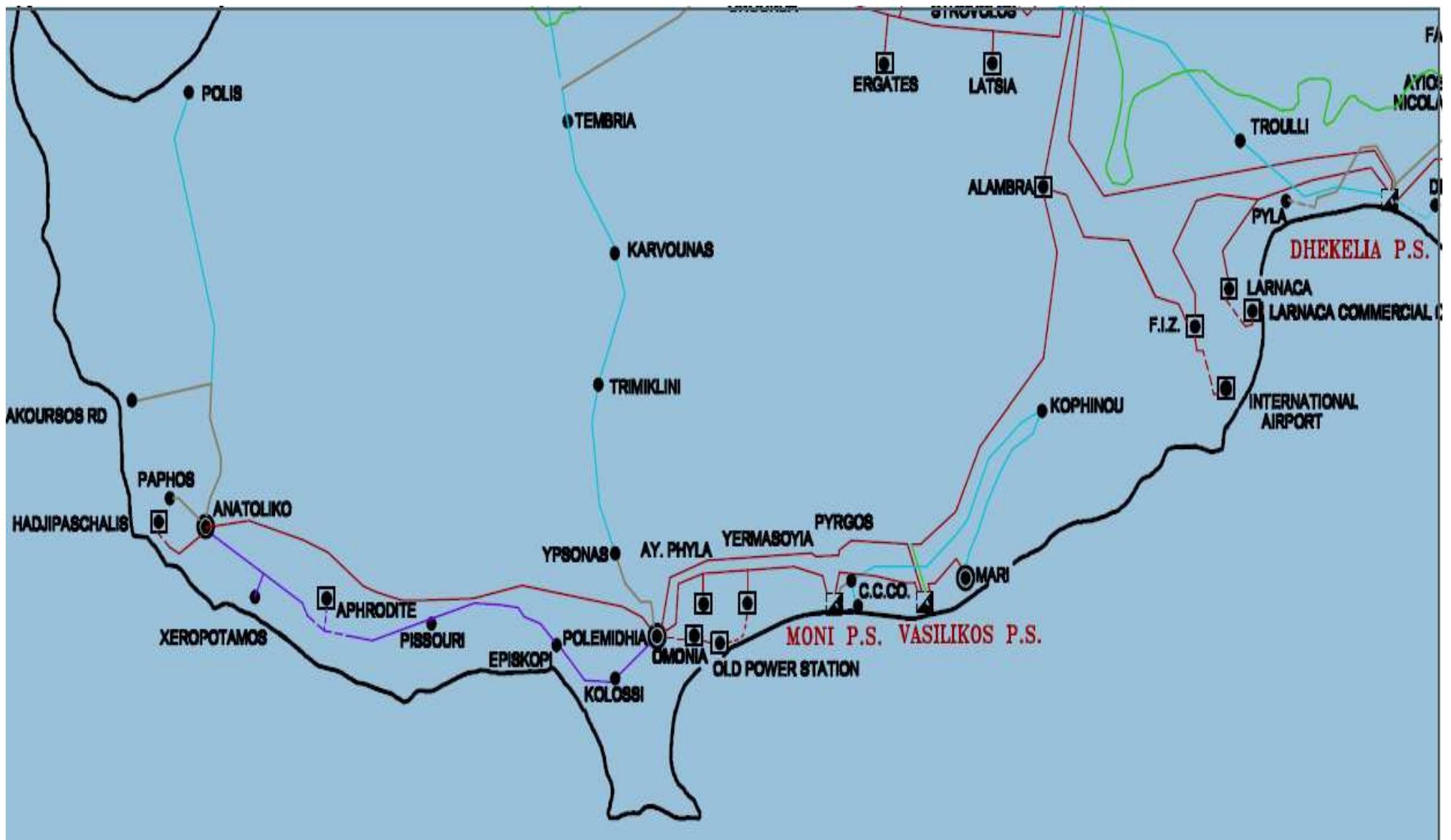
Είναι κόμβοι στο δίκτυο παροχής ηλεκτρισμού.

- Στοιχεία υποσταθμών:
  - Μετασηματιστές (μεταβάλλουν την τάση και την ένταση)
  - Ασφαλειοδιακόπτες (Circuit breakers) (ανοίγουν το κύκλωμα σε περίπτωση σφάλματος)
  - Διακόπτες αποσύνδεσης (Disconnect Switches)

- Μετασχηματιστές τάσης και έντασης (Voltage and Current Transformers) (για σκοπούς μετρήσεων)
- Προστατευτικές συσκευές υπέρτασης (Surge arresters) (για προστασία από κεραυνούς και από υπέρταση στο κύκλωμα)



Εικόνα 4. Παγκύπριο Ηλεκτρικό δίκτυο



Εικόνα 5. Σταθμός τροφοδοσίας Περιοχής Μελέτη



### 3.3 Πληροφορίες κατανεμητών DSLAM

Το **Digital Subscriber Line Access Multiplexer** (*DSLAM*) είναι ο αποπολυπλέκτης των ψηφιακών συνδρομητικών γραμμών DSL (*Digital Subscriber Line*). Είναι μια συσκευή που τοποθετείται είτε στο Κέντρο Τηλεπικοινωνιακών Παρόχων, είτε σε καμπίνες στο δρόμο, είτε αντικαθιστούν τους Κατανεμητές καλωδίων (ΚΑ-ΦΑΟΥ που προέρχεται από τη γερμανική λέξη Kabelverteiler ή KV), είτε μέσα σε πολυκατοικίες.

Τα πρώτα DSLAMs χρησιμοποιούσαν για τη διασύνδεση με το Δίκτυο Δεδομένων το ATM (Asynchronous Transfer mode) ενώ από το 2005 και μετά σταδιακά άρχισε να χρησιμοποιείται το ETHERNET και ονομάζονται πλέον IP-DSLAM.

Το DSLAM μπορεί να παρέχει έναν μεγάλο αριθμό γραμμών DSL που μπορεί να είναι είτε ADSL η G.shdsl ή πλέον VDSL. Στην αρχή τα πρώτα DSLAMs χρησιμοποιούσαν το πρότυπο **ITU-T G.992.1** (ή **G.DMT**) που ήταν το ADSL που χρησιμοποιεί τις συχνότητες από 25,875 KHz (6x4,3125) μέχρι 1104 KHz (256x4,3125) όπου το εύρος 25,875-138 (τόνοι 6-31)KHz χρησιμοποιείται για τη μετάδοση δεδομένων από το modem του χρήστη προς το DSLAM και από 138-1104 KHz (τόνοι 32-255) για τη μετάδοση από το DSLAM προς το modem [22].

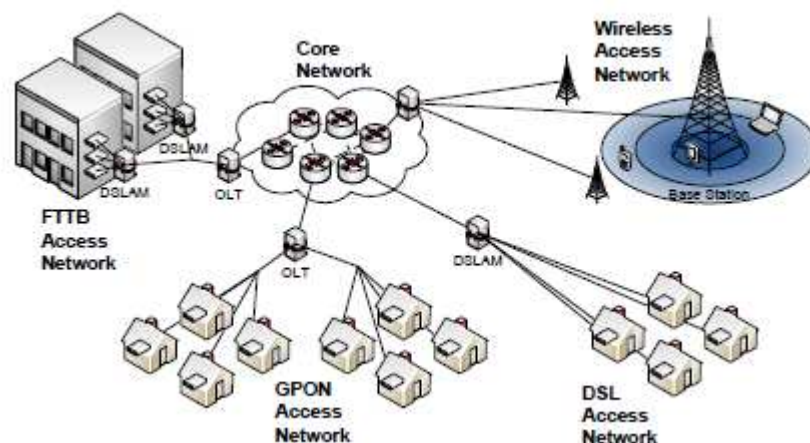
Το κάτω φάσμα χρησιμοποιείται για τη μετάδοση φωνής όπου απαιτείται η χρήση splitters τόσο στο Κέντρο όσο και στον συνδρομητή. Ο **splitter** στην πλευρά του συνδρομητή έχει 3 συνδέσεις, τη γραμμή προς το τηλέφωνο, τη γραμμή προς το modem και τη γραμμή που πηγαίνει στο δίκτυο. Ο splitter διαχωρίζει από τη γραμμή του δικτύου το χαμηλό φάσμα της φωνής προς το τηλέφωνο όπου αποκόπτει με χρήση βαθυπερατού φίλτρου τις υψηλές συχνότητες του ADSL και η γραμμή προς το DSLAM είτε είναι βραχυκυκλωμένη με τη γραμμή του δικτύου είτε μεσολαβούν πυκνωτές που κόβουν τη DC συνιστώσα του ρεύματος που υπάρχει στη γραμμή δικτύου που απαιτείται για να λειτουργεί τηλέφωνο. Όμοια λειτουργεί και ο splitter στην πλευρά του Κέντρου.

Για τη χρήση του ADSL πάνω από το ISDN χρησιμοποιείται όπου για την upstream χρησιμοποιείται το φάσμα 32-63x4,3125 KHz (138-271,6875 KHz) και το 64-255 (276-1104 KHz) για το downstream.

Οι ταχύτητες διασύνδεσης είναι σε μηδενική απόσταση 1,1 Mb/s από το modem προς το DSLAM (upstream) και μέχρι 8 Mb/s από το DSLAM προς το modem(downstream). Λόγω της εξασθένησης της γραμμής σε μεγαλύτερα μήκη του καλωδίου η ταχύτητα πέφτει και κυρίως του downstream λόγω του ότι η εξασθένιση στις υψηλές συχνότητες που χρησιμοποιείται στο Downstream είναι μεγαλύτερη από τις χαμηλές που χρησιμοποιεί το upstream.

Πέραν του ADSL χρησιμοποιείται και το G.shdsl το οποίο παρέχει συμμετρικούς ρυθμούς μέχρι 2312 Kb/s (2304 ωφέλιμο) και η εξέλιξη του G.shdsl.bis μέχρι 5696 Kb/s και χρησιμοποιείται κυρίως από τους εταιρικούς χρήστες, αλλά λόγω του ότι χρησιμοποιείται και το φάσμα τηλεφωνίας δεν μπορεί να δώσει παράλληλα και φωνή. Εξαιτίας του ότι το G.shdsl δεν επιτρέπει τη χρήση φωνής απαιτείται να τροφοδοτείται και ένα ρεύμα «λείανσης» το οποίο προστατεύει κυρίως τις καλωδιακές συνδέσεις από τη σκουριά.

Η εξέλιξη του ADSL είναι το ADSL2 και το ADSL2+ όπου το τελευταίο χρησιμοποιεί περισσότερο φάσμα μέχρι 2208 KHz (512 x 4,3125) και παρέχει στην downstream κατεύθυνση μέχρι 24 Mb/s.



**Διάγραμμα 5.** Δίκτυο και τροφοδοσία καταναλωτών DSLAMs

**Line attenuation** (εξασθένηση γραμμής σε dB) : Δείχνει πόσο σήμα χάνεται πάνω στη γραμμή (απώλεια σήματος) από αυτό που στέλνεται προς κάποια κατεύθυνση – Αυτό πρέπει να είναι χαμηλό νούμερο και όχι μεγαλύτερο από 60-65 dB.

## Ενδεικτικές τιμές

---

20dB και κάτω: τέλειο

20dB-30dB: εξαιρετικό

30dB-40dB: πολύ καλό

40dB-50dB: καλό

50dB-60dB: φτωχό με πιθανά προβλήματα σύνδεσης

60dB και πάνω: σίγουρα προβλήματα σύνδεσης

---

## Απόσταση από DSLAM Line attenuation Ταχύτητα download

---

1.0 km 13.81 dB 23 MBit

1.5 km 20.7 dB 21 MBit

2.0 km 27.6 dB 18 MBit

2.5 km 34.5 dB 13 MBit

3.0 km 41.4 dB 8 MBit

3.5 km 48.3 dB 6 MBit

4.0 km 56 dB 4 MBit

4.5 km 62.1 dB 3 MBit

5.0 km 69 dB 2 MBit

---

Για να μετρήσουμε τη θεωρητική ταχύτητα και την απόσταση από το DSLAM με βάση την εξασθένιση του σήματος (Line attenuation). Η απόσταση από το DSLAM -σε χιλιόμετρα- υπολογίζεται αν διαιρέσουμε το download attenuation με το 13,81.

Noise Margin ή SNR (Signal To Noise Ratio) (σε dB) : Εδώ μετράμε τη σχέση που έχει το ωφέλιμο σήμα της γραμμής (signal- αυτό που μεταφέρει τα data μας) με το θόρυβο της (noise) γι αυτό λέγεται και S/N δηλ. Signal / Noise. Αυτό σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερο είναι το αποτέλεσμα της διαίρεσης «ωφέλιμο σήμα» / «θόρυβος» τόσο καθαρότερο σήμα έχουμε. Πρακτικά ένα snr μικρότερο από 6 σε συνδυασμό με μεγάλο Line Attenuation (εξασθένιση γραμμής), δημιουργεί προβλήματα συγχρονισμού με αποτέλεσμα συχνές αποσυνδέσεις της γραμμής και φυσικά λάθη στο modem/router.

Παράδειγμα - το πολύ συχνό S/N = 30dB είναι πολύ καλή τιμή μέτρησης και σύμφωνα με τα παραπάνω σημαίνει ότι το ωφέλιμο σήμα είναι 1000 φορές μεγαλύτερο από το θόρυβο. Άρα το όριο των 12db σημαίνει ότι το ADSL καλό είναι να παίζει όταν το σήμα είναι 15,85 φορές μεγαλύτερο από το θόρυβο [22].

## Ενδεικτικές τιμές

---

<6dB: κακό, είναι πολύ πιθανό να υπάρχουν προβλήματα συγχρονισμού και αποσυνδέσεων

6dB-6.9dB: οριακό, είναι το εξ ορισμού όλων των ISP για να επιτύχουν τις μέγιστες ταχύτητες συγχρονισμού

7dB-10dB: μέτριο αλλά δεν αφήνει πολύ χώρο για διακυμάνσεις

11dB-20dB: καλό χωρίς προβλήματα συγχρονισμού

20dB-28dB: εξαιρετικό

29dB και πάνω: κορυφαίο

---

Output Power (σε dBm): Δείχνει πόση ισχύ βάζει το modem στη γραμμή για να διατηρήσει το συγχρονισμό (πόσο παιδεύεται το Modem δηλαδή για να διατηρήσει τη γραμμή). Υψηλά νούμερα μεγαλύτερα από 15-16 dBm δείχνουν πιθανά προβλήματα. Το dBm σημαίνει ισχύς ανά milliwatt άρα ουσιαστικά με τον τύπο των dB υπολογίζουμε το νούμερο και αυτό που βρίσκουμε το ονομάζουμε mW. Παράδειγμα – το output power (downstream) = 3dBm είναι μια καλή τιμή μέτρησης και σύμφωνα με τα παραπάνω σημαίνει ότι η ισχύς που βάζει το modem στη γραμμή για το downstream είναι 2mW. Άρα το όριο των 15dbm σημαίνει ότι το ADSL καλό είναι να παίζει με ισχύ όχι μεγαλύτερη από 30mW.]

Data rate (Ονομαστική Ταχύτητα): είναι η ταχύτητα μεταξύ του ADSL modem του χρήστη και του DSLAM του ISP (παρόχου) (ταχύτητα στην οποία «κλειδώνουν» τα modems). Συνεπώς η Ονομαστική ταχύτητα είναι εγγυημένη μέχρι το DSLAM και αποτελεί την μέγιστη ταχύτητα που ένας χρήστης μπορεί να ανταλλάξει δεδομένα.

Actual data rate (Πραγματική Ταχύτητα): Σε οποιαδήποτε δικτυακή σύνδεση δύο απομακρυσμένων άκρων άρα και στο ADSL, η Πραγματική Ταχύτητα που βλέπει ένας χρήστης στο ένα άκρο, ανά πάσα στιγμή, ισούται με την ταχύτητα που του επιτρέπει το πιο αδύναμο τμήμα ολόκληρης της διαδρομής. Έτσι, σε όλες τις ADSL υπηρεσίες (ανεξαρτήτου ISP) δεν παρέχεται καμία εγγύηση αναφορικά με την ταχύτητα λήψης δεδομένων, καθώς οι συνδέσεις αυτές χαρακτηρίζονται ως UBR (Unspecified Bit Rate).

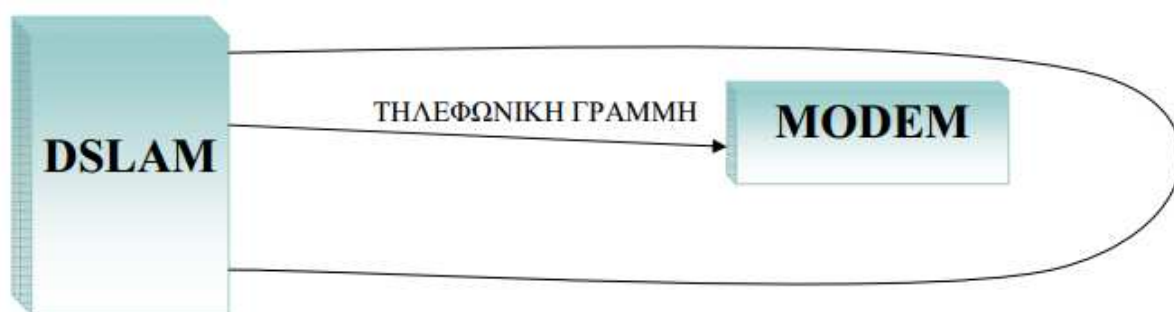
Για να μπορέσετε να κάνετε σύγκριση της Ονομαστικής Ταχύτητας με αυτές που βλέπετε κάθε φορά που κατεβάζετε κάτι από το Internet, θα πρέπει να διαιρέσετε την Ονομαστική Ταχύτητα διά τον αριθμό 8 (1 byte = 8 bits).

Έτσι, σε υπηρεσία με ταχύτητα πρόσβασης download 18.500 Kbits/sec, η ιδανική – μέγιστη ταχύτητα είναι  $18.500 : 8 = 2.312$  Kbits/sec που όμως πρακτικά είναι ΑΔΥΝΑΤΟΝ να επιτευχθεί [21].

### **Πρότυπα του DSLAM**

Από τη στιγμή που το DSLAM λειτουργεί εντός του τοπικού κέντρου, είναι απαραίτητη η συμμόρφωση του με τις γενικές απαιτήσεις των τηλεπικοινωνιακών φορέων σε θέματα που αφορούν την έκκληση θερμότητας, την ισχύ και την ασφάλεια χρήσης και εγκατάστασης. Κάθε DSLAM που έχει σχεδιαστεί για το τοπικό κέντρο περιορίζεται σε μήκος 19 ιντσών και τροφοδοτείται από ρεύμα ισχύος 48VDC. Σύμφωνα με τις αρχικές προδιαγραφές εκπέμπει ισχύ το πολύ 530 Watts και τοποθετείται σε ικρίωμα ύψους 7 ποδών. Η συνήθης θερμοκρασία λειτουργίας του κυμαίνεται από 5°C έως και 40°C για περιπτώσεις συνεχούς λειτουργίας κυμαίνεται και από -5°C έως και 50°C για μικρής περιόδου λειτουργία. Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι στην Ευρώπη τα πρότυπα που ακολουθούνται στην κατασκευή ενός DSLAM υπαγορεύονται από το ETSI (European Telecommunications Standardization Institute).

### 3.4 Μέθοδοι εντοπισμού βλάβης



Διάγραμμα 6. Επικοινωνία Dslam - Modem

#### Ποιοι είναι οι Φυσικοί Κίνδυνοι

- Αύξηση θερμοκρασίας
- Αύξηση υγρασίας
- Μείωση ροής αέρα
- Υγροποίηση κρύων επιφανειών
- Διαρροή - Πλημμύρα
- Καπνός - Φωτιά
- Διακοπή ρεύματος
- Υπερτάσεις – κακή ποιότητα ρεύματος
- Επικίνδυνα αέρια (υδρογόνο από UPS, halon, κλπ)
- Παράνομη είσοδος στον χώρο

Για τον εντοπισμό και την άρση των βλαβών στο ADSL (και στις τηλεπικοινωνίες γενικότερα) χρησιμοποιείται το loop (ή loopback). Το loop είναι μία μέθοδος μέσω hardware ή software στην οποία το σήμα ή data που φεύγει από ένα σημείο φτάνει στον προορισμό του και επιστρέφει πάλι στον αποστολέα του. Όλα τα modems έχουν τη δυνατότητα να 'βραχυκυκλώνουν' την έξοδό τους. Έτσι στέλνοντας από το DSLAM μία συγκεκριμένη ακολουθία δεδομένων (pattern) το modem την επιστρέφει μέσω της εξόδου του. Το DSLAM συγκρίνει το σήμα που πήρε με αυτό που έστειλε και σε

περίπτωση που είναι ίδια τότε το κύκλωμα είναι εντάξει. Το modem μπαίνει σε κατάσταση loopback με τηλεχειρισμό από τη διαχείριση του DSLAM.

Σε περίπτωση βλάβης του κυκλώματος ADSL γίνεται δήλωση και εγγραφή βλάβης. Κατόπιν πραγματοποιείται ο έλεγχος του κυκλώματος μέσω διαχείρισης του προγράμματος (εξαρτάτε από τον πάροχο το είδος του προγράμματος) και ταυτόχρονης επικοινωνίας με τον πελάτη. Η βλάβη μπορεί να αποκατασταθεί από τον πάροχο, είτε απευθείας μέσω του προγράμματος είτε μέσω του συνεργείου τεχνικών του.

### **Πιστοποίηση τοπικού βρόχου.**

Το σημαντικότερο ζήτημα που ίσως καλείται να αντιμετωπίσει ο πάροχος υπηρεσιών ADSL, είναι αυτό του ελέγχου του τοπικού βρόχου. Η εξέταση της κατάστασης στην οποία βρίσκεται ο τοπικός βρόχος είναι θεμελιώδους σημασίας για τη διάθεση των υπηρεσιών. Ο έλεγχος της καταλληλότητας του τοπικού βρόχου, συνίσταται στον προσδιορισμό συγκεκριμένων παραγόντων όπως το μήκος του, η παρουσία πηνίων φόρτισης και οι παρεμβολές από την ευρύτερη τηλεπικοινωνιακή υποδομή.

### **Τρόποι ελέγχου**

Οι μετρήσεις ελέγχου του τοπικού βρόχου μπορούν να πραγματοποιηθούν είτε απομακρυσμένα, δηλαδή από το τηλεφωνικό κέντρο του παρόχου, είτε με επίσκεψη συνεργείου στις εγκαταστάσεις του πελάτη. Στην περίπτωση που ο έλεγχος πραγματοποιείται απομακρυσμένα, απαιτείται η ύπαρξη κατάλληλης πλατφόρμας με το απαραίτητο λογισμικό, που επικοινωνεί μέσω σηματοδότησης με τον εξοπλισμό των χρηστών (ATU-R) και τα (DSLAMs). Οι τύποι αυτοί παρουσιάζονται ακολούθως:

Απομακρυσμένος έλεγχος του τοπικού βρόχου του παρόχου Πραγματοποιείται με τη χρήση κατάλληλης πλατφόρμας λογισμικού από κάποιο κεντρικό σημείο ελέγχου. Το κεντρικό αυτό σημείο ελέγχου συνήθως βρίσκεται σε κάποιο κεντρικό σημείο από το οποίο καλύπτεται μια ευρύτερη περιφέρεια. Ο πάροχος είναι σε θέση να διαχειριστεί απομακρυσμένα πολλές λειτουργίες που αφορούν τους τοπικούς βρόχους, χωρίς να απαιτείται η επίσκεψη τεχνικού στις εγκαταστάσεις του πελάτη. Οι πλατφόρμες που έχουν αναπτυχθεί επιτρέπουν πιστοποίηση και έλεγχο της ποιότητας μιας γραμμής

μέσω σηματοδοσίας. Επίσης, παρέχεται η δυνατότητα μέτρησης του μήκους του ενσύρματου τοπικού βρόχου της αντίστασής του, της χωρητικότητας της γραμμής κ.τ.λ. Επιπλέον, το σύστημα προβαίνει σε ανάλυση του φάσματος συχνοτήτων που απαιτούνται για τη μετάδοση σήματος ADSL.

### **Επιτόπιος έλεγχος βρόχου από τον πάροχο**

Έχουν αναπτυχθεί κατά καιρούς από εμπορικούς οίκους ελεγκτές (testers), οι οποίοι παρέχουν τη δυνατότητα για πιστοποίηση της καταλληλότητας μιας γραμμής για την παροχή υπηρεσιών ADSL. Οι ελεγκτές αυτοί είναι συνήθως χειρός (Hand-Held) και επιτρέπουν τη μέτρηση των ακόλουθων χαρακτηριστικών μιας γραμμής:

- Αντίσταση της γραμμής ( $\Omega$ hms)
- Απώλεια ενός σήματος σε db σε συγκεκριμένες συχνότητες
- Θόρυβος γραμμής
- Μέγιστος δυνατός ρυθμός μετάδοσης
- Εξασθένηση σήματος
- Υπαρξη πηνίων φόρτισης στη γραμμή
- Διατομή και μήκος καλωδίου

## **3.5 Τρόποι Άρσης Προβλημάτων**

Αν μια γραμμή δεν είναι κατάλληλη για παροχή υπηρεσιών ADSL, οι ενέργειες που μπορούν να γίνουν είναι η απομάκρυνση των πηνίων φόρτισης αν υπάρχουν, καθώς και ορισμένων διακλαδώσεων (bridge taps). Αν ύστερα από αυτές τις ενέργειες η γραμμή και πάλι δεν είναι κατάλληλη, τότε η χρησιμοποίηση άλλης γραμμής με καλύτερα χαρακτηριστικά είναι ενδεδειγμένη λύση. Βέβαια, υπάρχει και η περίπτωση μια γραμμή να μην είναι κατάλληλη, εξαιτίας των παρεμβολών από άλλες γραμμές που μεταφέρουν υψίσυχνα σήματα (π.χ. ADSL). Σε αυτή την περίπτωση ο καλύτερος τρόπος για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος είναι η επιλογή μιας άλλης γραμμής, που μεταφέρεται σε διαφορετική ομάδα καλωδίων και δέχεται μικρότερες παρεμβολές. Πρέπει να τονιστεί πάντως, ότι σύμφωνα με την εμπειρία πολλών παρόχων, για τη μετατροπή μιας κοινής τηλεφωνικής γραμμής, ώστε να υποστηριχθεί η παροχή υπηρεσιών ADSL, απαιτείται ιδιαίτερη προσπάθεια και το αποτέλεσμα είναι μερικές φορές αμφίβολο.



