



ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Κινητικότητα στο
Διαδίκτυο



- Κατανόηση των προβλημάτων που υπεισέρχονται για την υποστήριξη της κινητικότητας (αλλαγή του σημείου πρόσβασης) των υπολογιστών στο Internet
- Λύσεις για την υποστήριξη της κινητικότητας στο Internet και υλοποίησή τους:
 - DHCP
 - Mobile IP (MIPv4 και MIPv6)



- **Τηλεφωνία:** Ο αριθμός των ασύρματων (κινητών) συνδρομητών τηλεφωνίας σήμερα είναι μεγαλύτερος αυτών της σταθερής τηλεφωνίας
- **Δίκτυα υπολογιστών:** φορητοί, επιπαλάμιοι υπολογιστές, smartphones, τηλέφωνα IP υπόσχονται πρόσβαση στο Internet οποτεδήποτε και οπουδήποτε
- Δύο σημαντικές (αλλά διαφορετικές) προκλήσεις:
 - **Ασύρματη πρόσβαση:** επικοινωνία μέσω ασύρματης ζεύξης
 - **Κινητικότητα:** αλλαγή του σημείου πρόσβασης του host στο δίκτυο

Κινητικότητα



Από την άποψη του δικτύου:

ακινησία

Κινητός κόμβος που χρησιμοποιεί το ίδιο σημείο πρόσβασης



υψηλή κινητικότητα

Κινητός κόμβος, αλλάζει σημεία πρόσβασης συνδεόμενος και αποσυνδεόμενος στο δίκτυο



Κινητός κόμβος που διέρχεται από πολλά σημεία πρόσβασης ενώ επικοινωνεί



- Κινητικότητα που είναι εντελώς διάφανη για τις εφαρμογές
 - **Αδιάλειπτη** (seamless)
- Κινητικότητα που δεν είναι διαφανής για τις εφαρμογές, αλλά ο υπολογιστής μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση στο δίκτυο από τη νέα θέση
 - **Φορητότητα** (portability)
- Πρωτόκολλα στο Internet που υποστηρίζουν κινητικότητα:
 - **DHCP**: φορητότητα
 - **Mobile IP**: αδιάλειπτη κινητικότητα



Βασικά Θέματα προς επίλυση

- Πώς αντιμετωπίζεται το πρόβλημα της αλλαγής θέσης των host:
 - Δυναμική εκχώρηση διευθύνσεων IP (DHCP)
- Πώς διατηρείται η επικοινωνία, δεδομένου ότι η αλλαγή των διευθύνσεων (λόγω μετακίνησης) συνεπάγεται διακοπή των συνδέσεων στο στρώμα μεταφοράς:
 - Mobile IP



Αλλαγή Θέσης, νέα διεύθυνση IP

- Οι host, χρησιμοποιώντας DHCP, αποκτούν δυναμικά διεύθυνση IP στη νέα τους θέση
- Ενημερώνεται η αντιστοιχία όνομα-διεύθυνση (δυναμικό DNS), κάθε φορά που ο host αλλάζει διεύθυνση
- Πρόβλημα:
 - Τι συμβαίνει με τις ανοικτές συνδέσεις του στρώματος μεταφοράς κατά τις μετακινήσεις;

Κινητικότητα στο Internet



Αλλαγή θέσης, νέα διεύθυνση IP
→ Μπορεί να βοηθήσει το TCP;

- Το TCP χρησιμοποιεί τέσσερις διευθύνσεις για τον προσδιορισμό μιας σύνδεσης:
 - <Src Addr, Src port, Dst addr, Dst port>
- Απαιτείται τροποποίηση του TCP, ώστε να επιτρέπει αλλαγή διεύθυνσης των host κατά τη διάρκεια μιας σύνδεσης
- Προβλήματα ασφάλειας
 - Μπορεί κάποιος να υποκλέψει τη σύνδεση;
- Δύσκολη υλοποίηση
 - Και τα δύο άκρα πρέπει να υποστηρίζουν κινητικότητα

Κινητικότητα στο Internet



Αλλαγή Θέσης, ίδια διεύθυνση IP

→ Μπορεί να βοηθήσει η δρομολόγηση;

- Επιτρέπουμε στον κινητό κόμβο να διατηρεί την ίδια διεύθυνση και όνομα
- Οι δρομολογητές αντιμετωπίζουν την αλλαγή θέσης του κινητού κόμβου ενημερώνοντας τους πίνακες δρομολόγησης
 - Πίνακες που δείχνουν τη θέση κάθε κινητού κόμβου
 - Δεν απαιτούνται αλλαγές στα ακραία συστήματα
- Μειονεκτήματα
 - Μια εγγραφή για κάθε host στους δρομολογητές κορμού
 - Δύσκολη κλιμάκωση



Κύρια σχεδιαστικά Θέματα

- Οποιαδήποτε λύση πρέπει να επιτρέπει:
 - Κλιμάκωση
 - Σταδιακή ανάπτυξη
- Για την επίλυση του θέματος της κλιμάκωσης, κρατάμε ένα μέρος του δικτύου ενήμερο για τη νέα θέση του κινητού κόμβου
 - Ανακατεύθυνση των πακέτων μέσω αυτού του μέρους
- Για την παράδοση των πακέτων στην τρέχουσα θέση του κινητού κόμβου
 - Επιλογή μιας κατάλληλης τεχνικής



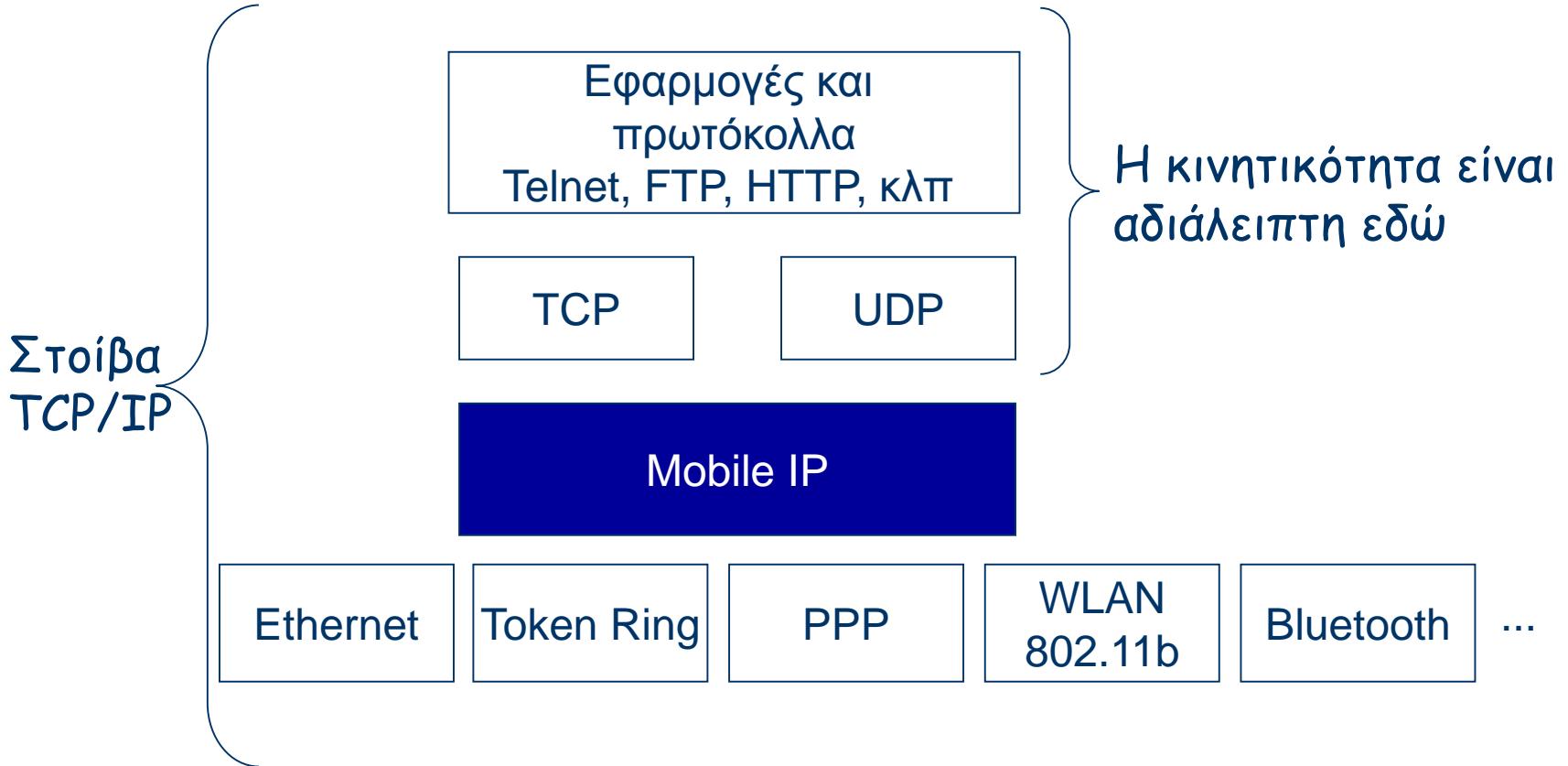
- Βασική λύση IPv4 για τη δρομολόγηση και παράδοση πακέτων προς κινητό κόμβο
- Παρέμβαση στο οικείο δίκτυο
- Τεχνική προώθησης στο φιλοξενούν δίκτυο



- Ορίζεται ότι ένα σημείο παρέμβασης μέσα στην κανονική διαδρομή προώθησης, που να γνωρίζει την τρέχουσα θέση του κινητού κόμβου
 - Σε δρομολογητή στο οικείο δίκτυο
 - Σε κάποια συσκευή στο οικείο δίκτυο (που υποδύεται τον κινητό κόμβο)
- Χρησιμοποιείται μια τεχνική για την προώθηση των πακέτων στην τρέχουσα θέση του κινητού κόμβου
 - Εκχώρηση διεύθυνσης στους κινητούς κόμβους
 - Ύπαρξη κόμβου που να διαφημίζει τη νέα θέση



