

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα: «ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ» 2007-2013

ΠΡΑΞΗ: «ΣΤΗΡΙΖΩ – Οριζόντιο Έργο Υποστήριξης Σχολείων, Εκπαιδευτικών και Μαθητών στο Δρόμο για το ΨΗΦΙΑΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ, νέες υπηρεσίες Πανελληνίου Σχολικού Δικτύου και Στήριξη του ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ (ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΔΡΑΣΗ)»

ΔΡΑΣΗ Α2: Βασικές (κρίσιμες) υπηρεσίες ΠΣΔ

Κατάσταση Έκδοσης	Υπό έγκριση από ΙΤΥΕ
Ημερομηνία	30/7/2012
Περιγραφή Αρχείου	
Συμπράττων Φορέας	ΕΠΙΣΕΥ
Υπεύθυνος Παραδοτέου	Δρ. Δημήτριος Ματσάκης
Αριθμός Σελίδων	
Ημ/νια παραλαβής από Φορέα	30/7/2012
Ημ/νια παραλαβής από ΙΤΥΕ	

Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος» (ΙΤΥΕ)





ΟΜΑΔΑ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΠΑΡΑΔΟΤΕΟΥ

1. ΚΑΘ. ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ ΣΥΚΑΣ
2. ΔΡ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΜΑΤΣΑΚΗΣ
3. ΔΡ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΚΑΛΟΓΕΡΑΣ
4. ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΔΟΥΪΤΣΗΣ



1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
2. ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ IPV6.....	7
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
2.2 ΠΡΟΘΕΜΑΤΑ IPV6 ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΟΔΟΤΗΣΗ LAN	7
2.3 PPPV6.....	7
2.4 DHCPV6 STATELESS	8
2.5 DHCPV6 PREFIX DELEGATION	8
3. ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΤΟΥ ΠΣΔ	10
3.1 ΣΧΟΛΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ.....	10
3.2 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΕΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ	10
3.3 ΑΚΡΑΙΟΙ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΕΣ.....	11
3.4 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ.....	11
3.5 ΔΙΕΥΘΥΝΣΙΟΔΟΤΗΣΗ IPV4 ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΠΣΔ.....	12
3.6 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΧΡΗΣΤΩΝ	13
4. ΠΑΡΟΥΣΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ IPV6 ΣΤΟ ΠΣΔ	14
5. ΠΡΟΣΒΑΣΗ IPV6 ΚΑΙ ΜΗΚΟΣ ΠΡΟΘΕΜΑΤΩΝ	15
5.1 ΓΕΝΙΚΑ	15
5.2 ΑΡΙΘΜΟΔΟΤΗΣΗ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ	15
5.3 ΟΦΕΛΗ.....	16
5.4 ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΑ ΠΡΟΣΩΠΑ.....	17
6. RADIUS ΚΑΙ LDAP.....	18
6.1 IETF RADIUS ATTRIBUTES	19
6.2 ΧΡΗΣΗ RADIUS ATTRIBUTES ΓΙΑ ΤΑ ΠΡΟΦΙΛ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΤΟΥ ΠΣΔ.....	22
6.3 FRAMED-INTERFACE-ID.....	22
6.4 CISCO VENDOR SPECIFIC ATTRIBUTES	23
6.5 ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ RADIUS ΚΑΙ LDAP ATTRIBUTES.	23
6.6 ATTRIBUTES ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΤΙΜΩΝ	24
6.7 DNS-SERVER-IPV6-ADDRESS.....	24
7. ΔΙΕΥΘΥΝΣΙΟΔΟΤΗΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΣΔ.....	25



7.1	ΓΕΝΙΚΑ	25
7.2	ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΚΑΙ ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΘΕΜΑΤΩΝ.....	25
7.3	ΠΡΟΘΕΜΑ ΤΟΥ ΠΣΔ	26
7.4	ΥΠΟΔΙΑΙΡΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΩΝ.....	27
7.5	ΧΡΟΙΑ ΠΡΟΘΕΜΑΤΟΣ.....	28
7.6	ΑΜΟΙΒΑΙΑ ΑΠΩΘΗΣΗ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ.....	29
7.7	ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΧΩΡΟΥ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΩΝ.....	30
8.	ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΛΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΙΟΔΟΤΗΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΤΟΥ ΠΣΔ	32
8.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	32
8.2	ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΙΔΙΩΤΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ IPV4 ID ΣΕ IPV6.....	32
8.3	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	32
9.	ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕΣΩ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ	34
9.1	ΓΕΝΙΚΑ	34
9.2	ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΓΙΑ ΤΑ TUNNELS	35
10.	ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕΣΩ BRIDGING MODE (RFC1483).....	36
10.1	PPPOE ΚΑΙ BRIDGING.....	36
10.2	IPV6 ΜΕ ΡΡΡΟΕ	36
11.	ΕΞΑΝΤΛΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΩΝ IPV4.....	38
12.	DNS	39
12.1	DNS TRANSPORT	39
12.2	ZONES	40
13.	ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ.....	41
14.	ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ CPE.....	42
15.	ΑΣΦΑΛΕΙΑ.....	43
16.	IPV6 MULTICAST	44
17.	ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΝΩ ΑΠΟ IPV6	45
18.	ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ	46



18.1	CPES.....	46
18.2	ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΕΣ ΚΟΡΜΟΥ.....	46
18.3	ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΤΕΣ RADIUS, LDAP	47
19.	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ IPV6 CONFIGURATION ΓΙΑ ΣΥΣΚΕΥΕΣ CISCO 876	48

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το σημερινό διαδίκτυο (IP) έχει καταγράψει σημαντική αύξηση χρήσης με την ολοένα και μεγαλύτερη εξάπλωση σε συσκευές και νέους χρήστες με συνακόλουθο αποτέλεσμα τον ολοένα μειούμενο αριθμό διευθύνσεων. Η μακροπρόθεσμη λύση για την μαζικότερη χρήση του διαδικτύου δίνεται από το νέο διαδικτυακό πρωτόκολλο IPv6 το οποίο παρέχει 4πλάσιο αριθμό διευθύνσεων από το προηγούμενο. Στα πλαίσια της εξάπλωσης του ΠΣΔ π.χ. σε τηλέφωνα μαθητών το παρόν κείμενο περιγράφει τα κυριότερα σημεία της λειτουργίας του νέου πρωτοκόλλου διαδικτυακής επικοινωνίας IPv6 και του τρόπου ενεργοποίησης του στο δίκτυο πρόσβασης του Πανελληνίου Σχολικού Δικτύου (ΠΣΔ) στα πλαίσια του έργου «ΣΤΗΡΙΖΩ». Η ενεργοποίηση του πρωτοκόλλου IPv6 στο ΠΣΔ έγκειται αφενός στην νέα αριθμοδότηση και στην μεθοδολογία μετάβασης/ενεργοποίησης IPv6 του δικτύου πρόσβασης. Στα σημεία όπου η μεθοδολογία ή ο μηχανισμός για συγκεκριμένες λειτουργίες δεν έχει καθοριστεί ή αποφασιστεί ακόμα σε πλήρη μορφή, δίνονται οι επικρατέστερες εναλλακτικές. Αν και σε πλήθος σημείων το κείμενο είναι εμπλουτισμένο με παραπομπές στα χρησιμοποιούμενα πρότυπα και επεξηγήσεις των μηχανισμών που αναφέρονται, ο αναγνώστης θα πρέπει απαραίτητα να έχει υπόψη ότι δεν αποτελεί ένα πλήρες εγχειρίδιο για την λειτουργία του IPv6 σε δίκτυα πρόσβασης. Ως εκ τούτου, μια σχετική πρότερη εμπειρία με τεχνολογίες σχετικές με το IPv6 ίσως είναι χρήσιμη σε ορισμένα σημεία. Επιπρόσθετα, σημειώνεται ότι η ανάγνωση του κειμένου είναι καλό να συνοδευτεί και από την ανάγνωση των αντίστοιχων άλλων κειμένων του πακέτου εργασίας καθώς και από τις σχετικές με το IPv6 μελέτες των άλλων ομάδων που συμμετέχουν στο έργο «ΣΤΗΡΙΖΩ», π.χ. με το κείμενο της επιφορτισμένης με το δίκτυο κορμού ομάδας.

2. ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ IPv6

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό δίνεται μια γενική περιγραφή της λειτουργίας της πρόσβαση IPv6 πάνω από τοπικά δίκτυα LAN τεχνολογίας Ethernet και πάνω από γραμμές πρόσβασης που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο PPP. Θα παρουσιαστούν αδρά τα θέματα αριθμοδότησης των γραμμών σύνδεσης δρομολογητές πρόσβασης (CPE-Customer Premises Equipment) του ΠΣΔ τα οποία καλύπτουν τόσο το δίκτυο διασύνδεσης όσο και το τοπικό δίκτυο λειτουργίας του σχολείου. Ο αναγνώστης που επιθυμεί περισσότερες πληροφορίες μπορεί να ανατρέξει στα:

1. [Broadband Forum Technical Report 187 – IPv6 for PPP Broadband Access](#)
2. [RFC5072 – IP Version 6 over PPP](#)

2.2 ΠΡΟΘΕΜΑΤΑ IPv6 ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΟΔΟΤΗΣΗ LAN

Στο πρωτόκολλο IPv6, κάθε διεύθυνση είναι ένας θετικός αριθμός μήκους 128 bits, πράγμα που συνεπάγεται χώρο 2^{128} διευθύνσεων. Μια διεύθυνση που συνοδεύεται και από ένα μήκος μάσκας υποδικτύου από το 0 έως το 128 χαρακτηρίζεται σαν πρόθεμα και έχει την ίδια έννοια που έχουν τα υποδίκτυα (μήκους από 0 έως 32) στο IPv4. Ο συνηθέστερος τρόπος αριθμοδότησης ενός LAN στο IPv6 είναι η ανάθεση ενός προθέματος στο LAN μέσω του πρωτοκόλλου Stateless Address Autoconfiguration ([SLAAC – RFC 4862](#)). Στα πλαίσια του SLAAC, κάθε διεύθυνση εντός ενός LAN προκύπτει από ένα πρόθεμα μήκους 64 bits (στο εξής /64). Άρα, κάθε LAN έχει χώρο 2^{64} πιθανών διευθύνσεων για hosts εντός του. Ο αριθμός των LANs που μπορούν να αριθμοδοτηθούν μέσα από ένα πρόθεμα IPv6 μήκους $x < 64$ είναι φανερά 2^{x-64} . Άρα, π.χ. ένα πρόθεμα /56 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αριθμοδοτηθούν $2^{64-56}=2^8=256$ διαφορετικά υποδίκτυα.

2.3 PPPv6

Ο πιο απλός τρόπος δικτύωσης μιας σειριακής γραμμής πρόσβασης είναι με το πρωτόκολλο PPP. Στα πλαίσια δημιουργίας μιας συνόδου PPP, παράλληλα με την φάση της διαδικασίας IPCP (δίνει διευθύνσεις για το IPv4) εισάγεται μια καινούρια διαδικασία η οποία ονομάζεται IPv6CP η οποία προσφέρει την αντίστοιχη λειτουργία διευθυνσιοδότησης για το πρωτόκολλο

IPv6 με την διαφορά ότι αυτή λειτουργεί για τα τελευταία 64 bits της διεύθυνσης IPv6. Μεγάλη διαφορά αποτελεί στην περίπτωση αυτή το γεγονός ότι στο IPv6CP δεν γίνεται καμία συνεννόηση ανάμεσα στα δύο άκρα για τις διευθύνσεις IPv6 που θα λάβουν, με προαιρετική εξαίρεση την παράμετρο που αντιστοιχεί στο Framed-Interface-ID¹. Η πλήρης διευθυνσιοδότηση του συνδέσμου (τα πρώτα 64 bit) γίνεται μετά την επιτυχή εδραίωση της συνόδου PPP σε δεύτερο στάδιο μέσω DHCPv6-NA ή SLAAC με τον συνηθισμένο τρόπο αυτόματης αριθμοδότησης προθεμάτων κατά IPv6 σύμφωνα με τα όσα υπαγορεύει το SLAAC κ.ο.κ.