### 3.6 Γενικά στοιχεία κατανομών των υπό εξέταση συστημάτων

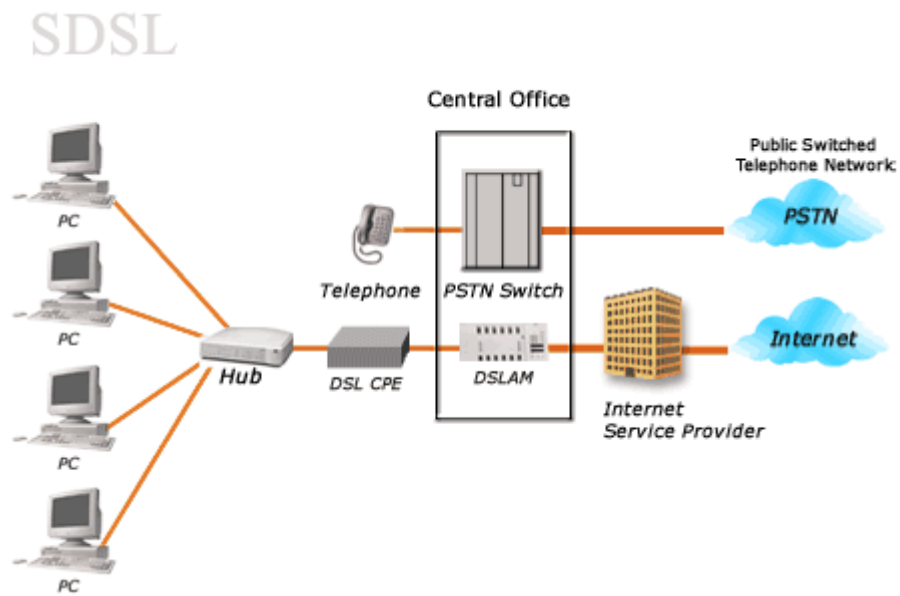
Πάροχοι Τηλεπικοινωνιών - DSLAMs		
Dslams	8	450 Συδρομητές / Dslam
	<b>Σύνολο</b>	8*450=3600 γραμμές
Dslam 1-->D2	400m	
Dslam 2-->D3	640m	
Dslam 3-->D4	700m	
Dslam 4-->D5	1000m	
Dslam 5-->D6	980m	
Dslam 6-->D7	1004m	
Dslam 7-->D8	840m	
Dslam 8<-->D1	2450m	
<b>Θερμοκρασία</b>	30 – 35 Βαθμούς κελσίου	
<b>Μέση ισχύ</b>	220 – 250 Voltage.	
<b>Αριθμός DSLAMs</b>	8	
<b>Συδρομητές / κατανομητή</b>	250min - 500max [μέσος όρος 400 συδρομητές/ Dslam]	

Πίνακας 5.Γενικά στοιχεία κατανομών

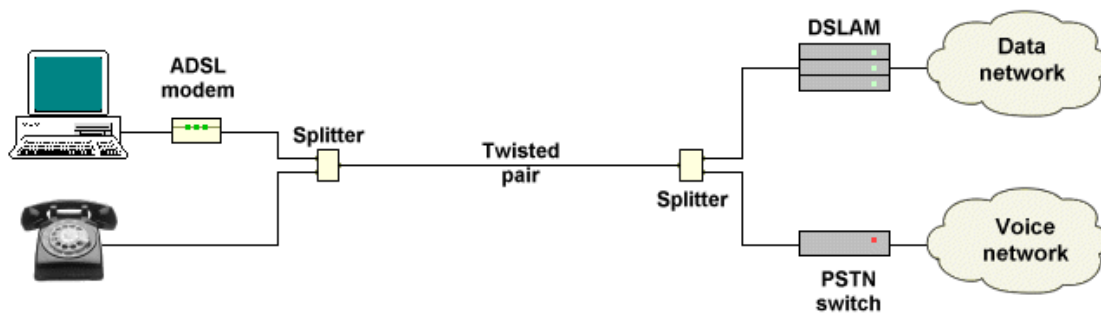
Γενικά στοιχεία περιοχής υπό Εξέταση		
Ακτίνα περιοχής μελέτης [11,7χιλ]		
Διοικητική Περιοχή	Πληθυσμός 2008	Ποσοστό (%) επί του συνόλου
Δήμος Κάτω Πολεμιδιών	18.508	11,8
Κοινοτικό Συμβούλιο - (Δήμος) Πάνω Πολεμιδιών	3.749	2,4
<b>Σύνολο</b>	<b>22257</b>	<b>14,2</b>
	<b>ΑΗΚ</b>	
Υποσταθμοί Μεταφοράς	1	132/11kv
Σταθμοί Διανομής	6	11kv/415v-240v
Απόσταση Υπ.Μεταφοράς σε σχέση με τους Στ.Διανομής	<b>1ος</b>	1004m
	<b>2ος</b>	1900m
	<b>3ος</b>	2400m
	<b>4ος</b>	2012m
	<b>5ος</b>	2900m
	<b>6ος</b>	1012m
<b>1ος --&gt;2ος</b>	1021m	
<b>2ος--&gt;3ος</b>	1052m	
<b>3ος --&gt;4ος</b>	460m	
<b>4ος--&gt;5ος</b>	1070m	
<b>5ος --&gt;6ος</b>	1078m	
<b>6ος&lt;--&gt;1ος</b>	1060m	

Πίνακας 6.Στοιχεία Ηλεκτρικού Δικτύου ΑΗΚ

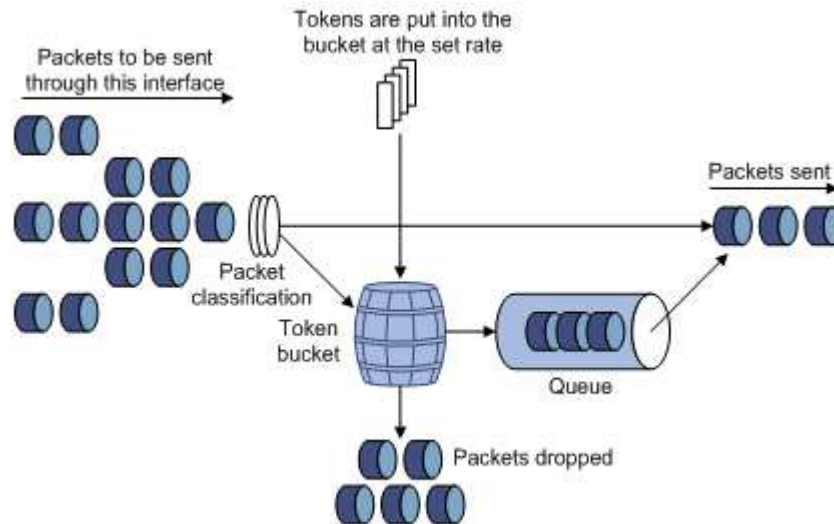
### 3.7 Δομικά Στοιχεία Ελέγχου



Διάγραμμα 7. DSL (Symmetric DSL)



Διάγραμμα 8. ADSL (Asymmetric DSL)

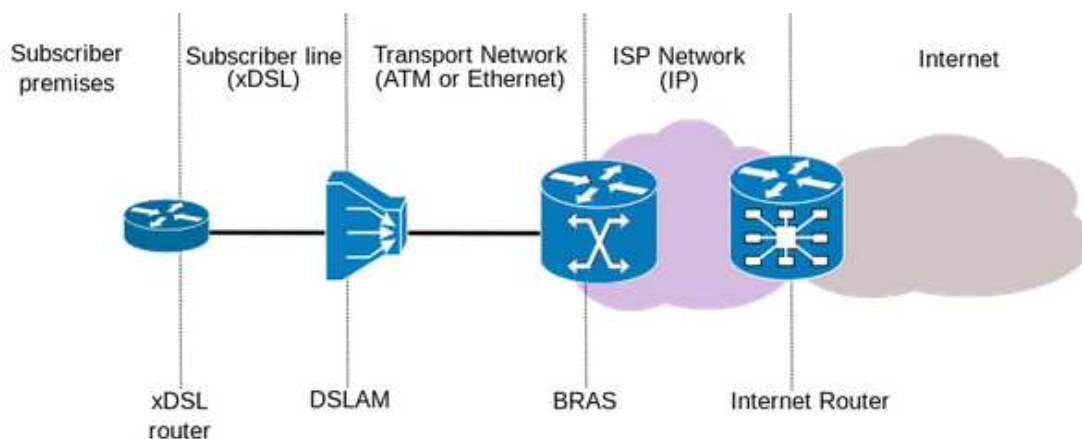


**Διάγραμμα 9.** Απώλεια Δεδομένων - (Packet loss)

### Πώς λειτουργεί το ADSL

Για να συνδεθούμε στο Internet μέσω ADSL, η τηλεφωνική γραμμή που ξεκινάει από το σπίτι μας καταλήγει με μια συσκευή δικτύου που ονομάζεται Digital Subscriber Line Access Multiplexer (DSLAM).

Ο ρόλος του DSLAM είναι να συγκεντρώσει το traffic των δεδομένων αλλά και της φωνής από πολλαπλούς συνδρομητές, και να τα συνδυάσει σε ένα περίπλοκο "σήμα", με τη διαδικασία του Multiplexing. Από εκεί και πέρα, το σήμα από το DSLAM μεταφέρεται μέσω του πρωτοκόλλου Asynchronous Transfer mode (PPP over ATM, PPPoE) ή Ethernet (PPP over Ethernet, PPPoE) στο δίκτυο του ISP, που μας δίνει πρόσβαση στο Internet.

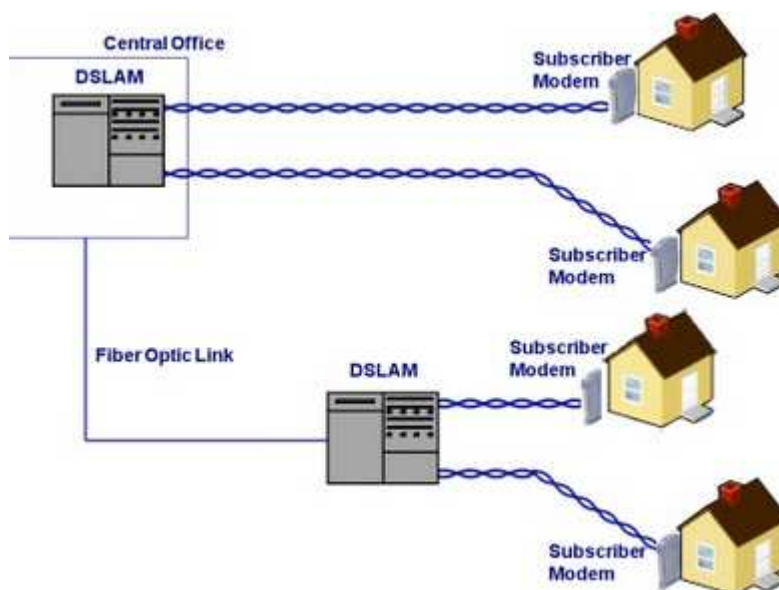


**Διάγραμμα 10.** Μετάδοση δεδομένων

## Πώς λειτουργεί το DSLAM

Σε ένα βαθμό, το DSLAM λειτουργεί όπως ένα απλό switch, στέλνοντας τα κατάλληλα δεδομένα στον κατάλληλο συνδρομητή.

Ταυτόχρονα, όμως, ένα DSLAM εμπεριέχει πολλαπλά κυκλώματα τύπου modem, τα οποία αναφέρονται ως ports. Για την ακρίβεια, περιέχει ένα μοναδικό modem (port) για κάθε συνδρομητή που συνδέεται σε αυτό.



**Διάγραμμα 11.** Μετάδοση Δεδομένων από το Dslam

Κάθε κάρτα στο DSLAM τυπικά έχει 24 ports, και βεβαίως μπορούν να εγκατασταθούν πολλαπλές κάρτες για να καλύψουν ολόκληρες περιοχές. Όταν συνδέσουμε και ανάψουμε το router μας (που στην πραγματικότητα είναι modem /router), το πρώτο πράγμα που κάνει είναι να συνδεθεί με το port του DSLAM που μας αντιστοιχεί. Αυτή η διαδικασία σύνδεσης μεταξύ των δύο modem ονομάζεται "συγχρονισμός", και συνήθως έχει ειδικό λαμπάκι με την ονομασία ADSL, line ή sync που δείχνει πως έγινε με επιτυχία. Τι επηρεάζει την ταχύτητα συγχρονισμού?

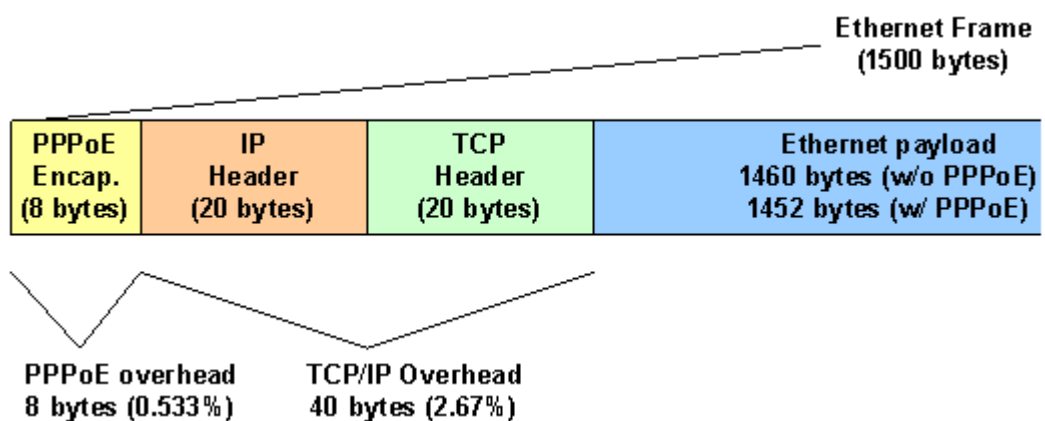
Ένα μεγάλο πλεονέκτημα του ADSL είναι πως χρησιμοποιεί τα καλώδια του υπάρχοντος τηλεφωνικού δικτύου (Plain Old Telephone Service, POTS). Έτσι, δεν χρειάζεται να περιμένουμε να στρώσουν νέα καλώδια ή οπτικές ίνες μέχρι το σπίτι μας. Για να μην μπλέκεται η μεταφορά δεδομένων του ADSL με την ομιλία στην απλή τηλεφωνική γραμμή, το ADSL χρησιμοποιεί υψηλότερες συχνότητες από το POTS. Το πρόβλημα όμως είναι πως, στα χάλκινα καλώδια του τηλεφωνικού δικτύου, όσο

μεγαλύτερο είναι το μήκος του καλωδίου, τόσο μεγαλύτερη είναι η απώλεια (Attenuation) στις υψηλότερες συχνότητες. Ως εκ τούτου, όσο μεγαλώνει η απόσταση ανάμεσα στο σπίτι μας και το DSLAM, τόσο χαμηλότερο είναι το εύρος των συχνοτήτων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί, και κατά συνέπεια τόσο χαμηλότερη η μέγιστη ταχύτητα συγχρονισμού. Μετά τα 2 χιλιόμετρα υπάρχουν και άλλοι παράγοντες στη γραμμή που επηρεάζουν την ταχύτητα, γι' αυτό υπάρχει και η μεγαλύτερη πτώση.

Αυτό λοιπόν σημαίνει πως αν από το σπίτι μας μέχρι το DSLAM υπάρχουν 2 χιλιόμετρα καλωδίου, η 24άρα μας σύνδεση θα συγχρονίζει περίπου στα 18Mbps. Συνήθως οι ISP, αν δουν πως το σπίτι κάποιου συνδρομητή βρίσκεται αρκετά μακριά από το κοντινότερο DSLAM, τον αποτρέπουν να πάρει μεγάλη ταχύτητα σύνδεσης. Του προτείνουν να πάρει χαμηλή ταχύτητα σύνδεσης εφόσον δεν θα μπορεί να συγχρονίσει σε υψηλότερες ταχύτητες. Φυσικά, το μήκος του καλωδίου είναι πάντοτε μεγαλύτερο από την απόσταση του σπιτιού μας ως το DSLAM σε ευθεία γραμμή. Επιπλέον, αν ζούμε πχ σε κάποια πολυκατοικία 40ετίας, μπορεί η ίδια η καλωδίωση της πολυκατοικίας να δημιουργεί προβλήματα στην ταχύτητα ADSL, που δεν θα μπορούσε να προβλέψει ο ISP.

Η πληροφορία που διακινείται στο Internet (ή οποιοδήποτε δίκτυο), από ένα απλό email μέχρι μια συλλογή ταινιών 50GB, χωρίζεται σε πολύ μικρά πακέτα δεδομένων για να σταλεί.

Όμως, το κάθε πακέτο δεδομένων επιβαρύνεται με επιπλέον bytes ώστε να φτάσει στον προορισμό του και για τον έλεγχο πως έχουν φτάσει σωστά τα δεδομένα (IP Header, TCP Header, PPPoE Encapsulation, ATM HDR κλπ).



**Διάγραμμα 12.** Απώλεια Πακέτων Δεδομένων

Επιπλέον, αν ένα πακέτο φτάσει με "χαλασμένα" (Corrupted) δεδομένα, για οποιοδήποτε λόγο θα πρέπει να ξανά σταλεί. Αυτή η διαδικασία απασχολεί περισσότερο τη σύνδεση, αλλά δεν είναι μέρος των τελικών δεδομένων που κατεβάζουμε. Όλη αυτή η επιπλέον πληροφορία που δεν ανήκει στο αρχείο που κατεβάζουμε - αλλά είναι απαραίτητη για να το κατεβάσουμε - ονομάζεται Overhead. [11]

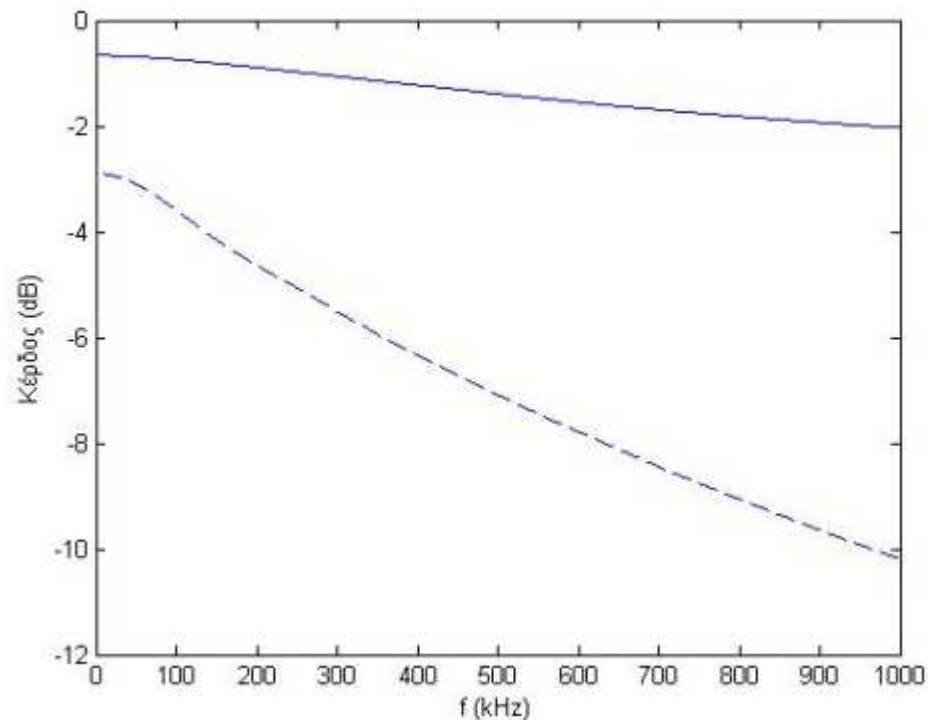
## **Προβλήματα Μετάδοσης**

Κατά τη μετάδοση δεδομένων σε γραμμές DSL υπεισέρχονται πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα, αλλά και το ρυθμό της. Οφείλονται κατά κύριο λόγο στη φύση του μέσου μετάδοσης που χρησιμοποιείται, αλλά και στη δομή του τηλεφωνικού δικτύου. Χωρίζονται σε δύο γενικές κατηγορίες: την εξασθένιση του σήματος και το θόρυβο.

## **Εξασθένιση**

Πρώτος παράγοντας που επηρεάζει καθοριστικά το ρυθμό μετάδοσης μίας γραμμής DSL είναι η εξασθένιση (attenuation), δηλαδή η μείωση της ισχύος του σήματος καθώς ταξιδεύει κατά μήκος ενός τηλεπικοινωνιακού μέσου. Στην περίπτωση της χάλκινης γραμμής, η εξασθένιση εξαρτάται από το μήκος της, τις παραμέτρους της (π.χ. αντίσταση, χωρητικότητα κ.ά.) και τις συχνότητες του πληροφοριακού σήματος. Στο Σχήμα 11 φαίνεται η αύξηση της εξασθένισης συναρτήσει της συχνότητας σε δύο γραμμές διαφορετικού μήκους. Διαπιστώνεται πως ο συνδυασμός γραμμής μεγάλου μήκους και υψηλών συχνοτήτων έχει ως αποτέλεσμα μεγάλη εξασθένιση του ωφέλιμου σήματος. Η εξασθένιση προκαλεί σοβαρό πρόβλημα στην τεχνολογία DSL. Δεδομένου ότι η αύξηση του ρυθμού μετάδοσης σε σχέση με παλαιότερες τεχνολογίες επιτυγχάνεται κατά κύριο λόγο με τη μετάδοση δεδομένων σε όλο και υψηλότερες συχνότητες, είναι φανερό πως η εξασθένιση περιορίζει σημαντικά την εμβέλεια και τη χρησιμότητα της υπηρεσίας αυτής. Μία λύση στο πρόβλημα είναι η ενίσχυση του σήματος χρησιμοποιώντας ενισχυτές ή επαναλήπτες σε συγκεκριμένα σημεία της γραμμής, που κρίνεται, όμως, οικονομικά ασύμφορη. Η πιο αποτελεσματική λύση στο πρόβλημα είναι η μείωση του μήκους του συνδρομητικού βρόχου. Μπορεί να επιτευχθεί με εγκατάσταση DSLAM σε μικρή απόσταση από τους συνδρομητές (δύσκολα

εφαρμόσιμη λύση), με εγκατάσταση DLC ή με την αντικατάσταση μέρους του δικτύου χάλκινων καλωδίων από δίκτυο οπτικών ινών (τεχνολογία FTTCab).



**Διάγραμμα 13.** Εξασθένιση σήματος σε γραμμή 24 AWG μήκους 100m (συνεχής καμπύλη) και 500m (διακεκομμένη καμπύλη) αντίστοιχα. Οι καμπύλες σχεδιάστηκαν με το πρόγραμμα Mat lab. Η μονάδα AWG (American Wire Gauge) χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της διαμέτρου των καλωδίων.

