



Εισαγωγή στην IPv6 τεχνολογία

Χρ. Μπούρας

Αναπληρωτής Καθηγητής Πανεπιστημίου Πατρών

Επιστημονικός Υπεύθυνος EM6/EAITY



Περιεχόμενα

- Αναφορά στις βασικές αρχές του IPv6
- Περιορισμοί του IPv4, προσωρινές λύσεις
- Λόγοι υιοθέτησης του IPv6
- Περιγραφή της επικεφαλίδας IPv6 πακέτων
- Μέθοδος διευθυνσιοδότησης σε IPv6
- Θέματα δρομολόγησης
- Συνύπαρξη IPv4 – IPv6: Tunnels / Dual stack



Η ανάγκη μετάβασης στο IPv6

- Έλλειψη διευθύνσεων (νέες Internet-enabled συσκευές όπως κινητά, παιχνιδιομηχανές, WebTV, home appliances)
- Δύσκολη διαχείριση
- Μη αποδοτική δρομολόγηση
- Quality of Service
- Ασφάλεια
- Δύσκολη η ταυτόχρονη χρήση περισσότερων της μιας προσθηκών του IPv4 (QoS, IPsec, MobileIP, etc.)

Μετά από χρόνια εμπειρίας πάνω στο IPv4 είναι γνωστό τι δουλεύει καλά, τι απλά δουλεύει και άρα επιδέχεται βελτιώσεων, τι θα ήταν επιθυμητό να προστεθεί και τι είναι πραγματικά περιττό.



Η ανάπτυξη του Internet

- 75% της κίνησης είναι WWW
- 35 εκατ. Web Sites
- 3 δισεκ. web pages (and dark info)
- Κυριαρχία των Δεδομένων έναντι Φωνής (20% - 80%)
- 8000 ISPs worldwide (4700+ στις ΗΠΑ)
- Αύξηση 100-1000%/χρόνο
- 300 M - 1000 M χρήστες τον Dec 2002

Η ιστορία της ανάθεσης IP διευθύνσεων



- 1981 - IPv4 -Γέννηση
- 1985 ~ 1/16 συνολικού χώρου
- 1990 ~ 1/8 συνολικού χώρου
- 1995 ~ 1/4 συνολικού χώρου *
- 2000 ~ 1/2 συνολικού χώρου
- 2002.5 ~ 2/3 συνολικού χώρου

- Θεωρητικό όριο των 32-bit : ~ 4 billion συσκευές
Πρακτικό όριο 32-bit χώρου διευθύνσεων : ~250 million συσκευές
- (RFC 3194)



Προσωρινές IPv4 λύσεις

- IPv4 routing: μεγάλες λίστες στους δρομολογητές
- Subnetting: Χρήση subnet masks
- CIDR: Συνένωση υποδικτύων
- DHCP: Autoconfiguration, απαιτεί ρητή αρχικοποίηση DHCP server
- TOS: Πεδίο για παροχή ποιότητας υπηρεσίας
- IPsec: Υλοποίηση μηχανισμών ασφάλειας στο IPv4
- NAT: Ένα υποδίκτυο δεν δεσμεύει εσωτερικά μοναδικές IP διευθύνσεις, αλλά γίνεται χρήση ενός μεσολαβητή που μεταφράζει τις διευθύνσεις του υποδικτύου σε μοναδικές διευθύνσεις διαδικτύου, επιτρέποντας την έμμεση επικοινωνία με το διαδίκτυο



Μειονεκτήματα NAT (I)

- Μειωμένη απόδοση στον NAT δρομολογητή:
 - Τροποποίηση διευθύνσεων
 - Αλλαγή checksums
 - Τροποποίηση διευθύνσεων στο φορτίο
- Απαιτεί δύσκολες και άκομψες λύσεις για κάποια πρωτόκολλα ανώτερου επιπέδου όπως τα control μηνύματα του FTP
- Δεν δουλεύει με πρωτόκολλα ανώτερου επιπέδου τα οποία δεν γνωρίζει ο NAT δρομολογητής ή που περιέχουν κρυπτογραφημένα μηνύματα
- Εμποδίζει τη χρήση backup δρομολογητή εξόδου στο Internet
- Δεν συνεργάζεται με τους παρόντες μηχανισμούς mobile IP