Αρχιτεκτονική

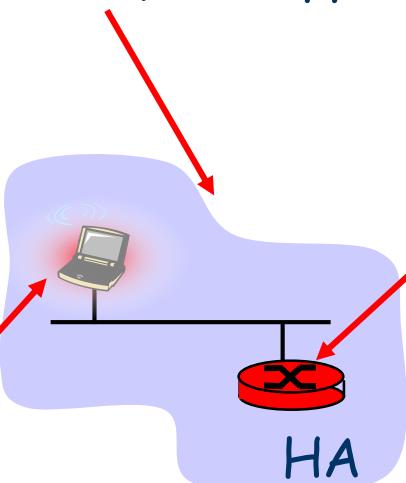


Το στρώμα ζεύξης δεδομένων μπορεί να είναι οποιοδήποτε



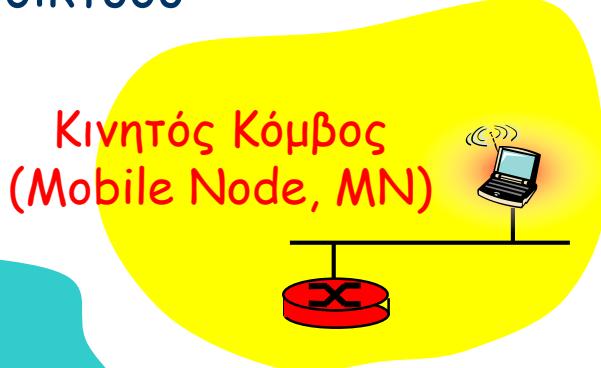
Ορολογία

Οικείο δίκτυο: μόνιμη θέση του κινητού κόμβου



Μόνιμη διεύθυνση:
διεύθυνση στο οικείο δίκτυο, που μπορεί πάντα να χρησιμοποιηθεί για να επικοινωνήσει κανείς με τον κινητό κόμβο

Πράκτορας οικείων (Home Agent, HA): οντότητα που πραγματοποιεί λειτουργίες κινητικότητας για λογαριασμό του κινητού κόμβου, όταν αυτός είναι εκτός του οικείου δικτύου



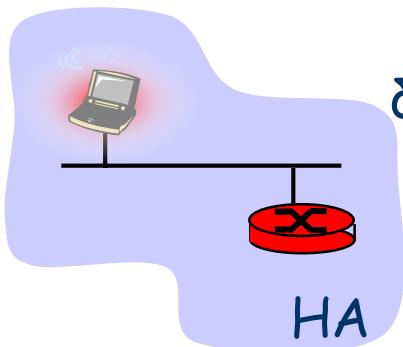
WAN

 **Καλών**
(Correspondent, CN)

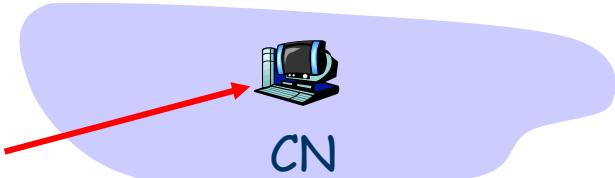


Ορολογία

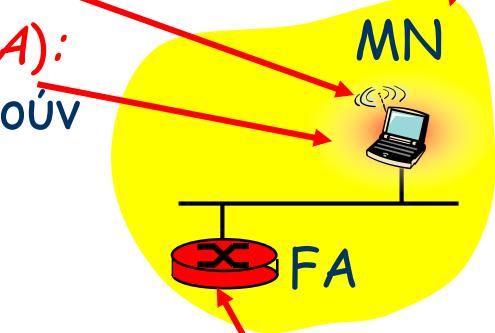
Μόνιμη διεύθυνση: παραμένει σταθερή



Care-of-address (CoA):
διεύθυνση στο φιλοξενούν δίκτυο



Φιλοξενούν δίκτυο: δίκτυο όπου βρίσκεται προσωρινά ο κινητός κόμβος



Πράκτορας επισκεπτών (Foreign Agent, FA):
οντότητα στο φιλοξενούν δίκτυο που πραγματοποιεί λειτουργίες κινητικότητας για λογαριασμό του κινητού κόμβου

Καλών : επιθυμεί να επικοινωνήσει με τον κινητό κόμβο



Υποστήριξη της κινητικότητας από τα ακραία συστήματα

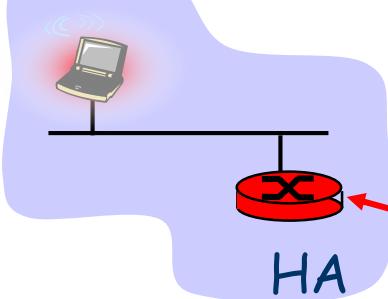
- **Έμμεση δρομολόγηση:** η κίνηση από τον καλούντα προς τον κινητό κόμβο οδεύει μέσω ειδικού κόμβου που βρίσκεται στο οικείο δίκτυο του καλούμενου και προωθείται στο φιλοξενούν δίκτυο
- **Άμεση δρομολόγηση:** ο καλών λαμβάνει τη νέα διεύθυνση του κινητού κόμβου από το οικείο δίκτυο του τελευταίου και επικοινωνεί απευθείας με τον κινητό κόμβο

Έμμεση δρομολόγηση

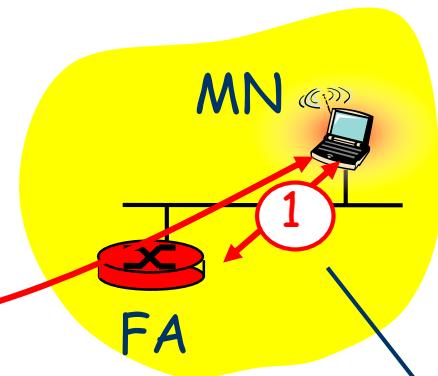


Εγγραφή

Οικείο δίκτυο



Φιλοξενούν δίκτυο



Ο κινητός κόμβος επικοινωνεί με τον HA, μέσω του FA, για να δηλώσει την CoA

Ο κινητός κόμβος επικοινωνεί με τον FA όταν εισέρχεται στο φιλοξενούν δίκτυο για να μάθει την CoA

Αποτέλεσμα:

- Ο FA γνωρίζει για τον κινητό κόμβο
- Ο HA γνωρίζει τη θέση του κινητού κόμβου

Έμμεση δρομολόγηση



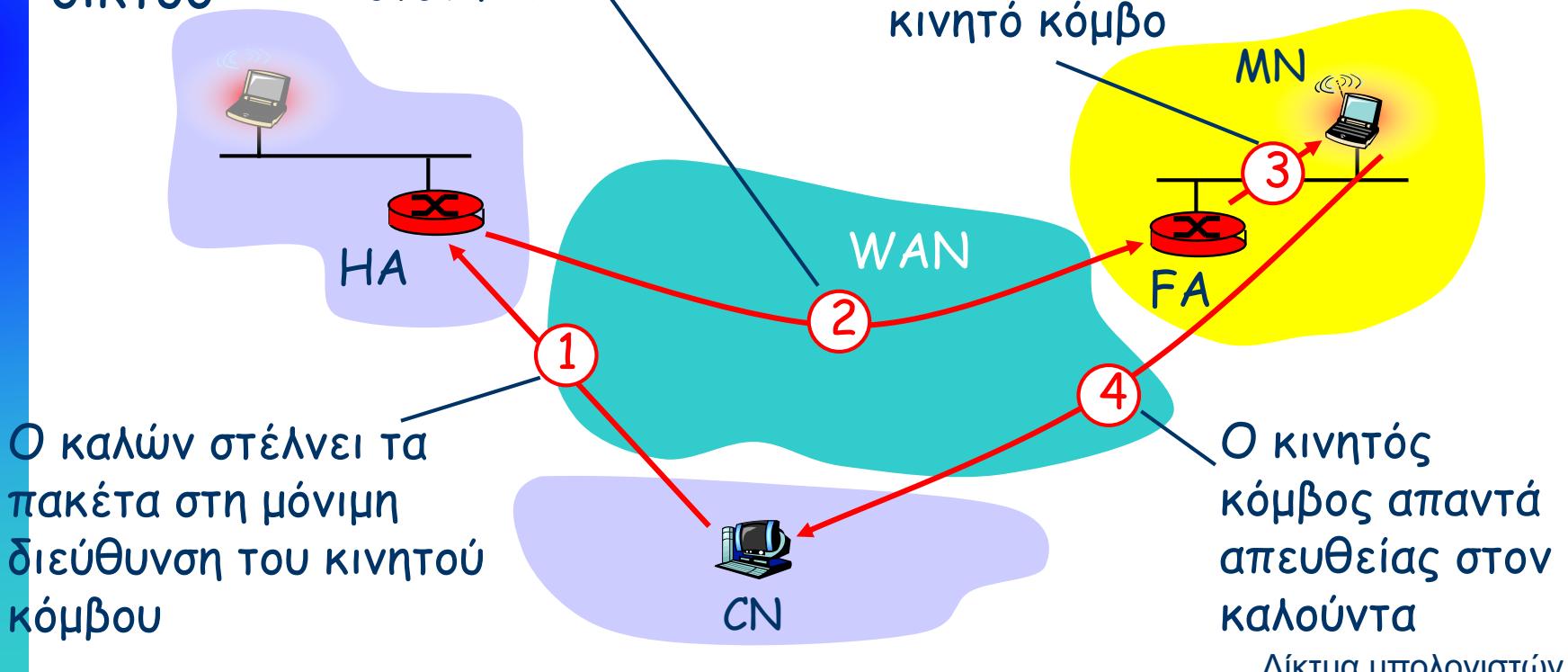
Επικοινωνία με τον κινητό κόμβο

Οικείο δίκτυο

Ο HA συλλαμβάνει τα πακέτα και τα προωθεί στον FA

Ο FA λαμβάνει τα πακέτα και τα προωθεί στον κινητό κόμβο

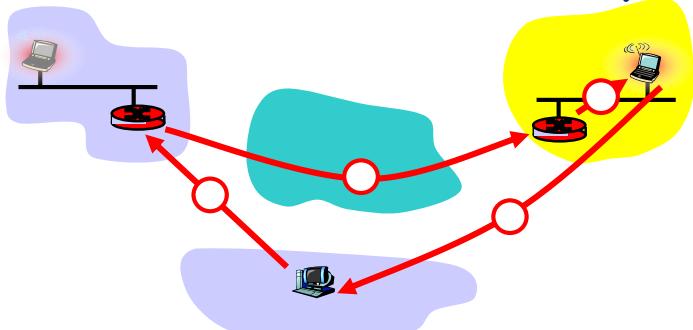
Φιλοξενούν δίκτυο





Τριγωνική δρομολόγηση

- Ο κινητός υπολογιστής χρησιμοποιεί δύο διευθύνσεις:
 - **Μόνιμη διεύθυνση:** χρησιμοποιείται από τον καλούντα για πακέτα προς τον κινητό κόμβο και από τον κινητό κόμβο για τα πακέτα προς τον καλούντα
(η θέση του κινητού κόμβου είναι **διαφανής** στον καλούντα)
 - **Care-of-address:** χρησιμοποιείται από τον HA για να προωθήσει πακέτα IP στον κινητό κόμβο
- Οι λειτουργίες του FA μπορεί να γίνουν και από τον ίδιο τον κινητό κόμβο
- **Τριγωνική δρομολόγηση:** καλών - οικείο δίκτυο - κινητό
 - Αναποτελεσματική όταν ο καλών και ο κινητός κόμβος είναι στο ίδιο δίκτυο