## Θόρυβος

Θόρυβος (noise) ονομάζεται κάθε μη ωφέλιμο σήμα που παρεισφρέει σε ένα τηλεπικοινωνιακό μέσο και επηρεάζει τη μετάδοση του ωφέλιμου σήματος. Υπάρχουν πολλοί τύποι θορύβου, καθένας από τους οποίους επιδρά με διαφορετικό τρόπο στο ωφέλιμο σήμα. Η επίδρασή τους εξαρτάται, επίσης, και από το είδος του πληροφοριακού σήματος. Στην περίπτωση του DSL, οι πιο σημαντικοί θόρυβοι είναι ο θόρυβος υποβάθρου (Background Noise), ο θόρυβος που προκαλείται από ραδιοφωνικά κύματα (Radio noise), ο κρουστικός θόρυβος (Impulse noise) και, σημαντικότερη όλων, η διαφωνία (crosstalk). • Η πιο γενική περίπτωση θορύβου στην ενσύρματη τηλεφωνία είναι ο θόρυβος υποβάθρου (Background noise). Στο DSL συνήθως θεωρούμε πως είναι λευκός, προσθετικός και γκαουσιανός (AWGN) με φασματική πυκνότητα ισχύος (PSD) ίση με  $-140\text{dBm/Hz}$ , αν και η συγκεκριμένη τιμή,



που είχε μετρηθεί τη δεκαετία του 90, μάλλον δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα. Ο θόρυβος υποβάθρου έχει τιμή υψηλότερη από το θερμικό θόρυβο ( $-173\text{dBm/Hz}$ ), γεγονός που είχε αποδοθεί στο θόρυβο που προκαλούσαν οι ADCs (μετατροπείς αναλογικού σήματος σε ψηφιακό). Λαμβάνοντας υπόψη την πρόοδο της τεχνολογίας που έχει συντελεστεί από την εποχή που έγινε η μέτρηση, μία ρεαλιστική τιμή του θορύβου υποβάθρου κυμαίνεται μεταξύ  $-160\text{dBm/Hz}$  και  $-170\text{dBm/Hz}$ . Ο θόρυβος που προκαλείται από ραδιοφωνικά κύματα (Radio noise). Είναι τα κατάλοιπα που αφήνουν στα χάλκινα καλώδια οι εκπομπές ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων και κυρίως των ραδιοφωνικών κυμάτων AM και των ερασιτεχνικών ραδιοσταθμών (amateurs). Τα κύματα παρεμβάλλονται στα εναέρια χάλκινα καλώδια, διότι ο χαλκός, διαρρέομενος από ρεύμα, λειτουργεί ως κεραία που έλκει τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα και τα οδηγεί προς τη γη. Ένας καλός τρόπος για τη μείωση της διαφορικής παρεμβολής αυτού του τύπου, που ονομάζεται παρεμβολή ραδιοκυμάτων (RF ingress), είναι η καλή εξισορρόπηση (balance) μεταξύ των δύο καλωδίων του συνεστραμμένου ζεύγους. Όσον αφορά τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα των ερασιτεχνικών ραδιοσταθμών, βρίσκονται σε σχετικά υψηλές συχνότητες και επηρεάζουν σχεδόν αποκλειστικά το VDSL. Αποτελούν, όμως, σημαντικό πρόβλημα για τις γραμμές VDSL. Έχει υπολογιστεί πως στην ακραία περίπτωση που ένας τέτοιος ραδιοσταθμός εκπέμπει σε απόσταση 10m από χάλκινα καλώδια και με ισχύ 400W, εισάγει θόρυβο με  $P_{SD} = -34\text{dBm/Hz}$ . Στη γενικότερη περίπτωση, ο θόρυβος κυμαίνεται μεταξύ  $-35\text{dBm/Hz}$  και  $-70\text{dBm/Hz}$ , τιμή διόλου αμελητέα. Ακόμα, επειδή αυτοί οι σταθμοί συνηθίζουν να αλλάζουν συχνότητα φορέα κάθε λίγα λεπτά, είναι δύσκολο να προβλεφθεί η ύπαρξη τέτοιου θορύβου. Ευτυχώς, τέτοιου είδους σήματα είναι στενής ζώνης (narrowband), οπότε προτιμάται να μη μεταδοθεί καθόλου ωφέλιμο σήμα DSL στις συγκεκριμένες ζώνες συχνοτήτων. Ο κρουστικός θόρυβος (Impulse noise) είναι μία προσωρινή παρεμβολή στα τηλεφωνικά καλώδια που προκαλείται από ένα παροδικό ηλεκτρομαγνητικό φαινόμενο, όπως είναι η ενεργοποίηση ενός ηλεκτρικού κινητήρα, ακόμα και το κουδούνισμα ενός τηλεφώνου που βρίσκεται στην ίδια ομάδα καλωδίων (Binder group) με το καλώδιο της γραμμής DSL. Ο μηχανισμός δημιουργίας της παρεμβολής είναι ίδιος με προηγουμένως, μόνο που επηρεάζει χαμηλότερες συχνότητες. Η τυπική διάρκεια κρουστικών θορύβων κυμαίνεται μεταξύ 10 και 100sec, μπορούν όμως να επηρεάσουν το σήμα DSL για χρόνο που φτάνει μέχρι και τα 3msec. Λόγω της μεγάλης ποικιλίας τους είναι δύσκολο να προβλεφθούν. Υπάρχουν διάφορα μοντέλα για την περιγραφή τους, αν και λίγα είναι ευρέως αποδεκτά. Το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο μοντέλο είναι το μοντέλο cook pulse.

# Κεφάλαιο 4

## Σενάρια - Βλάβες

### 4.1 Παράγοντες - Προκλήσεις

Οι βλάβες σε ένα δίκτυο ηλεκτρικό ή δίκτυο τηλεπικοινωνιών εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες. Κάποιοι από αυτούς αναφέρονται παρακάτω:

- Καιρικές συνθήκες (καταιγίδες, κεραυνοί, χιόνι, πάγος)
- Πολύ υψηλές θερμοκρασίες και αυξημένη υγρασία
- Έλλειψη συντήρησης
- Γήρανση
- Ανθρώπινη επίδραση
- Βλάστηση και ζώα
- Διαρκής υπερφόρτιση-υπερφόρτωση/βραχυκυκλώματα
- Ρύπανση
- Σχεδιασμός και κατασκευή

Οι παράγοντες αυτοί προκαλούν διαφοροποίηση των ρυθμών αποτυχίας ανάλογα με την τοποθεσία και τη χρονική στιγμή. Στην πραγματικότητα σε κάθε βλάβη αντιστοιχεί ένας ρυθμός αποτυχίας ανάλογα με τον τύπο αλλά και τις συνθήκες λειτουργίας του. Ωστόσο, συνήθως οι ρυθμοί αποτυχίας λαμβάνονται από έρευνες ως μέσες τιμές που ισχύουν για διάφορες καταστάσεις λειτουργίας.

#### Αξιοπιστία και αποτυχία

Ο όρος της αξιοπιστίας χρησιμοποιείται για να περιγράψει γενικά έναν από τους ερευνητικούς κλάδους της μηχανικής για την μέτρηση της απόδοσης ενός συστήματος. Η κλασική αξιοπιστία είναι η πιθανότητα ενός στοιχείου να εκτελέσει την λειτουργία

του για ένα συγκεκριμένο διάστημα υπό ορισμένες συνθήκες. Γίνεται η υπόθεση ότι κάθε στοιχείο του συστήματος που μελετάται μπορεί να μεταβεί από την κατάσταση λειτουργίας στην κατάσταση αποτυχίας. Η κατάσταση του στοιχείου αναπαριστάται ως τυχαία μεταβλητή με τιμή ένα ή μηδέν για κατάσταση λειτουργίας και αποτυχίας αντίστοιχα. Η κλασική αξιοπιστία  $R(t)$ , είναι η πιθανότητα ότι ένα στοιχείο του συστήματος βρίσκεται σε κατάσταση λειτουργίας μέχρι τη χρονική στιγμή  $t$ . Γίνονται οι υποθέσεις ότι τη χρονική στιγμή μηδέν το στοιχείο λειτουργεί κανονικά και ότι τελικά αποτυγχάνει δηλαδή ότι  $R(0)=1$ ,  $R(\infty)=0$ ., καθώς και ότι η συνάρτηση της αξιοπιστίας,  $R(t)$ , δεν είναι αύξουσα .

Αποτυχία συμβαίνει όταν ένα στοιχείο δεν εκτελεί μια συγκεκριμένη λειτουργία. Ωστόσο, στην πράξη, ο όρος της αποτυχίας χρησιμοποιείται συχνά για να περιγράψει οποιαδήποτε κατάσταση θεωρείτε ως βλάβη. Επιπλέον υπάρχει η έννοια της μεταβατικής ή διακοπτόμενης αποτυχίας, κατά την οποία το στοιχείο δεν παρέχει ένα συγκεκριμένο επίπεδο απόδοσης στο σύστημα αλλά επανέρχεται στην κανονική του απόδοση χωρίς επιδιόρθωση και κάποιες φορές χωρίς καμία παρέμβαση .

## **4.2 Βλάβες Α.Η.Κ ( Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου )**

- **Προγραμματισμένες διακοπές ρεύματος**

Η κάθε αρχή ηλεκτρισμού καταβάλει διαρκείς προσπάθειες για τη μεγαλύτερη δυνατή αξιοπιστία των δικτύων και εγκαταστάσεων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και για τη βελτίωση της ποιότητας της παρεχόμενης ενέργειας. Για το λόγο αυτό προγραμματίζει και υλοποιείται καθημερινά έργα συντήρησης , ενίσχυσης τα οποία απαιτούν προσωρινές διακοπές της ηλεκτροδότησης.

- **Τυχαίες διακοπές ρεύματος ( Βλάβες)**

Η ηλεκτροδότηση διακόπτεται χωρίς καμία προειδοποίηση.

#### 4.2.1 Σενάριο 1<sup>ο</sup> διακοπής ηλεκτρικού ρεύματος στο βρόγχο του δικτύου:



**Διάγραμμα 14.** βλάβη στο βρόγχο του δικτύου

**Σενάριο 1:** Η διακοπή όπως παρατηρούμε στο σχήμα -1- βρίσκεται στον βρόγχο και μεταξύ των σταθμών διανομής 2 και 3.

Στην περίπτωση αυτή ΔΕΝ μπορεί να γίνει διακοπή στο δίκτυο που αφορά μόνο τους σταθμούς διανομής 2 και 3 άλλα στο σύνολο του δικτύου διανομής ηλεκτρικού ρεύματος που εμπλέκονται οι σταθμοί διανομής 1,2,3,4 και στον υποσταθμό μεταφοράς. Αυτό γίνεται γιατί η τάση είναι πάρα πολύ υψηλή συνεπώς και οι κανόνες ασφαλείας έως να αποκατασταθεί η βλάβη αυξημένοι και πάντοτε σύμφωνα με τους νόμους και τις αρχές που επιβάλλει η κάθε επιχείρηση ηλεκτρισμού.

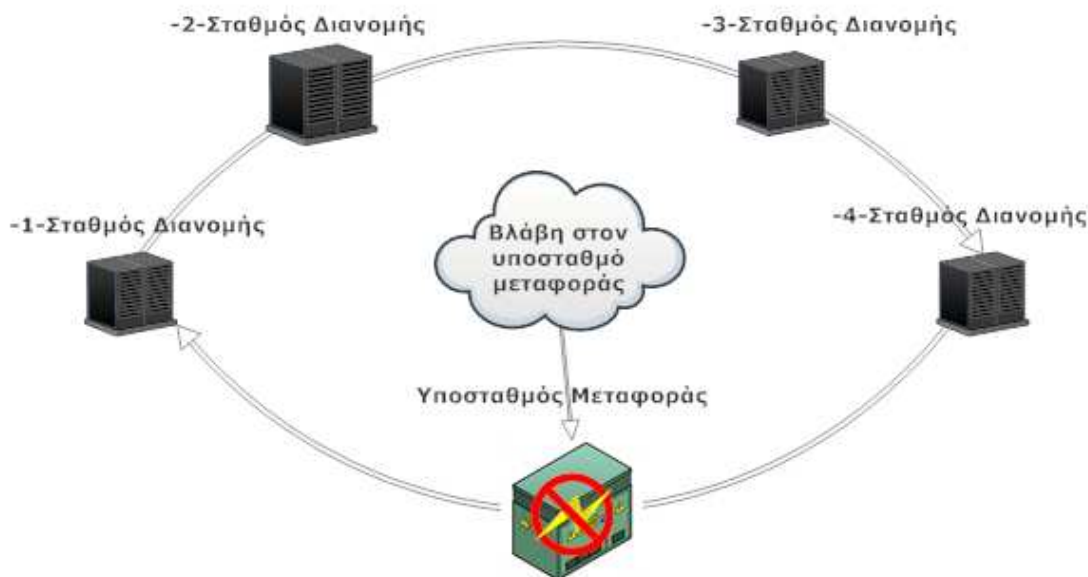
#### 4.2.2 Σενάριο 2<sup>ο</sup> διακοπής ηλεκτρικού ρεύματος στον σταθμό διανομής του δικτύου:



**Διάγραμμα 15.** Βλάβη στον σταθμό διανομής του δικτύου

**Σενάριο 2:** Στην περίπτωση αυτή που η βλάβη είναι πάνω σε κάποιον σταθμό διανομής (Σχήμα-2-), ακλουθείτε ακριβώς η ίδια διαδικασία με το σενάριο 1. Προσωρινή διακοπή του δικτύου έως να αποκατασταθεί η βλάβη.

### 4.2.3 Σενάριο 3<sup>ο</sup> διακοπής ηλεκτρικού ρεύματος στον υποσταθμό μεταφοράς του δικτύου:



**Διάγραμμα 16.** Βλάβη στον υποσταθμό μεταφοράς του δικτύου

**Σενάριο 3:** Στην περίπτωση αυτή που η βλάβη είναι πάνω υποσταθμό μεταφοράς διανομής (Σχήμα-3-), ακολουθείται ακριβώς η ίδια διαδικασία με το σενάριο 1 και 2. Προσωρινή διακοπή του δικτύου έως να αποκατασταθεί η βλάβη. Η διαφορά με τα 2 προηγούμενα σενάρια είναι ότι ο υποσταθμός μεταφοράς λόγω της ιδιότητας του πιθανόν να βγάλει εκτός δικτύου και άλλους σταθμούς διανομής που τροφοδοτούνται από αυτόν. Κατά συνέπεια η διακοπή στο ηλεκτρικό δίκτυο να είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τις προηγούμενες δυο περιπτώσεις.

## 4.3 Βλάβες Στο Δίκτυο Τηλεπικοινωνιών ( DSLAMs)

- **Προγραμματισμένες διακοπές δικτύου**

Ο κάθε τηλεπικοινωνιακός πάροχος μετά από ενημέρωση τουλάχιστον 24 ωρών πριν από την προγραμματισμένη διακοπή ενημερώνει τους συνδρομητές που θα επηρεαστούν. Οφείλονται συνήθως σε αναβαθμίσεις δικτύου ή επιδιορθώσεις σε υφιστάμενα δίκτυα. Οι βλάβες αυτές μπορούν να πάρουν από λίγα λεπτά έως και δυο μέρες, εξαρτάται από το μέγεθος της βλάβης.

- **Τυχαίες βλάβες - Διακοπή υπηρεσιών**

Η παροχή διακόπτεται χωρίς κάποια προειδοποίηση.

## 4.4 Σενάρια που αφορούν βλάβες που προκλήθηκαν από υπερτάσεις ηλεκτρικού ρεύματος.

Πιο συγκριμένα θα παρουσιάσουμε κάποια σενάρια που αφορούν μέτρα προστασίας δικτύου - εγκαταστάσεων από Υπερτάσεις δημιουργία υπερτάσεων επί των τηλεπικοινωνιακών γραμμών. Οι υπερτάσεις στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα μπορούν να δημιουργηθούν από τις κάτωθι αιτίες:

1. Από ατμοσφαιρικές ηλεκτρικές εκκενώσεις
2. Επαγωγικά από τις ενεργειακές γραμμές
3. Από επαφή με ενεργειακές γραμμές
4. Από επαγωγικές ηλεκτροστατικές φορτίσεις.

- **Υπερτάσεις από ατμοσφαιρικές εκκενώσεις.**

Τις γραμμές τηλεπικοινωνίας, σε περίπτωση απ' ευθείας εκκένωσης κεραυνού σε αυτές, καμία προστατευτική διάταξη δεν μπορεί να τις προστατεύσει. Εάν όμως γίνει

εκκένωση κεραυνού κοντά στην τηλεπικοινωνιακή γραμμή δημιουργείται επαγωγικά μία τάση κρουστικής μορφής η οποία διαρρέει την τηλεπικοινωνιακή γραμμή.

- **Επαγωγικές υπερτάσεις από ενεργειακές γραμμές**

Σε πολλές περιπτώσεις οι τηλεπικοινωνιακές γραμμές συμβαδίζουν σε κάποια απόσταση από τις ενεργειακές γραμμές (έστω και αν τηρούνται οι αποστάσεις ασφαλείας από τις ενεργειακές γραμμές). Σε κανονική λειτουργία της γραμμής υψηλής τάσης το μαγνητικό πεδίο γύρω από τη γραμμή δεν είναι αισθητό και δεν έχουμε επίδραση στην τηλεπικοινωνιακή γραμμή. Σε περίπτωση όμως βραχυκυκλώματος ενός αγωγού της υψηλής τάσης, προκαλείται αύξηση του μαγνητικού πεδίου γύρω από τον αγωγό αυτόν και έτσι δημιουργείται επαγωγικά στη τηλεπικοινωνιακή γραμμή τάση (διαμήκης τάση) κατά μήκος της γραμμής. Για την προστασία των δικτύων από τις επαγωγικές υπερτάσεις από ενεργειακές γραμμές χρησιμοποιούμε τα αλεξικέραυνα F.I.R.A.R. Είναι αλεξικέραυνα ευγενούς αερίου εντός ειδικών λυχνιών και κάθε ένα απ' αυτά μπορεί να προστατέψει δύο κυκλώματα. Τοποθετούνται εντός στεγανών κουτιών, στους ενδιάμεσους στύλους των εναέριων γραμμών (στην περίπτωση που συμβαδίζουν γραμμές της ΑΗΚ) και σε ορισμένες αποστάσεις με σκοπό την προστασία των δικτύων και εγκαταστάσεων. [18]

- **Υπέρταση από επαφή με ενεργειακές γραμμές**

Οι διασταυρώσεις και οι στενές προσπελάσεις των γραμμών ενεργείας με τηλεπικοινωνιακές γραμμές πρέπει να αποφεύγονται κατά την κατασκευή, γιατί υπάρχει κίνδυνος σε περίπτωση θραύσης στύλου ή σύρματος να έρθουν σε αμοιβαία εμπλοκή και οι τηλεπικοινωνιακές γραμμές να αποκτήσουν την τάση των ενεργειακών γραμμών. Πολλές φορές όμως αυτές οι επικίνδυνες θέσεις δεν μπορούν να αποφευχθούν. Στις επικίνδυνες θέσεις που αναφέραμε προηγουμένως λαμβάνουμε τα εξής ειδικά μέτρα προστασίας: i. Οι γυμνοί αγωγοί αντικαθίστανται από αγωγούς της ίδιας διαμέτρου και του ίδιου τύπου σύρματος μονωμένους με PVC. ii. Γίνεται ενίσχυση των ακραίων στυλωμάτων του τμήματος της γραμμής που αντικαταστάθηκε με PVC. iii. Γίνεται πύκνωση των ενδιάμεσων στυλωμάτων για ενίσχυση των γραμμών από υπερβολικές μηχανικές φορτίσεις. [18]



- Υπέρταση από επαγωγικές ηλεκτροστατικές φορτίσεις

Αυτές δημιουργούνται από ανομοιόμορφη φόρτιση της ατμόσφαιρας, π.χ. ένα φορτισμένο σύννεφο βρίσκεται κοντά σε ένα τμήμα γραμμής την φορτίζει επαγωγικά ώστε αυτή να παρουσιάσει εικόνα ανάλογη με πυκνωτή.

## 4.5 Μέτρα προστασίας

### Γειώσεις

Για την αποτελεσματική προστασία των δικτύων απαραίτητος όρος είναι η εξασφάλιση καλής γείωσης. Με τον όρο «γείωση» εννοούμε την ηλεκτρική σύνδεση ενός σώματος, ηλεκτρικά φορτισμένου, προς την Γη. Οι γειώσεις των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και δικτύων έχουν σκοπό την βελτίωση της παρεχόμενης υπηρεσίας και την προστασία του υλικού και ασφάλεια του προσωπικού. Οι γειώσεις διακρίνονται:

- Σε γειώσεις λειτουργίας
- Σε γειώσεις προστασίας

Όταν λέμε αντίσταση γείωσης εννοούμε την αντίσταση της Γης. Η αντίσταση γείωσης στα ομοαξονικά καλώδια πρέπει να είναι μικρότερη από 3 Ω. Γενικά οι μέγιστες τιμές αντιστάσεως γείωσης δίνονται από τον παρακάτω πίνακα 7:

Σημεία δικτύου που απαιτεί γείωση	Ω
Συνδρομητικές συνδέσεις	20,0
Κοινοτικά Τηλεφωνεία	20,0
Υπαίθριοι Κατανεμητές	10,0
Κουτιά Διανομής	10,0
Ενδιάμεσοι Ενισχυτές και Αναγεννητές	10,0
Κοινοτικά Τηλεφωνεία με εναέρια γραμμή	5,0
Ενδιάμεσες θέσεις ειδικών Αντιεπαγωγικών καλωδίων	2,0
Κουτιά μεταζεύξεως	2,0

Τερματικοί Ενισχυτές και Αναγεννητές	0,5
Γενικοί Κατανεμητές	0,5
Ζευτικά καλώδια (μανδύας)	5
Τερματικοί στύλοι καλωδίων εισαγωγής	2

**Πίνακας 7.Μέγιστες Τιμές Αντιστάσεως**

Η αντίσταση γειώσεως εξαρτάται από την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους, και αυτή εξαρτάται από την φύση του εδάφους. Η φύση του εδάφους προσδιορίζει τον τρόπο γείωσης. Στις περιπτώσεις αβαθών εδαφών και βραχώδους εδάφους οι χρησιμοποιούμενες γειώσεις είναι επιφανειακές και επιτυγχάνονται με ενταφιασμένους αγωγούς και πλάκες γειώσεως υπό μορφή βρόχου. Μία άλλη μέθοδος γείωσης είναι με έναν ή περισσότερους πασσάλους και ηλεκτρική σύνδεση μεταξύ τους και με την εγκατάσταση που γειώνεται. Ένας τρίτος τρόπος γείωσης είναι ο συνδυασμός και των δύο τρόπων σύνδεσης που αναφέραμε προηγουμένως. Για να βελτιώσουμε την αγωγιμότητα του εδάφους μπορούμε να εμποτίσουμε το έδαφος με οποιοδήποτε ηλεκτρολύτη (μαγειρικό αλάτι, ανθρακικό νάτριο και θειικό χαλκό). [06]

## **4.6 Σενάρια που αφορούν βλάβες σε υποσταθμούς (DSLAMs) σε σχέση με τις υπηρεσίες παροχής στους συνδρομητές**

Στην περιοχή υπό εξέταση των κάτω και άνω Πολεμιδιών έχουμε συνολικά 8 υποσταθμούς (DSLAMs) υποστηριζόμενα το κάθε ένα ξεχωριστά από το αντίστοιχο εκτός περιοχής και λειτουργούν ως υποστηρικτικά, σε περιπτώσεις κάλυψης του απαιτούμενου εύρους ζώνης (Bandwidth) εφόσον αυτό είναι δυνατόν.

Το σύνολο των υποσταθμών καλύπτεται ωστόσο από το κέντρο δικτύου ( Data Center) και αυτό με τη σειρά του με το αντίστοιχο. Τέλος, τα κέντρα δικτύου τροφοδοτούνται από τον κεντρικό πάροχο( Provider-ISP).

#### **4.6.1 Σενάριο 1<sup>ο</sup>: πρόβλημα στο κεντρικό πάροχο.**

Κάποια βασικά προβλήματα πολλές φορές σχετίζονται έμμεσα με τον πάροχο , άρα επηρεάζουν και άμεσα τις γραμμές των συνδρομητών που δουλεύουν με αυτές.

Κάθε εταιρεία πρέπει να τηρεί κάποιες συγκεκριμένες προδιαγραφές τόσο στις υπηρεσίες που δίνει όσο και στις υπηρεσίες ανά συνδρομητή. Αν κάποιος παράγοντας από τους παρακάτω δεν λειτουργεί σωστά τότε η υπηρεσία υπολειτουργεί.

#### **Line attenuation (εξασθένηση γραμμής σε dB) :**

Δείχνει πόσο σήμα χάνεται πάνω στη γραμμή (απώλεια σήματος) από αυτό που στέλνεται προς κάποια κατεύθυνση – Αυτό πρέπει να είναι χαμηλό νούμερο και όχι μεγαλύτερο από 60-65 dB.

#### Ενδεικτικές τιμές

**20dB και κάτω: τέλειο**

**20dB-30dB: εξαιρετικό**

**30dB-40dB: πολύ καλό**

**40dB-50dB: καλό**

**50dB-60dB: φτωχό με πιθανά προβλήματα σύνδεσης**

**60dB και πάνω: σίγουρα προβλήματα σύνδεσης**

#### Απόσταση από DSLAM Line attenuation Ταχύτητα download

**1.0 km 13.81 dB 23 Mbit**

**1.5 km 20.7 dB 21 Mbit**

**2.0 km 27.6 dB 18 Mbit**

**2.5 km 34.5 dB 13 Mbit**

**3.0 km 41.4 dB 8 Mbit**

**3.5 km 48.3 dB 6 Mbit**

**4.0 km 56 dB 4 Mbit**

**4.5 km 62.1 dB 3 Mbit**

**5.0 km 69 dB 2 Mbit**

Για να μετρήσουμε τη θεωρητική ταχύτητα και την απόσταση από το DSLAM με βάση την εξασθένιση του σήματος (line attenuation) του DSLAM -σε χιλιόμετρα- υπολογίζεται αν διαιρέσουμε την απόσταση με το download attenuation με το 13,81.

### **Noise Margin ή SNR (Signal to Noise Ratio) (σε dB) :**

Εδώ μετράμε τη σχέση που έχει το ωφέλιμο σήμα της γραμμής (Σήμα ( Signal) – αυτό που μεταφέρει τα δεδομένα μας) με το θόρυβο της (noise) γι αυτό λέγεται και S/N δηλαδή Signal/Noise. Αυτό σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερο είναι το αποτέλεσμα της διαίρεσης «ωφέλιμο σήμα» / «θόρυβος» τόσο καθαρότερο σήμα έχουμε. Πρακτικά ένα SNR μικρότερο από 6 σε συνδυασμό με μεγάλο Line Attenuation (εξασθένιση γραμμής), δημιουργεί προβλήματα συγχρονισμού με αποτέλεσμα συχνές αποσυνδέσεις της γραμμής και φυσικά λάθη στο modem/router.

Παράδειγμα: το πολύ συχνό S/N = 30dB είναι πολύ καλή τιμή μέτρησης και σύμφωνα με τα παραπάνω σημαίνει ότι το ωφέλιμο σήμα είναι 1000 φορές μεγαλύτερο από το θόρυβο. Άρα το όριο των 12db σημαίνει ότι το ADSL καλό είναι να παίζει όταν το σήμα είναι 15,85 φορές μεγαλύτερο από το θόρυβο.

### Ενδεικτικές τιμές

**<6dB:** κακό, είναι πολύ πιθανό να υπάρχουν προβλήματα συγχρονισμού και αποσυνδέσεων.

**6dB-6.9dB:** οριακό, είναι το εξ ορισμού όλων των ISP για να επιτύχουν τις μέγιστες ταχύτητες συγχρονισμού.

**7dB-10dB:** μέτριο αλλά δεν αφήνει πολύ χώρο για διακυμάνσεις.

**11dB-20dB:** καλό χωρίς προβλήματα συγχρονισμού .

**20dB-28dB:** εξαιρετικό 29dB και πάνω: κορυφαίο.

### **Output Power (σε dBm):**

Δείχνει πόση ισχύ βάζει το modem στη γραμμή για να διατηρήσει το συγχρονισμό (πόσο παιδεύεται το Modem δηλαδή για να διατηρήσει τη γραμμή). Υψηλά νούμερα

μεγαλύτερα από 15-16 dBm δείχνουν πιθανά προβλήματα. Το dBm σημαίνει ισχύς ανά milliwatt άρα ουσιαστικά με τον τύπο των dB υπολογίζουμε το νούμερο και αυτό που βρίσκουμε το ονομάζουμε mW. Παράδειγμα – το output power (downstream) = 3dBm είναι μια καλή τιμή μέτρησης και σύμφωνα με τα παραπάνω σημαίνει ότι η ισχύς που βάζει το modem στη γραμμή για το downstream είναι 2mW. Άρα το όριο των 15dbm σημαίνει ότι το ADSL καλό είναι να παίζει με ισχύ όχι μεγαλύτερη από 30mW.]