Μειονεκτήματα NAT (II)

Συνολικά το NAT είναι μία καινούρια και μη σχεδιασμένη αρχιτεκτονική διευθυνσιοδότησης και δρομολόγησης, σημαντικά κατώτερη της υπάρχουσας κανονικής αρχιτεκτονικής του Internet:

- Πιο περίπλοκη
- Πιο εύθραυστη
- Λιγότερο αποδοτική
- Δυσκολότερη να διαχειριστεί
- Λιγότερο φιλική σε νέες εφαρμογές και χρήσεις του δικτύου



Ιστορία του IPv6

- Το 1992 το Internet Activities Board (IAB) διερευνά την πρόταση του Christian Huitema για το IPng (next generation). Η πρόταση βασιζόταν στο Connectionless Network Protocol (CLNP) και απέτυχε εξαιτίας της εμπορικής αποτυχίας του CLNP.
- Μεταξύ 1992 και 1994 προτείνονται κάποιες ιδέες όπως TUBA, TP/IX και SIPP. Το TUBA είναι TCP και UDP πάνω από μεγαλύτερες διευθύνσεις, ενώ το TP/IX συμπεριλαμβάνει και αλλαγές στο TCP.
- Τελικά υιοθετείται το SIPP αλλά με μερικές αλλαγές. Ονομάστηκε IPv6 και όχι IPv5 γιατί το IPv5 ήταν το όνομα ενός πειραματικού real-time πρωτοκόλλου. Η πρόταση για το IPng δημοσιεύτηκε στο RFC 1752 (Ιανουάριος 1995).



Πλεονεκτήματα του IPv6

Το IPv6 προσφέρει:

- Διευρυμένο χώρο διευθύνσεων από 32 σε 128 bits
- Απλοποίηση της επικεφαλίδας
- Καλύτερη υποστήριξη επιλογών και επεκτάσεων στην στάνταρ επικεφαλίδα
- Δυνατότητα μαρκαρίσματος των ροών κίνησης (Flow Label)
- Δυνατότητες για ασφάλεια (Authentication και Privacy)



Η βασική επικεφαλίδα του IPv6

Ver	Traffic Class	Flow Label	
Payload Length		Next Header	Hop Limit
Source IP Address			
Destination IP Address			



Σύγκριση με την IPv4 επικεφαλίδα

- Το πεδίο Version έχει τώρα τιμή 6
- Traffic Class (ανάλογο του IPv4 TOS)
- Νέο πειραματικό πεδίο Flow Label για μαρκάρισμα πακέτων
- Payload Length (ανάλογο του IPv4 total length)
- Next Header: Καθορίζει την επικεφαλίδα που ακολουθεί
- Hop Limit (ανάλογο του IPv4 TTL)



Η βασική IPv6 επικεφαλίδα:

- Είναι απλοποιημένη σε σχέση με το IPv4, και άρα βοηθά στη μείωση του κόστους δρομολόγησης για κάθε πακέτο και του κόστους σε εύρος ζώνης που καταναλώνει η επικεφαλίδα
- Έχει σταθερό μήκος και οι δρομολογητές έχουν καλύτερη απόδοση για τέτοιες επικεφαλίδες
- Τα προαιρετικά πεδία υποστηρίζονται σε ξεχωριστές επικεφαλίδες. Αυτό διευκολύνει την απόδοση της απλής δρομολόγησης, αφού δεν χρειάζεται κάθε δρομολογητής να επεξεργαστεί αυτά τα πεδία, αν κάτι τέτοιο δεν είναι αναγκαίο.
- Τα Traffic Class και Flow Label πεδία δίνουν τη δυνατότητα χρήσης QoS μηχανισμών (diffserv)



Επικεφαλίδες επέκτασης

Τιμή πεδίου Next Header	Περιγραφή
0	Hop-by-Hop Header
43	Routing Header (RH)
44	Fragmentation Header (FH)
51	Authentication Header (AH)
52	Encapsulated Security Payload (ESP)
59	No Next Header
60	Destination Options Header

Εισαγωγή στην IPv6 τεχνολογία



Επικεφαλίδες επέκτασης

IPv6 header Next Header = TCP	TCP header	data
----------------------------------	---------------	------

Καμία επικεφαλίδα επέκτασης

IPv6 header Next Header = Routing header	Routing header Next Header = TCP	TCP header	data
--	-------------------------------------	---------------	------