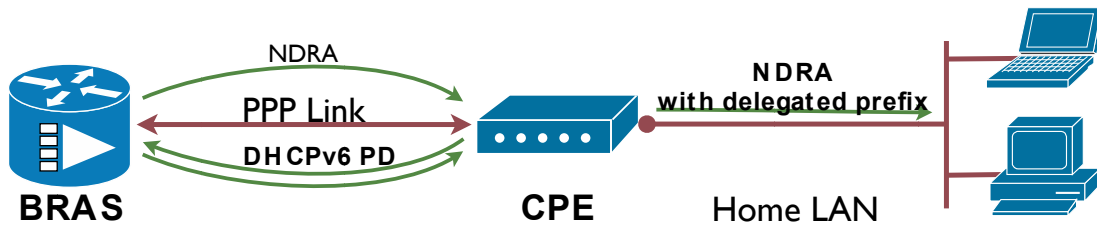
2.4 DHCPv6 STATELESS

Εκτός από την αυτόματη ρύθμιση των διευθύνσεων είναι επιθυμητή και η αυτόματη ρύθμιση άλλων χαρακτηριστικών λειτουργίας π.χ. DNS/NTP server μέσω αυτόματης συγκρότησης (configuration). Αυτό μπορεί να γίνει μέσω του γνωστού πρωτοκόλλου DHCPv6. Τυπική περίπτωση είναι η ρύθμιση των DNS servers όπως περιγράφεται και στην παράγραφο [12.1](#). Το ενδιαφέρον χαρακτηριστικό του stateless DHCPv6 είναι ότι η διαδικασία δεν απαιτεί ρύθμιση του τερματικού σταθμού για ενεργοποίηση του DHCPv6, αλλά ξεκινά μέσω του SLAAC ρυθμίζοντας κατάλληλα το Network Discovery Router Advertisement (ND-RA) στην πλευρά του δρομολογητή.

2.5 DHCPv6 PREFIX DELEGATION

Στα πλαίσια της αυτόματης συγκρότησης των δρομολογητών πρόσβασης είναι επιθυμητή η αυτόματη ρύθμιση (αριθμοδότηση) των τοπικών δικτύων τα οποία βρίσκονται πίσω από το PPP WAN link. Αυτό μπορεί να γίνει με την βοήθεια του πρωτοκόλλου [DHCPv6 Prefix Delegation](#) μεταξύ του CPE και του NAS.

¹ βλέπε παράγραφο [6.2](#) “IETF RADIUS attributes” για την περιγραφή του “Framed-Interface-ID”



Εικόνα 1. Λειτουργία του PPPv6 και του DHCPv6 Prefix Delegation πάνω από τον σύνδεσμο PPP.

3. ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΤΟΥ ΠΣΔ

3.1 ΣΧΟΛΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

Σήμερα το Πανελλήνιο Σχολικό δίκτυο είναι ένα τυπικό δίκτυο πρόσβασης που παρέχει συνδεσιμότητα σε αρκετές χιλιάδες απομακρυσμένα σημεία. Τα σημεία αυτά είναι στην πλειοψηφία τους Ελληνικά σχολεία που ανήκουν είτε στην **πρωτοβάθμια**, είτε στην **δευτεροβάθμια** βαθμίδα του Ελληνικού εκπαιδευτικού συστήματος, ενώ συμπεριλαμβάνονται και **διοικητικές** μονάδες που εξυπηρετούν διοικητικούς και λοιπούς σκοπούς. Στο υπόλοιπο του παρόντος κειμένου, με την έννοια **μονάδα** ή **σχολική μονάδα** θα εννοείται οποιαδήποτε **διοικητική** υποδιαίρεση η οποία συνδέεται με το παγκόσμιο δίκτυο μέσω του δικτύου πρόσβασης του ΠΣΔ. Στις περισσότερες περιπτώσεις, μια διοικητική υποδιαίρεση του ΠΣΔ συμπίπτει με ένα συγκεκριμένο κτίριο, οπότε υπάρχει συνήθως ταύτιση ανάμεσα σε διοικητικές και γεωγραφικές μονάδες. Στις περιπτώσεις, όπως π.χ. κτιριακών συγκροτημάτων που στεγάζουν πολλά διαφορετικά σχολεία, η έννοια **μονάδα** θα αναφέρεται ξεκάθαρα στην διοικητική υποδιαίρεση, εκτός κι αν ρητά αναφέρεται το αντίθετο.

Σύμφωνα με στοιχεία του 2012, το ΠΣΔ περιλαμβάνει περίπου 17.000 μονάδες στις οποίες παρέχει δικτυακή πρόσβαση και όλες τις συναφείς υπηρεσίες δεδομένων στα μέλη τους. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, οι κατηγορίες στις οποίες υποδιαιρούνται είναι:

1. **Πρωτοβάθμιες μονάδες**, περιλαμβάνουν περίπου του **60%** των χρηστών του ΠΣΔ.
2. **Δευτεροβάθμιες μονάδες**, περιλαμβάνουν περίπου του **30%** των χρηστών του ΠΣΔ.
3. **Διοικητικές μονάδες**, περιλαμβάνουν το υπόλοιπο **10%**.

3.2 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΕΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

Κάθε μονάδα του ΠΣΔ είναι συνδεδεμένη με το δίκτυο κορμού μέσω ενός ακραίου δρομολογητή (**Customer Premises Equipment** ή εν συντομία **CPE**) ο οποίος παρέχει συνδεσιμότητα στους διάφορους υπολογιστές και άλλες συνδεδεμένες συσκευές των μελών της ομάδας. Στις περιπτώσεις σύνδεσης της μονάδας με γραμμή DSL, ο ακραίος δρομολογητής συνδέεται και αποκαθιστά συνεδρία PPP με κάποιον δρομολογητή συγκέντρωσης (broadband aggregator, **BRAS** ή **NAS**) του ΠΣΔ. Το ΠΣΔ χρησιμοποιεί επί του

παρόντος 7 BRASs τύπου Cisco 7xxx (π.χ. 7301), αλλά στο μέλλον το σχήμα αυτό πρόκειται να αλλάξει, με την εισαγωγή στην παραγωγή ενός **κεντρικού δρομολογητή συγκέντρωσης** ο οποίος θα δρα σαν το μοναδικό σημείο συγκέντρωσης συνόδων PPP του ΠΣΔ, συμπεριλαμβανομένων και των συνόδων PPP που μελλοντικά θα προέρχονται από συνδέσεις VDSL. Ακόμα και για την περίπτωση του VDSL, αναμένεται ο τρόπος σύνδεσης και πρόσβασης να είναι ο ίδιος, με διαφοροποιήσεις κυρίως στην ταχύτητα.

3.3 ΑΚΡΑΙΟΙ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΕΣ

Οι διαμορφώσεις CPE που βρίσκονται σε χρήση σήμερα από ΠΣΔ είναι επιγραμματικά οι εξής:

1. Δρομολογητές Cisco 876 (annex B) και 877 (annex A) οι οποίες διαθέτουν DSL interface και συνδέονται απευθείας μέσω PPP με το ΠΣΔ. Η μνήμη τους είναι **116 Mbytes**, διαθέτουν αποθηκευτικό χώρο flash **28 Mbytes** και η έκδοση λογισμικού είναι **124-15.T3**.
2. Δρομολογητές Cisco 831 χωρίς DSL interface οι οποίες συνδέονται μέσω PPPoE με το ΠΣΔ. Η μνήμη τους είναι **43 Mbytes**, διαθέτουν αποθηκευτικό χώρο **12 Mbytes** και η έκδοση λογισμικού είναι επίσης η **122-8.YN**. Το bridging CPE που εκτελεί χρέη PPPoE bridge ([RFC 1483](#)) είναι ένα Alcatel Speedtouch με DSL interface (annex A ή B).
3. Συσκευές Alcatel SpeedTouch (Crypto, Baudtec κ.α) οι οποίες συνδέονται μέσω PPPoE με το ΠΣΔ και δίνουν απευθείας ή μέσω κάποιου μεταγωγέα συνδεσιμότητα στις συσκευές της μονάδας.
4. Δρομολογητές **λοιπής προέλευσης** οι οποίες έχουν αγοραστεί από τις μονάδες απευθείας και για τις οποίες το ΠΣΔ δεν είχε ανάμιξη στην επιλογή τους. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι συσκευές αυτές εμπίπτουν στους τύπους που προμηθεύει ο ΟΤΕ στους συνηθισμένους πελάτες του.
5. Δρομολογητές που συνδέονται μέσω Metro Ethernet (αντί για DSL) με κάποιον κεντρικό δρομολογητή του ΠΣΔ

3.4 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

Με εξαίρεση τις μονάδες που συνδέονται μέσω Metro Ethernet, οι ακραίοι δρομολογητές δεν χρησιμοποιούν κάποιο πρωτόκολλο δρομολόγησης για την δρομολόγηση πακέτων στην

σύνδεση με το uplink του ΠΣΔ. Στην συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων, ο δρομολογητής συγκέντρωσης εγκαθιστά αυτομάτως κάποιο route προς την διεύθυνση που έχει αποδώσει για κάθε CPE, ενώ το CPE χρησιμοποιεί το PPP interface της διασύνδεσης σαν το default route.

Για τις μονάδες που διαθέτουν σύνδεση Metro Ethernet, χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο δρομολόγησης OSPFv3 για την σύνδεση με τον εκάστοτε συγκεντρωτικό δρομολογητή του ΠΣΔ. Περισσότερες πληροφορίες για τις συνδέσεις των μονάδων που χρησιμοποιούν Metro Ethernet μπορούν φυσικά να βρεθούν στο αντίστοιχο παραδοτέο (2.13) της ομάδας που είναι υπεύθυνη για αυτές τις μονάδες.

3.5 ΔΙΕΥΘΥΝΣΙΟΔΟΤΗΣΗ IPv4 ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΠΣΔ

Για τις περισσότερες μονάδες, οι διευθύνσεις IPv4 που χρησιμοποιούνται από την κάθε μια είναι καταγεγραμμένες στον εξυπηρετητή καταλόγου του ΠΣΔ. Η διεύθυνση που λαμβάνεται από την μονάδα ζητείται με request προς τον RADIUS, ο οποίος απαντά αφού εκτελέσει την αντίστοιχη ερώτηση προς την υπηρεσία καταλόγου του ΠΣΔ.

Οι IPs που λαμβάνει κάθε μονάδα είναι σήμερα καταγεγραμμένες και μέσα στην διαμόρφωση των τερματικών συσκευών, ώστε να λειτουργούν στοιχεία όπως π.χ. το NAT ή να γίνεται αριθμοδότηση του LAN της μονάδας. Αυτό αποτελεί δυνητικά ένα σημαντικό **πρόβλημα**, καθώς σημαίνει ότι οποιαδήποτε σοβαρή αλλαγή στην αριθμοδότηση του δικτύου συνεπάγεται και ανάγκη της τροποποίησης της διαμόρφωσης ενός μεγάλου ποσοστού ή και όλων των τερματικών συσκευών. Λόγω του μεγάλου αριθμού των τερματικών συσκευών, είναι πάντα επιθυμητό οι διαμορφώσεις τους να είναι όσο το δυνατό πιο ομοιόμορφες γίνεται.

Σε αρκετές περιπτώσεις, είτε λόγω βλαβών είτε για άλλους άγνωστους λόγους, οι συσκευές δεν συνδέονται με στατική διεύθυνση όπως προβλέπεται κανονικά, αλλά με κάποιο άλλο username στο οποίο ο RADIUS δεν δίνει συγκεκριμένη σταθερή διεύθυνση. Η διεύθυνση που δίνεται σε αυτές τις περιπτώσεις λαμβάνεται από κάποιο address pool που είναι εγκατεστημένο μέσα στον δρομολογητή συγκέντρωσης.



3.6 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΧΡΗΣΤΩΝ

Οι χρήστες του ΠΣΔ εμπίπτουν σε ποικίλες κατηγορίες, κάθε μια εκ των οποίων χαρακτηρίζεται από ιδιαιτερότητες και συγκεκριμένες ανάγκες που ορίζονται σε σημαντικό βαθμό από τον αντίστοιχο ρόλο τους μέσα στην εκπαιδευτική κοινότητα. Για παράδειγμα, οι μαθητές πρωτοβάθμιων μονάδων αποτελούν κατηγορία η οποία χαρακτηρίζεται ως ευαίσθητη, με αποτέλεσμα να απαιτείται μεγάλη προσοχή στους τύπους περιεχομένου στους οποίους απολαμβάνει πρόσβαση. Καθώς όμως η πρόσβαση στο ΠΣΔ ομαδοποιείται με βάση τον ρόλο και την λειτουργία της εκάστοτε μονάδας, στην σημερινή μορφή του ΠΣΔ δεν υλοποιείται κάποιο σχήμα με βάση το οποίο είναι εύκολο να διαφοροποιούνται τα χαρακτηριστικά της πρόσβασης κάθε μέλους ξεχωριστά. Με άλλα λόγια, όλα τα μέλη κάθε μονάδας απολαμβάνουν σήμερα ακριβώς την ίδια μορφή υπηρεσίας.

4. ΠΑΡΟΥΣΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ IPv6 ΣΤΟ ΠΣΔ

Στην παρούσα μορφή του ΠΣΔ, ένα μεγάλο πλήθος από σχολικές μονάδες διαθέτει ήδη συνδεσιμότητα IPv6. Ο σχεδιασμός που υπάρχει αυτή την στιγμή προβλέπει την χρήση Stateless Address Autoconfiguration (SLAAC, πρόθεμα /64) πάνω από τον σύνδεσμο PPP της μονάδας και τη χρήση DHCPv6 Prefix Delegation με ένα πρόθεμα μήκους /64 για το LAN της μονάδας. Τα δύο προθέματα /64 που χρησιμοποιούνται προκύπτουν πάντα από ένα αρχικό /63 το οποίο αντιστοιχεί στην εκάστοτε μονάδα. Η διευθυνσιοδότηση των /63 έχει γίνει από παλιότερο /48 που έχει παραχωρήσει το ΕΔΕΤ στο ΠΣΔ. Σε ό,τι αφορά το DNS, οι μονάδες χρησιμοποιούν IPv4 transport για την επικοινωνία με τους DNS servers του ΠΣΔ.

Για πολλαπλούς λόγους ο σχεδιασμός αυτός δεν επαρκεί για να καλύψει τις μελλοντικές ανάγκες, οπότε είναι απαραίτητος ο επαναπροσδιορισμός ορισμένων συνιστωσών. Οι λόγοι αυτοί είναι επιγραμματικά:

1. Το μήκος /64 για το prefix delegation δεν επαρκεί για την κάλυψη των τρεχουσών και μελλοντικών αναγκών των μονάδων. Με ένα /64 μονάχα ένα LAN μπορεί να αριθμοδοτηθεί, που αποτελεί σοβαρό πρόβλημα για τον μελλοντικό σχεδιασμό που περιλαμβάνει σχολικά εργαστήρια, ασύρματα δίκτυα, κ.α.
2. Η διευθυνσιοδότηση γίνεται σήμερα από 3 διαφορετικά και μη γειτονικά /48 που το ΠΣΔ έχει εξασφαλίσει από το Ε.Δ.Ε.Τ. Το διαθέσιμο μήκος που μπορούν αυτά τα προθέματα να προσφέρουν είναι πολύ περιορισμένο, εξαιτίας αφενός του μεγάλου αριθμού των μονάδων (παρ. 3.1) και των διαφορετικών υποδικτύων που θα απαιτηθούν στο μέλλον.
3. Πολλές υπηρεσίες όπως π.χ. το DNS βασίζονται αποκλειστικά πάνω στο IPv4, καθώς επί του παρόντος δεν υπάρχει δυνατότητα μετάδοσης των παραμέτρων διαμόρφωσης των CPEs για την χρησιμοποίηση IPv6 DNS servers.
4. Άλλες υπηρεσίες, όπως π.χ. το φιλτράρισμα περιεχομένου δεν προσφέρονται πάνω από IPv6 επί του παρόντος. Ενδεχόμενη εισαγωγή τους σαν υπηρεσίες παραγωγής ενδεχομένως να απαιτήσει αλλαγές στην πρόσβαση IPv6 των μονάδων.
5. Πολλές μονάδες συνδέονται σήμερα με εξοπλισμό που **δεν** διαθέτει την δυνατότητα σύνδεσης με IPv6.

5. ΠΡΟΣΒΑΣΗ IPv6 ΚΑΙ ΜΗΚΟΣ ΠΡΟΘΕΜΑΤΩΝ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Για την πρόσβαση των μονάδων του ΠΣΔ μέσω IPv6, προβλέπεται όπως είναι φυσικό η συνέχιση της χρήσης του Stateless Address Autoconfiguration (SLAAC) για το PPP link ανάμεσα στον NAS και το CPE. Άρα, το PPP link που συνδέει την μονάδα (στο εξής CPE) με τον εκάστοτε κεντρικό δρομολογητή του ΠΣΔ (στο εξής NAS) εξακολουθεί να είναι αριθμοδοτημένο με ένα πρόθεμα μήκους /64. Επίσης, ο τρόπος με τον οποίο το CPE λαμβάνει πρόθεμα για να αριθμοδοτήσει τα τοπικά του δίκτυα παραμένει το πρωτόκολλο DHCPv6 Prefix Delegation. Για πλήρη κάλυψη οποιασδήποτε μελλοντικής ανάγκης, **το πρόθεμα που δίνεται σε κάθε CPE είναι πλέον μήκους /56**. Με αυτό το μήκος, είναι δυνατό μια μονάδα να μπορεί να αριθμοδοτήσει έως και 256 (2^8) τοπικά δίκτυα με πρόθεμα μήκους /64 έκαστο.

Στην περίπτωση που μια μονάδα χρειαστεί να διαθέτει παραπάνω από 256 τοπικά δίκτυα (/64 έκαστο), είναι δυνατό να υπάρξει πρόβλεψη ώστε να ανατεθούν περισσότερα προθέματα μήκους /56, κατά ισχυρή προτίμηση συνεχόμενα μεταξύ τους.

Σε όλες τις περιπτώσεις μονάδων που συνδέονται με DSL και συναφείς τεχνολογίες, ο NAS αποτελεί το σημείο τερματισμού τόσο της συνόδου PPP όσο και του DHCPv6 prefix delegation.

5.2 ΑΡΙΘΜΟΔΟΤΗΣΗ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

Ο διαχωρισμός των μελών κάθε μονάδας ανάλογα με την ιδιότητά τους (ο οποίος σύμφωνα με την παράγραφο 3.6 είναι σήμερα πρακτικά αδύνατος) είναι δυνατό να γίνει εφικτός στο μέλλον, όπως θα περιγραφεί παρακάτω.

Ο τυπικός τρόπος με τον οποίο κάθε τοπικό δίκτυο μιας μονάδας θα λαμβάνει το πρόθεμα /64 μέσα από το πρόθεμα /56 που έχει λάβει από τον DHCPv6 server περιγράφεται παρακάτω. Ανάλογα με την χρήση του κάθε υποδικτύου, καθορίζονται συνήθεις αριθμοί με βάση τους οποίους προκύπτει το ακριβές πρόθεμα κάθε υποδικτύου. Π.χ. το Wi-Fi μιας μονάδας λαμβάνει πάντοτε τον αριθμό 255. Ο τρόπος με τον οποίο η σύμβαση αυτή θα επιλέγεται σε κάθε CPE είναι μέσω στατικού configuration.

Παρακάτω δίνεται επιγραμματικά πίνακας με τους αριθμούς ανά χρήση. Στο παράδειγμα παρακάτω, επιλέχτηκε σαν πρόθεμα ολόκληρης της μονάδας το 2001:648:3412:3400::/56 (αριθμός μονάδας 1234h). Με βάση αυτό το παράδειγμα, το υποδίκτυο προκύπτει μετατρέποντας τον αύξοντα αριθμό στο δεκαεξαδικό σύστημα αρίθμησης (δεκαδικό ο έως 255, δεκαεξαδικό 00 έως ff) και αντικαθιστώντας τα ψηφία του (έστω XY) στα δεξιά του τέταρτου αριθμού της διεύθυνσης IPv6 (2001:648:3412:34XY::/64).

Πίνακας 1. Επιγραμματικός πίνακας αριθμών δικτύου ανά τύπο χρήσης εντός μονάδος

Αύξων αριθμός αριθμοδότησης	Χρήση υποδικτύου	Παράδειγμα
0	Φυλάσσεται για μελλοντική χρήση	2001:648:3412:3400::/64
1-50	Γενικής χρήσης υποδίκτυο	2001:648:3412:3401::/64
100-200	Σχολικά εργαστήρια / τάξεις	2001:648:3412:3464::/64
250-255	Ασύρματο δίκτυο	2001:648:3412:34fa::/64

5.3 ΟΦΕΛΗ

Αν κάθε λειτουργία της μονάδας αντιστοιχεί σε κάποιο υποδίκτυο με πρόθεμα /64 που ανήκει στο συνολικό πρόθεμα της μονάδας (/56) και λαμβάνει ξεχωριστό ID μέσα από την λίστα με τις προκαθορισμένες διαθέσιμες λειτουργίες που αναφέρθηκαν, είναι δυνατό να γίνουν στο μέλλον συγκεκριμένες τροποποιήσεις σε άλλες υπηρεσίες ώστε να διαφοροποιούν την συμπεριφορά τους αναλόγως με την source IPv6 που λαμβάνουν. Στο παράδειγμα της παραγράφου 5.2 η υπηρεσία φιλτραρίσματος περιεχομένου δυνητικά θα μπορούσε να συμπεριφέρεται διαφορετικά όταν το XY είναι από 200 έως 255.



5.4 ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΑ ΠΡΟΣΩΠΑ

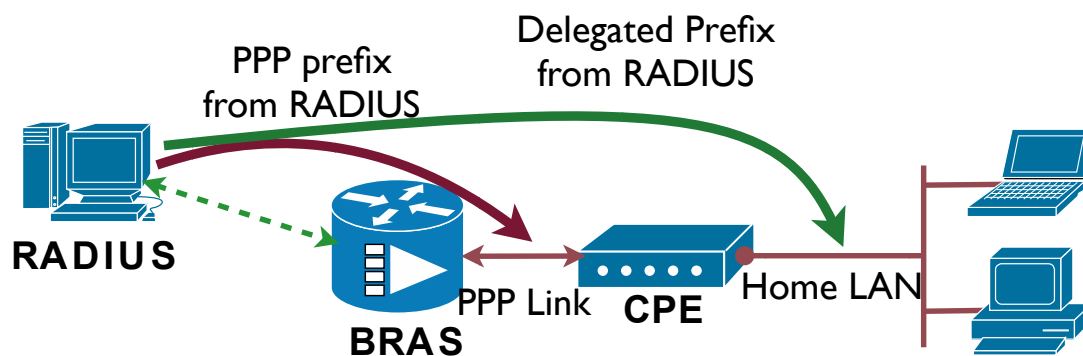
Καθώς το πλήθος των χρηστών που χρησιμοποιούν την υπηρεσία απομακρυσμένης πρόσβασης του ΠΣΔ (dialup) βάνει διαρκώς μειούμενο τα τελευταία έτη, δεν προβλέπεται ενεργοποίηση του IPv6 στην συγκεκριμένη υπηρεσία. Στην περίπτωση που στο μέλλον αποφασιστεί να δοθεί πρόσβαση IPv6 και σε μεμονωμένα άτομα που συνδέονται στο ΠΣΔ μέσω προσωπικού λογαριασμού από το σπίτι, προτείνεται η απαίτηση για ένα /56 (ή /48) να χαλαρώσει και να καθοριστεί στο /60. Με αυτό τον τρόπο εξακολουθεί να υπάρχει η δυνατότητα για 16 ξεχωριστά υποδίκτυα σε κάθε κατοικία που συνδέεται στο ΠΣΔ.

6. RADIUS ΚΑΙ LDAP

Η σημερινή αλλά και μελλοντική λειτουργία της ταυτοποίησης και εξουσιοδότησης για το δίκτυο πρόσβασης του ΠΣΔ βασίζεται στο κλασικό μοντέλο όπου επιγραμματικά:

1. Το CPE συνδέεται με PPP στον NAS του ΠΣΔ.
2. Ο NAS εκτελεί ένα RADIUS request προς την υπηρεσία RADIUS του ΠΣΔ.
3. Ο εξυπηρετητής RADIUS εκτελεί ένα LDAP request προς την υπηρεσία καταλόγου του ΠΣΔ.
4. Η υπηρεσία καταλόγου διαθέτει όλα τα απαραίτητα δεδομένα (password hashes, διευθύνσεις IP, κα) για να απαντήσει στην προσπάθεια ταυτοποίησης και να προσθέσει τα κατάλληλα attributes στην απάντηση με βάση τα οποία θα διαμορφωθεί η σύνδεση της κάθε μονάδας.

Στα πλαίσια της ανάπτυξης της υπηρεσίας, θα υπάρξει συνεργασία με την ομάδα διαχείρισης των κεντρικών δρομολογητών του ΠΣΔ καθώς και με την ομάδα ανάπτυξης της νέας υπηρεσίας RADIUS και της νέας υπηρεσίας LDAP στα πλαίσια του τρέχοντος έργου για τις κατάλληλες ρυθμίσεις που οδηγούν στην χρήση των RADIUS attributes που περιγράφονται στο τρέχον κεφάλαιο.