### **Data Rate (Ονομαστική Ταχύτητα):**

Είναι η ταχύτητα μεταξύ του ADSL modem του χρήστη και του DSLAM του ISP (παρόχου) (ταχύτητα στην οποία «κλειδώνουν» τα modems). Συνεπώς η Ονομαστική ταχύτητα είναι εγγυημένη μέχρι το DSLAM και αποτελεί την μέγιστη ταχύτητα που ένας χρήστης μπορεί να ανταλλάξει δεδομένα.

Actual Data Rate (Πραγματική Ταχύτητα): Σε οποιαδήποτε δικτυακή σύνδεση δύο απομακρυσμένων άκρων άρα και στο ADSL, η Πραγματική Ταχύτητα που βλέπει ένας χρήστης στο ένα άκρο, ανά πάσα στιγμή, ισούται με την ταχύτητα που του επιτρέπει το πιο αδύναμο τμήμα ολόκληρης της διαδρομής. Έτσι, σε όλες τις ADSL υπηρεσίες (ανεξαρτήτου ISP) δεν παρέχεται καμία εγγύηση αναφορικά με την ταχύτητα λήψης δεδομένων, καθώς οι συνδέσεις αυτές χαρακτηρίζονται ως UBR (Unspecified Bit Rate).

Για να μπορέσουμε να κάνουμε σύγκριση της Ονομαστικής Ταχύτητας με αυτές που βλέπουμε κάθε φορά που κατεβάζουμε κάτι από το Internet, θα πρέπει να διαιρέσετε την Ονομαστική Ταχύτητα διά τον αριθμό 8 (1 byte = 8 bits). Έτσι, σε υπηρεσία με ταχύτητα πρόσβασης download 18.500 Kbits/sec, η ιδανική – μέγιστη ταχύτητα είναι  $18.500 : 8 = 2.312$  Kbits/sec που όμως πρακτικά είναι αδύνατο να επιτευχθεί.

#### 4.6.2 Σενάριο 2<sup>ο</sup>: Διακοπή ρεύματος στο Dslam -7-



Εικόνα 6. Διακοπή Ρεύματος στο Dslam -7-

Στην περιοχή υπό εξέταση και πιο συγκεκριμένα στον πολυπλέκτη (Dslam -7) έχει διακοπεί η τροφοδοσία ηλεκτρικού ρεύματος με αποτέλεσμα να έχει σταματήσει να λειτουργεί.

Το συγκεκριμένο Dslam υποστηρίζει 250 πελάτες οι οποίοι προσωρινά έχουν σταματήσει οι υπηρεσίες τους. Παράλληλα είναι διασυνδεδεμένο με τα DSLAMs 6-8 εντός περιοχής και εκτός περιοχής με το Dslam 9. Για λόγους υπέρβασης ορίων όσον αφορά το πλήθος των συνδρομητών ΔΕΝ μπορεί να υποστηριχτεί από τα DSLAMs εντός περιοχής. Η μόνη λύση είναι να υποστηριχτεί από το Dslam 9 το οποίο είναι εκτός περιοχής, μπορεί να φιλοξενήσει 500 συνδρομητές εκ των οποίων οι 230 βρίσκονται σε χρήση.

Συνεπώς το Dslam 7 θα συνεχίσει να λειτουργεί υποστηριζόμενο έως να επιδιορθωθεί.

#### 4.6.3 Σενάριο 3<sup>ο</sup>: Διακοπή ρεύματος στο Dslam -7- (2)

Στο σενάριο αυτό έχουμε πάλι το ίδιο Dslam και ισχύουν ακριβώς τα ίδια χαρακτηριστικά με το προηγούμενο σενάριο, με τη μόνη διαφορά ότι το υποστηρικτικό Dslam 9 είναι υπερπλήρες όσον αφορά τους συνδρομητές που μπορεί να φιλοξενήσει και έτσι εντός της περιοχής μας και πιο συγκεκριμένα στο Dslam 7 θα υπάρξει διακοπή υπηρεσιών προς τους συνδρομητές (250) που επηρεάζονται έως να αποκατασταθεί η βλάβη.

#### 4.6.4 Σενάριο 4<sup>ο</sup>: βλάβη δικτύου στο Dslam -5-



Εικόνα 7. Βλάβη δικτύου στο Dslam -5-

Στην περίπτωση αυτή έχουμε ένα Dslam το οποίο λόγω της γεωγραφικής του θέσης μπορεί να υποστηριχτεί από τα περισσότερα σε πλήθος DSLAMs εντός και εκτός περιοχής. Συνεπώς στην περίπτωση που θα υποστεί βλάβη μπορεί να συνεχίσει να παρέχει υπηρεσίες στους συνδρομητές που καλύπτει ακόμα και από τον κέντρο δικτύου (Data Center).

Η μοναδική περίπτωση να σταματήσουν οι υπηρεσίες να παρέχονται είναι να υπάρχει βλάβη στο κεντρικό δίκτυο υπογείων καλωδίων πράγμα που σημαίνει απώλεια υπηρεσιών σε κάθε ενδεχόμενο σενάριο και εφόσον στο παρόν στάδιο η διασύνδεση γίνεται με υπόγεια καλώδια και όχι με κάποιον άλλο τρόπο.

## 4.7 Σενάρια Απώλειας Υπηρεσιών

### 4.7.1 Σενάριο 1<sup>ο</sup> χρήση υπηρεσιών στις ώρες αιχμής στο Dslam-1-



Εικόνα 8. Υπερφόρτωση Του Πολυπλέκτη(Dslam) 1

Σύμφωνα με την τοπολογία και τον χάρτη στον οποίο είναι καταναμημένοι οι πολυπλέκτες, στο συγκεκριμένο σενάριο του Dslam-1- η μέγιστη ακτίνα που καλύπτει είναι έως ένα χιλιόμετρο. Πρακτικά σημαίνει ότι βάση των κανόνων που ισχύουν θα έχουμε τα εξής:

**Line Attenuation** (εξασθένηση γραμμής σε dB) : Δείχνει πόσο σήμα χάνεται πάνω στη γραμμή (απώλεια σήματος) από αυτό που στέλνεται προς κάποια κατεύθυνση – Αυτό πρέπει να είναι χαμηλό νούμερο και όχι μεγαλύτερο από 60-65 dB.

**-20dB και κάτω: τέλειο**

**-1.0 km 13.81 dB 23 MBit**

Noise Margin ή SNR (Signal to Noise Radio) (σε dB): Εδώ μετράμε τη σχέση που έχει το ωφέλιμο σήμα της γραμμής (signal – αυτό που μεταφέρει τα data μας) με το θόρυβο της (noise) γι αυτό λέγεται και S/N δηλ. Signal /Noise. Αυτό σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερο είναι το αποτέλεσμα της διαίρεσης «ωφέλιμο σήμα» / «θόρυβος» τόσο καθαρότερο σήμα έχουμε. Στην περίπτωση μας:

**-11dB-20dB: καλό χωρίς προβλήματα συγχρονισμού**

Το συγκεκριμένο Dslam η μέγιστη χωρητικότητα είναι  $10 \times 48 = 480$  ADSL κάρτες.

Τη συγκεκριμένη στιγμή φιλοξενεί 400 γραμμές εν ενεργεία και γίνεται χρήση εν ώρα αιχμής και από τις 400 γραμμές ταυτόχρονα με διάφορες υπηρεσίες, όπως streaming,



downloading και uploading στις γραμμές . Υποθέτουμε ότι και οι 400 γραμμές έχουν μέγιστη ταχύτητα 8Mbps download και 512Kbps upload.

Το πιθανότερο είναι να υπάρχουν προβλήματα απαγχονισμού και δυσλειτουργίας άσχετα αν τηρούν τα παραπάνω κριτήρια που έχουμε περιγράψει και αυτό γιατί ο κάθε πάροχος ISP όπως και το κάθε Dslam έχει κάποιες συγκεκριμένες πολιτικές ορθής χρήσης που μπορούν άμεσα να επηρεάσουν τις υπηρεσίες. Αυτό είναι πάντοτε συνυφασμένο με τις ρυθμίσεις που έχει κάνει ο πάροχος, όπως το bandwidth που υπάρχει αν περιοχή και αν αριθμό χρηστών που βρίσκονται πάνω στο Dslam.

Έτσι αν μια γραμμή εκ των 400 με θεωρητική ταχύτητα 8Mbps και 512kbps αντίστοιχα δεν θα μπορεί να χρησιμοποιήσει το ανάλογο bandwidth που της επιτρέπει ο παροχέας για τον λόγο ότι δεν θα υπάρχει διαθέσιμο στο συγκεκριμένο καταναμητή.

#### 4.7.2 Σενάριο 2<sup>ο</sup> χρήση υπηρεσιών στις ώρες μη αιχμής στο Dslam-2-



Εικόνα 9. Ομαλή Λειτουργία Του Πολυπλέκτη (Dslam) 2

Σύμφωνα με την τοπολογία και τον χάρτη στον οποίο είναι καταναμημένοι οι πολυπλέκτες, στο συγκεκριμένο σενάριο του Dslam-2- η μέγιστη ακτίνα που καλύπτει είναι έως ένα χιλιόμετρο. Πρακτικά σημαίνει ότι βάση των κανόνων που ισχύουν θα έχουμε τα εξής:

**Line Attenuation** (εξασθένηση γραμμής σε dB) : Δείχνει πόσο σήμα χάνεται πάνω στη γραμμή (απώλεια σήματος) από αυτό που στέλνεται προς κάποια κατεύθυνση – Αυτό πρέπει να είναι χαμηλό νούμερο και όχι μεγαλύτερο από 60-65 dB.

**-20dB και κάτω: τέλειο**

**-1.0 km 13.81 dB 23 MBit**

Noise Margin ή SNR (Signal To Noise Ratio) (σε dB): Εδώ μετράμε τη σχέση που έχει το ωφέλιμο σήμα της γραμμής (Signal – αυτό που μεταφέρει τα data μας) με το θόρυβο της (noise) γι αυτό λέγεται και S/N δηλ. Signal / Noise. Αυτό σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερο είναι το αποτέλεσμα της διαίρεσης «ωφέλιμο σήμα» / «θόρυβος» τόσο καθαρότερο σήμα έχουμε. Στην περίπτωση μας:

#### **-11dB-20dB: καλό χωρίς προβλήματα συγχρονισμού**

το συγκεκριμένο Dslam η μέγιστη χωρητικότητα είναι  $10 \times 48 = 480$  ADSL κάρτες.

τη συγκεκριμένη στιγμή φιλοξενεί 200 γραμμές εν ενεργεία και γίνεται χρήση εν ώρα μη αιχμής και από τις 100 γραμμές όχι ταυτόχρονα με διάφορες υπηρεσίες, όπως streaming, downloading και uploading στις γραμμές . Υποθέτουμε ότι και οι 100 γραμμές έχουν μέγιστη ταχύτητα 8Mbps download και 512Kbps upload.

Στο σενάριο αυτό και σύμφωνα με τις πολιτικές ορθής χρήσης της εταιρείας αν το συγκεκριμένο Dslam είναι έτοιμο να φιλοξενήσει 400 γραμμές πρακτικά θα σημαίνει ότι οι γραμμές που είναι σε χρήση σύμφωνα με το διαθέσιμο bandwidth θα εργάζονται σχεδόν στο 100% της απόδοσης με λιγότερους αποσυγχρονισμούς και αυτό γιατί θα μπορούν να χρησιμοποιούν όλο το bandwidth που δίνεται από τον παροχέα χωρίς να υπάρχει υπερφόρτωση του δικτύου. Πάντοτε οι ADSL τεχνολογίες είναι ασύγχρονες και ασύμμετρες , σημαίνει στο ιδανικό σενάριο που οι αποστάσεις είναι εντός επιθημάτων ορίων τα αποτελέσματα θα είναι τα αναμενόμενα.

#### **4.7.3 Σενάριο 3<sup>ο</sup> χρήση υπηρεσιών στις ώρες μη αιχμής στο Dslam-8-**



**Εικόνα 10.** Λειτουργία Σε Μεγαλύτερες Αποστάσεις Του Πολυπλέκτη (Dslam) 8

Σύμφωνα με την τοπολογία και τον χάρτη στον οποίο είναι κατανεμημένοι οι πολυπλέκτες, στο συγκεκριμένο σενάριο του Dslam-8- η μέγιστη ακτίνα που καλύπτει

είναι πάνω ένα χιλιόμετρο. Πρακτικά σημαίνει ότι βάση των κανόνων που ισχύουν θα έχουμε τα εξής:

**Line Attenuation** (εξασθένηση γραμμής σε dB) : Δείχνει πόσο σήμα χάνεται πάνω στη γραμμή (απώλεια σήματος) από αυτό που στέλνεται προς κάποια κατεύθυνση – Αυτό πρέπει να είναι χαμηλό νούμερο και όχι μεγαλύτερο από 60-65 dB.

**-50dB-60dB: φτωχό με πιθανά προβλήματα σύνδεσης**

**-4.0 km 56 dB 4 MBit**

Ο συγκεκριμένος πολυπλέκτης Dslam εξυπηρετεί απομακρυσμένες γραμμές στην περιοχή υπό εξέταση και λειτουργεί ως υποστηρικτικός στο σύνολο του δικτύου. Καλύπτει απομονωμένες περιοχές για να παρέχει κάλυψη, για το λόγο αυτό όπως παρατηρούμε και πιο πάνω στα χαρακτηριστικά του η ακτίνα η οποία καλύπτει φτάνει τα 4.0 km . το συγκεκριμένο Dslam η μέγιστη χωρητικότητα είναι  $10 \times 48 = 480$  ADSL κάρτες.

Τη συγκεκριμένη στιγμή φιλοξενεί 96 γραμμές εν ενεργεία και γίνεται χρήση εν ώρα μη αιχμής και από τις 100 γραμμές όχι ταυτόχρονα με διάφορες υπηρεσίες, όπως streaming, downloading και uploading στις γραμμές . Υποθέτουμε ότι και οι 96 γραμμές έχουν μέγιστη ταχύτητα από τον παροχέα 8Mbps download και 512Kbps upload.

Είναι εμφανή ότι συγκρίνοντας το Line Attenuation (εξασθένηση γραμμής σε dB) με τις θεωρητικές ταχύτητες που έχει δώσει ο παροχέας ότι δεν πρόκειται να ξεπεράσει καμία γραμμή στην καλύτερη των περιπτώσεων το μισό της ταχύτητας που δίνεται από τον παροχέα. Αυτό οφείλετε στην απόσταση που υπάρχει μεταξύ της κάθε γραμμής και του καταναμητή. Συγχρόνως είναι πολύ πιθανόν να υπάρχουν αποσυγχρονισμοί και απώλεια πακέτων δεδομένων λόγω της απόστασης.

# Κεφάλαιο 5

## Προσομοιώσεις - Αλληλεξαρτήσεις

### 5.1 Ανίχνευση Και Μετριάσμός Αλληλεξαρτήσεων Μεταξύ Δικτύων

Στο σημείο αυτό θα δημιουργήσουμε ένα συμβολικό δίκτυο πάνω στα πρότυπα του δικού μας δικτύου, όπου και θα το θέσουμε υπό κάποιες δοκιμασίες για να εξάγουμε κάποια αποτελέσματα για να ανιχνεύσουμε και ίσως να μπορούμε να προλάβουμε κάποιες περιπτώσεις μετάδοσης βλαβών οι οποίες θα εμπόδιζαν τη λειτουργία του δικτύου μας.

Πιο συγκεκριμένα θα δημιουργήσουμε το δίκτυο που θα περιλαμβάνει τους υποσταθμούς της περιοχής υπό εξέτασης που έχουμε θέσει, καθώς επίσης και κάποια σενάρια περιπτώσεων τα οποία έχουμε αναλύσει σε προγενέστερο στάδιο.

### 5.2 Ποιότητα Υπηρεσίας QoS (Quality of Service)

Προκειμένου να μπορέσει να παρασχεθεί η απαιτούμενη ποιότητα για όλες τις κατηγορίες των υπηρεσιών, τα δίκτυα διανομής οφείλουν να εφαρμόσουν μηχανισμούς που εγγυώνται εύρος ζώνης (bandwidth), καθυστέρηση (delay), διαφοροποίηση καθυστέρησης (jitter) και αξιοπιστία (availability, packet loss)

#### Εύρος ζώνης (Bandwidth)

Οι απαιτήσεις για εύρος ζώνης εξαρτώνται από την εκάστοτε υπηρεσία. Οι ευρυζωνικές απαιτούν αυξημένο εύρος ζώνης.

## **Καθυστέρηση (Delay)**

Ως καθυστέρηση ορίζεται ο επιπρόσθετος χρόνος σε σχέση με τον αναμενόμενο που απαιτείται για να φθάσουν τα πακέτα στον προορισμό τους. Η καθυστέρηση οφείλει να είναι μικρότερη από 60ms από άκρη σε άκρη μιας σύνδεσης. Αυτή η τιμή είναι μικρότερη από τη λήψη φωνής (150ms).

## **Διαφοροποίηση Καθυστέρησης (Jitter)**

Η διαφοροποίηση καθυστέρησης ορίζεται ως η διαφοροποίηση που παρατηρείται στο χρόνο λήψης των πακέτων. Ουσιαστικά είναι η διαφοροποίηση του χρόνου καθυστέρησης, οι διαφορετικές, δηλαδή, τιμές που μπορούν να λάβει η καθυστέρηση. Η διαφοροποίηση καθυστέρησης οφείλει να είναι μικρότερη από 20ms. Για υπηρεσίες από άκρο σε άκρο η διαφοροποίηση καθυστέρησης δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 30ms.

## **Απώλεια Πακέτων (Packet loss)**

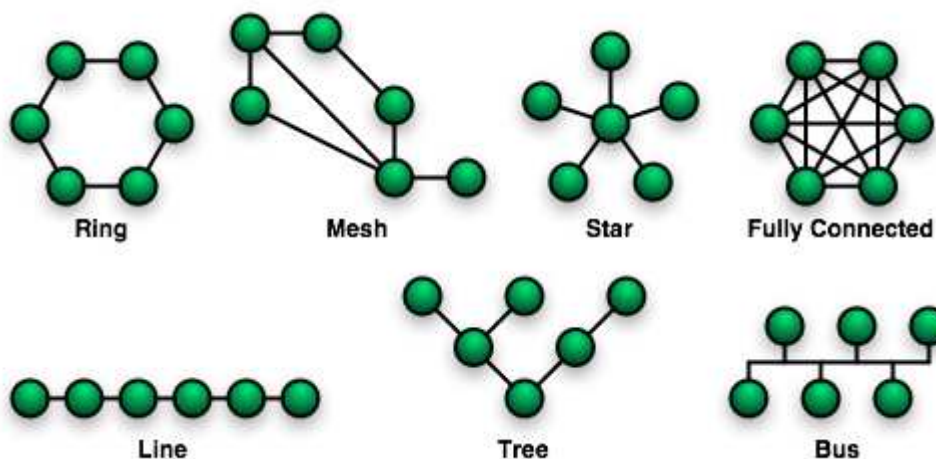
Τα χαμένα πακέτα πρέπει να ανέρχονται σε ποσοστό μικρότερο του 0.5% (η τιμή για τις από άκρο σε άκρο υπηρεσίες πρέπει να είναι μικρότερη από το 1%, για να μπορέσει να παραχθεί υψηλή ποιότητα υπηρεσίας). Αυτή η τιμή μπορεί να ανέλθει μέχρι το 1.5% για επικοινωνίες επιχειρήσεων (τότε για τις από άκρο σε άκρο υπηρεσίες η τιμή πρέπει να είναι μικρότερη 3%).

## **Διαθεσιμότητα του δικτύου (Availability)**

Στα IP δίκτυα, η διαθεσιμότητα είναι η δυνατότητα του δικτύου να μπορεί να διαθέσει τις λειτουργίες - υπηρεσίες του. Πολύ υψηλά επίπεδα διαθεσιμότητας του δικτύου απαιτούν ένα συνδυασμό χαμηλού ποσοστού αποτυχίας και χαμηλών χρόνων αποκατάστασης. Ο στόχος για υψηλή διαθεσιμότητα πρέπει να είναι 99.99% χρόνο λειτουργίας, με επιτρεπόμενο χρόνο διακοπής πέντε λεπτά ανά έτος. Η διαθεσιμότητα του δικτύου δεν πρέπει να είναι κάτω από το 99.5% ανά έτος.

## 5.3 Τοπολογίες των Δικτύων Διανομής

**Τοπολογία δικτύου** ονομάζεται η μορφή της σύνδεσης μεταξύ των κόμβων ενός δικτύου. Οι τοπολογίες είναι είτε φυσικές είτε λογικές. Τα κυριότερα είδη τοπολογιών είναι η γραμμική, η τύπου διαύλου, δακτυλίου, αστέρα, η κατανεμημένη, η πλήρως κατανεμημένη και η τύπου δένδρου.



Διάγραμμα 17. Network Topology

Στην **τοπολογία διαύλου** (bus) όλες οι συσκευές συνδέονται με ένα κεντρικό καλώδιο, το οποίο αποκαλείται *bus* ή *σπονδυλική στήλη*. Τα δίκτυα διαύλου είναι σχετικά ανέξοδα και εύκολο να εγκατασταθούν για τα μικρά δίκτυα. Τα συστήματα Ethernet χρησιμοποιούν μια τοπολογία bus.

Στην **τοπολογία δακτυλίου** (ring) όλες οι συσκευές συνδέονται με μορφή ενός κλειστού βρόχου, έτσι ώστε κάθε συσκευή συνδέεται άμεσα με δύο άλλες συσκευές, ένα από κάθε πλευρά. Οι τοπολογίες δακτυλίων είναι σχετικά ακριβές και δύσκολο να εγκατασταθούν, αλλά προσφέρουν το υψηλό εύρος ζώνης και μπορούν να εκταθούν σε μεγάλες αποστάσεις. Παραδείγματα τέτοιων τοπολογιών αποτελούν το token ring και το FDDI( οπτικές ίνες) .

Στην **τοπολογία αστέρα** (Star) όλες οι συσκευές συνδέονται με μια κεντρική πλήμνη **Hub**. Τα δίκτυα αστεριών είναι σχετικά εύκολο να εγκατασταθούν και να διαχειριστούν, αλλά οι δυσχέρειες μπορούν να εμφανιστούν επειδή όλα τα στοιχεία πρέπει να περάσουν μέσω του hub.

Μια **τοπολογία δέντρου (Tree)** συνδυάζει τα χαρακτηριστικά των γραμμικών τοπολογιών bus και αστέρα. Αποτελείται από ομάδες διαμορφωμένων τερματικών σταθμών που συνδέονται με ένα γραμμικό βασικό καλώδιο bus. Αυτές οι τοπολογίες μπορούν επίσης να αναμιχθούν. Παραδείγματος χάριν, ένα δίκτυο bus-αστέρα αποτελείται από ένα bus υψηλής-εύρους ζώνης, αποκαλούμενο σπονδυλική στήλη, η οποία συνδέει τις συλλογές των τμημάτων αστεριών αργής-εύρους ζώνης.

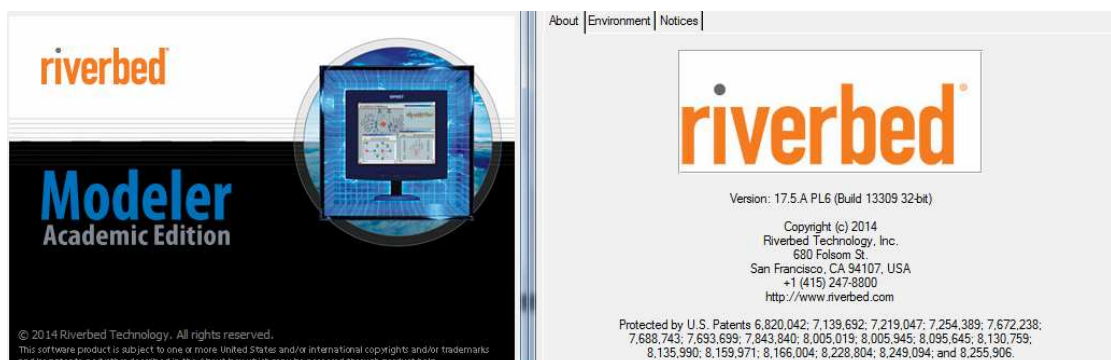
Το επόμενο στάδιο πολυπλοκότητας είναι η **κατανεμημένη τοπολογία (Mesh topology)**, η οποία παίρνει ένα σύνολο τοπολογιών αστέρα και προσθέτει πλεονάζουσες συνδέσεις μεταξύ των διακοπών. Δηλαδή δημιουργούνται εναλλακτικοί δρόμοι επικοινωνίας μεταξύ των υπολογιστών. Τα τηλεφωνικά δίκτυα είναι μίξη της τοπολογίας αστέρα και της κατανεμημένης.

Σκοπός και επιλογή τοπολογίας

Η επιλεχθείσα τοπολογία δικτύου πρέπει να διασφαλίζει μια φθηνή αλλά και αξιόπιστη λύση σε περίπτωση αποτυχίας. Αυτό εξαρτάται αρχικά από την εγκατάσταση των δικτύων πρόσβασης στη δεδομένη περιοχή, όπως και από τη θέση του διαχειριστικού κόμβου. Στην δική μας περίπτωση θα χρησιμοποιήσουμε την τοπολογία δίαυλου και δακτυλίου και θα κλείσουμε με την τοπολογία Mesh ασύρματης δικτύωσης.