Μετακίνηση μεταξύ δικτύων

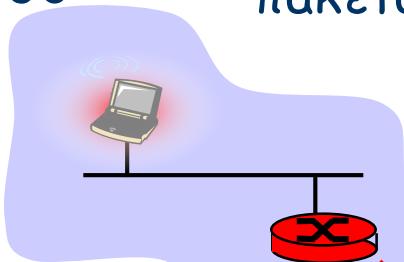
- Όταν ο κινητός κόμβος μετακινείται σε άλλο δίκτυο:
 - Εγγράφεται στον νέο FA
 - Ο νέος FA επικοινωνεί με τον HA
 - Ο HA ενημερώνει τη νέα care-of-address του κινητού
 - Τα πακέτα συνεχίζουν να προωθούνται στον κινητό, αλλά με νέα care-of-address
- Η μετακίνηση μεταξύ φιλοξενούντων δικτύων είναι διαφανής: οι συνδέσεις σε εξέλιξη μπορεί να διατηρηθούν

Άμεση δρομολόγηση



Επικοινωνία με τον κινητό κόμβο

Οικείο δίκτυο

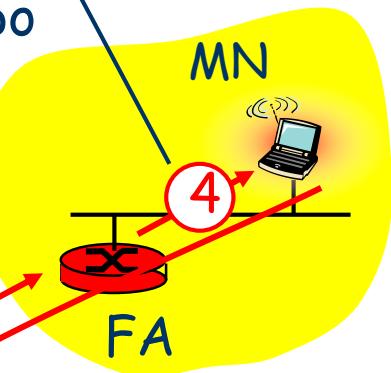


Ο καλών στέλνει τα πακέτα στον FA

HA

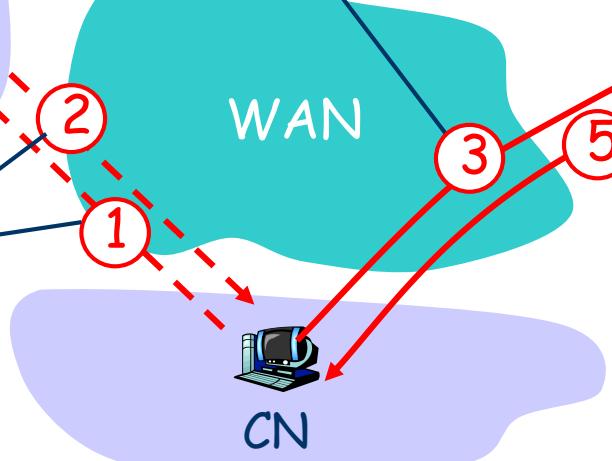
Ο καλών ζητά και λαμβάνει τη νέα διεύθυνση του κινητού κόμβου

Ο FA λαμβάνει τα πακέτα και τα προωθεί στον κινητό κόμβο



Φιλοξενούν δίκτυο

Ο κινητός κόμβος απαντά κατευθείαν στον καλούντα



CN

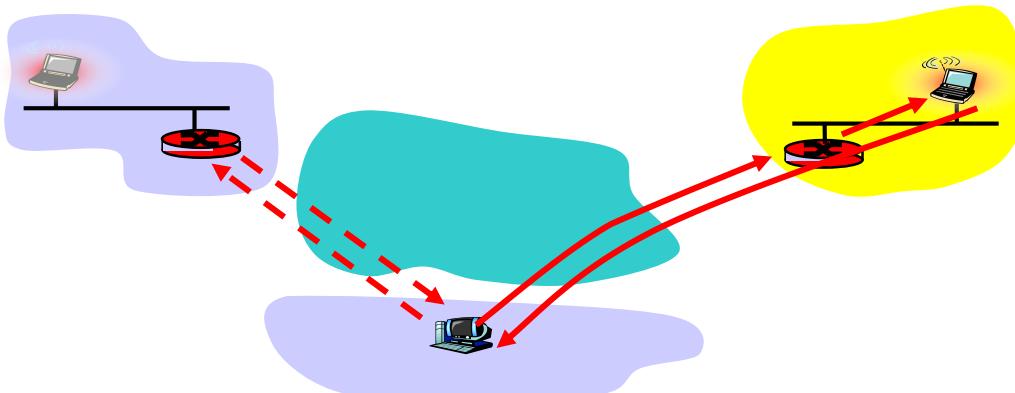
WAN

Άμεση δρομολόγηση



Τι προσπαθεί να λύσει;

- Αποφεύγει το πρόβλημα της τριγωνικής δρομολόγησης.
- **Μη-διαφανής στον καλούντα:** ο καλών πρέπει να λάβει την care-of-address από τον HA.
 - Τι συμβαίνει όταν ο κινητός κόμβος αλλάζει δίκτυα;





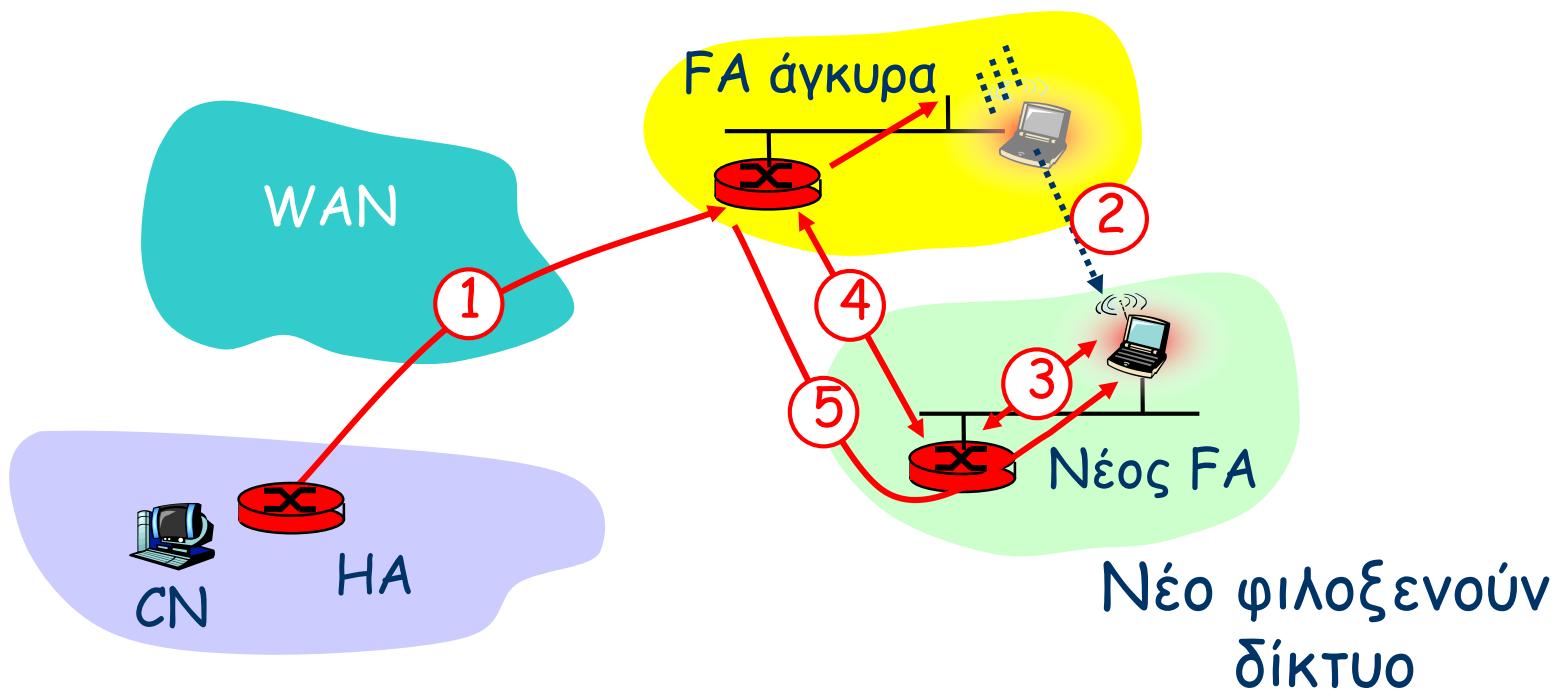
Μετακίνηση μεταξύ δικτύων

- Ο FA του πρώτου φιλοξενούντος δικτύου λειτουργεί ως άγκυρα.
- Τα δεδομένα πάντα στέλνονται στον FA άγκυρα
- Όταν ο κινητός κόμβος μετακινηθεί, ο νέος FA φροντίζει να προωθηθούν σ' αυτόν τα δεδομένα από τον FA άγκυρα (αλυσίδα)



Μετακίνηση μεταξύ δικτύων

Το πρώτο φιλοξενούν
δίκτυο κατά τη
διάρκεια της συνόδου





RFC 5944

- Περιλαμβάνει τα προηγουμένως αναφερθέντα χαρακτηριστικά:
 - Πράκτορες οικείων, πράκτορες επισκεπτών, εγγραφή στο φιλοξενούν δίκτυο, care-of-address, ενθυλάκωση (πακέτο εντός πακέτου)
- Το πρότυπο περιγράφει:
 - Έμμεση δρομολόγηση των πακέτων
 - Ανακάλυψη των πρακτόρων
 - Εγγραφή



Προώθηση σε κινητό υπολογιστή

- Το ενθυλακωμένο πακέτο IP φτάνει στην care-of-address του κινητού κόμβου βάσει των κανονικών μηχανισμών δρομολόγησης του Internet
- Η Care-of-address μπορεί να είναι η διεύθυνση IP του FA ή η νέα διεύθυνση του κινητού που λήφθηκε μέσω DHCP
 - Σε μια τέτοια περίπτωση, ο FA συνυπάρχει στον κινητό κόμβο
- Ο κάτοχος της care-of-address θα λάβει το ενθυλακωμένο πακέτο IP, θα αφαιρέσει την επικεφαλίδα και θα το προωθήσει στον κινητό κόμβο
- Ο κινητός κόμβος θα λάβει το πακέτο ως εάν να προέρχεται απευθείας από τον καλούντα