Εικόνα 2. Επεξήγηση της χρήσης του εξυπηρετητή RADIUS για την ανάθεση προθεμάτων IPv6 στους συνδέσμους του CPE

6.1 IETF RADIUS ATTRIBUTES

Για την δυναμική ρύθμιση του NAS σχετικά με τις λειτουργίες που περιγράφηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, προβλέπεται η χρήση των παρακάτω RADIUS attributes όπως καθορίζονται στα [RFC3162](#), [RFC4818](#) και στο [draft-ietf-radext-ipv6-access-07](#):

- 1. Framed-IPv6-Prefix (πολλαπλές τιμές)**
Καθορίζει το πρόθεμα IPv6 που ανατίθεται στον σύνδεσμο PPP του συνδρομητή. Στις περισσότερες περιπτώσεις, το prefix αυτό ενσωματώνεται μέσα στο Router Advertisement που μεταδίδεται από τον NAS προς το CPE μέσα από τον σύνδεσμο PPP. Το attribute αυτό μπορεί να πάρει πολλαπλές τιμές.
- 2. Framed-IPv6-Pool (μία τιμή)**
Η λειτουργία του συγκεκριμένου attribute είναι παρόμοια με του Framed-IPv6-Prefix, με την διαφορά ότι στην περίπτωση του Framed-IPv6-Pool το πρόθεμα ανασύρεται από ένα pool προθεμάτων που εδράζεται στον NAS, αντί να καθορίζεται ρητά από τον RADIUS. Οπότε, ο RADIUS καθορίζει το pool και ο NAS φροντίζει να επιλέξει ένα ελεύθερο (δεν το έχει δώσει αλλού) πρόθεμα μέσα από αυτό.
- 3. Delegated-IPv6-Prefix (πολλαπλές τιμές)**
Καθορίζει το πρόθεμα IPv6 που είναι δυνατό να ανατεθεί στο CPE, αν το τελευταίο ζητήσει να λάβει πρόθεμα μέσω DHCPv6 Prefix Delegation. Στην γενική περίπτωση, το συγκεκριμένο attribute μπορεί να έχει πολλαπλές τιμές, με συνέπεια το CPE να μπορεί να λάβει πολλαπλά prefixes.
- 4. Delegated-IPv6-Prefix-Pool (μία τιμή)**
Έχει την ίδια σχέση με το Delegated-IPv6-Prefix με την σχέση του Framed-IPv6-Pool με το Framed-IPv6-Prefix. Είναι δηλαδή η δεξαμενή προθεμάτων από την οποία μπορεί να γίνει απόδοση προθεμάτων στα CPEs μέσω του μηχανισμού DHCPv6 Prefix Delegation.
- 5. Framed-Interface-ID (μία τιμή)**
Καθορίζει τα τελευταία 64 bits (Least Significant Bits) της διεύθυνσης IPv6 που θα έχει το CPE. Υπενθυμίζεται ότι με βάση τα 64 αυτά bits και την διαδικασία του SLAAC που θα καθορίσει τα πρώτα 64 bits (Most Significant Bits) μέσα από κάποιο router advertisement (RA) που θα περιέχει ένα πρόθεμα /64, το CPE μπορεί να

καταλήξει σε μια πλήρη διεύθυνση IPv6 συνδυάζοντας τα δύο διαφορετικά κομμάτια.

6. Framed-IPv6-Route (πολλαπλές τιμές)

Μέσω του συγκεκριμένου attribute, είναι δυνατό να εγκατασταθεί στον NAS ένα IPv6 route που να οδηγεί προς το interface του συνδρομητή. Τυχόν υποδίκτυα ρυθμισμένα πίσω από το CPE (ήτοι μέσα στην μονάδα), μπορούν με αυτό τον τρόπο να αποκτήσουν συνδεσιμότητα με το υπόλοιπο δίκτυο. Για να γίνει αυτό πρέπει απαραίτητα να υπάρχει το σχετικό configuration στο CPE και παράλληλα το user profile του συγκεκριμένου CPE να περιλαμβάνει το αντίστοιχο Framed-IPv6-Route.

7. DNS-Server-IPv6-Address (πολλαπλές τιμές)

Δίνει την δυνατότητα να καθοριστεί ένα σύνολο από IPv6 recursive DNS servers που θα αποδοθούν στο CPE. Ο τρόπος με τον οποίο οι διευθύνσεις αυτών των servers θα μεταδοθούν στο CPE δεν καθορίζεται ρητά, αλλά επί του παρόντος προσφέρονται οι εξής τρόποι:

- [RFC5006](#) ή [RFC6106](#) για την ενσωμάτωση των DNS servers στα Router Advertisements του NAS.
- Μέσω DHCPv6 Stateless Options

8. Route-IPv6-Information.

Δίνει την δυνατότητα στον NAS να συμπεριλάβει ένα ή περισσότερα προθέματα, routes προς τα οποία θα εγκατασταθούν εντός του CPE όταν επιτευχθεί η σύνδεση PPP. Ο μηχανισμός με τον οποίο επιτυγχάνεται το παραπάνω είναι η εισαγωγή από τον NAS ενός ή περισσότερων route information options ([RFC4191](#), παρ. 2.3) στα router advertisements που στέλνει προς το CPE πάνω από τον σύνδεσμο PPP.

9. Framed-IPv6-Address

Διεύθυνση που θα δοθεί στο CPE από τον BRAS μέσω του μηχανισμού DHCPv6-NA.

10. Stateful-IPv6-Address-Pool

Δεξαμενή προθεμάτων από την οποία μπορεί να γίνει απόδοση διευθύνσεων στα CPEs μέσω DHCPv6-NA.

11. NAS-IPv6-Address

Διεύθυνση IPv6 του NAS στον οποίο τερματίστηκε η σύνδεση PPP. Χρησιμοποιείται μόνο για accounting.

Η χρήση των παραπάνω attributes στις διάφορες φάσεις του κύκλου ζωής μιας σύνδεσης παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 2. RADIUS Attributes

RADIUS Attribute	Access Request (as hint)	Access Accept	Accounting Request
Framed-IPv6-Prefix	✓	✓	✓
Delegated-IPv6-Prefix	✓	✓	✓
Framed-Interface-ID	✓	✓	✓
Framed-IPv6-Pool		✓	✓
Framed-IPv6-Route		✓	✓
DNS-Server-IPv6-Address	✓	✓	✓
Framed-IPv6-Address	✓	✓	
Route-IPv6-Information		✓	✓
Delegated-IPv6-Prefix-Pool		✓	✓

Stateful-IPv6- Address-Pool	✓	✓
NAS-IPv6-Address	✓	✓

Καθώς είναι πιθανό ορισμένα από τα παραπάνω attributes να μην υποστηρίζονται από τρέχουσες ή διαθέσιμες εκδόσεις του λειτουργικού που τρέχει στον εκάστοτε NAS, προβλέπεται η εναλλακτική προσωρινή χρήση των κατάλληλων Vendor Specific Attributes (π.χ. Cisco) που παρέχουν την ανάλογη σε κάθε περίπτωση λειτουργία.

6.2 ΧΡΗΣΗ RADIUS ATTRIBUTES ΓΙΑ ΤΑ ΠΡΟΦΙΛ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΤΟΥ ΠΣΔ.

Μια τυπική μονάδα του ΠΣΔ αναμένεται να χρησιμοποιεί τα εξής attributes από αυτά που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο.

1. **Framed-IPv6-Prefix**
2. **Delegated-IPv6-Prefix**
3. **Framed-Interface-ID**
4. **DNS-Server-IPv6-Address**

6.3 FRAMED-INTERFACE-ID

Η χρήση του κάθε attribute εντός του ΠΣΔ είναι μάλλον προφανής, εκτός ίσως από την περίπτωση του **Framed-Interface-ID**. Με την χρήση του τελευταίου, εξασφαλίζεται ότι μπορεί να είναι εκ των προτέρων γνωστή η πλήρης τελική διεύθυνση του CPE κάθε μονάδας, με τα ανάλογα διαχειριστικά οφέλη. Η τελική διεύθυνση του CPE προκύπτει από SLAAC όπου τα *Most Significant* 64 bits προκύπτουν από το Framed-IPv6-Prefix και τα *Least Significant* 64 bits από το Framed-Interface-ID.

Για παράδειγμα, αν το Framed-IPv6-Prefix είναι 2001:648:3412:3456::/64 και το Framed-Interface-ID είναι aaaa:bbbb:cccc:dddd, τότε η διεύθυνση που θα έχει το PPP interface του CPE είναι 2001:648:3412:3456:aaaa:bbbb:cccc:dddd.

6.4 CISCO VENDOR SPECIFIC ATTRIBUTES

Συνοπτικός πίνακας με τα σχετικά Cisco vendor specific attributes και το αντίστοιχο IETF RADIUS attribute δίνεται παρακάτω. Τονίζεται ότι δυστυχώς η τεκμηρίωση που προσφέρει η εταιρεία Cisco είναι ελλιπής και σε πολλές περιπτώσεις παραπλανητική ή λανθασμένη. Ο διαχειριστής θα πρέπει σε όλες τις περιπτώσεις που μπορεί να χρησιμοποιήσει τα IETF attributes να δείξει προτίμηση σε αυτά αντί για τα αντίστοιχα VSAs.

Πίνακας 3. Παραδείγματα Cisco Vendor Specific Attributes

Παράδειγμα Cisco-AVPair	IETF
<code>cisco-avpair = "ipv6:route=2001:DB8:2::/64"</code>	Αντίστοιχο με το Framed-IPv6-Route
<code>cisco-avpair = "ipv6:prefix=2001:DB8:2::/64 o o onlink autoconfig"</code>	Αντίστοιχο με το Framed-IPv6-Prefix
<code>cisco-avpair="ipv6:outacl#1=deny 2001:DB8::/10",</code>	(δεν υπάρχει αντίστοιχο IETF attribute)
<code>cisco-avpair="ipv6:inacl#1=permit 2001:DB8:1::/64 any"</code>	(δεν υπάρχει αντίστοιχο IETF attribute)

6.5 ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ RADIUS ΚΑΙ LDAP ATTRIBUTES.

Για λόγους απλότητας, η αποθήκευση των attributes στον LDAP θα γίνεται σε βάση ένα προς ένα, δηλαδή πλήρης αντιστοιχία του κάθε attribute με το αντίστοιχο LDAP attribute. Η μοναδική παρατήρηση που έχει σημασία από την πλευρά της υλοποίησης είναι ότι καθώς το λεξικό ενός εξυπηρετητή καταλόγου σε κάποιες περιπτώσεις δεν επιτρέπει την χρήση του χαρακτήρα '-' (παύλα), για την αποθήκευση στον κατάλογο θα χρησιμοποιείται η μορφή CamelCase (βλέπε: <http://en.wikipedia.org/wiki/CamelCase>), αφού φυσικά αφαιρεθούν οι παύλες.

6.6 ATTRIBUTES ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΤΙΜΩΝ

Υπενθυμίζεται τέλος ότι ορισμένα από τα παραπάνω attributes (π.χ. DNS-Server-IPv6-Address) μπορούν να έχουν πολλαπλές τιμές (multivalued attributes). Η αποθήκευση των πολλαπλών τιμών ενός attribute που πρέπει να επιστραφεί από τον RADIUS γίνεται στην υπηρεσία καταλόγου με την αντίστοιχη χρήση LDAP multivalued attributes.

6.7 DNS-SERVER-IPv6-ADDRESS

Εξαίρεση αποτελεί το DNS-Server-IPv6-Address, που σε κάποιες περιπτώσεις θα χρειαστεί να καθορίζεται π.χ. από τον ίδιο τον NAS ή από τον RADIUS με στατικό τρόπο ή προγραμματιστικά. Ένα παράδειγμα που προκρίνεται σαν αρκετά αντιπροσωπευτικό είναι η χρήση του DNS για αποτελεσματικότερο content filtering στο ΠΣΔ. Στο παράδειγμα αυτό, οι πρωτοβάθμιες μονάδες θα χρησιμοποιούν ένα σύνολο από «περιορισμένους» DNS servers οι οποίοι δεν επιστρέφουν απάντηση για domains που θεωρούνται από το ΠΣΔ σαν βλαβερά και απαγορεύονται. Αντίθετα, π.χ. οι διοικητικές μονάδες δεν υπόκεινται σε αυτόν τον περιορισμό, με αποτέλεσμα να πρέπει να λάβουν ένα άλλο σύνολο από DNS servers. Η υλοποίηση ενός τέτοιου σχήματος γίνεται καθορίζοντας στον RADIUS τα διαφορετικά σύνολα από διευθύνσεις των εξυπηρετητών DNS και προγραμματίζοντάς τον να επιστρέφει το κατάλληλο ανάλογα με το group κάτω από το οποίο η μονάδα είναι καταγεγραμμένη στην υπηρεσία καταλόγου. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το συγκεκριμένο θέμα περιέχονται στην αντίστοιχη μελέτη για την υπηρεσία καταλόγου και τον RADIUS.