Μία επικεφαλίδα επέκτασης

IPv6 header Next Header = Routing Header	Routing header Next Header = Fragment Header	Fragment header Next Header = TCP	TCP header	data
--	--	---	---------------	------

Δύο επικεφαλίδες επέκτασης



Hop-by-Hop Header

Next Header	Hdr Ext Len	Επιλογές (Options)
-------------	-------------	--------------------

- Χρησιμοποιείται για να μεταφέρει προαιρετικές πληροφορίες (πεδίο Options), που πρέπει να εξεταστούν από κάθε κόμβο της διαδρομής



Routing Header

Next Header	Hdr Ext Len	Routing Type	Segments Left
type-specific data			

- Χρησιμοποιείται όταν η πηγή θέλει το πακέτο να περάσει από ένα ή περισσότερους ενδιάμεσους (συγκεκριμένους) κόμβους στην πορεία του προς τον προορισμό



Fragmentation Header

Next Header	Next Header	Fragment Offset	0 0 M
Original Packet Identifier			

- Χρησιμοποιείται από την πηγή για να στείλει πακέτα μεγαλύτερα από το MTU του μονοπατιού
- Αντίθετα με το IPv4 η διάσπαση (fragmentation) γίνεται μόνο από την πηγή και όχι από τους δρομολογητές που βρίσκονται πάνω στη διαδρομή - είναι εργασία end-to-end. Οι δρομολογητές δεν σπάνε πακέτα κατά την διαδρομή εάν είναι μεγάλα —στέλνουν ICMP “packet too big”



Destination Header

Next Header	Hdr Ext Len	Επιλογές (Options)
-------------	-------------	--------------------

- Χρησιμοποιείται για να μεταφέρει προαιρετικές πληροφορίες (πεδίο Options), που χρειάζεται να εξεταστούν μόνο από τους κόμβους προορισμού



Ασφάλεια στο IPv6

- IPsec προαιρετική στο IPv4
- IPsec υποχρεωτική για όλους τους IPv6 κόμβους
- Χαρακτηριστικά ασφάλειας:
 - Προστασία από παραποίηση δεδομένων
 - Προστασία από υποκλοπή δεδομένων
 - Ευκολία δημιουργίας VPN συνδέσεων



Authentication Header

Next Header	Payload Length	Reserved
Security Parameters Index (SPI)		
Sequence Number Field		
Authentication Data (μεταβλητού μήκους)		

Παρέχει:

- εμπιστευτικότητα χωρίς σύνδεση (connectionless integrity)
- επιβεβαίωση αυθεντικότητας προέλευσης δεδομένων (data origin authentication)
- προστασία από επαναλήψεις (anti-replay protection)



Encryption Header

Security Parameters Index (SPI)		
Sequence Number		
Payload Data (μεταβλητού μήκους)		
..Payload Data (cont'd)	Padding (0-255 bytes)	
... Padding (continued)	Pad Length	Next Header
Authentication Data (μεταβλητού μήκους)		

Παρέχει:

- εμπιστευτικότητα (confidentiality)
- επιβεβαίωση αυθεντικότητας προέλευσης δεδομένων (data origin authentication)
- ακεραιότητα χωρίς σύνδεση (connectionless integrity)
- προστασία από επαναλήψεις (anti-replay)
- περιορισμένη εμπιστευτικότητα ροής κίνησης (traffic flow confidentiality)

Εισαγωγή στην IPv6 τεχνολογία



Διευθυνσιοδότηση IPv6 (RFC 2373)

Στο IPv6 υπάρχουν τρεις τύποι διευθύνσεων:

- Unicast: Αντιπροσωπεύει ένα interface.
- Anycast: Αντιπροσωπεύει σύνολο από interfaces (που ανήκουν συνήθως σε διαφορετικούς κόμβους). Ένα πακέτο που αποστέλλεται σε μια διεύθυνση anycast παραδίδεται στη διεργασία που προσδιορίζεται από την διεύθυνση αυτή (την πλησιέστερη, σύμφωνα με τον υπολογισμό απόστασης των πρωτοκόλλων δρομολόγησης). Έχει το ίδιο format με τις unicast διευθύνσεις.
- Multicast: Αντιπροσωπεύει σύνολο από interfaces (που ανήκουν συνήθως σε διαφορετικούς κόμβους). Ένα πακέτο που αποστέλλεται σε μια διεύθυνση multicast παραδίδεται σε όλες τις διεργασίες που προσδιορίζονται από την διεύθυνση αυτή.