Προώθηση σε κινητό υπολογιστή

Πακέτο που έστειλε ο HA στον FA:
ενθυλακωμένο πακέτο

dest: 79.129.13.2

dest: 128.119.40.186

Πακέτο από τον FA προς κινητό

dest: 128.119.40.186

Μόνιμη διεύθυνση:
128.119.40.186

dest: 128.119.40.186

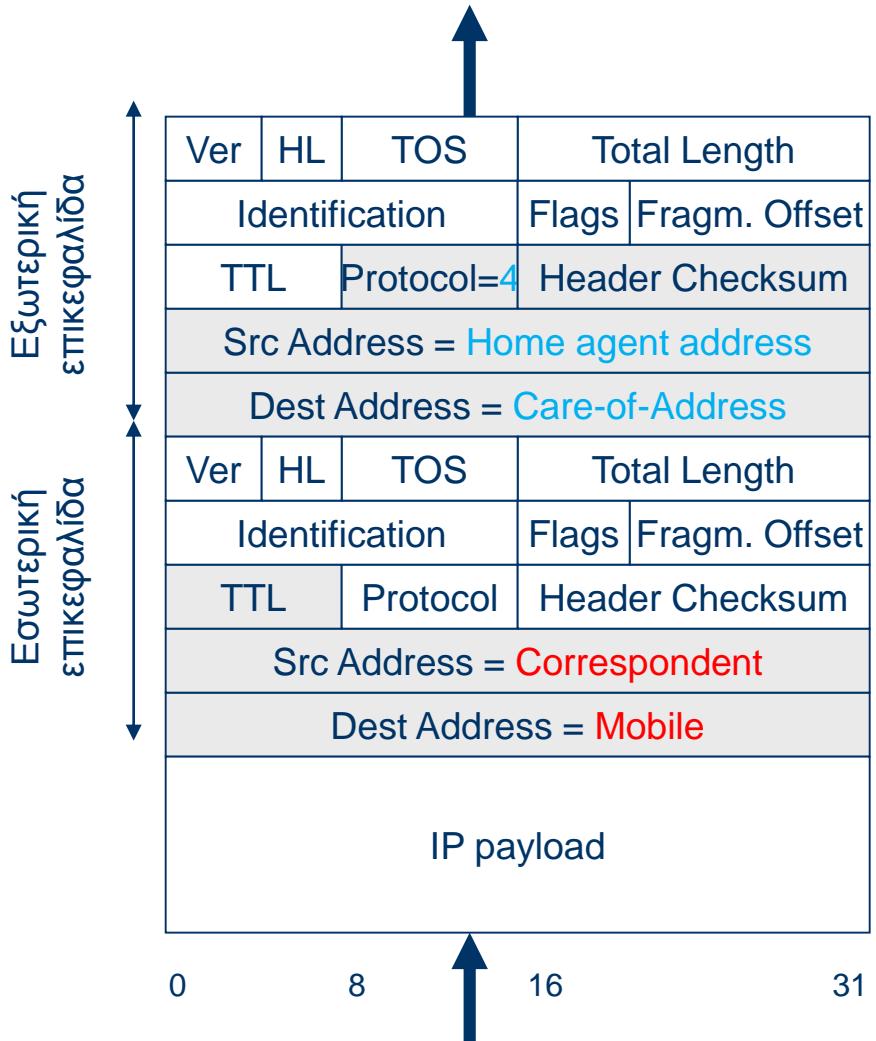
Πακέτο που
έστειλε ο καλών

Care-of address:
79.129.13.2

Καλών



Ενθυλάκωση IP-IP



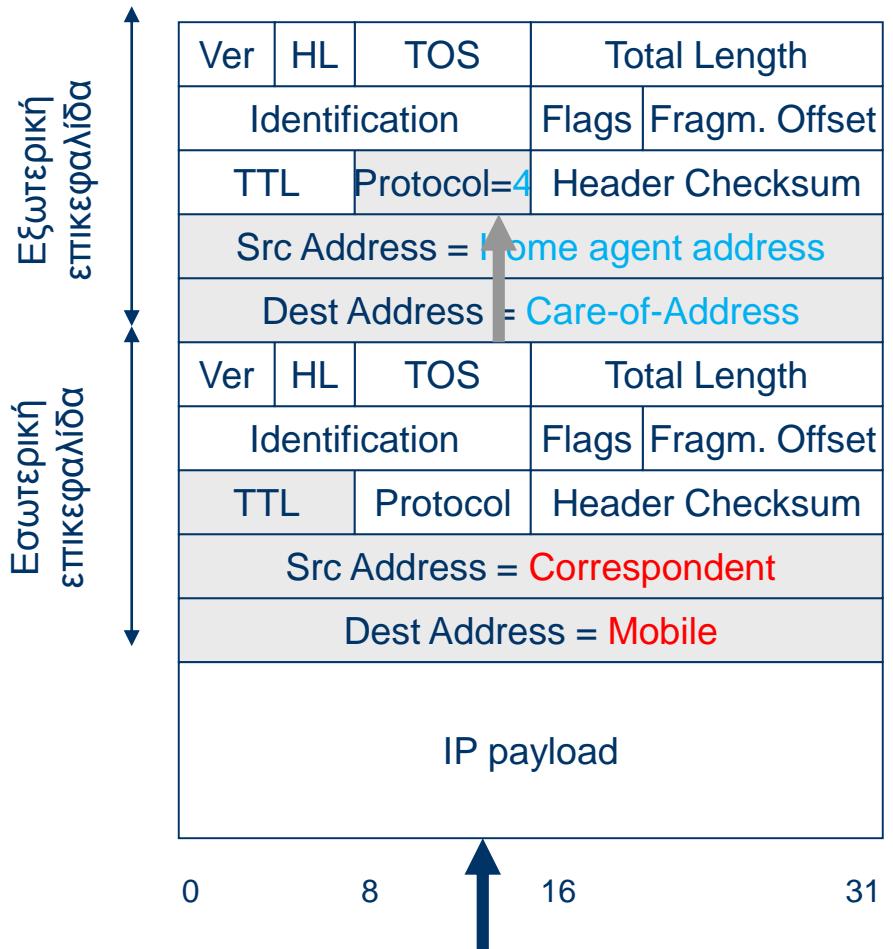
ΣΤΟ ΟΙΚΕΙΟ ΔΙΚΤΥΟ

- Ο HA ενθυλακώνει το πακέτο IP μέσα σε άλλο πακέτο IP και το στέλνει στην care-of-address του κινητού κόμβου
- Το πακέτο IP του καλούντος λαμβάνεται από τον HA



Mobile IP

Αποθυλάκωση IP-IP



ΣΤΟ φιλοξενούν δίκτυο

- Το ενθυλακωμένο πακέτο IP λαμβάνεται από τον FA (ή τον ίδιο τον κινητό κόμβο)
- Ο δέκτης παρατηρεί ότι πρόκειται για ενθυλάκωση IP-IP (βλέποντας το πεδίο Protocol = 4)
- Ο δέκτης προωθεί (δεν δρομολογεί) το αποθυλακωμένο πακέτο IP στον κινητό μέσω μηχανισμών του **στρώματος ζεύξης δεδομένων!**

Mobile IP



Μινιμαλιστική ενθυλάκωση

Σήραγγα στην
care-of-address

Ver	HL	TOS	Total Length					
Identification		Flags	Fragm. Offset					
TTL	Protocol		Header Checksum					
Src Address = Correspondent								
Dest Address = Mobile								
IP payload								



Ver	HL	TOS	Total Length					
Identification		Flags	Fragm. Offset					
TTL	Proto=55		Header Checksum					
Src Address = Home agent								
Dest Address = Care-of-address								
Protocol	S	Reserved	Header Checksum					
Dest Address = Mobile								
Src Address = Correspondent								
IP payload								



Πακέτο από τον καλούντα

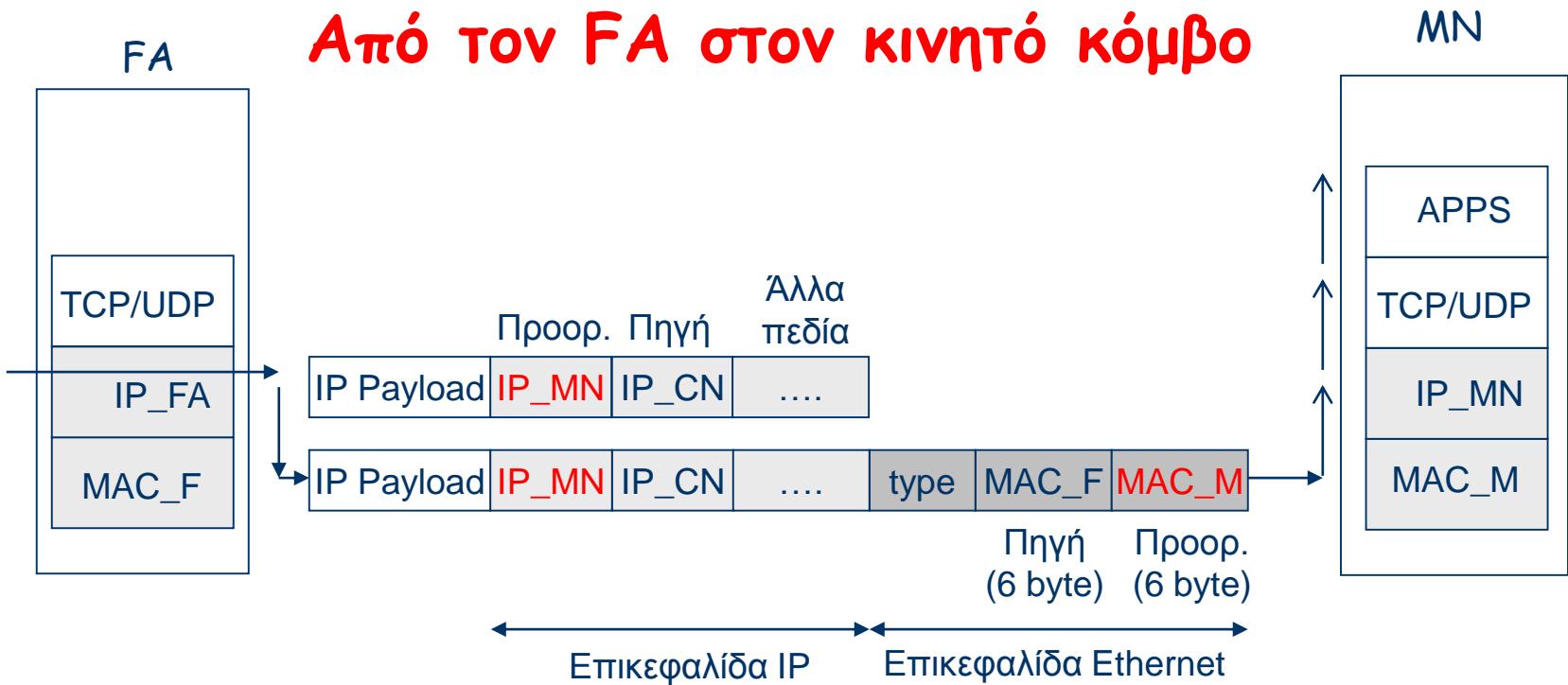
Μινιμαλιστική ενθυλάκωση

S=0 → υπάρχει η αρχική διεύθυνση πηγής
S=1 → δεν υπάρχει η αρχική διεύθυνση πηγής