Για την υλοποίηση της τοπολογίας έχουμε επιλέξει το Riverbed Modeler Edition 17.5, με ενσωματωμένο πλέον το OPNET στο λογισμικό του.

Για το λογισμικό Riverbed Modeler Edition 17.5 παρέχεται δωρεάν μόνο η ακαδημαϊκή έκδοση, έτσι υπάρχει περιορισμός στον αριθμό των κόμβων, στην περίπτωσή μας Smart Meters, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανά σενάριο και περιορισμός των γεγονότων ανά δευτερόλεπτο που μπορούν να μελετηθούν.

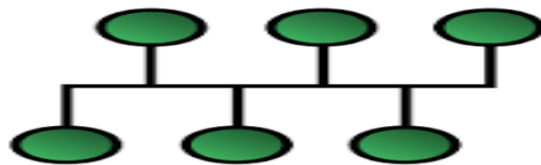


Εικόνα 11. Riverbed Modeler Academic Edition - version 17.5

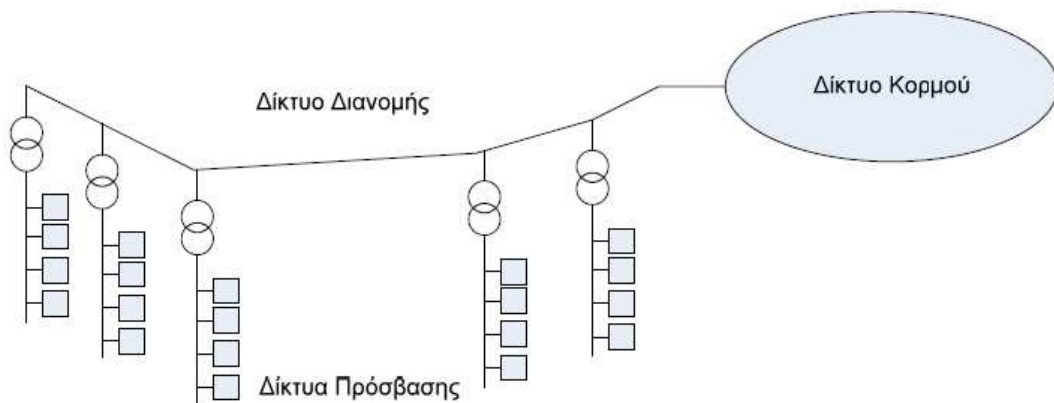
## 5.4 Τοπολογία αρτηρίας (bus topology) -

### Προσομοίωση 1<sup>η</sup>

Η τοπολογία αρτηρίας αποτελεί μια από τις πιθανές λύσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν με χαμηλά κόστη. Ωστόσο ο παράγοντας του κόστους δεν αποτελεί αυτοτελές κριτήριο για την απόφαση ως προς το είδος της τοπολογίας του δικτύου διανομής. Ένα πολύ σημαντικό κριτήριο είναι η αξιοπιστία του δικτύου σε περιπτώσεις αποτυχιών συνδέσεων. Έτσι στην τοπολογία διαδρομής εάν μια σύνδεση μεταξύ δυο δικτύων πρόσβασης διακοπεί, όλα τα δίκτυα πρόσβασης που ακολουθούν το δίκτυο πρόσβασης που διακόπηκε αποσυνδέονται επίσης από το δίκτυο κορμού. Επομένως, στα δίκτυα διανομής πρέπει να ληφθούν υπόψη οι τοπολογίες δικτύων πλέγματος.



Εικόνα 12. Bus Topology



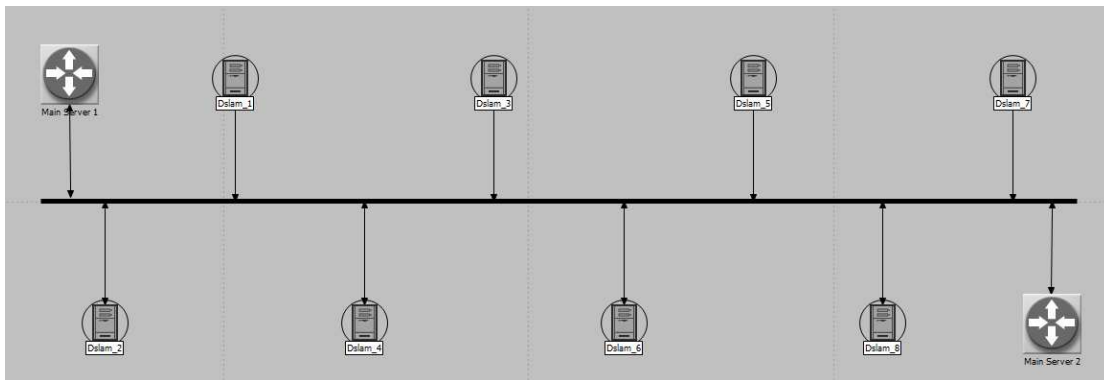
Διάγραμμα 18. Δίκτυο Διανομής Με Τοπολογία Διαδρομής



### 5.4.1 Δημιουργία δικτύου αρτηρίας

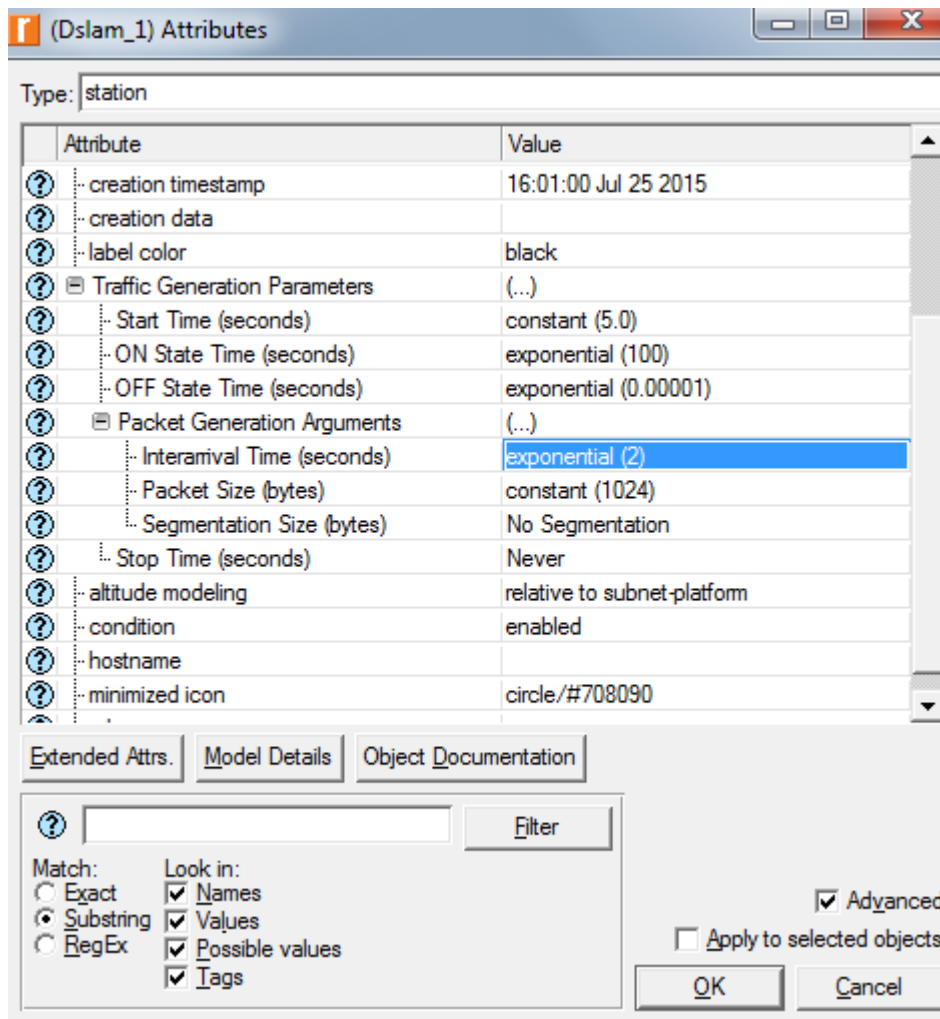
Δημιουργούμε ένα δίκτυο με 8 σταθμούς ( DSLAMs-Υποσταθμούς) ,που συνδέονται μέσω ενός ομοαξονικού καλωδίου σε τοπολογία αρτηρίας. Το ομοαξονικό καλώδιο λειτουργεί στα 100 Mbps. Το ενδιαφέρον επικεντρώνετε στην απόδοση του δικτύου καθώς αυξάνεται ο φόρτος, το πλήθος των σταθμών εργασίας και διαφοροποιείτε το μέγεθος των πακέτων.

Αρχικά δημιουργούμε το δίκτυο και ως πρώτο βήμα διαμορφώνουμε το ομοαξονικό καλώδιο θέτοντας καθυστέρηση διάδοσης σε Sec/m (Delay) 0.05 και παράλληλα το μέγεθος του καλωδίου που επιθυμούμε (στο παράδειγμα μας 5 χιλ.) .



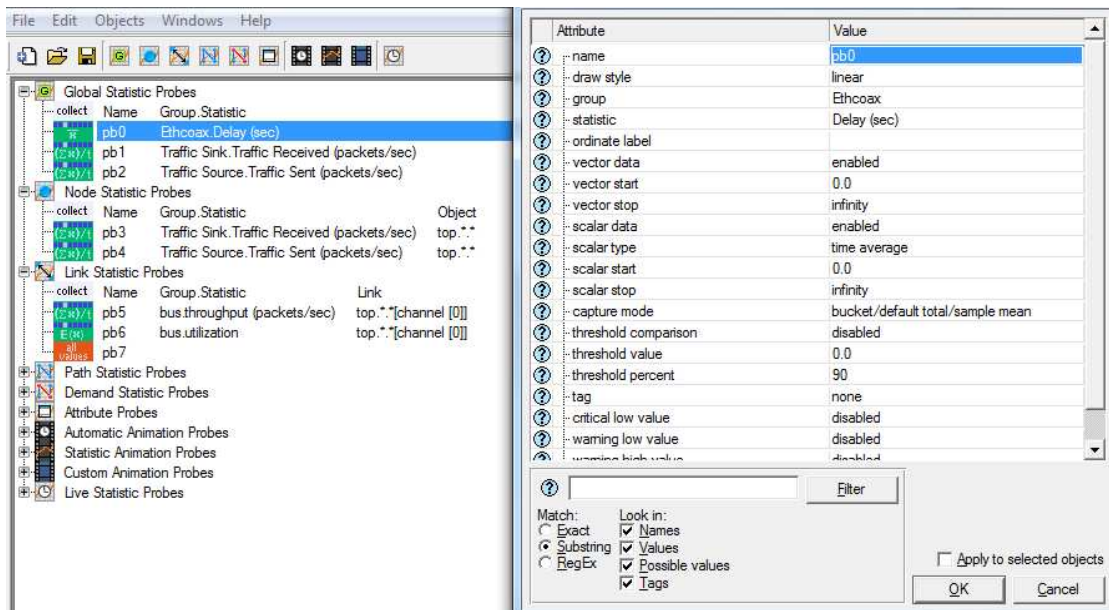
**Διάγραμμα 19.** Δίκτυο Αρτηρίας (Bus) Με 8 Σταθμούς

Εν συνεχεία ρυθμίζουμε τους υποσταθμούς θέτοντας τις κατάλληλες παραμέτρους για να μας εμφανίσουν την απόδοση του δικτύου σε σχέση με το traffic sink και το traffic received με μονάδα μέτρησης (**packets / Sec**).



**Εικόνα 13.** Ρύθμιση Υποσταθμών

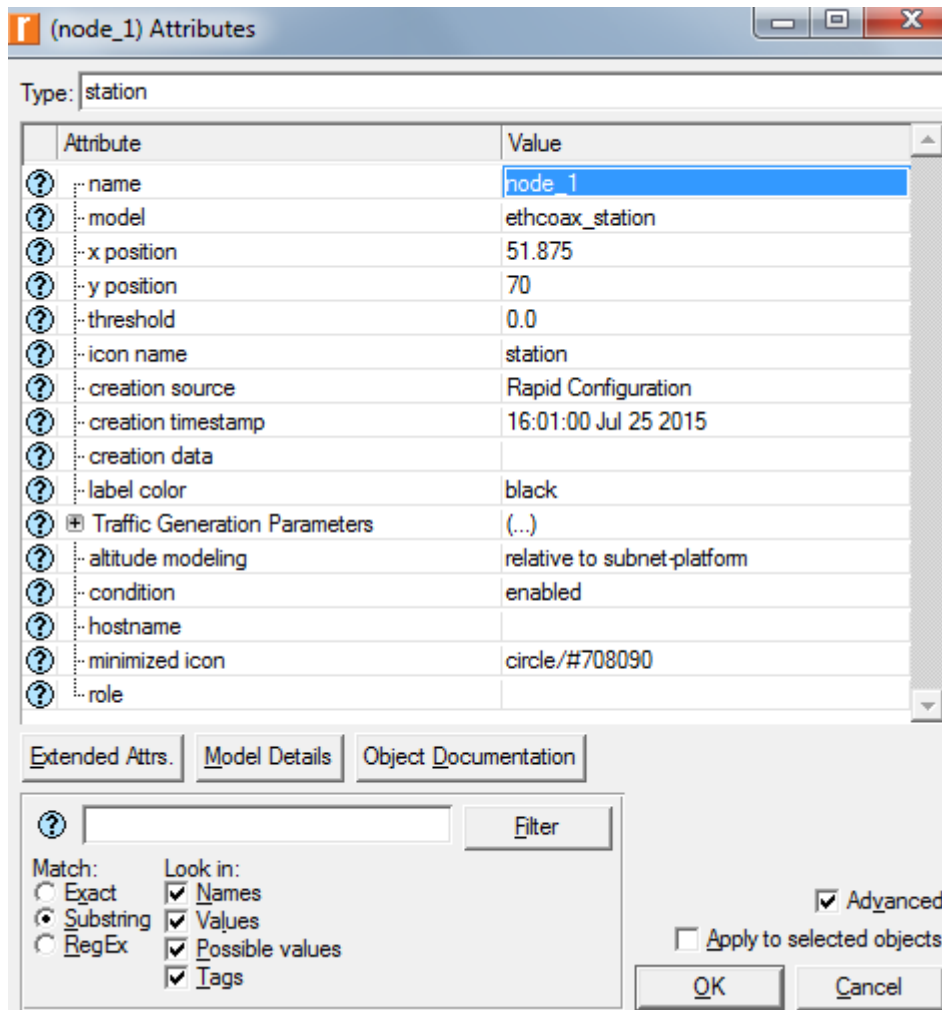
Για να συλλεχθεί ο μέσος όρος των παραπάνω στατιστικών μετρήσεων ως μια βαθμωτή τιμή στο τέλος κάθε προσομοίωσης θα πρέπει να επιλέξουμε από το πρόγραμμα να μας εμφανίσει τις ακόλουθες τιμές, οι οποίες παρουσιάζονται ως μια εκθετική κατανομή της απώλειας πακέτων διανομής και λήψης καθώς επίσης και να τις θέσουμε σε ισχύ μια μια ξεχωριστά.



**Εικόνα 14.** Επιλογή Στατιστικών Υπό Μελέτη

### Διαμόρφωση κόμβων δικτύου:

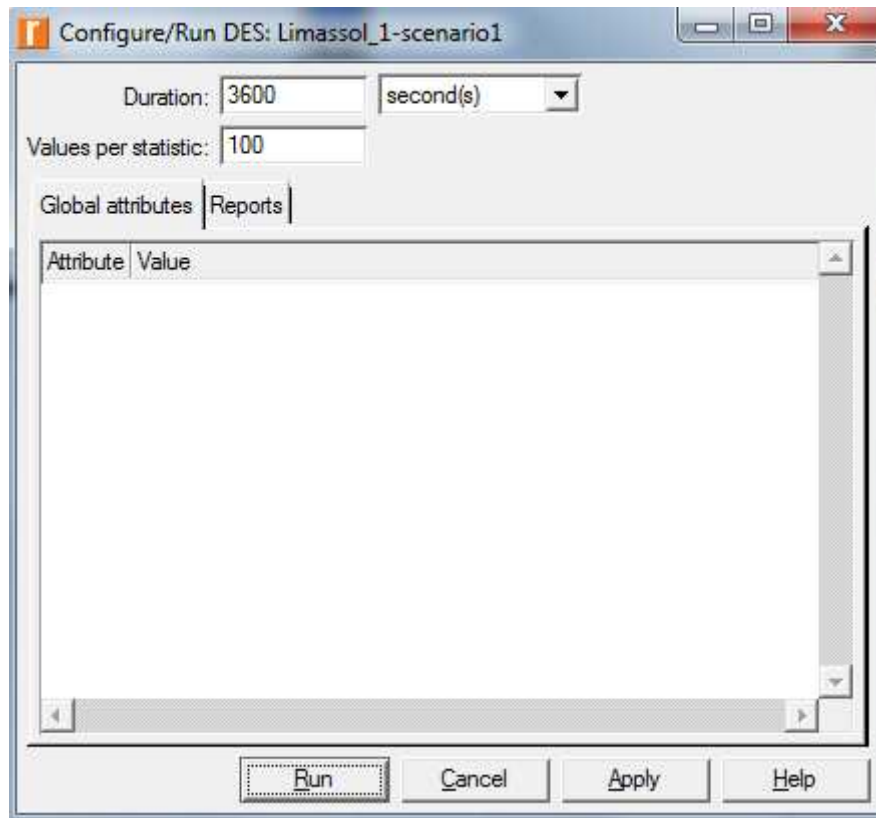
Σε αυτό το στάδιο θα διαμορφώσουμε την κίνηση που θα δημιουργηθεί από τους κόμβους δικτύου. Θα θέσουμε αρχικά τιμές με βάση το πρώτο σενάριο και ακολούθως θα αλλάζουμε απλά τις τιμές για να παρατηρούμε από τις γραφικές μας τα αποτελέσματα.



Εικόνα 15. Διαμόρφωση κόμβων

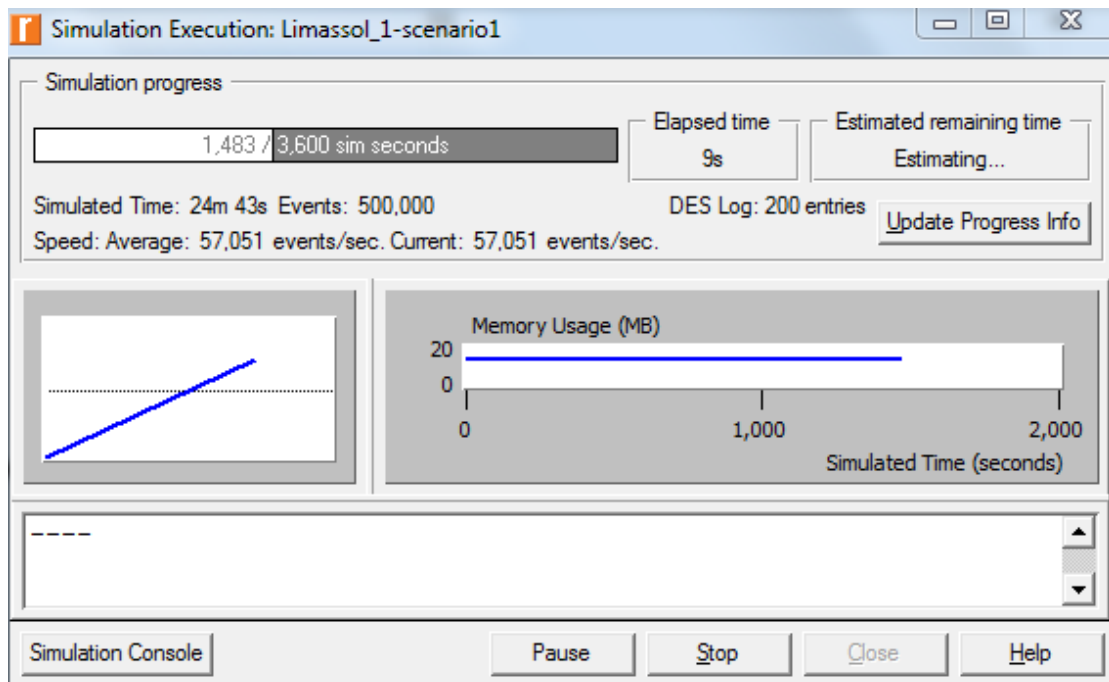
Τέλος , ανοίγοντας το εξομοιωτή του προγράμματος (Simulation) θα θέσουμε το χρονικό διάστημα στο οποίο θέλουμε να πάρουμε μετρήσεις και θα ξεκινήσουμε την καταγραφή.

Αυτό αναλόγως των χρονικών περιθωρίων που θα επιλέξουμε , παίρνει και τον αντίστοιχο χρόνο . (Ανάλογα με την ταχύτητα του υπολογιστή η διαδικασία μπορεί να διαρκέσει αρκετά λεπτά) .



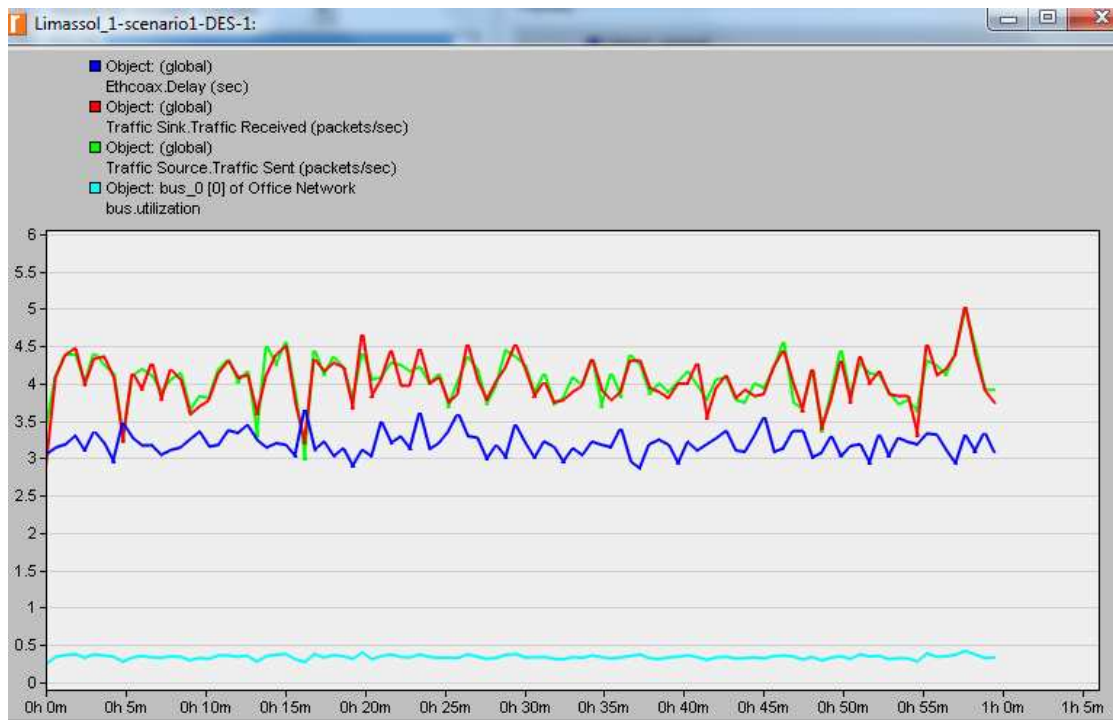
**Εικόνα 16.**Simulation

Θέσαμε την διαδικασία σε 3600sec δηλ. μια ώρα και οι τιμές ανά στατιστικά πακέτα 100.

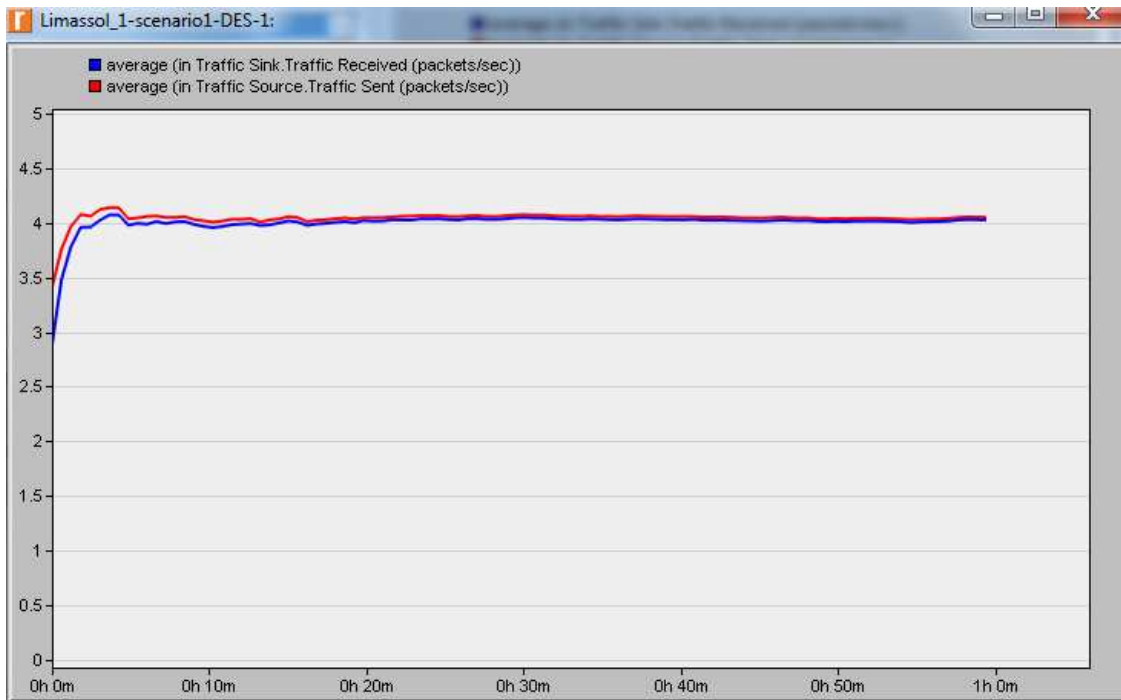


**Εικόνα 17.**Έναρξη Simulation

Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία , το πρόγραμμα μας εμφανίζει ένα άλλο παράθυρο το οποίο μας ενημερώνει ότι η διαδικασία έχει ολοκληρωθεί, παρουσιάζοντας μας μια σειρά από αποτελέσματα τα οποία έχουμε είδη επιλέξει σε προηγούμενο βήμα για ανάλυση. Πατώντας σε κάθε ένα από αυτά εμφανίζονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα όπως φαίνονται στα σχήματα παρακάτω.