Αναπαράσταση διευθύνσεων IPv6

- “επιθυμητή” μορφή: 1080:0:FF:0:8:800:200C:417A
- Συμπιεσμένη μορφή: FF01:0:0:0:0:0:0:43
γίνεται FF01::43
- IPv4-συμβατή: 0:0:0:0:0:0:13.1.68.3
ή ::13.1.68.3
- Επιθυμητή μορφή για διευθύνσεις IPv6 στα URL (RFC 2732): [http://\[1080::8:800:200C:417A\]:80/index.html](http://[1080::8:800:200C:417A]:80/index.html)



Global Unicast Διευθύνσεις (RFC 2374)

- Aggregatable Global Unicast Format - RFC2374
- Ιεραρχία διευθύνσεων σαν αυτή των ISPs



- Ορολογία:
- FP - Format Prefix: Unicast (001), Multicast, Anycast
- TLA - Top Level Aggregator (Global ISP)
- NLA - Next Level Aggregator (ISP)
- SLA - Site Level Aggregator (“Customer”)
- Interface ID - Host

Εισαγωγή στην IPv6 τεχνολογία



Link-Local και Site-Local Unicast Διευθύνσεις

- Link-local διευθύνσεις για auto-configuration και κατά την έλλειψη δρομολογητών
- Χρησιμοποιούνται στο τοπικό υποδίκτυο

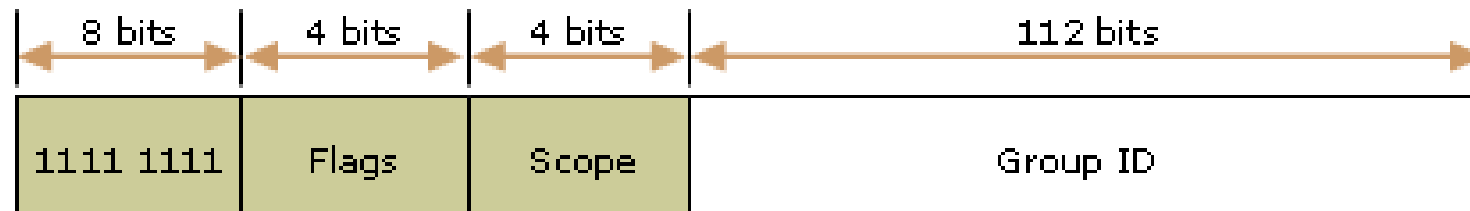


- Site-local διευθύνσεις για ανεξαρτησία από αλλαγές TLA / NLA*
- Χρησιμοποιούνται στο εσωτερικό υποδίκτυο ενός οργανισμού





Multicast Διευθύνσεις (RFC 2375)



- Το low-order flag δείχνει permanent / transient group. Οι τρεις άλλες τιμές flags είναι δεσμευμένες
- scope field:
 - 1 - node local
 - 2 - link-local
 - 5 - site-local
 - 8 - organization-local
 - B - community-local
 - E - global
 (δεσμεύονται οι άλλες τιμές)



Broadcast διευθύνσεις?

- Δεν υπάρχουν στο IPv6
- Χρησιμοποιούνται στη θέση τους ειδικές multicast διευθύνσεις
 - all-node multicast address
 - all-router multicast address
- Κάποια πρωτόκολλα έχουν δικές τους multicast διευθύνσεις
 - OSPF
 - RIP
 - PIM
 - DHCP

Ειδικές διευθύνσεις για IPv4 compatibility



- IPv4-compatible διευθύνσεις (::150.140.141.17): Χρησιμοποιούνται από κόμβους διπλής στοίβας για IPv6 επικοινωνία πάνω από IPv4 υποδομή. Η IPv6 κίνηση ενθυλακώνεται αυτόματα σε IPv4 πακέτα και στέλνεται από το IPv4 δίκτυο
- IPv4-mapped διευθύνσεις (::FFFF:150.140.141.17): Χρησιμοποιείται μόνο εσωτερικά σε έναν IPv6 κόμβο για να αναπαραστήσει έναν IPv4-only κόμβο
- 6to4 διευθύνσεις (Ξεκινά με το πρόθεμα 2002::/16 και χτίζεται βάσει της IPv4 διεύθυνσης του κόμβου – RFC 3056): Χρησιμοποιείται για την επικοινωνία δύο dual-stack κόμβων πάνω από το IPv4 Internet