Αποστολή δεδομένων

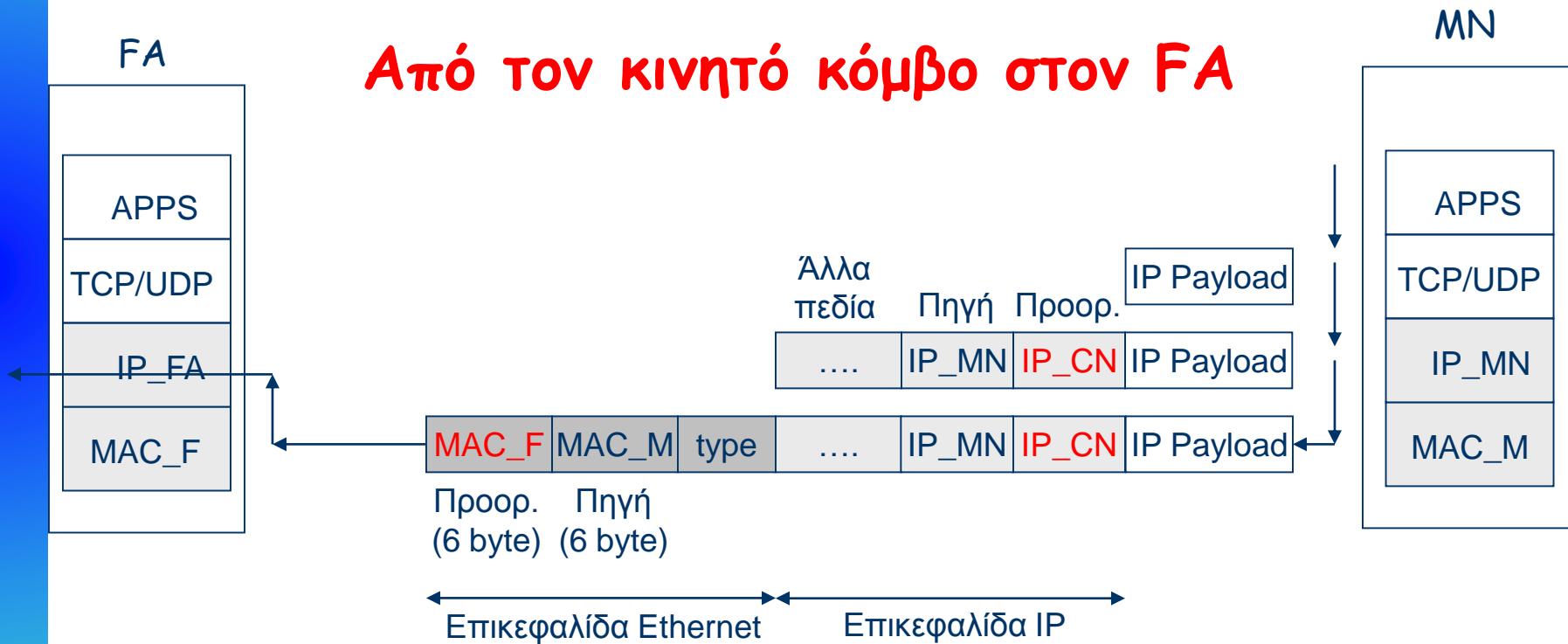
Από τον FA στον κινητό κόμβο





Αποστολή δεδομένων

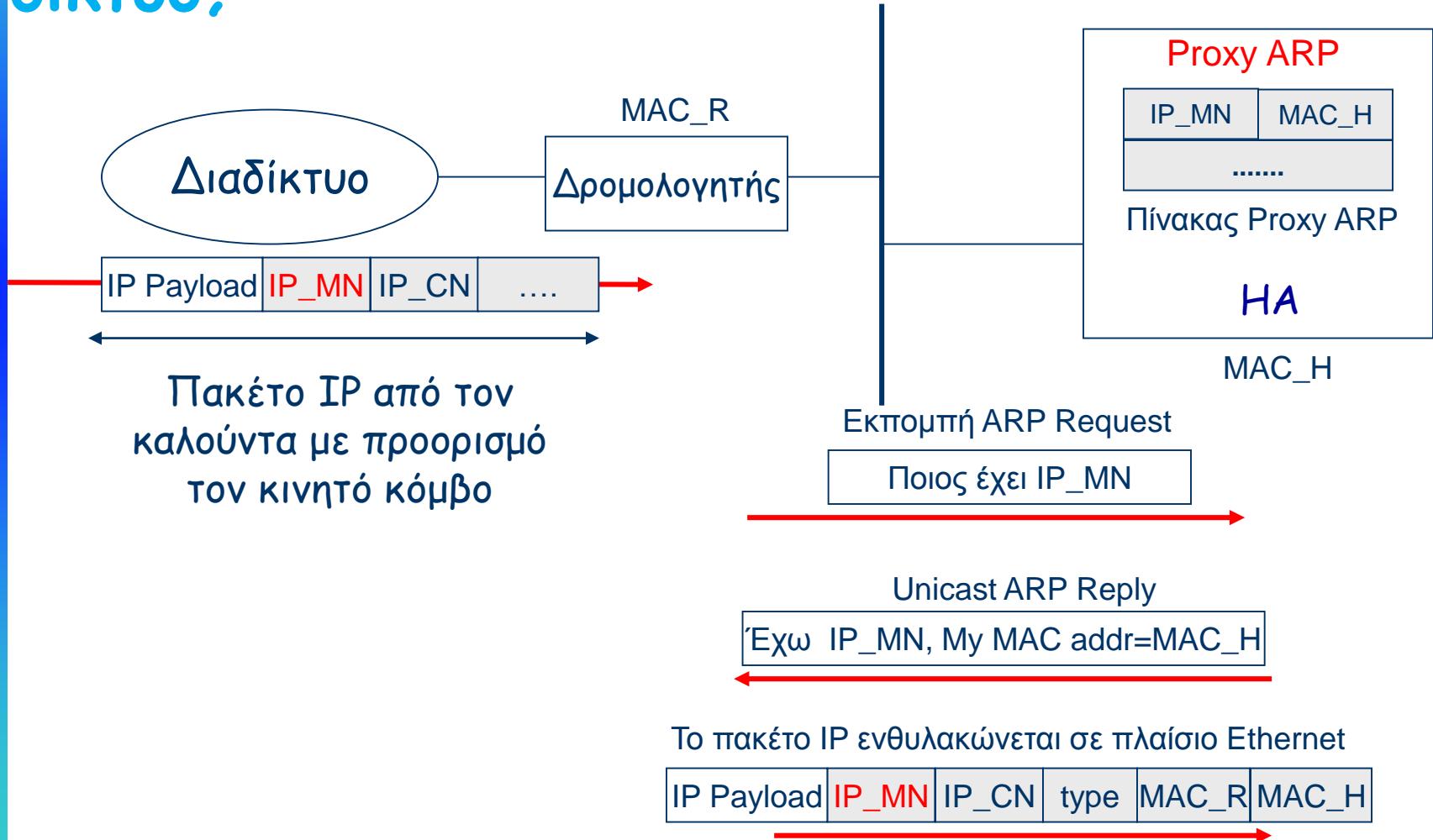
Από τον κινητό κόμβο στον FA





Πώς συλλαμβάνονται τα πακέτα στο οικείο δίκτυο;

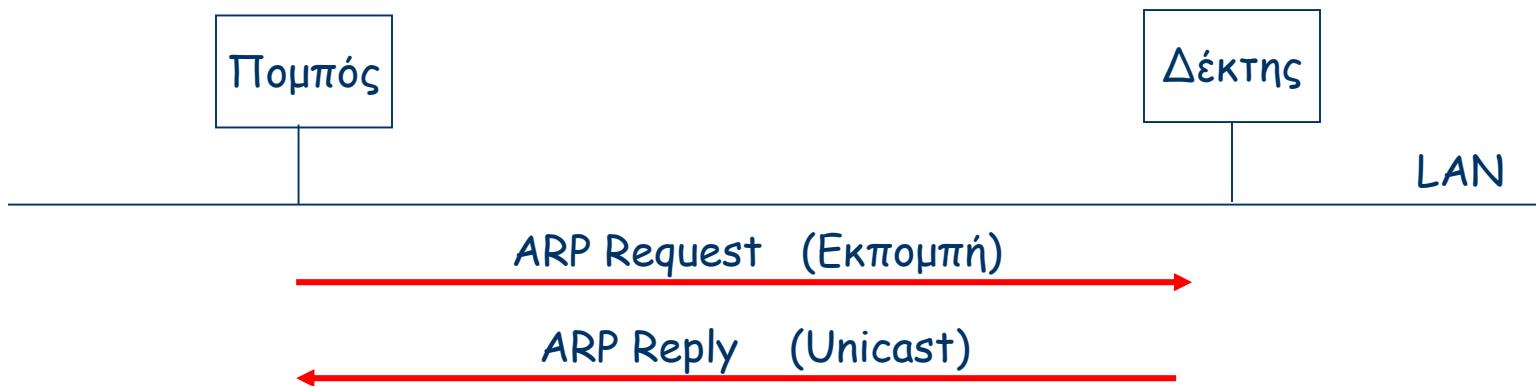
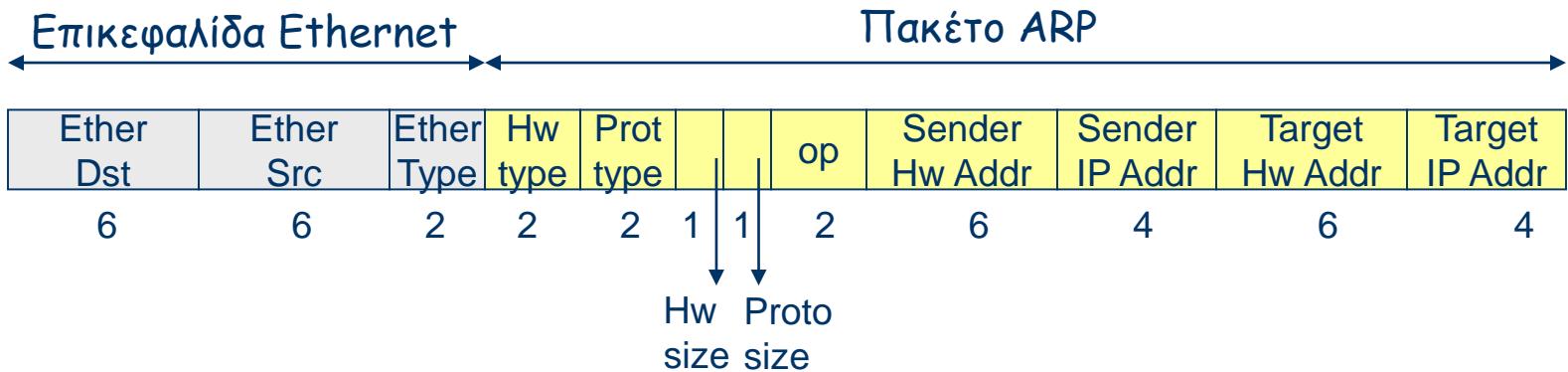
Οικείο δίκτυο