**Εικόνα 18.** Ethcoax delay - traffic sink- traffic received - traffic source - traffic sent - bus utilization

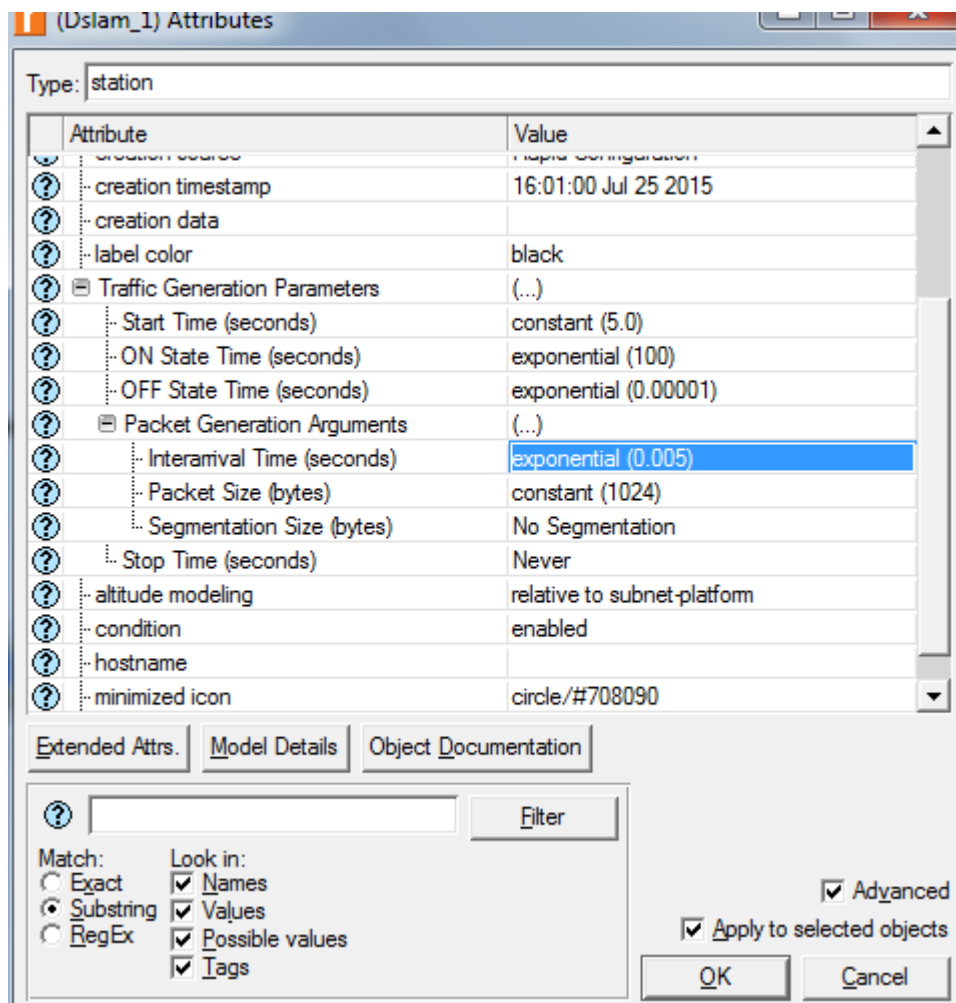


**Εικόνα 19.**Average traffic sink-traffic received ( packets/sec) - Average traffic source-traffic sent ( packets/sec )

Εν συνεχεία θα επαναλάβουμε το δεύτερο σενάριο το οποίο έχουμε δημιουργήσει άλλη μια φορά αλλάζοντας το **interarrival Time** σε χαμηλότερη τιμή για να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα.

A/A	Interarrival Time	Όνομα Σεναρίου
1	Limassol_1 - Exponential (2.0)	Scenario_1
2	Limassol_2 - Exponential (0.008)	Scenario_2

**Πίνακας 8.**Πίνακας Σεναρίων

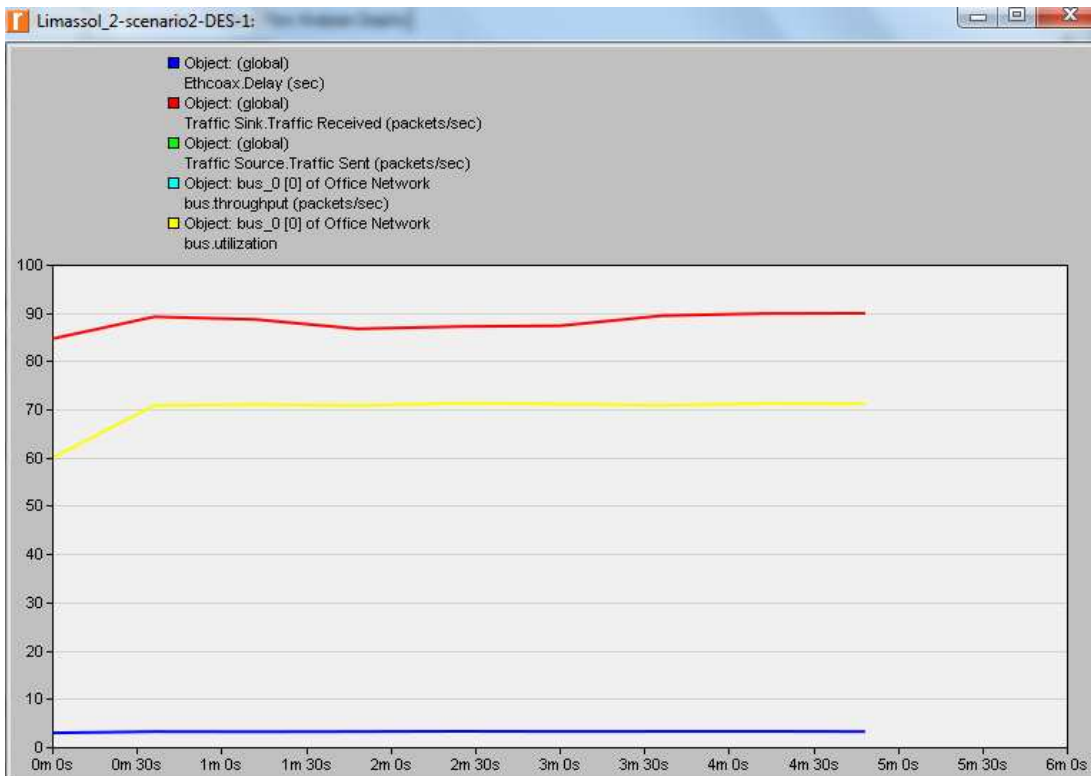


**Εικόνα 20.** Ρύθμιση Υποσταθμών

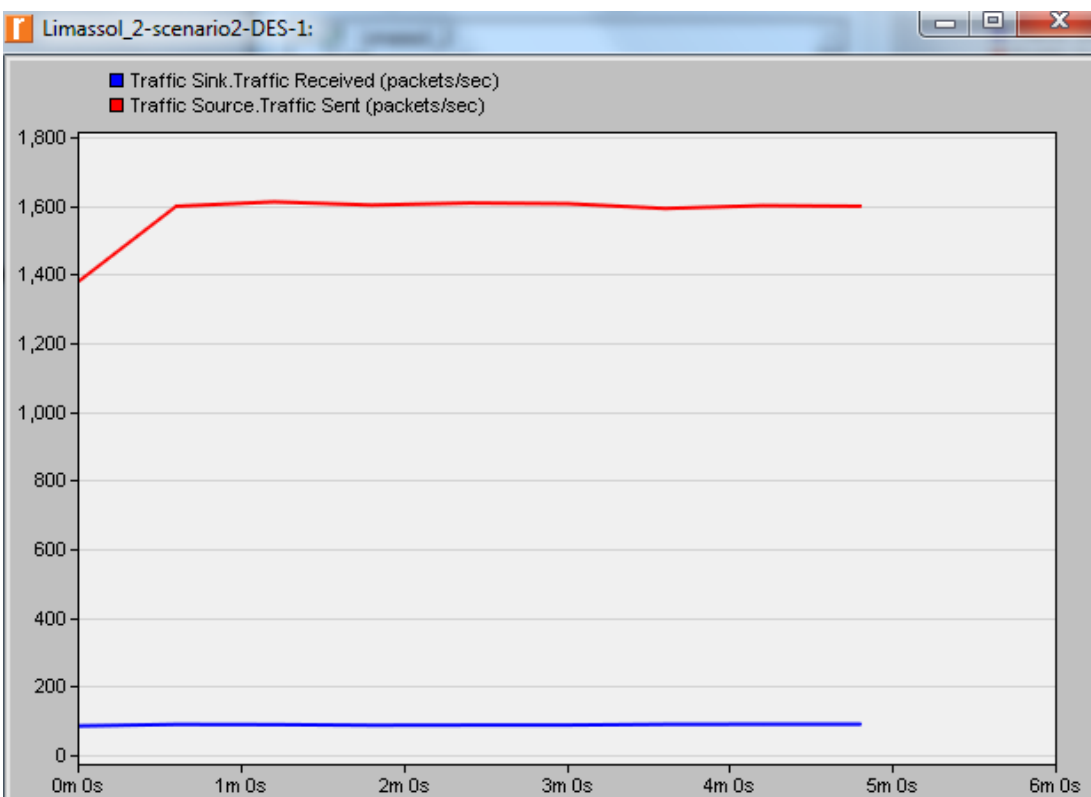
Θα παρατηρήσουμε ότι κάθε φορά που ο προσομοιωτής ολοκληρώνει το τρέξιμο της προσομοίωσης για μια διαφορετική τιμή του Interarrival Time ( αναπαριστώντας το φορτίο μέσα στο δίκτυο ) ο χρόνος που χρειάζεται για να ολοκληρωθεί μεγαλώνει εξαιτίας της κυκλοφορίας που έχει αυξηθεί στο σενάριο 2.

Παρακάτω στα διαγράμματα που ακολουθούν παρατηρούμε τις διαφορές σε σχέση με το Traffic Sink και το Traffic Source όπως επίσης και το Utilization.





**Εικόνα 21.** Ethcoax delay - traffic sink- traffic received - traffic source - traffic sent - bus utilization (2)



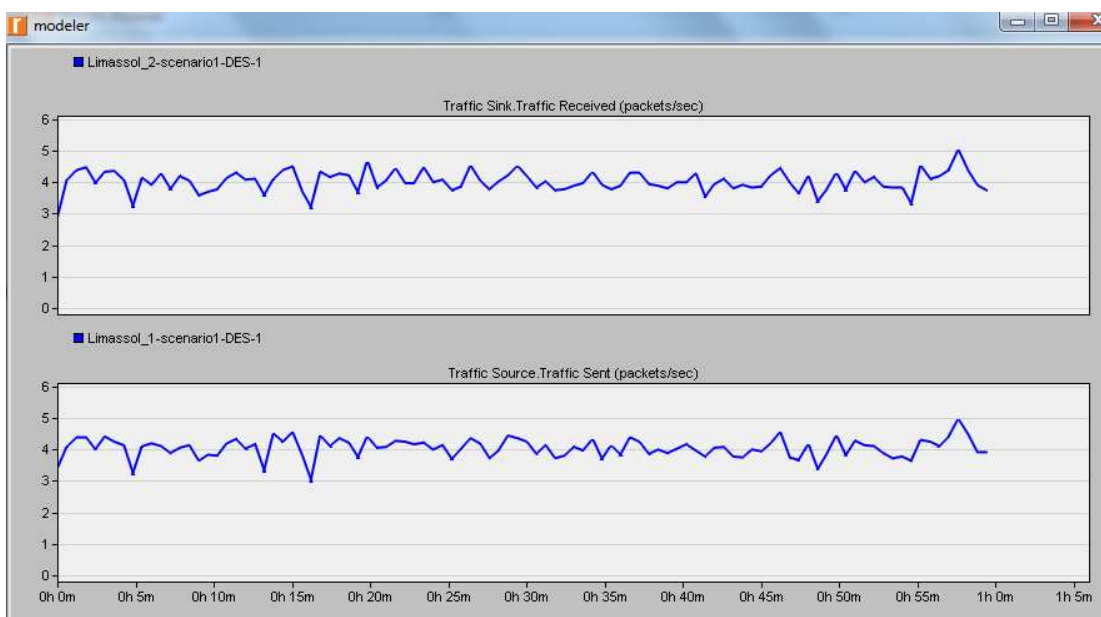
**Εικόνα 22.** Average traffic sink-traffic received ( packets/sec) - Average traffic source-traffic sent ( packets/sec)

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η σύγκριση των 2 σεναρίων. Παρατηρούμε ότι η γραφική παράσταση που λάβαμε από την προσημείωση μεταξύ των πακέτων που έχουν ληφθεί και αυτών που έχουν σταλεί. Η απόδοση μειώνετε όσο ο φόρτος είναι πολύ υψηλός είτε πολύ χαμηλός.

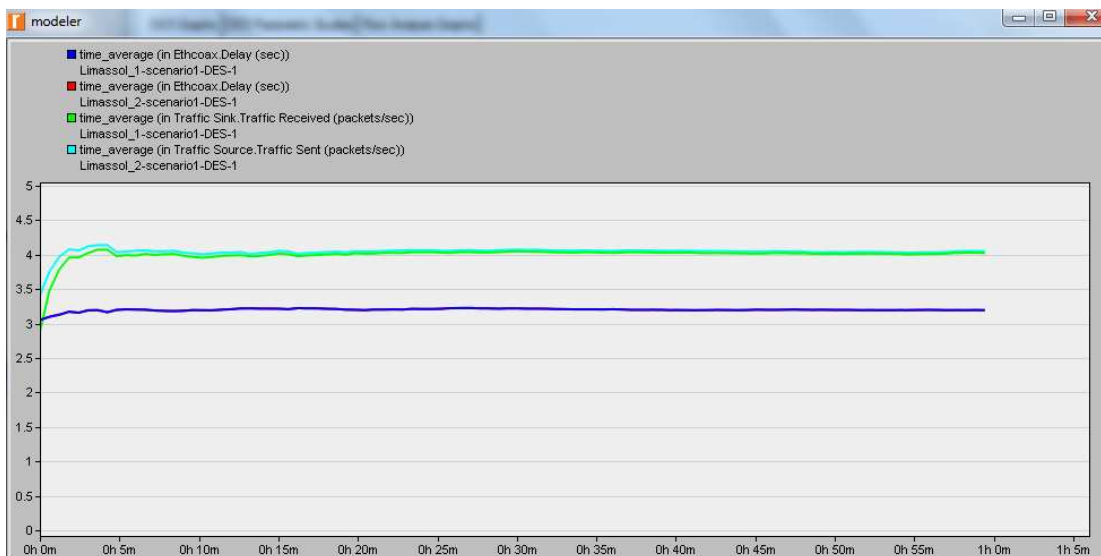
Επίσης όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των υποσταθμών τόσο μικρότερη είναι η απόδοση, συνεπώς και οι απώλειες πακέτων δεδομένων αποστολής και λήψης.

Στην προσημείωση χρησιμοποιήσαμε πακέτα μεγέθους 1024 Bytes.

(Σημείωση: σε κάθε πακέτο Ethernet μπορεί να περιέχει μέχρι 1500 bytes δεδομένων).



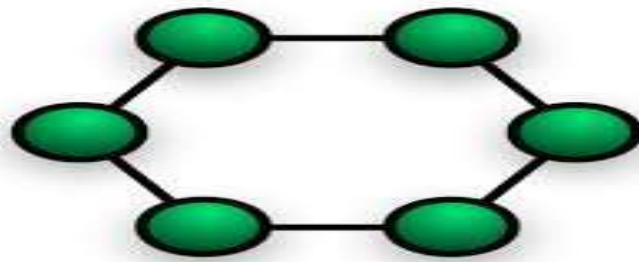
**Εικόνα 23.** Traffic Sent -Received Σενάριο 1 και 2



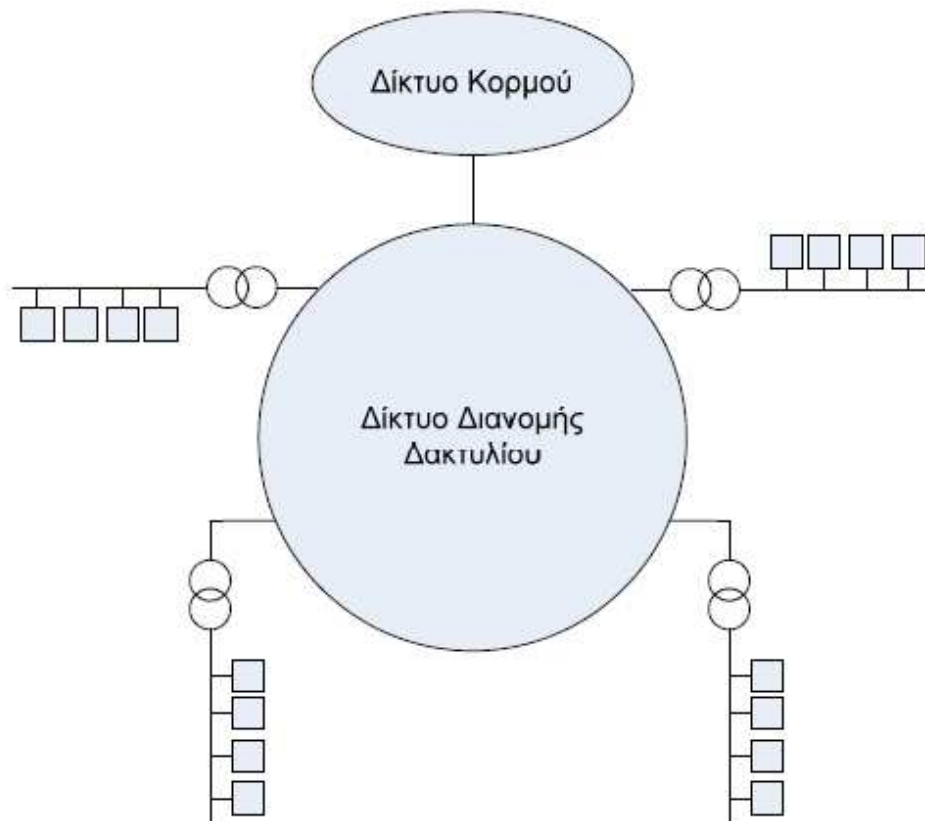
**Εικόνα 24.** Μέσος Όρος :Traffic sink - Traffic received Σεναρίων 1και 2

## 5.5 Τοπολογία Δακτυλίου (ring topology) - Προσομοίωση 2<sup>η</sup>

Στην τοπολογία δακτυλίου (ring topology), αν και κάποια σύνδεση μεταξύ των κόμβων του δικτύου διακοπεί, υπάρχει πάντα η δυνατότητα εναλλακτικών μονοπατιών μετάδοσης. Βεβαίως, η αναδιοργάνωση των μονοπατιών μετάδοσης μεταξύ του δικτύου πρόσβασης και του δικτύου κορμού πρέπει να γίνεται αυτόματα, με μικρό χρονικό διάστημα αναμονής (το πολύ μερικά δευτερόλεπτα). Κατ' επέκταση, η τεχνολογία των δικτύων κορμού πρέπει να υποστηρίζει την εφαρμογή της τοπολογίας δακτυλίου (π.χ. τεχνολογία DQDB-Distributed Queue Dual Bus, τεχνολογία FDDI-Fiber Distributed Data interface).



Εικόνα 25. Ring topology



**Διάγραμμα 20.** Δίκτυο διανομής τοπολογίας δακτυλίου

### 5.5.1 Δημιουργία δικτύου δακτυλίου

Δημιουργούμε ένα δίκτυο με 8 σταθμούς ( DSLAMs-Υποσταθμούς) ,που συνδέονται μέσω ενός ομοαξονικού καλωδίου σε τοπολογία Δακτυλίου. Η ροή των πακέτων στο δακτύλιο ακολουθεί συγκεκριμένη και από πριν συμφωνημένη φορά η οποία μπορεί να είναι είτε αυτή των δεικτών του ρολογιού ή αντίστροφη. Τα πακέτα μεταδίδονται από κόμβο σε κόμβο χωρίς ιδιαίτερη καθυστέρηση. Δεν υπάρχουν πληροφορίες δρομολόγησης. Κάθε πακέτο περιέχει την διεύθυνση του παραλήπτη. Όλοι οι κόμβοι βλέπουν όλα τα πακέτα και αυτός για τον οποίο προορίζεται το αντιγράφει. Επειδή όλοι οι κόμβοι μεταδίδουν και μοιράζονται το ίδιο φυσικό μέσο, χρειάζεται κάποιο είδος ελέγχου πρόσβασης ώστε να αποφασίζεται κάθε φορά ποιος κόμβος έχει δικαίωμα μετάδοσης. Ο έλεγχος μπορεί να είναι κεντρικός ή κατανεμημένος. Αν ένας κόμβος παρουσιάσει πρόβλημα δεν σημαίνει απαραίτητα και διακοπή του δικτύου, αφού υπάρχει τρόπος αντιμετώπισης.

Αυτή η τοπολογία παρατηρείται σε πυκνοκατοικημένες περιοχές με κτίρια διάφορων νοικοκυριών. Σε αυτά τα κτίρια, οι μετρητές συγκεντρώνονται στις μονάδες μετρητών. Αυτός ο τύπος εμφανίζει την τοπολογία δακτυλίου.

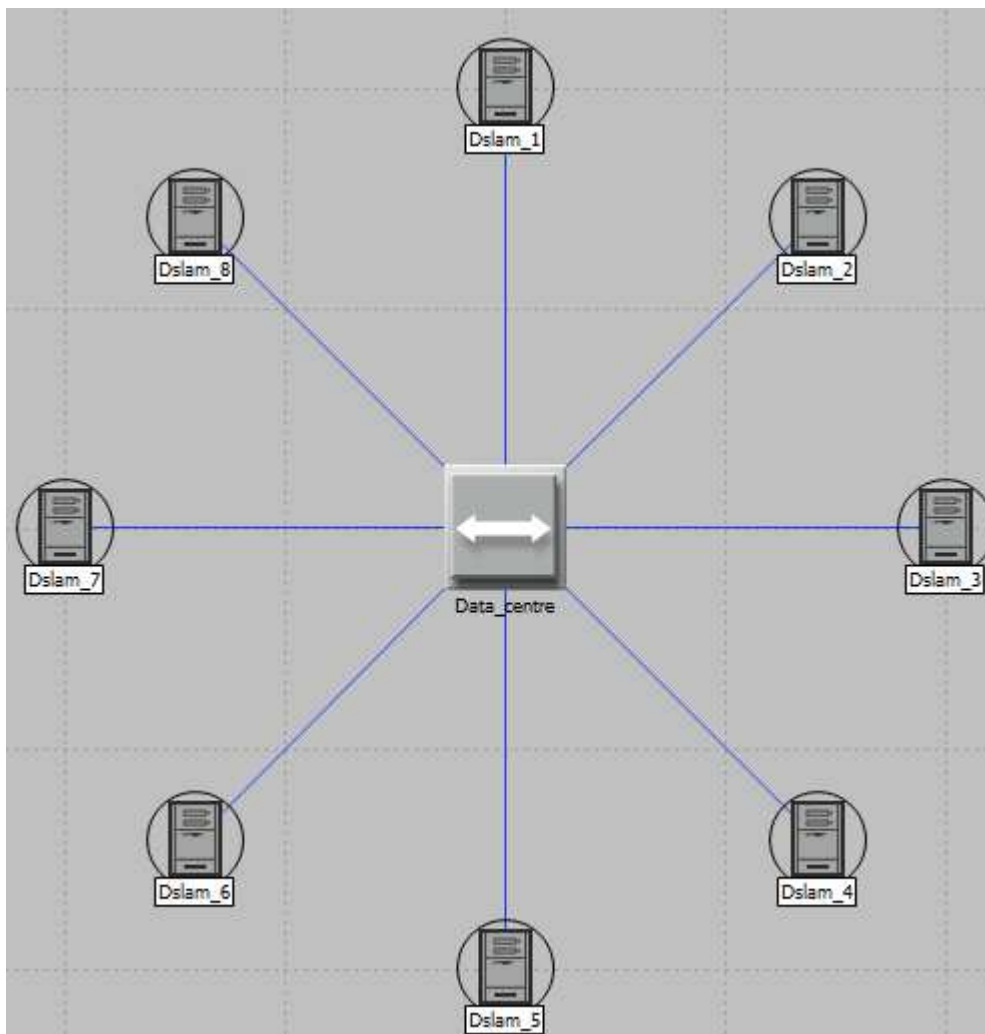
Το ενδιαφέρον και σε αυτήν την προσημείωση επικεντρώνετε στην απόδοση του δικτύου καθώς αυξάνεται ο φόρτος, το πλήθος των σταθμών εργασίας και διαφοροποιείτε το μέγεθος των πακέτων.

<b>Χαρακτηριστικά περιοχής</b>	<b>Μέσος Όρος</b>
Πλήθος σταθμών υποσταθμών διανομής ΑΗΚ	<b>8</b>
Πλήθος νοικοκυριών ανά υποσταθμό	<b>300-400</b>
Πλήθος κλαδιών ανά υποσταθμό	<b>16</b>
Μήκος κλαδιών	<b>&lt;1500m</b>
Πλήθος υποσταθμών/καμπινών ασφαλειών δρόμου ανά κλάδο	<b>8</b> <b>Κάθε καμπίνα μπορεί να τροφοδοτεί 200-300 οικίες</b>
Πλήθος μονάδων μετρητών ανά σταθμό μετασχηματιστή	<b>(μεμονωμένες μονάδες μετρητών )</b>
Πλήθος νοικοκυριών ανά μονάδα μετρητών	<b>(μεμονωμένες μονάδες μετρητών )</b>

**Πίνακας 9.** Χαρακτηριστικά πυκνοκατοικημένης περιοχής- Τοπολογία Δακτυλίου

## Έναρξη προσομοίωσης:

Αρχικά δημιουργούμε τοπολογία αστέρα με την επιλογή μοντέλου: Δακτύλιος.