Ειδικές IPv6 διευθύνσεις

- Μη καθορισμένη διεύθυνση (0:0:0:0:0:0:0:0 ή ::):
Υποδηλώνει την απουσία διεύθυνσης. Χρησιμοποιείται συνήθως ως διεύθυνση προέλευσης από πακέτα που θέλουν να διαπιστώσουν τη μοναδικότητα μιας διεύθυνσης
- Loopback διεύθυνση (0:0:0:0:0:0:0:1 ή ::1):
Χρησιμοποιείται για το loopback interface, ώστε ένας κόμβος να μπορεί να στέλνει πακέτα στον εαυτό του



ICMPv6

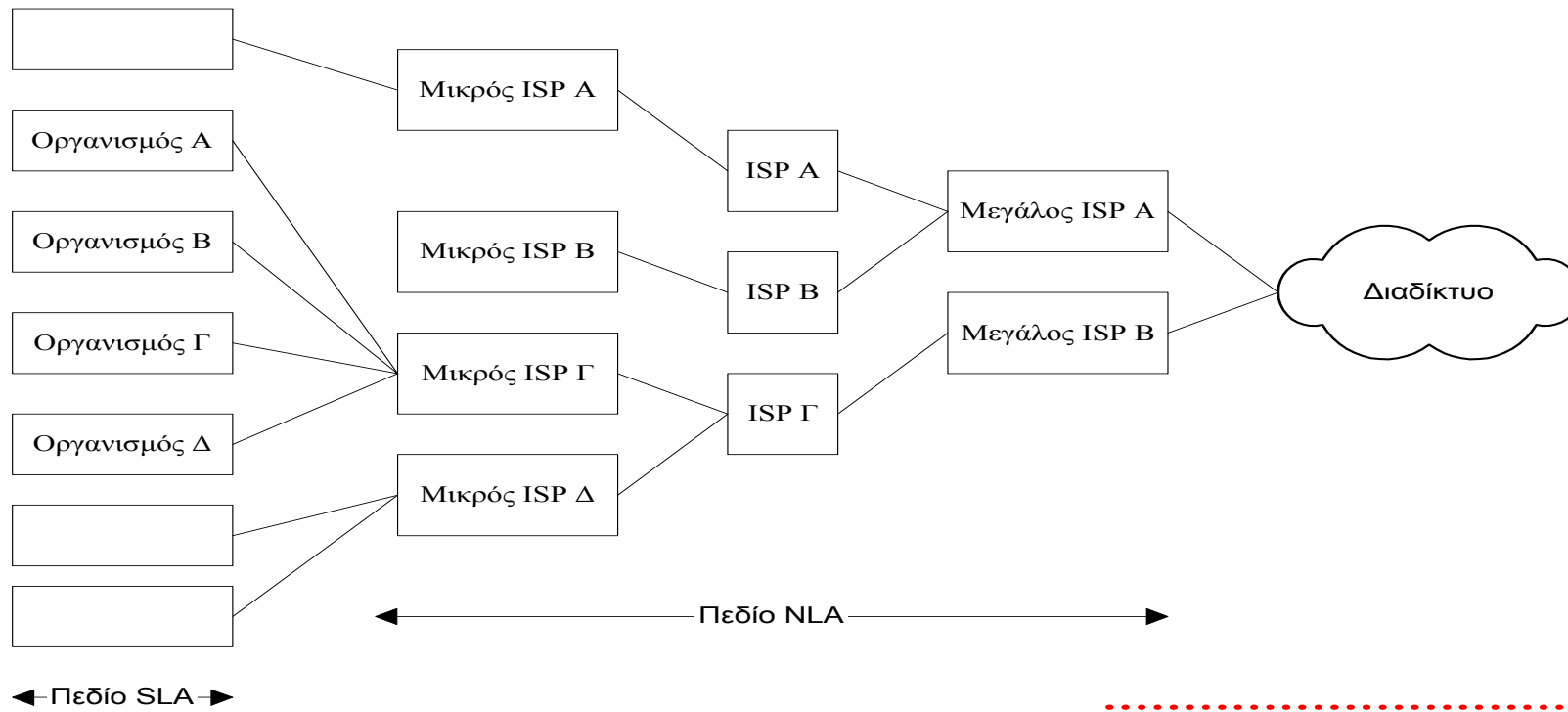
- Κατάργηση μη χρησιμοποιούμενων μηνυμάτων
- Internet Group Management Protocol (IGMP) είναι μέρος του ICMPv6