7. ΔΙΕΥΘΥΝΣΙΟΔΟΤΗΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΣΔ

Για την διευθυνσιοδότηση του δικτύου πρόσβασης η τρέχουσα μελέτη εκθέτει δύο διαφορετικές προσεγγίσεις. Στο υπόλοιπο του κεφαλαίου εκτίθεται σε λεπτομέρεια η πρώτη και επικρατέστερη προσέγγιση η οποία έχει καταστρωθεί από την αρχή λαμβάνοντας υπόψη τις τρέχουσες και μελλοντικές ανάγκες του ΠΣΔ, ενώ δεν λαμβάνει υπόψη την μέχρι τώρα διευθυνσιοδότηση σε επίπεδο IPv4. Η δεύτερη λύση εκτίθεται στο κεφάλαιο 8 και αποτελεί μια υβριδική προσέγγιση για ευκολότερη ευθυγράμμιση με την τρέχουσα κατάσταση του ΠΣΔ, ειδικά όσον αφορά τις διευθύνσεις που χρησιμοποιούνται στο IPv4.

7.1 ΓΕΝΙΚΑ

Με τον όρο «διευθυνσιοδότηση» εννοείται ο καθορισμός των προθεμάτων και άλλων χαρακτηριστικών κάθε μονάδας του δικτύου πρόσβασης που συνδέεται στο ΠΣΔ. Καθώς το δίκτυο πρόσβασης συνεργάζεται στενά και στηρίζεται στο κεντρικό δίκτυο του ΠΣΔ, απαιτείται απαραίτητα συνεργασία με την ομάδα διαχείρισης του κεντρικού δικτύου. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να εξασφαλιστεί ότι ο σχεδιασμός θα εξυπηρετεί τρέχουσες και μελλοντικές διαχειριστικές ανάγκες αλλά και ότι μπορεί να επιτρέψει την αποτελεσματική λειτουργία των τρεχουσών και μελλοντικών υπηρεσιών του ΠΣΔ.

Το παρόν κείμενο ασχολείται κυρίως με την διευθυνσιοδότηση σε ό,τι αφορά το δίκτυο πρόσβασης του ΠΣΔ, ήτοι τα προθέματα που χρησιμοποιούνται από τις μονάδες. Αν έχει ληφθεί μέριμνα ώστε οι όποιες αναφορές να συμπεριλαμβάνουν τις σημαντικότερες λεπτομέρειες που αφορούν άλλους τομείς όπως π.χ. η διευθυνσιοδότηση του δικτύου κορμού σε κάθε περίπτωση η πρωταρχική πηγή για αυτά τα στοιχεία είναι φυσικά η αντίστοιχη μελέτη εντός του παραδοτέου 2.13.

7.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΚΑΙ ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΘΕΜΑΤΩΝ

Για τον καθορισμό των προθεμάτων και άλλων χαρακτηριστικών που θα ανατεθούν σε κάθε μονάδα ή πρόσωπο, σημεία που ενδεχομένως θα χρειαστεί να ληφθούν υπόψη είναι:

1. Η γεωγραφική περιοχή
2. Ο NAS που αντιστοιχεί στην μονάδα (σημειώνεται ότι εν καιρώ θα υπάρχει στο ΠΣΔ μονάχα ένας NAS)

3. Η ιδιότητα/κατηγορία (π.χ. δημοτικό σχολείο, γυμνάσιο, εκπαιδευτικός, κ.α)

Στο παρελθόν έχει φανεί ότι η κατηγοριοποίηση με βάση τα παραπάνω κριτήρια μπορεί να έχει εξαιρετικά ευεργετική επίδραση στην ευκολία με την οποία μπορούν να εκτελούνται εργασίες όπως η **συντήρηση των access lists**, η **ρύθμιση της υπηρεσίας ελέγχου περιεχομένου**, κ.α.

Η προτεινόμενη προσέγγιση για την δημιουργία κατηγοριών είναι η δημιουργία ομάδων από προθέματα (**rools**) στις οποίες η τριάδα (γεωγραφική περιοχή, NAS, ιδιότητα) είναι κοινή. Άρα ένα **pool** αποτελεί την **μικρότερη ομαδοποιημένη υποδιαίρεση προθεμάτων** μέσα στο ΠΣΔ. Τα rools των διευθύνσεων του ΠΣΔ χωρίζονται σε **ελεύθερα** (όπου η τριάδα τους δεν έχει καθοριστεί) και σε **υπό χρήση** όπου το καθένα αντιστοιχεί σε μια μοναδική τριάδα. Με αυτό τον τρόπο το σχήμα μπορεί μελλοντικά να προσαρμοστεί στις μελλοντικές απαιτήσεις του ΠΣΔ οι οποίες όπως είναι φυσικό δεν είναι επί του παρόντος γνωστές με απόλυτη ακρίβεια. Το μήκος του κάθε pool δεν καθορίζεται τελεσίδικα στα πλαίσια του τρέχοντος κειμένου, αλλά σίγουρα θα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλο ώστε να επιτρέπει ουσιαστικό aggregation (πολύ μικρά rools δεν επιτυγχάνουν κάποιο ουσιαστικό όφελος) και όχι υπερβολικά μεγάλο ώστε το σχήμα να μην οδηγείται σε αραιή χρησιμοποίηση. Αν και το /48 φαίνεται να είναι το κατάλληλο μέγεθος για κάθε pool, οι ακριβείς διαστάσεις θα **επανεξεταστούν** στο μέλλον και πάντα σε συνεργασία με την ομάδα διαχείρισης του δικτύου κορμού. Η χρήση του /48 έχει σε κάθε περίπτωση τα εξής σημαντικά πλεονεκτήματα:

1. Επιτρέπει την εύκολη διαχείριση καθώς το 48 συμπίπτει με το όριο της 3^{ης} άνω κάτω τελείας (:) στον αλφαριθμητικό συμβολισμό ενός προθέματος.
2. Δεν έχει μεγάλο μέγεθος, οπότε η ομαδοποίηση (aggregation) σε επίπεδο /48 περιέχει μόνο 256 /56.
3. Επιτρέπει την περαιτέρω ομαδοποίηση σε άλλες ομάδες μέχρι το /40.

7.3 ΠΡΟΘΕΜΑ ΤΟΥ ΠΣΔ

Το Εθνικό Δίκτυο Έρευνας και Τεχνολογίας έχει επί του παρόντος παραχωρήσει την χρήση του προθέματος **2001:648:3400::/40** στο ΠΣΔ, μετά από αίτημα του τελευταίου. Η δικαιολόγηση για το μήκος προθέματος 40 βασίζεται



1. Στο γεγονός ότι για κάθε σχολική μονάδα προβλέπεται η χρήση ενός /56 (δηλ. 8 bits μέχρι το 64).
2. Στο γεγονός ότι ο αριθμός των μονάδων σε καμία περίπτωση δεν αναμένεται να ξεπεράσει τις 65536 (2^{16}), ακόμα και μετά την παρέλευση 10 ετών.

Επομένως, για την εξυπηρέτηση των αναγκών του ΠΣΔ, χρειάζεται ένας χώρος μήκους 8+16 bits από το 64, ήτοι ($64 - 24 =$) 40.

7.4 ΥΠΟΔΙΑΙΡΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΩΝ.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι υποδιαιρέσεις του χώρου 2001:648:3400::/40 σε 16 προθέματα /44, με τα ενδιάμεσα μήκη προθεμάτων να φαίνονται στα ενδιάμεσα κελιά του πίνακα. Ο τρόπος με τον οποίο κάθε πρόθεμα /44 υποδιαιρείται σε άλλα μεγαλύτερου μήκους προθέματα μέχρι και 16 x /48 είναι ανάλογος.

Πίνακας 4. Υποδιαιρέσεις του χώρου 2001:648:3400::/40

2001:648:3400::/40	2001:648:3400::/41	2001:648:3400::/42	2001:648:3400::/43	2001:648:3400::/44	
				2001:648:3410::/44	
		2001:648:3420::/43	2001:648:3420::/44		
			2001:648:3430::/44		
		2001:648:3440::/42	2001:648:3440::/43	2001:648:3440::/44	
				2001:648:3450::/44	
	2001:648:3460::/43		2001:648:3460::/44		
			2001:648:3470::/44		
	2001:648:3480::/41	2001:648:3480::/42	2001:648:3480::/43	2001:648:3480::/44	
				2001:648:3490::/44	
			2001:648:34a0::/43	2001:648:34a0::/44	
				2001:648:34b0::/44	
		2001:648:34c0::/42	2001:648:34c0::/43	2001:648:34c0::/44	
				2001:648:34d0::/44	
			2001:648:34e0::/43	2001:648:34e0::/44	
				2001:648:34f0::/44	

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, ο χώρος του ΠΣΔ χωρίζεται σε pools προθεμάτων. Για το ΠΣΔ προτείνεται η μικρότερη πιθανή ομάδα ομοειδών προθεμάτων να είναι /48. Κάθε πρόθεμα /48 περιέχει 2^8 προθέματα /56, δηλαδή μπορεί να ομαδοποιήσει 256 ομοειδείς μονάδες.

7.5 ΧΡΟΙΑ ΠΡΟΘΕΜΑΤΟΣ

Όταν ένα πρόθεμα /48 χρησιμοποιηθεί για μια συγκεκριμένη κατηγορία ομοειδών μονάδων (μέχρι 256 ανά /48), μεταδίδει την «χροιά» του προς τα πάνω στα μικρότερα προθέματα μέχρι και το /44. Για την επιλογή ενός προθέματος /48 για μια άλλη κατηγορία ομοειδών μονάδων, πρέπει να αποφευχθεί στο μέγιστο δυνατό η χρήση προθεμάτων που έχουν ήδη αποκτήσει χροιά. Άρα, σκοπός της εισαγωγής της έννοιας της χροιάς είναι ετεροειδείς μονάδες να λαμβάνουν προθέματα /56 από διαφορετικά ανώτερα προθέματα.

Πίνακας 5. Παραγόμενη χροιά από το 2001:648:3400::/48

2001:648:3400::/44	2001:648:3400::/45	2001:648:3400::/46	2001:648:3400::/47	2001:648:3400::/48
				2001:648:3401::/48
			2001:648:3402::/47	2001:648:3402::/48
				2001:648:3403::/48
		2001:648:3404::/46	2001:648:3404::/47	2001:648:3404::/48
				2001:648:3405::/48
	2001:648:3406::/47		2001:648:3406::/48	
			2001:648:3407::/48	
	2001:648:3408::/45	2001:648:3408::/46	2001:648:3408::/47	2001:648:3408::/48
				2001:648:3409::/48
			2001:648:340a::/47	2001:648:340a::/48
				2001:648:340b::/48
		2001:648:340c::/46	2001:648:340c::/47	2001:648:340c::/48
				2001:648:340d::/48
			2001:648:340e::/47	2001:648:340e::/48
		2001:648:340f::/48		

Στο παραπάνω παράδειγμα, φαίνεται ότι το 2001:648:3400::/48 μεταδίδει το προτιμώμενο είδος του (χροιά) μέχρι και το 2001:648:3400::/44, με αποτέλεσμα τα υπόλοιπα 15 /48 να «προτιμούν» να ανατεθούν σε μονάδες που ανήκουν στην ίδια κατηγορία.

7.6 ΑΜΟΙΒΑΙΑ ΑΠΩΘΗΣΗ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ.