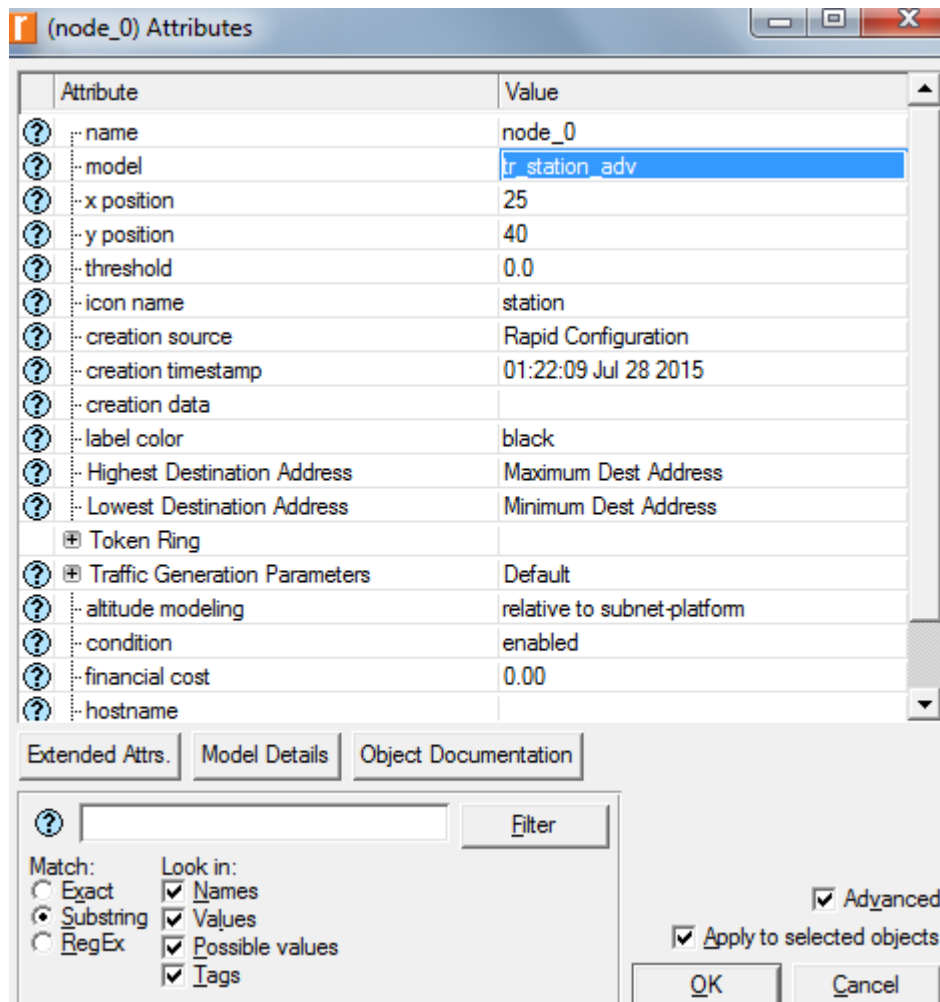


**Διάγραμμα 21.** Τοπολογία Αστέρα- Δακτυλίου

**tr32\_hub** : Ο κόμβος tr32\_hub είναι ένας συμβολικός δακτύλιος κόμβος που υποστηρίζει μέχρι 32 συνδέσεις στα 4 ή 16 Mbps.( επιλέξαμε το μοντέλο αυτό να θέσουμε υπό εξέταση για το λόγο ότι ο μέσος όρος των ταχυτήτων στην περιοχή υπό εξέταση κυμαίνεται από 4 έως 16 Mbps.- οικιακή χρήση ) ο κόμβος προωθεί πακέτα που φτάνουν στην επομένη θύρα εξόδου. Δεν υπάρχει ουρά πακέτων στον ίδιο τον κόμβο όπως και ο χρόνος επεξεργασίας θεωρείτε ότι αρχίζει από το μηδέν. Το μοντέλο ένωσης που χρησιμοποιούμε είναι **TR16** και αυτό για να δημιουργήσουμε ενώσεις με 16 Mbps.

## Διαμόρφωση των υποσταθμών δικτύου

Σε αυτό το στάδιο θα πρέπει να ρυθμίσουμε το ΤΗΤ των κόμβων καθώς και την κίνηση που παράγεται από αυτούς όπως επίσης και το μοντέλο Tr\_station σε Tr station\_adv .

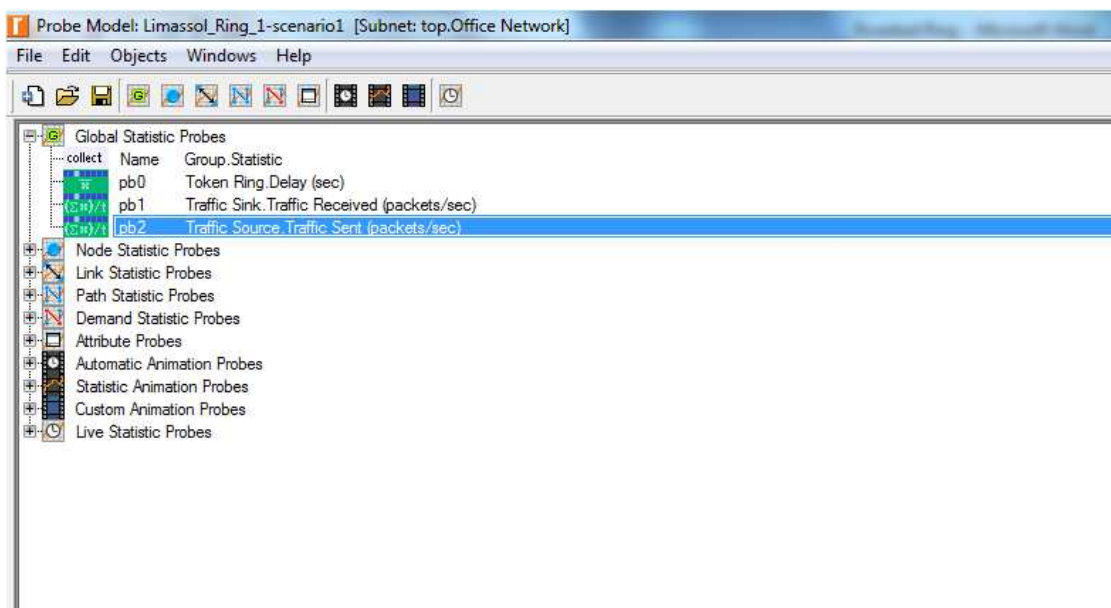


Εικόνα 26. Διαμόρφωση Υποσταθμών

Για τον έλεγχο διαφορετικών τιμών θα πρέπει να προωθήσουμε το ΤΗΤ ώστε να μπορεί να δέχεται διάφορες τιμές κάτω από τις δοκιμές που θα κάνουμε.

## Επιλογή στατιστικών προς ανάλυση

Για να συλλεχθεί ο μέσος όρος των παραπάνω στατιστικών μετρήσεων ως μια βαθμωτή τιμή στο τέλος κάθε προσομοίωσης θα πρέπει να επιλέξουμε από το πρόγραμμα να μας εμφανίσει τις ακόλουθες τιμές, οι οποίες παρουσιάζονται ως μια εκθετική κατανομή της απώλειας πακέτων διανομής και λήψης καθώς επίσης και να τις θέσουμε σε ισχύ μια ξεχωριστά.

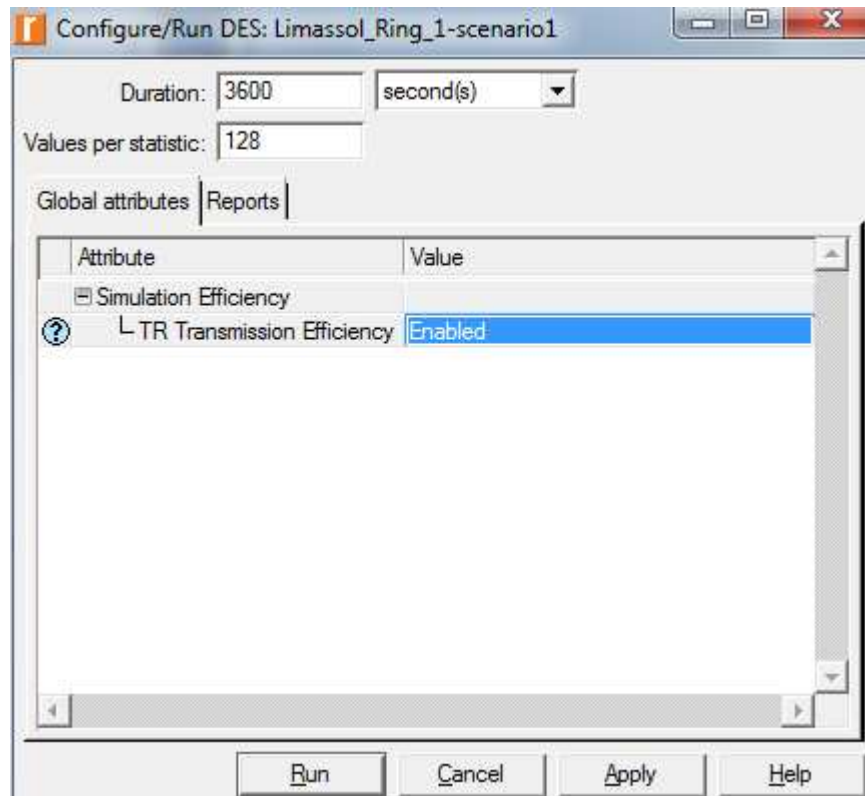


Εικόνα 27. Επιλογή Στατιστικών

## Παραμετροποίηση προσομοιωτή

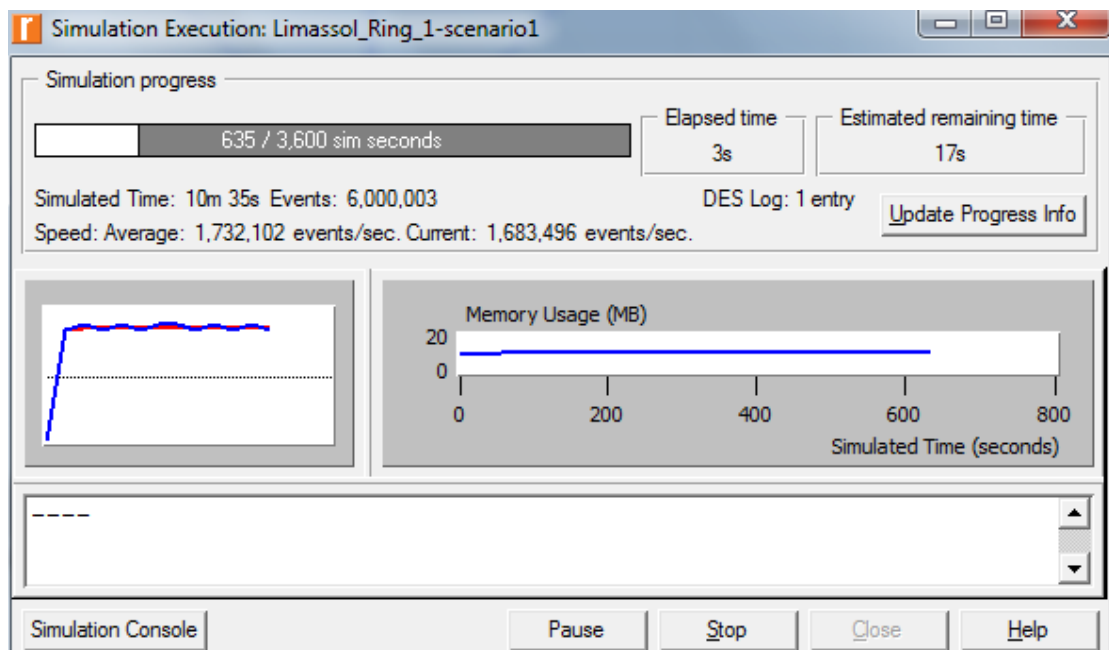
Για να εξετάσει την απόδοση του δικτύου κάτω από διαφορετικές ΤΗΤ, θα πρέπει να εκτελέσετε την προσομοίωση αρκετές φορές αλλάζοντας τιμές στο ΤΗΤ με κάθε εκτέλεση της προσομοίωσης. ( ορίσαμε στην επιλογή αυτή "promoted" για αυτόν τον σκοπό).





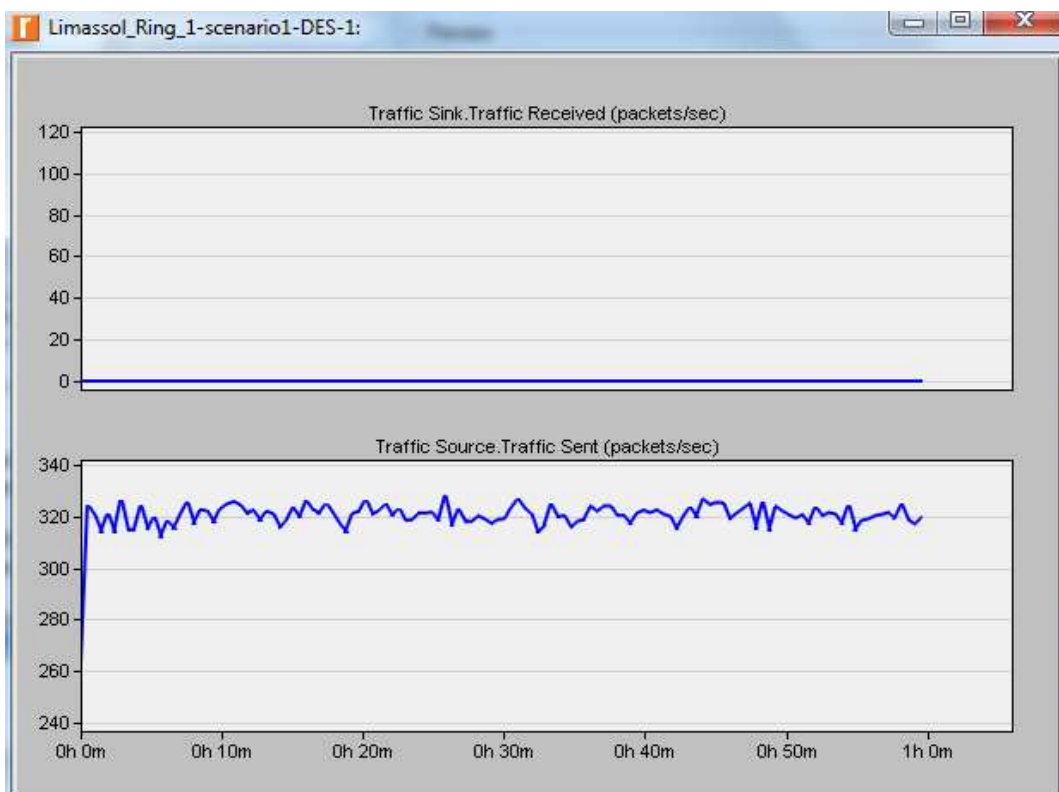
**Εικόνα 28.** Παραμετροποίηση Προσομοιωτή

Ξεκινάμε την προσημείωση με στοιχεία : **Duration-3600sec, Seed: 128**

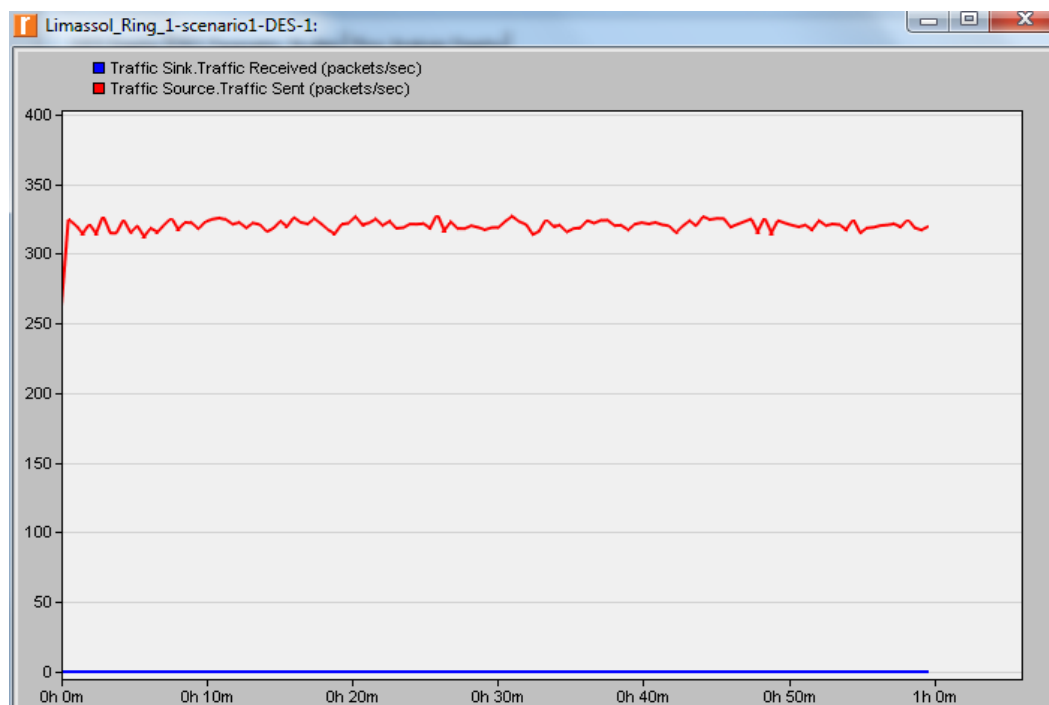


**Εικόνα 29.** Έναρξη Προσομοιωτή

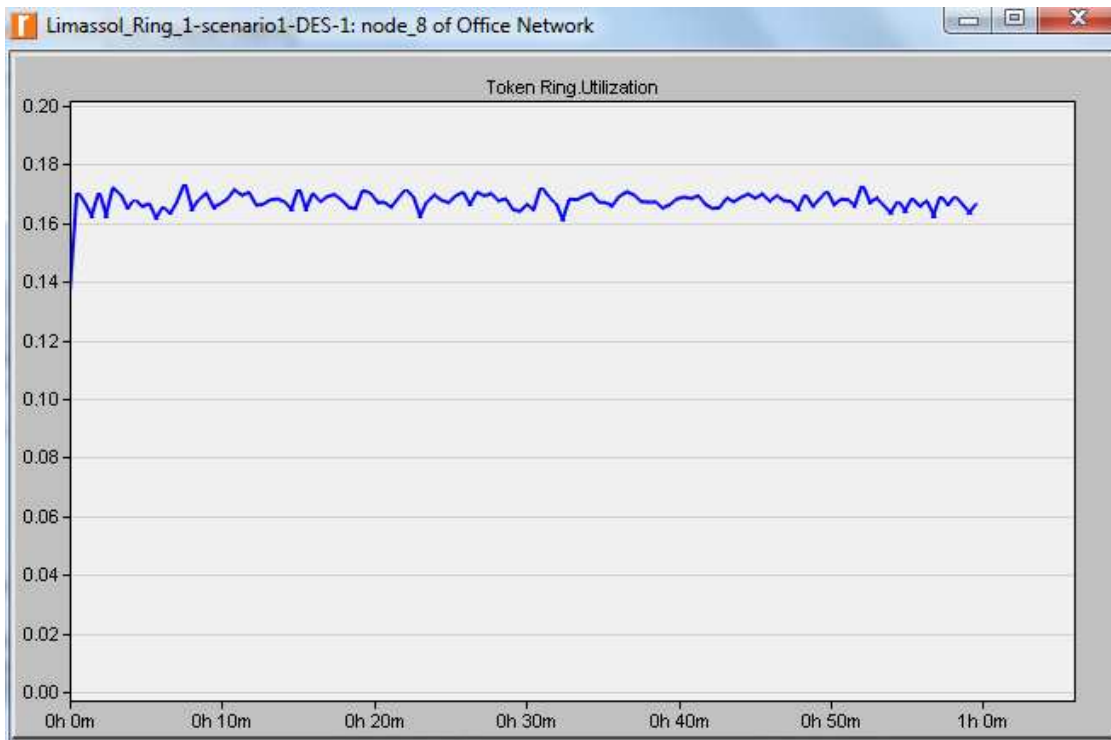
## Αποτελέσματα ανάλυσης Traffic sink - traffic source- Traffic Sent



**Εικόνα 30.** Traffic sink - Traffic source

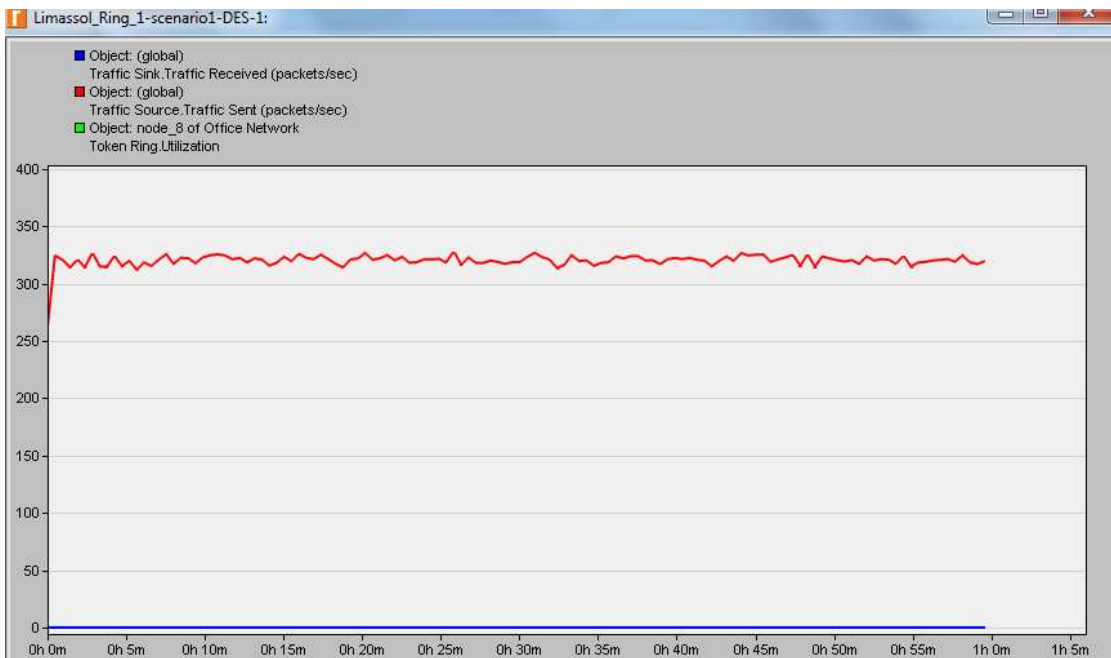


**Εικόνα 31.** Traffic source- Traffic Sent



**Εικόνα 32.** Utilization

Παρατηρούμε ότι το Utilization είναι πολύ χαμηλό σε σχέση με το προηγούμενο σενάριο. Εμφανώς επηρεασμένο από την αλλαγή στο interarrival time ο δείκτης από 2 μειώθηκε στο 0.008.

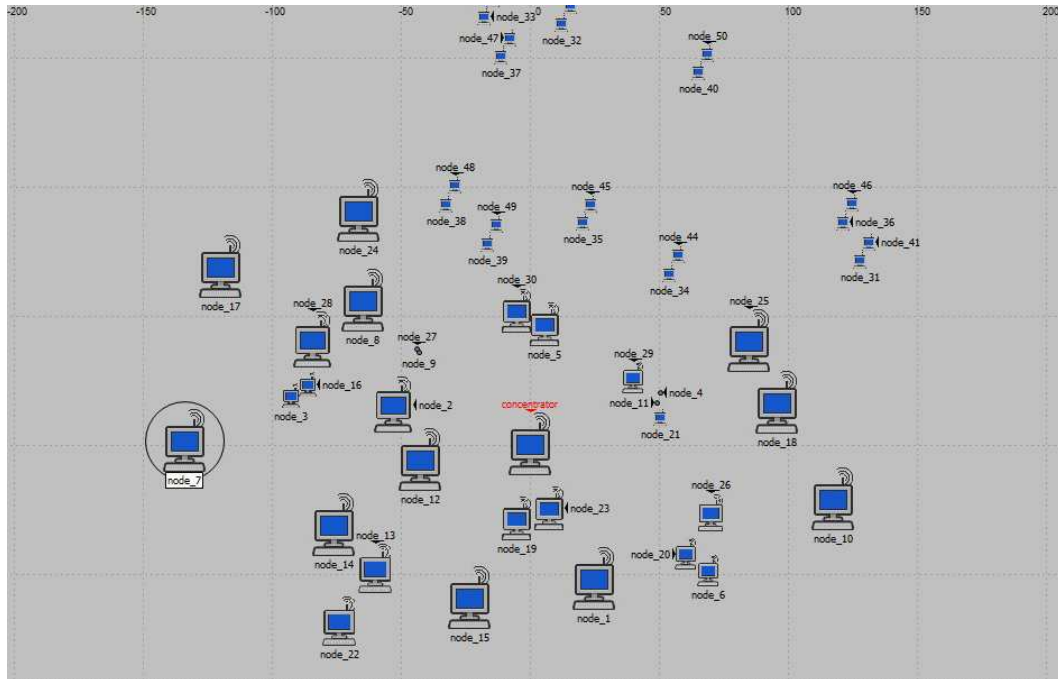


**Εικόνα 33.** Traffic Sink - Traffic Received - Utilization

Το Traffic Sent πιο σταθερό κατά την αποστολή δεδομένων στο δίκτυο μας.