Μορφή πακέτου ARP

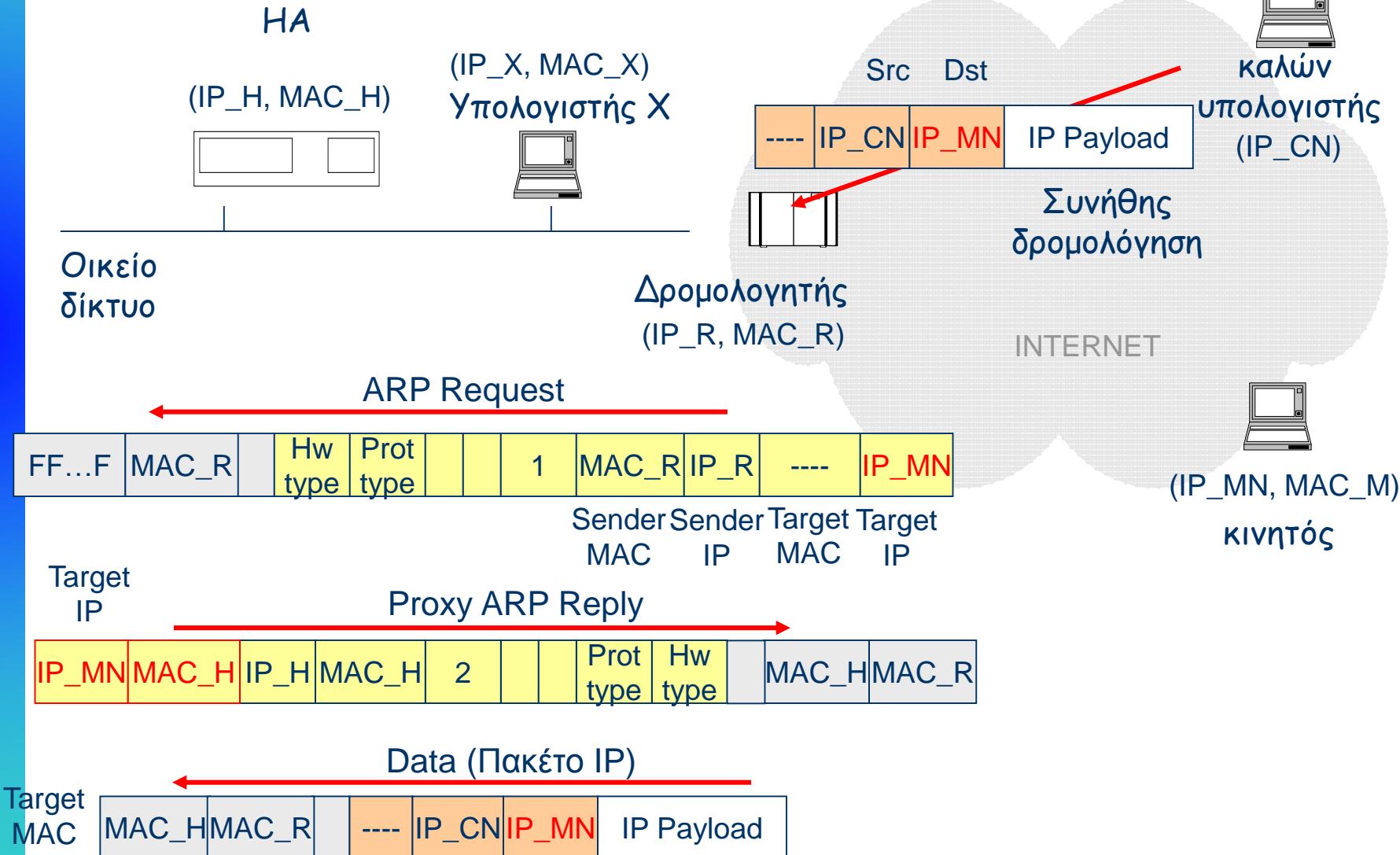
Ether Type: 0x0806 πρωτόκολλο ARP
 Op Field: 1 – ARP Request
 2 – ARP Reply



Mobile IP

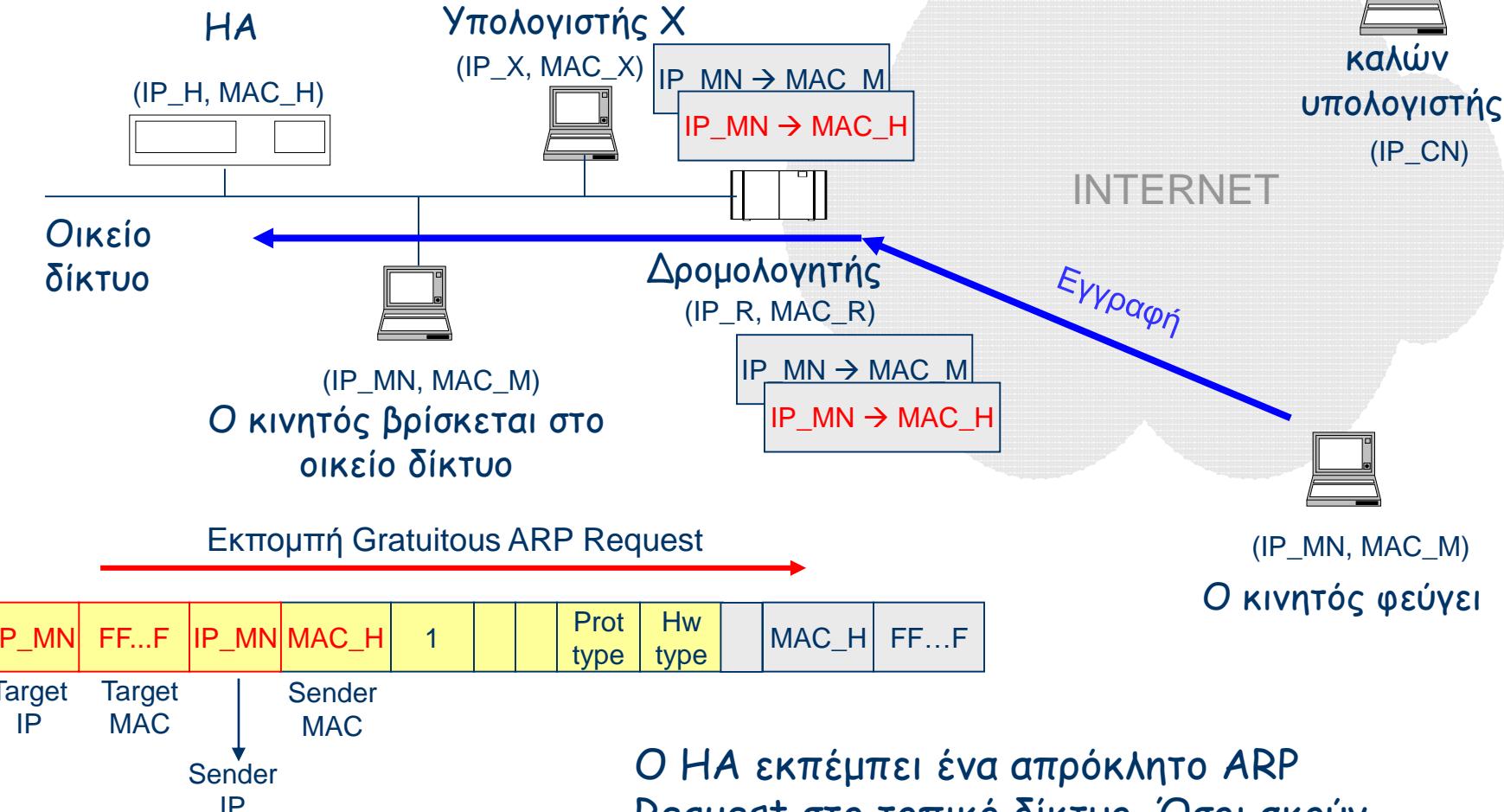


Παράδειγμα Proxy ARP





Μετακίνηση κινητού κόμβου: Απρόκλητο ARP



Ο HA εκπέμπει ένα απρόκλητο ARP Request στο τοπικό δίκτυο. Όσοι ακούνε ενημερώνουν τον πίνακα ARP