Κάθε νέα μονάδα τοποθετεί το /56 της μέσα στο /48 του pool που ανήκει με τρόπο ώστε να αφήνει κενά προθέματα μικρότερου μήκους (έως /47) από τα άλλα /56 που έχουν τοποθετηθεί ήδη μέσα του. Για παράδειγμα, αν μια μονάδα λάβει το 2001:648:3400::/56, τότε ανήκει στο 2001:648:3400::/49 (μέρος του 2001:648:3400::/48). Η επόμενη μονάδα που θα λάβει πρόθεμα μέσα από το 2001:648:3400::/48 θα πρέπει (προσπαθώντας να αποφύγει το 2001:648:3400::/49) να λάβει το πρόθεμα 2001:648:3400:8000::/56, που ανήκει στο 2001:648:3400:8000::/49. Γενικά, αν ληφθεί υπόψη ότι το 2001:648:3400::/48 παράγει

προθέματα /56 της μορφής 2001:648:3400:xy00::/56, τότε η σειρά με την οποία τα xy πρέπει να εξαντληθούν είναι:

1. 00,80
2. 40,c0
3. 20,60,a0,e0
4. 10,30,50,70,90,b0,d0,fo
5. 08,i8,28,38,48,58,68,78,88,98,a8,b8,c8,d8,e8,f8
6. 04,0c,14,1c,24,2c,34,3c,44,4c,54,5c,64,6c,74,7c,84,8c,94,9c,a4,ac,b4,bc,c4,cc,d4,dc,e4,ec,f4,fc
7. 02,06,0a,0e,12,16,1a,1e,22,26,2a,2e,32,36,3a,3e,42,46,4a,4e,52,56,5a,5e,62,66,6a,6e,72,76,7a,7e,82,86,8a,8e,92,96,9a,9e,a2,a6,aa,ae,b2,b6,ba,be,c2,c6,ca,ce,d2,d6,da,de,e2,e6,ea,ee,f2,f6,fa,fe
8. 01,03,05,07,09,0b,0d,0f,11,13,15,17,19,1b,1d,1f,21,23,25,27,29,2b,2d,2f,31,33,35,37,39,3b,3d,3f,41,43,45,47,49,4b,4d,4f,51,53,55,57,59,5b,5d,5f,61,63,65,67,69,6b,6d,6f,71,73,75,77,79,7b,7d,7f,81,83,85,87,89,8b,8d,8f,91,93,95,97,99,9b,9d,9f,a1,a3,a5,a7,a9,ab,ad,af,b1,b3,b5,b7,b9,bb,bd,bf,c1,c3,c5,c7,c9,cb,cd,cf,d1,d3,d5,d7,d9,db,dd,df,e1,e3,e5,e7,e9,eb,ed,ef,fi,f3,f5,f7,f9,fb,fd,ff

Υπό συγκεκριμένες συνθήκες, είναι δυνατό η 7^η και 8^η ομάδα παραπάνω να μην αποδοθούν αλλά να μείνουν κενές. Η παραπάνω μεθοδολογία μπορεί να ακολουθηθεί αν κριθεί ότι είναι δυνατό στο μέλλον να απαιτηθεί το /56 να επεκταθεί π.χ. στο αντίστοιχο /54 χωρίς να χρειαστεί ξανά αριθμοδότηση. Βλέπε π.χ. το παράδειγμα του επόμενου πίνακα:

Πίνακας 6. Παράδειγμα ομαδοποίησης τεσσάρων /56 σε ένα /54

2001:648:3400:0400::/56	
2001:648:3400:0500::/56	
2001:648:3400:0600::/56	2001:648:3400:0400::/54
2001:648:3400:0700::/56	

7.7 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΧΩΡΟΥ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΩΝ

Ιδιαίτερη μέριμνα πρέπει να δοθεί στην εισαγωγή και χρήση ενός εργαλείου που θα επιτρέπει την διαχείριση και καταγραφή της χρήσης του δικτυακού χώρου από τις διάφορες ομάδες που συμμετέχουν στο έργο. Επί του παρόντος για την διαχείριση του συνολικού χώρου διευθύνσεων η προδιαγραφή του κατάλληλου εργαλείου δεν εμπίπτει στους σκοπούς αυτής της μελέτης, εκτός φυσικά από την προφανή προτροπή ότι θα πρέπει να υποστηρίζει IPv6.



Σε επίπεδο ανάθεσης προθεμάτων σε μονάδες, ενδέχεται να χρειαστεί η επιπρόσθετη δημιουργία κάποιου απλοποιημένου εργαλείου που να απαριθμεί (με την σειρά που περιγράφηκε στις προηγούμενες παραγράφους) τα προθέματα και τις μονάδες και να δημιουργεί συνδυασμούς ένα προς ένα με αυτές. Οι ακριβείς ανάγκες ενός τέτοιου εργαλείου ενδεχομένως να φαίνονται απλές στην θεωρία, αλλά αναμένεται η εφαρμογή στην πράξη να αναδείξει απαιτήσεις που δεν είναι εύκολο να προβλεφθούν. Για τον λόγο αυτό, γίνεται ειδική μνεία στο σημείο αυτό που να επιτρέπει την τροποποίηση και εμπλουτισμό του παρόντος κεφαλαίου σε ό,τι αφορά τυχόν εργαλεία διαχείρισης χώρου διευθύνσεων που θα χρησιμοποιηθούν.

8. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΛΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΙΟΔΟΤΗΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΤΟΥ ΠΣΔ

8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αντί του πλήρους επανασχεδιασμού του σχήματος διευθυνσιοδότησης του IPv6 για το ΠΣΔ που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 7, στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται μια απλούστερη υβριδική λύση η οποία λαμβάνει υπόψη την σημερινή συμπληρωματική διευθυνσιοδότηση των μονάδων του σχολικού δικτύου με διευθύνσεις από το υποδίκτυο 10.0.0.0/8. Ειδικότερα, τα σημεία ιδιαίτερου ενδιαφέροντος είναι τα εξής:

1. Το γεγονός ότι οι μονάδες σήμερα διαθέτουν και διευθύνσεις μέσα από τον ιδιωτικό χώρο 10.0.0.0/8.
2. Το γεγονός ότι η χρήση του δικτύου 10.0.0.0/8 είναι ήδη κατατεταγμένη με βάση τις κατηγορίες των μονάδων (πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια, διοικητική).
3. Το γεγονός ότι το αναγνωριστικό ("id") της κάθε μονάδας εντός του 10.0.0.0/8 είναι ένας αριθμός μήκους 16 bits (10.x.y.z/24 ανά μονάδα όπου x.y είναι το 16 bit ID).

8.2 ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΙΔΙΩΤΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ IPv4 ID ΣΕ IPv6.

Εφόσον το ID κάθε μονάδας είναι ήδη καθορισμένο και γνωστό, είναι λογικό να αναζητηθεί μέθοδος που να επιτρέπει την χρήση του 16 bit αυτού αριθμού για το IPv6. Όπως προκύπτει, ο χώρος 2001:648:3000::/40 δίνει την δυνατότητα χρήσης αυτού του αριθμού για την δημιουργία ενός μοναδικού προθέματος ανά μονάδα, λαμβάνοντας φυσικά υπόψη το γεγονός ότι $56-40=16$. Με αυτό τον τρόπο, η διευθυνσιοδότηση για το IPv6 του ΠΣΔ εκμεταλλεύεται την εργασία που έχει γίνει ήδη για τον ιδιωτικό χώρο και την εφαρμόζει για τον εαυτό της.

Το σχήμα διευθύνσεων που τελικά θα χρησιμοποιείται από το ΠΣΔ θα πρέπει να περιλαμβάνει χώρο και για άλλους σκοπούς από τους παραπάνω όπως λ.χ. τις συνδέσεις του δικτύου κορμού, τα υποδίκτυα των data centers του ΠΣΔ κ.α. Άρα, ο χώρος των IDs που προκύπτουν με την διαδικασία που περιγράφηκε πρέπει συνεπώς να αφήνει αρκετά προθέματα ελεύθερα για αυτούς τους σκοπούς.

8.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Η χρησιμοποίηση του σχήματος διευθυνσιοδότησης που περιγράφηκε παραπάνω, παρουσιάζει τα εξής σημαντικά πλεονεκτήματα:

1. Επιτρέπει την χρησιμοποίηση αριθμοδότησης η οποία έχει ήδη γίνει και βρίσκεται υπό χρησιμοποίηση.
2. Επιτρέπει την ένα προς ένα αντιστοίχιση των ιδιωτικών διευθύνσεων IPv4 που χρησιμοποιεί μια μονάδα με τον IPv6 χώρο της. Αυτό σημαίνει ότι δυνητικά ότι η χρησιμοποίηση IPv6 μπορεί να γίνει με stateless τρόπο σε συσκευές όπως το CPE.
3. Σε μονάδες που δεν διαθέτουν εξοπλισμό που να δίνει εγγενή συνδεσιμότητα IPv6, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν άλλες συσκευές εντός μονάδας οι οποίες θα ρυθμίζονται αυτόματα και με stateless τρόπο και θα παρέχουν οι ίδιες συνδεσιμότητα μέσω κάποιου μηχανισμού μετάβασης, π.χ. 6rd (βλέπε παράγραφο **9.1**)

Εκτός από τα παραπάνω πλεονεκτήματα, η μεθοδολογία αυτή δυστυχώς υποφέρει από τα εξής προβλήματα:

1. Η ομαδοποίηση των προθεμάτων όπως έχει περιγραφεί στην παράγραφο 7.2 μάλλον δεν είναι εφικτή με το σχήμα που περιγράφεται σε αυτό το κεφάλαιο. Επομένως, τα αντίστοιχα πλεονεκτήματα που προκύπτουν δεν υφίστανται.
2. Πιθανές τρέχουσες αλλά και **μελλοντικές** δυσκολίες που προκύπτουν από συγκρούσεις του χώρου των IPv4 IDs και των λοιπών χρήσεων του χώρου των προθεμάτων IPv6 (π.χ. data centers, PPP links, backbone links). Καθώς η διευθυνσιοδότηση του ιδιωτικού χώρου έχει γίνει χωρίς να ληφθούν υπόψη οι λοιπές ανάγκες που αναφέρονται στην παράγραφο 8.2, απαιτείται λεπτομερέστερη μελέτη για να διαπιστωθεί αν η εξυπηρέτηση των λοιπών αναγκών (προθέματα που δεν κατάληγουν σε μονάδες) είναι ή όχι προβληματική.

9. ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕΣΩ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ

9.1 ΓΕΝΙΚΑ

Για μονάδες όπου για ποικίλους λόγους (π.χ. βλάβη ή απώλεια του CPE που έχει δοθεί από το ΠΣΔ) η χρήση εγγενούς IPv6 είναι αδύνατη, είναι δυνατό να εξεταστεί σε επίπεδο ΠΣΔ η χρήση κάποιου μηχανισμού μετάβασης για την παροχή συνδεσιμότητας. Το επικρατέστερο σχήμα για την επίτευξη αυτού του στόχου είναι η εγκατάσταση ενός μικρού tunnel client μέσα στην μονάδα ο οποίος μπορεί ενδεικτικά να χρησιμοποιήσει ένα από τα εξής πρωτόκολλα:

1. SixXS (6in4 + AYIYA)
2. 6in4 + TSP
3. 6in4
4. 6to4
5. 6RD

Ο tunnel client αποκαθιστά σε όλες τις περιπτώσεις σύνδεση με το IPv6 internet μέσα από κάποιου είδους tunnel και ακολούθως ανακοινώνει τον εαυτό του σαν IPv6 router στο ή στα LAN που είναι συνδεδεμένος. Σαν υποψήφιοι tunnel clients αναφέρονται ενδεικτικά οι εξής περιπτώσεις:

1. Κάποιος οικιακός router με custom firmware, π.χ. Linksys με OpenWRT
2. Κάποιος οικιακός router με το εργοστασιακό firmware, π.χ. AVM Fritz!Box.
3. Κάποιο access point με custom firmware, π.χ. Mikrotik Groove με OpenWRT.
4. Κάποιο CPE ειδικά κατασκευασμένο για τον σκοπό αυτό, π.χ. gogoCPE.
5. Κάποιο VMWare image με το κατάλληλο λειτουργικό και εγκατεστημένο λογισμικό που εκτελείται σε κάποιο VMWare Player μέσα στην μονάδα
6. Κάποιο PC με το κατάλληλο λειτουργικό και εγκατεστημένο λογισμικό

Για την περίπτωση του tunnel server, οι επιλογές αλλάζουν ριζικά ανάλογα με το πρωτόκολλο που έχει επιλεγεί. Σε πολλές περιπτώσεις είναι απαραίτητη η αγορά ειδικευμένου υλικού για τον συγκεκριμένο σκοπό (π.χ. gogoSERVER), ενώ σε άλλες είναι εφικτό οι περισσότερες λειτουργίες να εκτελεστούν από συνηθισμένους routers (π.χ. 6to4).

9.2 ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΓΙΑ ΤΑ TUNNELS

Στην περίπτωση που μέσα στο δίκτυο του ΠΣΔ υπάρχουν ταυτόχρονα πελάτες που προέρχονται από εγγενείς συνδέσεις IPv6 και άλλοι πελάτες που προέρχονται από συνδέσεις μέσω tunnel, είναι πιθανό να μην μπορούν πελάτες και από τις δύο κατηγορίες να χρησιμοποιήσουν προθέματα μέσα από τις ίδιες ομάδες. Αν το πρόθεμα που έχει ανατεθεί στην κάθε μονάδα θα μπορούσε εν δυνάμει να εμφανιστεί πίσω από το σημείο τερματισμού PPP (δηλ. τον NAS) ή πίσω από το σημείο τερματισμού του tunnel, όπως είναι φυσικό τα δύο αυτά σημεία θα πρέπει να συμμετέχουν σε ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης ώστε ανά πάσα στιγμή να είναι γνωστό που βρίσκεται το κάθε ένα από τα πολλές χιλιάδες προθέματα των μονάδων. Στην περίπτωση που το εσωτερικό πρωτόκολλο δρομολόγησης του ΠΣΔ κριθεί ότι δεν μπορεί να χειριστεί τον τυχόν μεγάλο αριθμό από routes που θα παράγεται από ένα τέτοιο δυναμικό σχήμα και είναι απαραίτητη η επίτευξη καλύτερου aggregation για την σταθερότητα του δικτύου, τότε είναι δυνατό να επιλεχτεί ένα ξεχωριστό IPv6 address pool για την εξυπηρέτηση των tunnels.

10. ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕΣΩ BRIDGING MODE ([RFC1483](#))

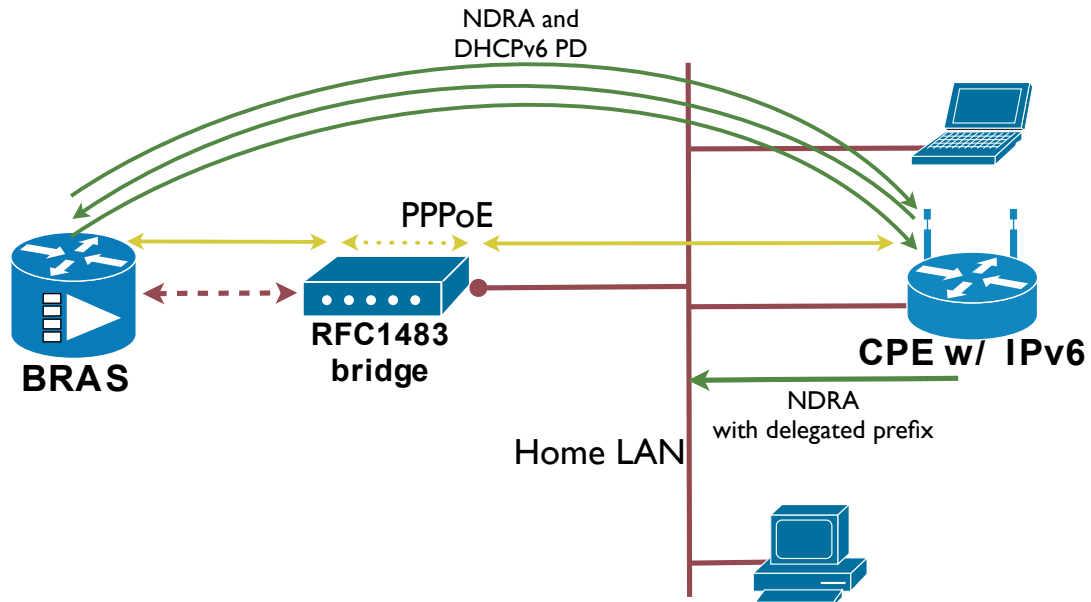
Μονάδες που, όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 9 δεν διαθέτουν πλέον CPE που να μπορεί να χρησιμοποιήσει σύνδεση IPv6, μπορούν εναλλακτικά κάποιου μηχανισμού μετάβασης να χρησιμοποιήσουν το υπάρχον CPE που διαθέτουν σε συνδυασμό με κάποια άλλη συσκευή η οποία υποστηρίζει IPv6 και διαθέτει την δυνατότητα να κάνει PPPoE.

10.1 PPPoE ΚΑΙ BRIDGING.

Στα πλαίσια του [RFC1483](#) bridging, μια συσκευή CPE μπορεί να γεφυρώσει το εσωτερικό της LAN με το WAN uplink της, επιτρέποντας σε άλλες συσκευές που βρίσκονται εντός του LAN να εκκινήσουν συνόδους PPP over Ethernet με τον BRAS στην άλλη άκρη του uplink. Από την οπτική γωνία του BRAS το σχήμα αυτό δεν έχει καμμία διαφορά με την περίπτωση όπου το ίδιο το CPE εδραιώνει ένα σύνδεσμο PPPoE μαζί του. Από την οπτική του πελάτη/CPE, κάποια τρίτη συσκευή (ικανή για PPPoE) που βρίσκεται στο LAN του CPE εκτελεί την αλληλουχία εκκίνησης του PPPoE σαν ο PPPoE server να βρίσκεται πραγματικά μέσα στο LAN. Στην πραγματικότητα τα πακέτα του PPPoE (PADI – initiation /PADO – offer /PADR – request/PADS – session) αντιγράφονται από το LAN interface στο WAN (ATM) interface και ανάποδα, ταξιδεύοντας από και προς τον BRAS. Άρα εντέλει η σύνοδος PPP εδραιώνεται ανάμεσα στον BRAS και την τρίτη συσκευή, ενώ το ενδιαμέσο CPE απλά εκτελεί χρέη γέφυρας ανάμεσα σε Ethernet και ATM/AAL5. Ουσιαστικά, η μοναδική διαφορά ανάμεσα στην τρίτη συσκευή και ένα κανονικό CPE είναι ότι το τελευταίο διαθέτει DSL interface ενώ η πρώτη διαθέτει μονάχα Ethernet interface. Με την μέθοδο του PPPoE και του RFC1483 bridging, η απουσία DSL interface μπορεί να παρακαμφθεί.

10.2 IPv6 ΜΕ PPPoE

Αν στο παραπάνω σχήμα, η τρίτη συσκευή έχει την δυνατότητα PPPv6 και prefix delegation, τότε η σύνοδος PPP που εδραιώνει μπορεί να συμπεριλαμβάνει κανονικά την φάση IPCPv6 (βλέπε παράγραφο 2.3) και ακολούθως η συσκευή μπορεί να ζητήσει από τον BRAS προθέματα IPv6 μέσω DHCPv6 prefix delegation όπως συνήθως.



Εικόνα 3. Επεξήγηση της λειτουργίας του συνδυασμού της ικανής για PPPv6 συσκευής και του RFC1483 bridge

11. ΕΞΑΝΤΛΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΩΝ IPv4

Μια επιπρόσθετη κατεύθυνση η οποία πρέπει να τύχει ιδιαίτερης μέριμνας, είναι η μελλοντική εξάντληση των διευθύνσεων IPv4. Όπως είναι γνωστό, καθώς οι διευθύνσεις που μπορούν να προκύψουν από τα 32 bits του πρωτοκόλλου IPv4 είναι σχετικά λίγες για να καλύψουν τις ανάγκες του σημερινού κόσμου, η επικείμενη εξάντλησή τους έχει ήδη αρχίσει σήμερα να δημιουργεί προβλήματα εξυπηρέτησης των αναγκών των διαφόρων οργανισμών από τα [Regional Internet Registries](#). Επομένως είναι δυνατό οι μελλοντικές ανάγκες του ΠΣΔ να μην μπορούν να εξυπηρετηθούν από το Ευρωπαϊκό RIR ([RIPE](#)).

Είναι επομένως σημαντικό να κριθεί σε ποιο βαθμό το πρόβλημα της εξάντλησης του IPv4 επηρεάζει το ΠΣΔ και να διερευνηθούν τα μέτρα και οι τεχνολογίες που είναι ή θα είναι στο μέλλον διαθέσιμες για την επίλυσή του. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ενδεχόμενη αδυναμία του ΠΣΔ να προμηθευτεί νέες διευθύνσεις IPv4 μπορεί να οδηγήσει στην ανάγκη υιοθέτησης τεχνολογιών όπως το **Dual Stack Lite (DS-Lite, RFC6333)**. Φανερά μια τόσο δραστική αλλαγή και η συνεπαγόμενη προμήθεια εξοπλισμού που συνεπάγεται δεν αποτελεί αντικείμενο του παρόντος έργου, αλλά η επισήμανση τυχόν μελλοντικών προβλημάτων που θα προκύψουν στην λειτουργία του ΠΣΔ και η διατύπωση προτάσεων είναι φανερά απαραίτητη.

12. DNS

12.1 DNS TRANSPORT

Σήμερα το ΠΣΔ διακινεί όλη την κίνηση DNS πάνω από IPv4, ακόμα και για ερωτήσεις που καταλήγουν σε απάντηση που περιλαμβάνει εγγραφές DNS που σχετίζονται με το IPv6 (AAAA). Για την δημιουργία ενός δικτύου που μπορεί να λειτουργήσει εντελώς πάνω από το πρωτόκολλο IPv6 πρέπει να ενεργοποιηθεί η χρήση DNS πάνω από IPv6 transport, για την οποία και απαιτούνται μια σειρά από ρυθμίσεις στους NAS και τα CPE του ΠΣΔ.

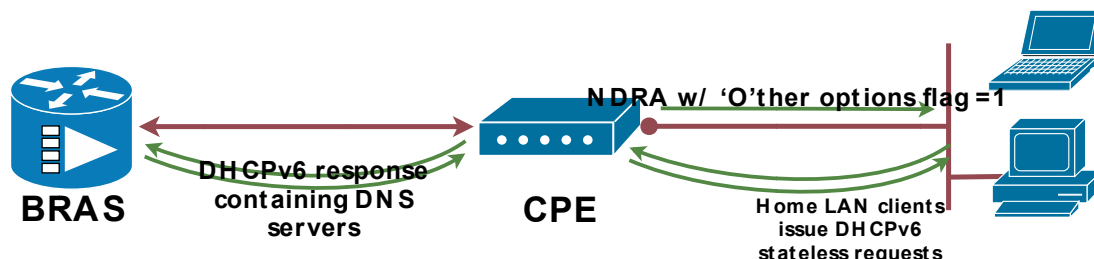
Για την χρήση του DNS, προβλέπεται η χρήση:

1. DHCPv6 Stateless Service (RFC3736)
2. NDRA DNS Option (RFC 5006, 6106)

Αν και προτείνεται η χρήση και των δύο μεθόδων σε όλα τα σημεία (NAS-CPE, CPE-υποδίκτυα), κατ' εξαίρεση στην περίπτωση CPEs που δεν υποστηρίζουν (λόγω παλιού λογισμικού) το RFC5006, προβλέπεται η χρήση μονάχα DHCPv6 stateless. Τα stateless options που μπορούν να εισαχθούν είναι:

1. DNS recursive name servers
2. DNS search list (π.χ. sch.gr)
3. SIP server(s) (SIP server + SIP domain name) (βλέπε υπηρεσία τηλεδιάσκεψης ΠΣΔ στην σχετική δράση του ΣΤΗΡΙΖΩ)
4. NTP server(s) (RFC5908).

Σχετικά με τα DNS records (AAAA, PTR) που θα εισαχθούν, ο αναγνώστης παραπέμπεται στο αντίστοιχο κείμενο για την υπηρεσία DNS του ΠΣΔ.



Εικόνα 4. Τυπική αλληλουχία για την γνωστοποίηση των εξυπηρετητών DNSv6 στο LAN του CPE



12.2 ZONES

Η δημιουργία ανάποδων (reverse) ζωνών DNS με τον συνηθισμένο τρόπο που ακολουθείτο για το IPv4 παρουσιάζει συγκεκριμένες δυσχέρειες, οι οποίες σχετίζονται με το τεράστιο πλήθος των πιθανών διευθύνσεων IPv6 που μπορεί να έχει ένα σχετικά μικρό κομμάτι του δικτύου πίσω από ένα CPE. Η τελική λύση και η μεθοδολογία επίλυσης που θα ακολουθηθεί σε κάθε περίπτωση θα δοθεί από την υπεύθυνη ομάδα για την υπηρεσία DNS, οπότε το παρόν κείμενο δεν περιέχει λεπτομέρειες ως προς αυτό το θέμα. Διαφαίνεται εντούτοις με σχετικά μεγάλη βεβαιότητα η ανάγκη εισαγωγής σε υπηρεσία κάποιου μηχανισμού **δυναμικής παραγωγής ονομάτων** η οποία θα πρέπει να υλοποιηθεί από την υπεύθυνη ομάδα προγραμματιστικά. Σε αντίθετη περίπτωση, ακόμα και ένα απλό LAN περιέχει 2^{64} πιθανές διευθύνσεις για τους hosts, πράγμα που κάνει την χρήση στατικής ανάποδης ζώνης αδύνατη.

13. ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ.

Στην περίπτωση των μονάδων που συνδέονται με συνδέσμους MAN στο ΠΣΔ, η κύρια σύνδεση κάθε μονάδας είναι μια σύνδεση metro Ethernet πάνω από κάποια μητροπολιτική σύνδεση. Επίσης, στο δρομολογητή της κάθε μητροπολιτικής μονάδας υπάρχει ταυτόχρονα σε διαθεσιμότητα κάποιος εφεδρικός σύνδεσμος (π.χ. DSL). Ο σύνδεσμος αυτός ενεργοποιείται αν η πρωτεύουσα σύνδεση υποστεί βλάβη. Καθώς επί του παρόντος η διαχείριση των μονάδων με αυτού του είδους τις συνδέσεις εκτελείται από την ομάδα διαχείρισης του δικτύου κορμού του ΠΣΔ, θα απαιτηθεί συνεργασία για τον καθορισμό του σχήματος μέσα από το οποίο οι μητροπολιτικές συνδέσεις θα είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο IPv6 του ΠΣΔ.