## 5.6 Τοπολογία πλέγματος (Mesh topology) - Προσομοίωση 3<sup>η</sup>

### Δημιουργία δικτύου πλέγματος



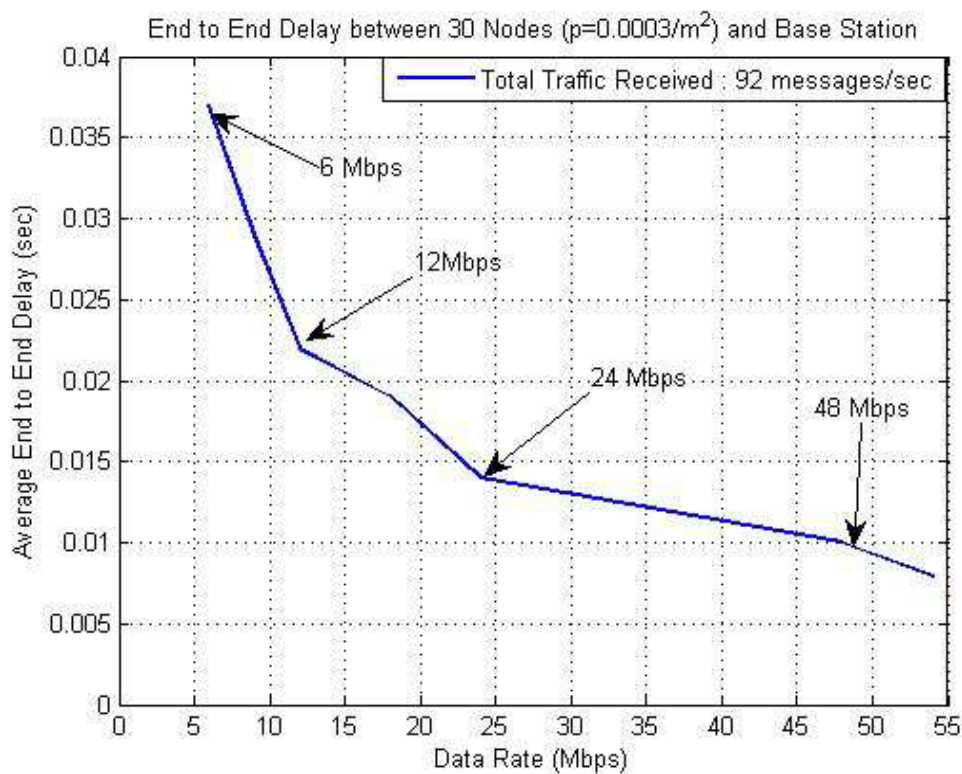
Εικόνα 34. Τοπολογία πλέγματος (Mesh topology)

Στην εικόνα 34. φαίνεται η αρχιτεκτονική του δικτύου (Unconnected Wireless Mesh network), με τον σταθμό βάσης - συγκεντρωτή να βρίσκεται στο κέντρο της κυψέλης. Στον συγκεντρωτή δίνουμε την διεύθυνση του MAC Layer = 1 και τον ορίζουμε ως Access Point. Για τις φυσικές παραμέτρους του Wireless Lan ορίζουμε το πρότυπο OFDM - IEEE 802.11a. Το μέγεθος του πακέτου - μηνύματος είναι 1024 Bytes, και ο χρόνος που παράγεται ένα πακέτο (interval time) είναι σταθερός και προσδιορίζεται από το μέγεθος του πακέτου προς τον ρυθμό μετάδοσης του πακέτου που εξετάζεται κάθε φορά ( $L/BitRate$ ). Ορίζεται επίσης ότι ο συγκεντρωτής αρχίζει να παράγει πακέτα τη χρονική στιγμή μηδέν και επιλέγεται να παράγει πακέτα για χρόνο (On State) ίσο με τον χρόνο που παράγεται ένα πακέτο επί τον αριθμό των πακέτων που στέλνονται. Με την επιλογή off state = 1 sec και τον αριθμό των πακέτων ίσο με τον αριθμό των κόμβων καταφέρνουμε να στέλνουμε ένα πακέτο σε κάθε κόμβο το δευτερόλεπτο.

Οι κόμβοι τοποθετούνται τυχαία γύρω από τον συγκεντρωτή στα όρια της κυψέλης.

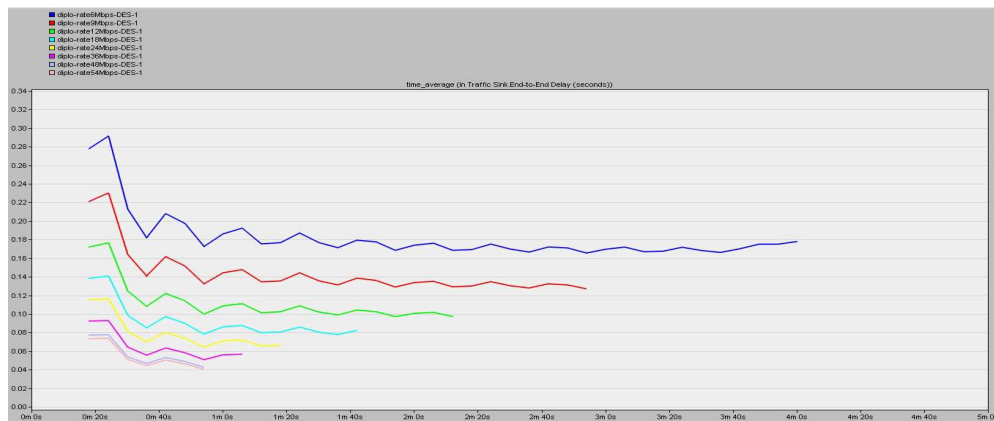
### Παραμετροποίηση προσομοιωτή

Εν συνέχεια γίνεται η ρύθμιση για τα μετρούμενα μεγέθη end to end delay, throughput για την συνολική καθυστέρηση και την διεκπαιρωτική ικανότητα του δικτύου, και choose individuals statistics - node statistics - delay throughput για την καθυστέρηση και την διεκπαιρωτική ικανότητα των κόμβων.



**Εικόνα 35.** Παράμετροι Κόμβων και Συγκεντρωτή

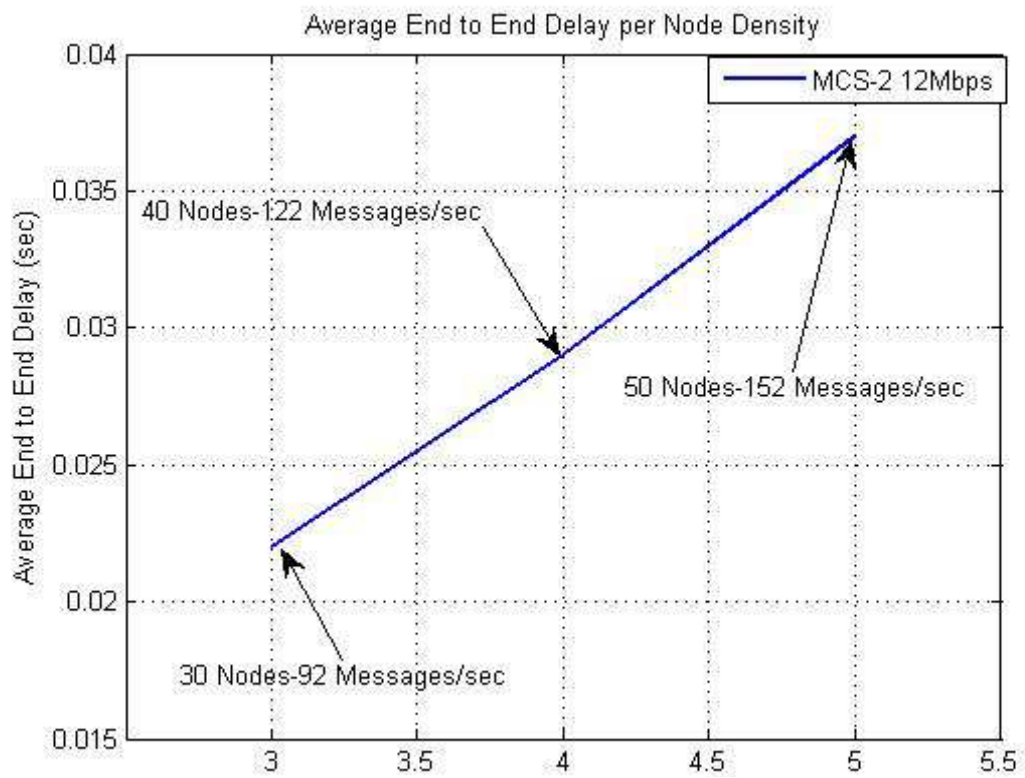
Στο σχήμα φαίνεται η συνολική καθυστέρηση παράδοσης πακέτου στο δίκτυο συναρτήσει του ρυθμού μετάδοσης. Η διεκπαιρωτική ικανότητα κρατήθηκε σταθερή στα 92 μηνύματα το δευτερόλεπτο. Τα αποτελέσματα συγκεντρώθηκαν από προσομοιώσεις όπως φαίνονται στο παρακάτω σχήμα .



**Εικόνα 36.** Παράδειγμα Προσομοίωσης Της Καθυστερήσης

Στην εικόνα 36. φαίνεται η συνολική καθυστέρηση παράδοσης πακέτου στο δίκτυο συναρτήσει της πυκνότητας των κόμβων (αριθμός κόμβων ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο). Ο ρυθμός μετάδοσης κρατήθηκε σταθερός στα 12 Mbps (QPSK 1/2 - MCS 2), και παράλληλα φαίνεται πως μεταβάλλεται η διεκπαιρωτική ικανότητα του δικτύου. Για την εκτίμηση την ακτίνας της κυψέλης (υποθέτοντας μόνο απευθείας ζεύξη μεταξύ συγκεντρωτή και μετρητών) παρατηρούμε από τα σχήματα, ότι η άνω ζεύξη (Uplink) είναι αυτή που θα περιορίσει το εύρος κάλυψης, καθώς παρουσιάζει χειρότερα χαρακτηριστικά όσον αφορά την πιθανότητα διακοπής, κάτι λογικό εφόσον υποθέσαμε ότι ο συγκεντρωτής εκπέμπει με μεγαλύτερη ισχύ .

παρατηρούμαι από το εικόνα 35. ότι για 30 μετρητές στην κυψέλη η μέση συνολική καθυστέρηση των μηνυμάτων είναι κάτω από 0.04 δευτερόλεπτα, ακόμα και για τον χαμηλότερο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, και βελτιώνεται για υψηλότερους ρυθμούς. Παράλληλα βλέπουμε από το εικόνα 37. ότι για ρυθμό μετάδοσης δεδομένων 12 Mbps η μέση συνολική καθυστέρηση των μηνυμάτων είναι κάτω από 0.04 δευτερόλεπτα, ακόμα και για 50 μετρητές ανά κυψέλη.



**Εικόνα 37.** Μέση καθυστέρηση ανάλογα με την πυκνότητα των κόμβων

# Κεφάλαιο 6

## Επίλογος

### 6.1 Συμπεράσματα

Τα Έξυπνα Δίκτυα κερδίζουν συνεχώς το ενδιαφέρον και αναμφίβολα θα αποτελέσουν θέμα πολλών μελλοντικών μελετών. Στην παρούσα διπλωματική εργασία ασχοληθήκαμε με τις τεχνολογίες επικοινωνιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αυτά και εκτελέσαμε προσομοιώσεις της τηλεπικοινωνιακής κίνησης που διέρχεται από έναν δρομολογητή Έξυπνου Δικτύου σε ένα εικονικό δίκτυο με τη βοήθεια του προγράμματος “Riverbed modeler Academic Edition”. Από τα αποτελέσματα προκύπτει, αρχικά, πως αύξηση της χωρητικότητας του συστήματος συνεπάγεται συνολικά χαμηλότερη καθυστέρηση. Επιπλέον, γίνεται φανερό ότι για τις κρίσιμες εφαρμογές που απαιτούν χαμηλή καθυστέρηση απαιτείται ένα σχήμα μετάδοσης το οποίο θα τις εξυπηρετεί με προτεραιότητα. Ωστόσο, η προτεραιότητα αυτή έχει ως αντίκτυπο αύξηση της καθυστέρησης που υφίστανται οι υπόλοιπες εφαρμογές, ιδιαίτερα αυτές που έχουν τη μικρότερη βαρύτητα. Χρειάζεται, λοιπόν, προσεκτικός σχεδιασμός και κατάλληλη επιλογή των σχημάτων μετάδοσης και των παραμέτρων τους, ώστε σε κάθε περίπτωση να εξασφαλίζεται αποδεκτή ποιότητα υπηρεσίας για τις όλες εφαρμογές και αυτό γιατί όπως παρατηρήσαμε με την αποκοπή κάποιων υποσταθμών στο δίκτυο που έχουμε δημιουργήσει και στις δυο τοπολογίες που προσημειώσαμε επιβαρύνονται οι υπόλοιποι υποσταθμοί οι οποίοι πρέπει να εξυπηρετούν το συνολικό δίκτυο με τον ίδιο ρυθμό χωρίς να υπάρξει απώλεια υπηρεσιών.

Τα περισσότερα από τα συστήματα SCADA δεν έχουν την δυνατότητα της γνώσης της κατάστασης του δικτύου διανομής σε πραγματικό χρόνο, απλά μπορούν να έχουν μία εικόνα του δικτύου με καθυστέρηση περίπου 5 δευτερολέπτων σε ιδανικές συνθήκες. Έτσι δεν μπορούν να πληρούν τις προδιαγραφές για τα νέα έξυπνα δίκτυα.



Αναδείξαμε μέσα από σενάρια προσημειώσεων τριών τοπολογιών ενός εικονικού δικτύου ( εκ των οποίων το ένα ασύρματο) και προσπαθήσαμε να αναδείξουμε τα προβλήματα που δημιουργούν η διακοπή υπηρεσιών στο σύνολο του δικτύου.

Ο σκοπός της ανάλυσης ήταν για να αναδείξουμε ότι πολύ απλά μπορεί να υπάρξει απώλεια υπηρεσιών και με τις τωρινές συνθήκες δεν μπορεί να υπάρξει σταθερότητα δίχως αναβαθμίσεις τόσο στο ηλεκτρικό όσο και στο τηλεπικοινωνιακό δίκτυο.

Με τον τρόπο τον οποίο αναδείξαμε στον χάρτη και πιο συγκριμένα στην περιοχή την οποία και δημιουργήσαμε ένα εικονικό δίκτυο και αναφέραμε πως εναλλακτικά θα μπορούσε να υποστηριχτεί για να μειώσουμε τις απώλειες, Με αυτόν τον τρόπο είναι εφικτή η επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο παρέχοντας αδιάλειπτη γνώση της ζήτησης και της κατάστασης του φορτίου και κατ επέκταση την άμεση απόκριση σε οποιαδήποτε αλλαγή που μπορεί να αποσταθεροποιήσει την παροχή ενέργειας από τον εκάστοτε πάροχο.

Ως εκ τούτου, ο παρόν σχεδιασμός συνιστάται για να εφαρμοστεί στην περιοχή που εξετάσαμε και όχι μόνο αλλά και να επεκταθεί στο ευρύτερο δίκτυο με τις απαραίτητες αλλαγές σταδιακά που θα προκύπτουν. Αισθητήρες θα υπάρχουν σε κάθε στάδιο της παραγωγής τόσο του ηλεκτρικού ρεύματος όσο και του τηλεπικοινωνιακού δικτύου για τον άμεσο έλεγχο των συστημάτων αλλά και την άμεση παρέμβαση για αποκατάσταση τυχών βλαβών που θα προκύπτουν. Έτσι θα μπορούμε να μιλάμε για ένα έξυπνο δίκτυο.

## 6.2 Εισηγήσεις

Στην ανάλυση που πραγματοποιήθηκε έγιναν υποθέσεις ότι μέρη του τηλεπικοινωνιακού δικτύου δέχτηκαν παρεμβολές μόνο από το ίδιο το δίκτυο. Είναι απαραίτητο να γίνουν περαιτέρω μελέτες για την συνολική παρεμβολή που θα έχει να αντιμετωπίσει το δίκτυο, η οποία οφείλεται σε μεγάλο κομμάτι από την συνύπαρξη του με το υπόλοιπο δίκτυο που επιπλέον θα εξυπηρετεί διαφορετικές ανάγκες.

Ενδιαφέρον θα είχε ο σχεδιασμός ενός τηλεπικοινωνιακού δικτύου με την λογική του Can Bus. Η δυνατότητα επεξεργαστικής ισχύος και η διάθεση μνήμης από τα τερματικά στοιχεία του δικτύου, θα μπορούσε να οδηγήσει στην δημιουργία δικτύων με όσο το δυνατό λιγότερη κεντρική επεξεργασία των δεδομένων και κεντρική λήψη αποφάσεων. Το γεγονός αυτό θα μπορούσε να μειώσει τον όγκο των πληροφοριών που χρειάζεται να ρέουν στο δίκτυο, τον χρόνο λήψης αποφάσεων και την καθυστέρηση των

δεδομένων. Παράλληλα, είναι απαραίτητες οι μελέτες για την ασφάλεια των τηλεπικοινωνιακών δικτύων και για την προστασία από διαδικτυακές επιθέσεις. Η ασφάλεια αποτελεί σημαντικό θέμα καθώς τυχόν κενά θα μπορούσαν να προκαλέσουν από την διαρροή των προσωπικών δεδομένων των καταναλωτών, την υπερτιμολόγηση της κατανάλωσής τους μέχρι και την κατάρρευση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας.

Σκοπός όπως επίσης και στόχος σύμφωνα με τα πρότυπα πράσινης ενέργειας είναι να αυτοματοποιηθούν τα δίκτυα χωρίς να επηρεάζονται από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο παρά μόνο σε περίπτωση όπου υπέχει ανάγκη.

Η υλοποίηση όλων των παραπάνω προϋποθέτει κονδύλια για περεταίρω έρευνες αλλά και νέες υποδομές οι οποίες πρέπει να αντικαταστήσουν σταδιακά τις παλαιές για να μπορούμε να μιλάμε για ανάπτυξη αλλά και έξυπνα δίκτυα.

Συμπληρωματικά θα λέγαμε ότι η συγκεκριμένη δομή του συστήματος που εξυπηρετεί το σύνολο του δικτύου λειτουργίας είναι κάθε άλλο παρά έξυπνο δίκτυο. Στα σενάρια που προαναφέραμε γίνεται ουσιαστικά μελέτη με το υπάρχων δίκτυο και τις επιλογές που θα είχαμε κάνοντας κάποιες σημαντικές αλλαγές στο υφιστάμενο δίκτυο ( τηλεπικοινωνιακό και ηλεκτρικό), η αναφορά που έγινε στα έξυπνα δίκτυα ήταν για να αναδείξουμε τις επιλογές που έχουμε και τους τρόπους βελτίωσης αυτών για αύξηση της ποιότητας και μείωση των προβλημάτων που τα προκαλούν.

### **6.3 Προοπτικές εξέλιξης**

Τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και να επεκταθούν από μελλοντικές μελέτες. Αρχικά, θα μπορούσαν να μοντελοποιηθούν και προσομοιωθούν περισσότερες υπηρεσίες, όπως μετάδοση βίντεο και IPTV, ή υπηρεσίες διαφορετικών ρυθμών δεδομένων. Επίσης, η προσομοίωση μπορεί να υλοποιηθεί με διαφορετικό λογισμικό πακέτο. Ενδεικτικά, τα προγράμματα Opnet, Omnet και NS3 αποτελούν πολύ καλές επιλογές για προσομοίωση και αξιολόγηση της επίδοσης ενός δικτύου. Εναλλακτικά, θα μπορούσε κανείς να βασιστεί στον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό, επιλέγοντας, για παράδειγμα, C++.

Οι νέες τεχνολογίες επικοινωνιών,, ως αναδυόμενες, αναμένεται να προσελκύσουν όλο και περισσότερο το ενδιαφέρον και να χρησιμοποιηθούν σε μεγάλο φάσμα εφαρμογών. Περαιτέρω θέματα, συνεπώς, μπορούν να αποτελέσουν η μελέτη των πρωτόκολλων που χρησιμοποιούνται σε αυτές και η εκτίμηση της επίδοσης τους ως προς την

εξυπηρέτηση της τηλεπικοινωνιακής κίνησης αλλά και τον έλεγχο αυτών αφού σήμερα είναι περιορισμένος.

## Βιβλιογραφία

### Ελληνική Βιβλιογραφία

[01] Αβούρης, Ν. Κουφοπαύλου, Ο. Σερπάνος, Δ., *Εισαγωγή στους Υπολογιστές*, Εκδόσεις Τυροαμα, Πάτρα, 2004.

[02] Ε. Θ. Ζώτου, "Σύγχρονες Τεχνολογίες Πρόσβασης και Διαδικτύου σε Έξυπνα Δίκτυα (Smart Grids)", διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, Οκτώβριος 2012.

[03] "Αποτίμηση Αξιοπιστίας Έξυπνων Δικτύων Διανομής με χρήση σεναρίων Διαχείρισης Ζήτησης", Αικατερίνης Μπακάλη Διπλωματική εργασία, Θεσσαλονίκη, Ιούλιος 2013

[04] Κατερινοπούλου Αφροδίτη, Κατσέλη Χρυσούλα, Δείκτες αξιοπιστίας λειτουργίας των υποσταθμών του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής.

[05] Συμμόρφωση με τις απαιτήσεις για ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα, Ε.Μ.Π., Νοέμβριος 2006. [9] Απόστολος Π. Παρασκευόπουλος, Υποσταθμός Μέσης Τάσης 10MVA, 20/ 6.6kV – 20 /0.4kV.

[06] Μπουζιάνης Σ. Λεωνίδα, Ανάλυση Αξιοπιστίας και Ασφάλειας Λειτουργίας των Συστημάτων Παροχής Ηλεκτρικής Ισχύος.

[07] Πελαγία Κ. Κωνσταντάκη, Μελέτη OFDM διαμόρφωση για μετάδοση δεδομένων σε κανάλι γραμμών ενέργειας.

[08] Θ. Ξύγκης, Γ. Κορρές και Γ. Καρλής, "Εφαρμογες των έξυπνων μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας στα δίκτυα διανομής", συνέδριο της ελληνικής επιτροπής του Διεθνούς Συμβουλίου Μεγάλων Ηλεκτρικών Δικτύων CIGRE, Αθήνα, 2014.

[09] Κ. Βουρνάς και Γ. Κονταξής, *Εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας*, Αθήνα: Εκδ. Συμμετρία, 2010.

### Ξένη Βιβλιογραφία

[10] V.K. Sood, D. Fischer, J.M. Eklund, T. Brown "Developing a Communication Infrastructure for the Smart Grid", IEEE Electrical Power & Energy Conference (EPEC), 22-23 Oct., 2009

- [11] Wenye Wang, Yi Xu, Mohit Khanna, "A survey on the communication architectures in smart grid", *Computer Networks*, vol.55, no. 15, pp. 3604–3629, 27 October 2011
- [12] Chun-Hao Lo, Nirwan Ansari, "The Progressive Smart Grid System from Both Power and Communications Aspects", *IEEE Communications Surveys & Tutorial*, vol. 14, no. 3, pp. 799-821, 2012 [13] Sauter, T., Lobashov, M., "End-to-End Communication Architecture for Smart Grids", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 58, no. 4, April 2011
- [14] Parikh, P.P., Kanabar, M.G., Sidhu, T.S., "Opportunities and Challenges of Wireless Communication Technologies for Smart Grid Applications", IEEE Power and Energy Society General Meeting, Jul. 25-29, 2010
- [15] S. Galli, M. Koch, H. Latchman, S. Lee, and V. Oksman, "Chap.7: Industrial and International Standards on PLC-based Networking Technologies," in *Power Line Communications*, 1st ed., H. Ferreira, L. Lampe, J. Newbury, and T. Swart, Eds. New York, NY: John Wiley & Sons, 2010, ch. 7.
- [16] CISCO, "The Internet of Things. How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything," Available at: [http://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/innov/IoT\\_IBSG\\_0411FINAL.pdf](http://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf)
- [17] Yin Laiwu, Chen Deyun, Zhu Hongwei, "Research on Key Technology of Internet of Things Based on FRID", International Conference on Mechatronic Science, Electric Engineering and Computer (MEC), Aug. 19-22, 2011
- [18] "Renewable and Efficient Electric Power Systems", M. Masters. Hoboken, NJ: Wiley, 2004.
- [19] "Benefits of Demand Response in Electricity Markets and Recommendations for Achieving them", US Department of Energy, Report to the United States Congress, February 2006.

## Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία

- [20] [http://vivliothmmy2.ee.auth.gr/wp-content/uploads/participants-database/fokos\\_nikos\\_thesis.pdf](http://vivliothmmy2.ee.auth.gr/wp-content/uploads/participants-database/fokos_nikos_thesis.pdf)
- [21] ΑΗΚ, Πηγή από το Διαδίκτυο: <http://eac.com.cy/>
- [22] Wikipedia, *Ηλεκτρονικό Βιβλίο*, Πηγή από το Διαδίκτυο: [https://el.wikipedia.org/wiki/Digital\\_subscriber\\_line\\_access\\_multiplexer](https://el.wikipedia.org/wiki/Digital_subscriber_line_access_multiplexer)

[23]T.E.I. Χαλκίδας, Πηγή από το Διαδίκτυο: <http://www.ee.teihal.gr/>

[24]Σύλλογος Ηλεκτρολόγων - Μηχανολόγων Βορείου Ελλάδος, Πηγή από το Διαδίκτυο:  
<http://www.smhbe.gr/>

[25]econews.gr, Πηγή από το Διαδίκτυο: <http://www.econews.gr/>

[26]CYPRUS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Πηγή από το Διαδίκτυο:  
<https://www.cut.ac.cy/?languageId=2>

[27]PDP Lab, Πηγή από το Διαδίκτυο: <http://www.it.uom.gr/>

[28]National Technical University of Athens, Πηγή από το Διαδίκτυο: <http://fsu.gr/el/>

[29]TEI Crete, Πηγή από το Διαδίκτυο: <http://teicrete.gr/>