Type	Code	Checksum
Message Body		



Δρομολόγηση στο IPv6

- Το IPv6 πετυχαίνει να απλουστεύσει αρκετά τη διαδικασία της δρομολόγησης πετυχαίνοντας τη μέγιστη δυνατή μείωση στους πίνακες δρομολόγησης των δρομολογητών (ιεραρχία διευθύνσεων)



Εισαγωγή στην IPv6 τεχνολογία



Πρωτόκολλα δρομολόγησης IPv6

Επέκταση των υπαρχόντων πρωτοκόλλων δρομολόγησης IPv4 για χειρισμό μεγαλύτερων διευθύνσεων

- RIPv6 (RFC 2080) – παρόμοιο με RIPv2
- BGP4+ - Multi-Protocols Extensions (RFC 2283, 2545)
- Integrated IS-IS - Οι δυνατότητα για διευθύνσεις NSAP μεγάλου μεγέθους επιτρέπει διευθύνσεις IPv6 (Draft-ietf-isis-ipv6-01)
- OSPFv3 (RFC 2740) Νέα υλοποίηση για IPv6



IPv6 Δρομολόγηση Multicast

- PIM με επεκτάσεις IPv6
- MOSPF με επεκτάσεις IPv6
- MBGP με επεκτάσεις IPv6
- IPv6 Multicast με περισσότερες διευθύνσεις με σημαντικά μικρότερο πρόβλημα για επικάλυψη διευθύνσεων IP



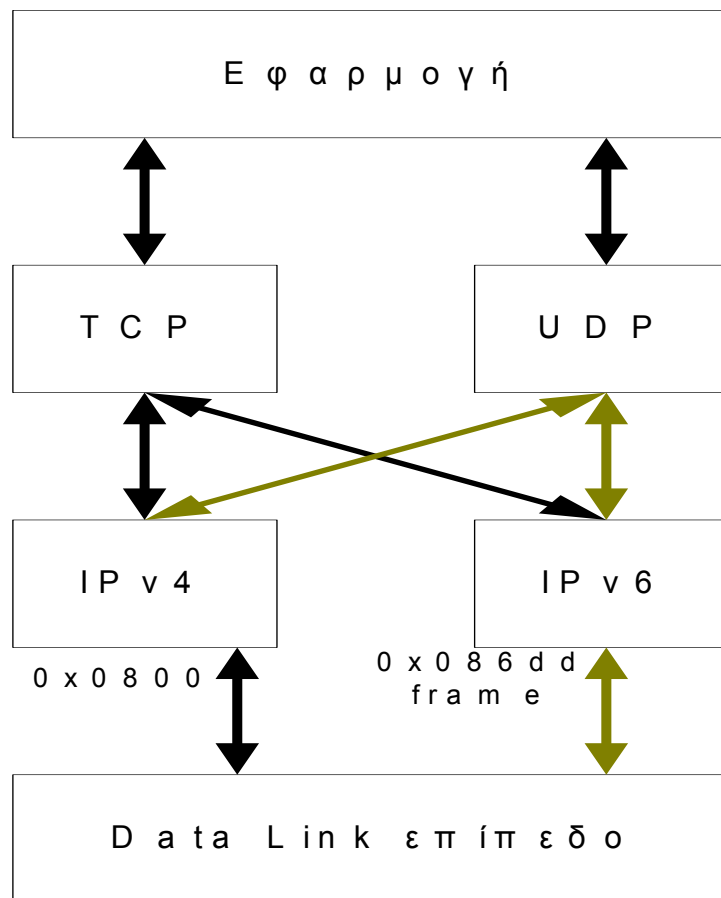
IPv6 tunnels

- IPv4-compatible IPv6 διευθύνσεις
- IPv4-mapped IPv6 διευθύνσεις
- Configured Tunnels
- Automatic Tunnels
- Είδη tunnels
 - Router-to-router tunneling
 - Host-to-router tunneling
 - Host-to-host tunneling
 - Router-to-host
- 6to4
- 6over4