Εύρεση πρακτόρων

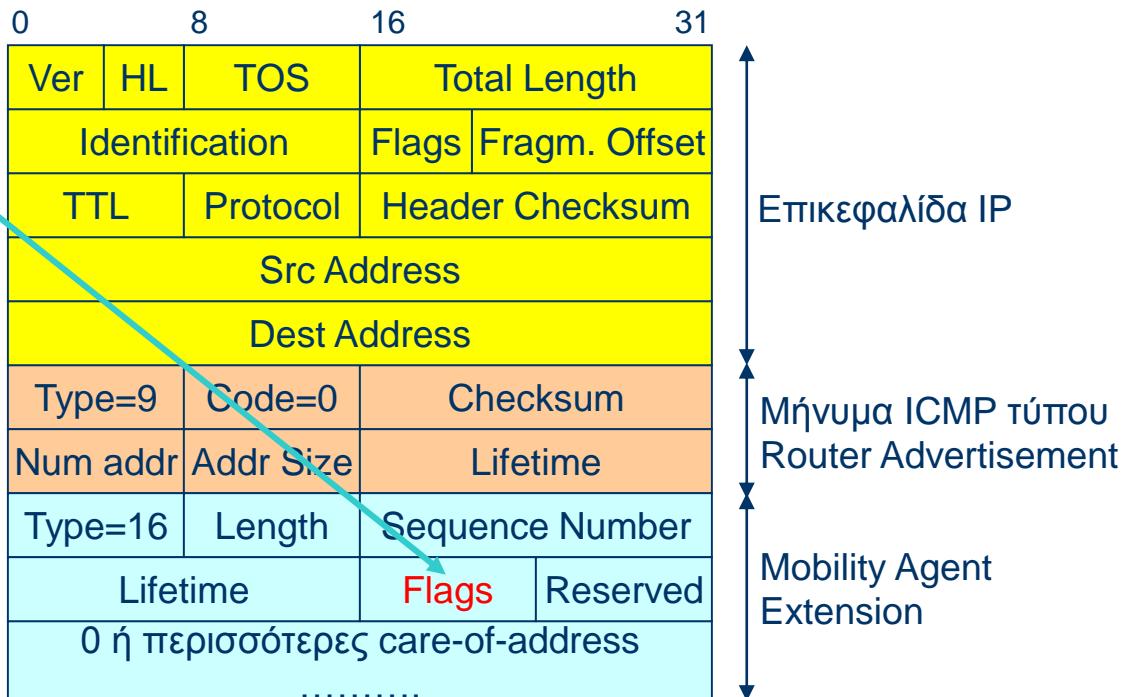
- **Διαφήμιση πρακτόρων:** οι HA/FA διαφημίζουν τις υπηρεσίες τους μέσω της εκπομπής μηνυμάτων ICMP τύπου Router Advertisement (τύπος = 9) που περιλαμβάνουν μια ειδική επέκταση την Mobility Agent Extension
- Ο κινητός κόμβος που λαμβάνει τη διαφήμιση καταλαβαίνει από τη διεύθυνση IP
 - Το κατά πόσο βρίσκεται στο οικείο δίκτυο ή όχι
 - Το κατά πόσο κινήθηκε σε νέα θέση
- **Αναζήτηση πρακτόρων:** ο κινητός κόμβος στέλνει μήνυμα αναζήτησης εάν δε λάβει μήνυμα διαφήμισης και δεν έχει care-of-address, οπότε ο πράκτορας θα απαντήσει με μήνυμα διαφήμισης που περιλαμβάνει τη διεύθυνσή του και την care-of-address



Μήνυμα διαφήμισης πρακτόρων

Σημαίες

- R: απαιτείται εγγραφή
- B: ο πράκτορας επισκεπτών είναι απασχολημένος
- H: ο πράκτορας είναι HA
- F: ο πράκτορας είναι FA
- M: μινιμαλιστική ενθυλάκωση
- G: ενθυλάκωση GRE



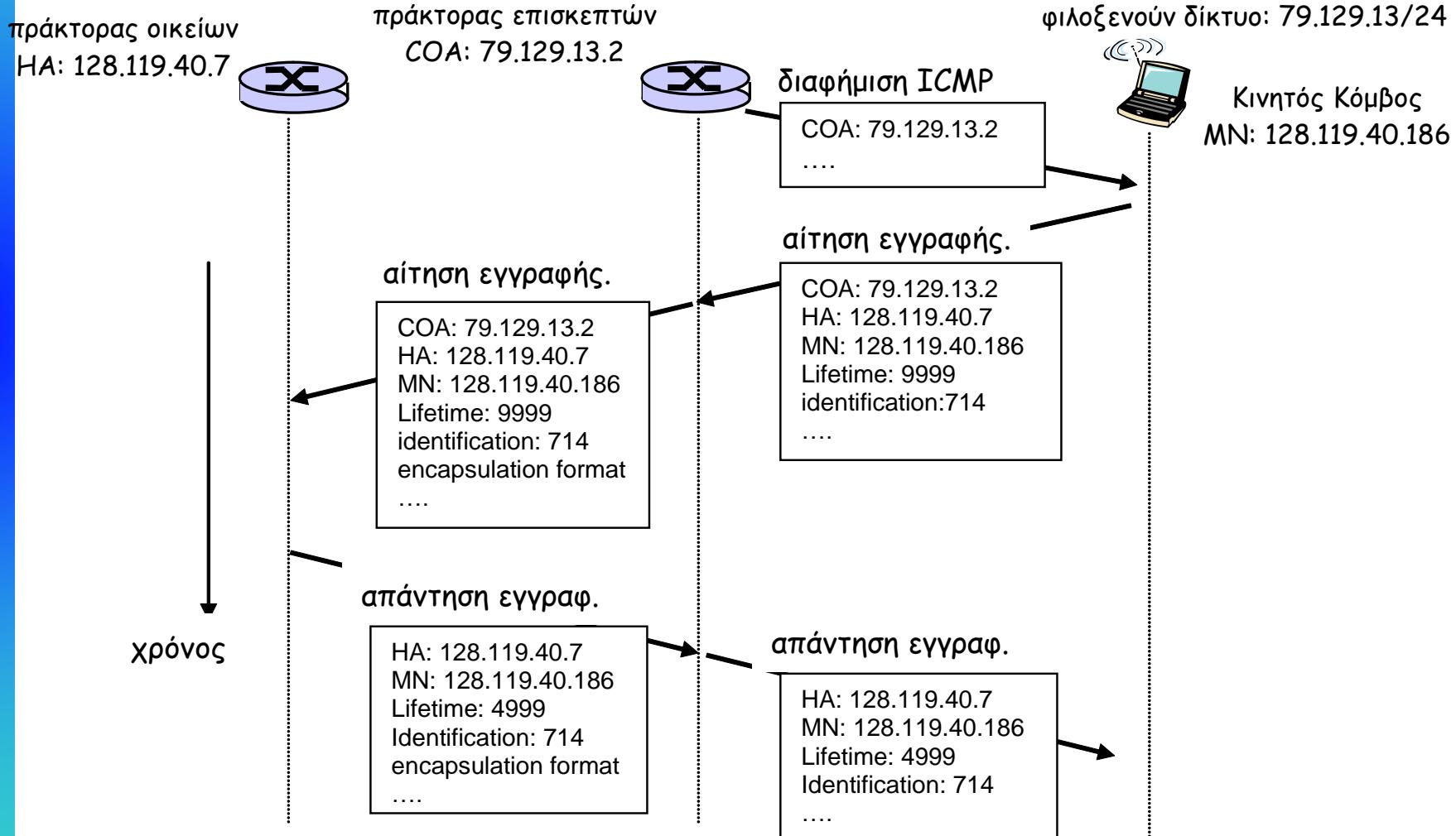


Εγγραφή

- Μόλις ο κινητός αντιληφθεί ότι έχει εισέλθει σε νέο δίκτυο ξεκινά τη διαδικασία εγγραφής στον HA
 - Για να δηλώσει την care-of-address που λαμβάνει είτε από τον FA είτε από εξυπηρετητή DHCP
- Η διαδικασία εγγραφής συνίσταται στην αποστολή μηνύματος **Registration Request** από τον κινητό κόμβο στον HA και την αποστολή **Registration Reply** από τον HA στον κινητό
- Τα μηνύματα εγγραφής διέρχονται από τον FA
 - Ο FA απλώς τα προωθεί
 - Ο FA είναι παθητικός κατά τη διαδικασία εγγραφής
- Τα μηνύματα εγγραφής στέλνονται με UDP στη Θύρα 434.



Εγγραφή





Registration Request

0 8 16 31

Type	Flags	Lifetime
Home address		
Home agent		
Care-of--address		
Identification		
Extensions	



Type: 1 - Registration Request.

Lifetime: αριθμός sec που η εγγραφή ισχύει

Home address: η μόνιμη διεύθυνση του κινητού

Home agent: η διεύθυνση IP του πράκτορα οικείων

Care-of-address: η τρέχουσα διεύθυνση IP του κινητού κόμβου

Identification: για προστασία από επιθέσεις επανάληψης

Extensions: παράμετροι ασφάλειας για προστασία

Flags:

S: παράλληλη δέσμευση (binding), διατήρηση προηγούμενων

B: ο HA θα ενθυλακώνει πακέτα εκπομπής

D: ο κινητός είναι και FA

M: ο κινητός ζητά μινιμαλιστική ενθυλάκωση

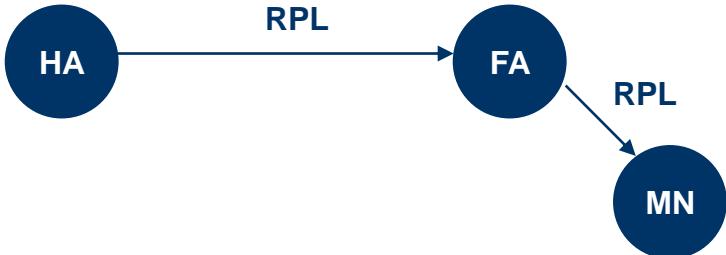
G: ο κινητός ζητά ενθυλάκωση GRE





Registration Reply

0	8	16	31
Type	Code	Lifetime	
	Home address		
	Home agent		
	Identification		
	Extensions		
		



Type: 3 - Registration Reply

Code: υποδεικνύει το αποτέλεσμα της εγγραφής

Πιθανές τιμές:

- 0 αποδεκτή εγγραφή
- 66 ανεπαρκείς πόροι στον FA
- 70 κακή μορφή αιτήματος
- 130 ανεπαρκείς πόροι στον πράκτορα οικείων
- 131 αποτυχία πιστοποίησης αυθεντικότητας