Το σχήμα που φέρεται σαν πιθανότερο για την ενεργοποίηση του IPv6 σε αυτές τις συνδέσεις αποκλίνει ελαφρά από το σχήμα του DHCPv6 prefix delegation που έχει περιγραφεί σε αυτό το κείμενο. Αντί για prefix delegation, η μονάδα διαθέτει δικό της loopback interface και εδραιώνει γειτνίαση OSPFv3 με το εκάστοτε uplink της. Οπότε, τα υποδίκτυα της μονάδας ανακοινώνονται από την ίδια μέσω του πρωτοκόλλου δρομολόγησης και δεν χρειάζεται να καθοριστούν μέσω DHCPv6. Η φανερή απώλεια στην περίπτωση αυτή είναι ότι ο διαχειριστής χρειάζεται να καθορίζει την αριθμοδότηση της μονάδας χειροκίνητα, σε αντίθεση με την περίπτωση του prefix delegation όπου όλα είναι καθορισμένα στην υπηρεσία καταλόγου.

Σε περίπτωση που κριθεί αναγκαίο, είναι πιθανό να διερευνηθεί η δυνατότητα DHCPv6 PD και στην περίπτωση των μονάδων αυτών, τόσο για την MAN σύνδεσή τους όσο και για την εφεδρική.

14. ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ CPE

Για μελλοντικές αγορές CPE που μπορεί να χρησιμοποιηθούν από μονάδες ή πρόσωπα, το RFC 6204 (Basic Requirements for IPv6 Customer Edge Routers) περιγράφει τις βασικές απαιτήσεις από μια συσκευή τέτοιου είδους. Παράλληλα, μια βελτιωμένη εκδοχή του προτύπου αυτού είναι διαθέσιμη σαν [draft-ietf-v6ops-6204bis-09](#) και αναμένεται να οριστικοποιηθεί το καλοκαίρι του 2012. Υπό το πρίσμα της μελλοντικής εξάντλησης των διευθύνσεων IPv4, τονίζεται ότι ανάμεσα στις δυνατότητες που θα προδιαγραφούν θα πρέπει απαραίτητα να είναι και μηχανισμός μετάβασης (βλ. παραπάνω).

Παρακάτω δίνεται ένας ενδεικτικός κατάλογος με CPEs που είναι διαθέσιμα στην ελληνική αγορά και επιτρέπουν τις περισσότερες (όχι πάντα όλες) από τις απαιτούμενες λειτουργίες για μια μονάδα του ΠΣΔ.

1. AVM Fritz!Box 7270
2. Gennet Oxygen
3. Cisco 887/886
4. ZTE ZXDSL 931VII (*)
5. Huawei HG530
6. MicroTik RB750

15. ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Η πολιτική ασφαλείας που ισχύει σήμερα για το IPv4 δίκτυο πρόσβασης του ΠΣΔ θα πρέπει στα πλαίσια του τρέχοντος έργου να αποτυπωθεί και στο IPv6. Αυτό σημαίνει ότι π.χ. οι access lists θα πρέπει να μεταφραστούν μια προς μια από IPv4 σε IPv6 με την αντίστοιχη λειτουργία.

Σε δεύτερη φάση, ενδέχεται να χρειαστούν σημαντικές τροποποιήσεις και επεμβάσεις οι οποίες να αντιστοιχούν στις διαφορές που έχει το IPv6. Για παράδειγμα, το γεγονός ότι σήμερα οι περισσότερες μονάδες χρησιμοποιούν NAT, δημιουργεί ένα ακούσιο firewall στο σημείο που αυτό εφαρμόζεται. Καθώς στο IPv6 δεν απαιτείται πλέον NAT, τα ίδια χαρακτηριστικά ασφαλείας θα πρέπει να αναπαραχθούν είτε με access lists ή με άλλα παρόμοια μέσα.

16. IPv6 MULTICAST

Το παρόν κείμενο ασχολείται με την λειτουργία του IPv6 multicast μονάχα στο δίκτυο πρόσβασης. Για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τον σχεδιασμό και την υλοποίηση του IPv6 στο δίκτυο κορμού του ΠΣΔ, ο αναγνώστης παραπέμπεται στην μελέτη της υπεύθυνης για την μελέτη αυτή ομάδας.

Καθώς η τοπολογία με την βοήθεια της οποίας λαμβάνουν συνδεσιμότητα τα CPE των μονάδων του ΠΣΔ είναι τοπολογία χωρίς κύκλους και διακλαδώσεις (με πιθανή εξαίρεση τις μονάδες με metro Ethernet), δεν είναι απαραίτητη η συμμετοχή του εκάστοτε CPE σε κάποιο PIM (protocol independent multicast) cloud. Η διαπίστωση αυτή όπως θα φανεί επιτρέπει απλούστερη υλοποίηση στο CPE, ευκολότερη ρύθμιση των συσκευών εκατέρωθεν της DSL σύνδεσης και περισσότερη ασφάλεια στην υλοποίηση του PIM cloud (εφόσον δεν συμμετέχουν τα CPEs).

Η λύση που προτείνεται για το ΠΣΔ σε ό,τι αφορά την συνδεσιμότητα IPv6 multicast των CPEs των μονάδων είναι η υλοποίηση του μηχανισμού IGMP/MLD Proxying η οποία περιγράφεται στο [RFC 4605](#) με τίτλο “Internet Group Management Protocol (IGMP) / Multicast Listener Discovery (MLD)-Based Multicast Forwarding”. Στα πλαίσια του μηχανισμού αυτού, το CPE παίζει τον ρόλο του router για τα downstream συσκευές που είναι μέσα στα LAN του και τον ρόλο του host για το PPP upstream interface που τον συνδέει με τον NAS. Άρα, το CPE κρατάει λογαριασμό των groups στα οποία οι downstream πελάτες του έχουν ζητήσει συνδρομή στα οποία και κάνει το ίδιο συνδρομή από το upstream interface του. Σε περίπτωση που υπάρχει τυχόν εκπομπός ενός group ή channel (για SSM), το CPE φροντίζει να προωθεί τα πακέτα στο upstream interface και σε όσα άλλα interfaces του έχει δεχθεί joins.



17. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΝΩ ΑΠΟ IPv6

Με βάση τα όσα αναφέρονται στο κεφάλαιο 15, και με δεδομένη την χρήση του framed-interface-id (βλέπε παράγραφο 6.3), η διεύθυνση IPv6 του δρομολογητή της κάθε μονάδας είναι αναμενόμενο να είναι γνωστή εκ των προτέρων με απλές ερωτήσεις μέσω του εξυπηρετητή καταλόγου. Ως εκ τούτου, είναι δυνατό κάτω από τις κατάλληλες συνθήκες να ενεργοποιηθεί (εφόσον προσφέρεται) η πρόσβαση στον κάθε δρομολογητή μονάδας με SNMP, telnet ή ssh πάνω από IPv6 transport.

18. ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Για την λειτουργία του IPv6 όπως έχει περιγραφεί στο τρέχον κείμενο, είναι φυσικό να απαιτηθούν σημαντικές αλλαγές στις ρυθμίσεις του εξοπλισμού που χρησιμοποιούν οι υπηρεσίες πρόσβασης του ΠΣΔ Παρακάτω εκθέτονται σε γενικές γραμμές ορισμένα σημεία σε ό,τι αφορά κάθε ξεχωριστή συνιστώσα του ΠΣΔ που σχετίζεται με τις υπηρεσίες πρόσβασης. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην μετάβαση κάθε στοιχείου είναι η κλιμάκωση των εργασιών και ο επιπλέον φόρτος που αυτή συνεπάγεται, π.χ. στην περίπτωση των CPEs.

18.1 CPEs

Οι αλλαγές στις διαμορφώσεις των CPEs παρουσιάζουν με βεβαιότητα την σημαντικότερη και δυσκολότερη αλλαγή που θα χρειαστεί να γίνει στο ΠΣΔ, λόγω του μεγάλου αριθμού τους (περίπου όσα και οι μονάδες) και λόγω της ποικιλομορφίας τους σε κατασκευαστή, μοντέλο, μνήμη RAM, μνήμη flash και έκδοση λογισμικού που χρησιμοποιείται. Είναι φανερό ότι η εργασία αυτή δεν είναι δυνατό να εκτελεστεί χειροκίνητα, οπότε στα πλαίσια της υλοποίησης θα πρέπει:

1. Να αναγνωριστούν οι διαφορετικοί τύποι CPEs και πόσοι από αυτούς είναι δυνατό να υποστηρίξουν εγγενές IPv6.
2. Να γίνουν τυχόν αναβαθμίσεις στην έκδοση του λογισμικού για αυτούς τους τύπους CPE που είναι απαραίτητο. Η διαδικασία αυτή θα πρέπει να αυτοματοποιηθεί στο βαθμό που αυτό είναι εφικτό και να δοθεί ιδιαίτερη μέριμνα ώστε το CPE να εξακολουθεί να λειτουργεί ακόμα και στην περίπτωση αποτυχίας της αναβάθμισης.
3. Να γίνουν οι απαραίτητες ρυθμίσεις με αυτοματοποιημένο τρόπο, λαμβάνοντας υπόψη την ανάγκη συνέχισης της λειτουργίας του CPE ακόμα και σε περίπτωση αποτυχίας της μετάβασης.
4. Η επαλήθευση της καλής λειτουργίας μετά την μετάβαση να μπορεί να γίνει επίσης με αυτόματο τρόπο ώστε να περιοριστούν οι κλήσεις προς τις υπηρεσίες αρωγής του ΠΣΔ σε περίπτωση που προκύψουν εμπόδια.

18.2 ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΕΣ ΚΟΡΜΟΥ

Καθώς οι δρομολογητές κορμού και ο NAS που θα χρησιμοποιείται στο μέλλον από το ΠΣΔ είναι περιορισμένοι στον αριθμό, οι αλλαγές που θα απαιτηθούν μπορούν να γίνουν χειροκίνητα σε συνεργασία με την ομάδα διαχείρισης του δικτύου κορμού.



18.3 ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΤΕΣ RADIUS, LDAP

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 6, οι αλλαγές που θα απαιτηθούν για τους εξυπηρετητές RADIUS και τους εξυπηρετητές καταλόγου αφορούν κυρίως την χρησιμοποίηση νέων attributes (RADIUS ή LDAP) και την εισαγωγή των τελευταίων στο σχήμα του καταλόγου. Οι αλλαγές αυτές, μαζί με τυχόν τροποποιήσεις που θα απαιτηθούν σε διαχειριστικά εργαλεία (π.χ. dialupadmin) δεν παρουσιάζουν σημαντικά θέματα κλιμάκωσης καθώς είναι εγκατεστημένα σε περιορισμένο αριθμό σημείων. Τυχόν μαζικές τροποποιήσεις στα προφίλ των μονάδων θα γίνουν κατά προτίμηση με αυτοματοποιημένο τρόπο που να λαμβάνει υπόψη τις λεπτομέρειες λειτουργίας του εργαλείου που περιγράφεται στην παράγραφο 7.7.

19. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ IPv6 CONFIGURATION ΓΙΑ ΣΥΣΚΕΥΕΣ CISCO 876

```
!  
interface Vlan1  
description School_LAN 10 Mbps  
ipv6 address schpfx ::/64 eui-64  
ipv6 enable  
ipv6 traffic-filter LAN6 in  
!  
interface Dialer1  
description Connection to Edunet over aDSL  
ipv6 address autoconfig default  
ipv6 enable  
ipv6 mtu 1480  
ipv6 nd ra-interval 180  
ipv6 nd ra-lifetime 3600  
ipv6 dhcp client pd schpfx  
!  
ipv6 access-list LAN6  
deny tcp any any eq 135  
deny udp any any eq 135  
deny tcp any any range 137 139  
deny udp any any range netbios-ns netbios-ss  
deny tcp any any eq 445  
deny udp any any eq 445  
permit ipv6 any any  
!
```

Στο παραπάνω παράδειγμα, το interface *Dialer 1* λαμβάνει το πρόθεμα IPv6 *schpfx* από τον DHCPv6 server. Ακολούθως, το πρόθεμα αυτό χρησιμοποιείται για να αριθμοδοτήσει το interface Vlan 1 προσθέτοντας το id *::/64*, το οποίο ισοδυναμεί με ο. Για την χρησιμοποίηση π.χ. του id