Εισαγωγή στην IPv6 τεχνολογία



IPv4/IPv6 dual stack



Εισαγωγή στην IPv6 τεχνολογία



Interoperability μεταξύ IPv4 και IPv6 εκδόσεων σε dual stack μηχανήματα

	IPv4 server	IPv6 server
IPv4 client	Επικοινωνούν με IPv4	Επικοινωνούν με IPv4, ο server βλέπει την IPv4-mapped IPv6 διεύθυνση
IPv6 client	Μπορούν να επικοινωνήσουν εάν ο IPv6 client χρησιμοποιήσει μία IPv4-mapped IPv6 διεύθυνση	Επικοινωνούν με IPv6



Το IPv6 στην Ελλάδα

- Πρώτο site με IPv6: Δημ Παν. Ξάνθης
- Ανάπτυξη ενδιαφέροντος στα πανεπιστήμια με Gunet – απόκτηση pTLA και STLA.
- Πρώτος δρομολογητής με Dual-Stack και IPv6 over IPv4 tunnels στο ΕΔΕΤ
- Σύνδεση ακαδημαϊκής και εμπορικής κοινότητας με απόδοση διευθύνσεων και tunnels
- Δημιουργία πανευρωπαϊκού δικτύου 6NET

Βιβλιογραφία

Δημοσιεύσεις (<http://ru6.cti.gr/bouras>)



- "The deployment of IPv6 in an IPv4 world and Transition Mechanisms", C. Bouras, P. Ganos, A. Karaliotas, Internet Research: Electronic Networking, Applications and Policy, Emerald, Volume 13, Number 2, 2003, pp. 86 – 93
- "Issues for the Performance Monitoring of an Open Source H.323 Implementation Ported to IPv6 – Enabled Networks with QoS Characteristics", C. Bouras, A. Gkamas, A. Karaliotas, D. Primpas, K. Stamos, The 2003 International Conference in Internet Computing, Las Vegas, Nevada, USA, June 23 - 26 2003, pp. 765 – 771
- "From IPv4 to IPv6: The Case of OpenH323 Library" , C. Bouras, A. Gkamas, K. Stamos, SAINT-2003, The 2003 International Symposium on Applications and the Internet, Workshop in IPv6 and Applications, Orlando, Florida, USA, January 27-31 2003, pp. 196-199
- "Transition Strategies from IPv4 to IPv6: The case of GRNET" , C. Bouras, P. Ganos, A. Karaliotas, 3rd International Network Conference-INC 2002, Plymouth, UK, July 16-18 2002, pp. 89-96

Βιβλιογραφία

Εργασίες – Παρουσιάσεις



- Από το IPv4 στο IPv6, Χρήστος Μπούρας, Κώστας Στάμος, http://ru6.cti.gr/ru6/ipv6/IPv6_Transition.doc
- Μετατροπή (porting) του OpenH323 στο IPv6, Χρήστος Μπούρας, Κώστας Στάμος, http://ru6.cti.gr/ru6/ipv6/OpenH323_porting.doc
- Μελέτη και προτάσεις βελτιστοποίησης απόδοσης των μηχανισμών που προτείνει το IPv6 για την εξάλειψη των περιορισμών του IPv4, Σιάχος Γιάννης, Διπλωματική Εργασία Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης, 2000, <http://ru6.cti.gr/bouras/lessons/ergasies.html>
- IPv6 και Εφαρμογές Πραγματικού Χρόνου, Στάμος Κωνσταντίνος, Διπλωματική Εργασία Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης, 2003, <http://ru6.cti.gr/bouras/lessons/ergasies.html>
- Εισαγωγή στην IPv6 τεχνολογία, Χρήστος Μπούρας, http://ru6.cti.gr/ru6/ipv6/Introduction_IPv6.ppt
- Μετάβαση (porting) εφαρμογών στο IPv6, Κώστας Στάμος, http://ru6.cti.gr/ru6/ipv6/IPv6_Porting.ppt

Ευχαριστώ πολύ



— Ερωτήσεις;