Lifetime: η διάρκεια ισχύος της εγγραφής που έδωσε ο HA

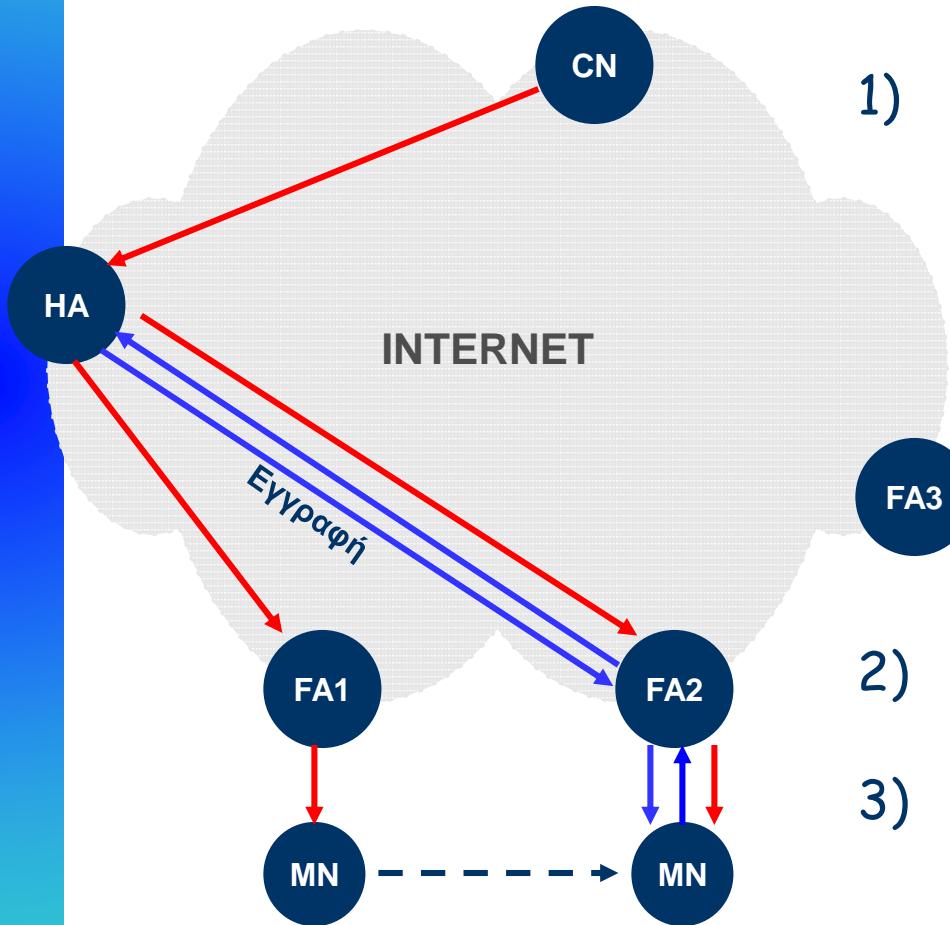


Διαπομπή: Ομαλή διαπομπή

- Ο κινητός κόμβος αλλάζει φιλοξενούν δίκτυο, ενώ υπάρχει επικοινωνία σε εξέλιξη
- Θα πρέπει να γίνει ενημέρωση για τη νέα θέση
- Θα πρέπει να ληφθεί πρόνοια για τα καθ' οδό πακέτα
 - Κατά τη διάρκεια της διαπομπής μπορεί να χαθούν πακέτα



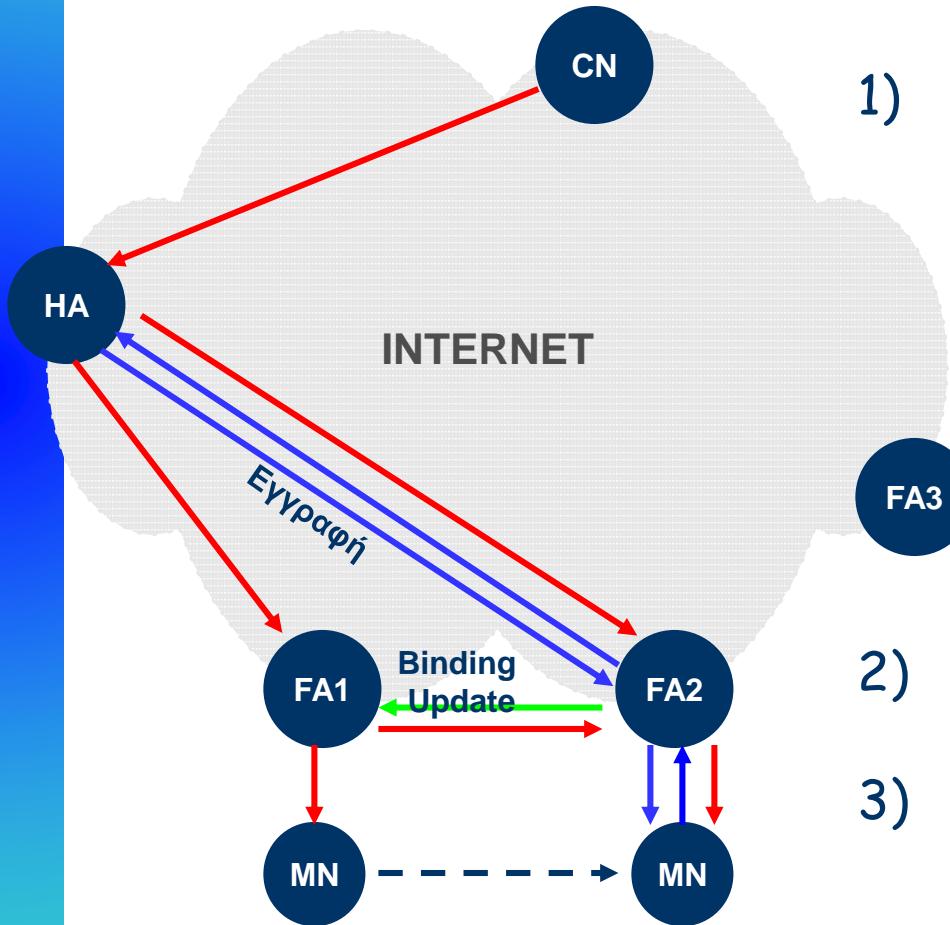
Διαπομπή: Ομαλή διαπομπή



- 1) Όταν ο κινητός κάνει μια διαπομπή, ειδοποιεί τον νέο πράκτορα επισκεπτών (FA2) να στείλει ένα μήνυμα *Registration* στον πράκτορα οικείων (HA)
- 2) Η διαπομπή σε νέο FA και εγγραφή στον HA είναι χρονοβόρα
- 3) Κατά την περίοδο αυτή τα πακέτα θα δρομολογούνται στον παλαιό FA, από όπου ο κινητός έχει φύγει



Διαπομπή: Ομαλή διαπομπή



- 1) Όταν ο κινητός κάνει μια διαπομπή, ειδοποιεί τον νέο πράκτορα επισκεπτών (FA2) να στείλει ένα μήνυμα *Binding Update* στον παλαιό πράκτορα (FA1)
- 2) Ο νέος FA2 στέλνει μήνυμα *Binding Update* στον παλαιό FA1
- 3) Ο FA1 ξανα-ενθυλακώνει τα πακέτα IP που λαμβάνει από τον HA και τα στέλνει στον νέο FA2



Διαπομπή: Ταχεία διαπομπή

- Σε περιπτώσεις υψηλής κινητικότητας, οι διαπομπές θα είναι πολύ συχνές. Οι επιπτώσεις:
 - Οι διαπομπές πρέπει να είναι πολύ γρήγορες για να ελαχιστοποιείται η καθυστέρηση και η πιθανότητα απώλειας πακέτων
 - Πολλές διαπομπές:
 - Η εγγραφή προκαλεί καθυστέρηση
 - Η εγγραφή προκαλεί επιπλέον κίνηση σηματοδοσίας στην ασύρματη ζεύξη και στην υποδομή
- Δύο λύσεις για την υποστήριξη ταχείας διαπομπής:
 - Χρήση πολλαπλής διανομής
 - Χρήση ιεραρχίας FA

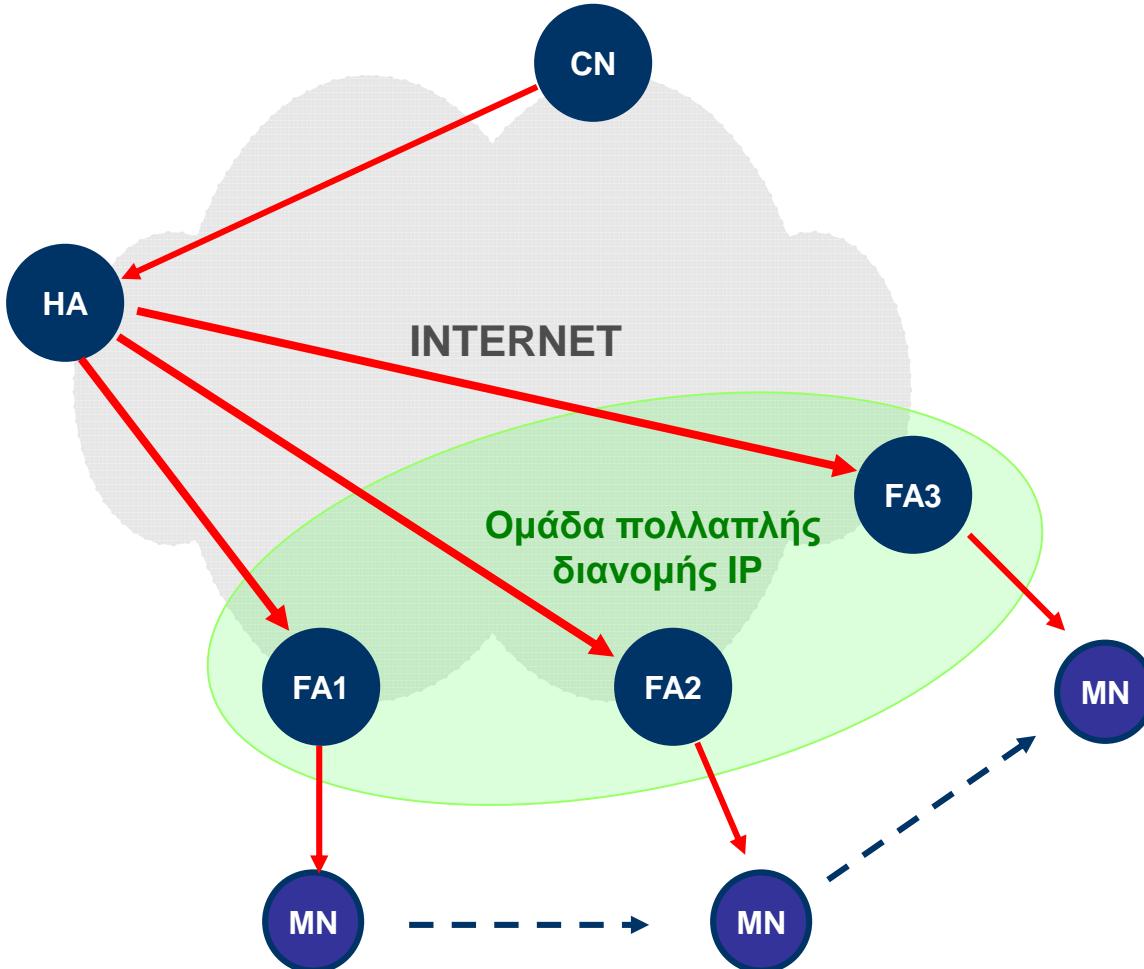


Διαπομπή: Χρήση πολλαπλής διανομής

- Οι FA μιας γειτονιάς σχηματίζουν μια ομάδα πολλαπλής διανομής. Η ομάδα έχει μια **διεύθυνση IP πολλαπλής διανομής**
- Ο κινητός κόμβος θα χρησιμοποιήσει αυτή τη διεύθυνση πολλαπλής διανομής ως care-of-address
- Ο HA θα στείλει τα ενθυλακωμένα πακέτα για τον κινητό κόμβο σε αυτή τη διεύθυνση πολλαπλής διανομής
- Οι FA της ομάδας πολλαπλής διανομής **αποθηκεύουν τα ενθυλακωμένα πακέτα** για λίγο και μετά τα απορρίπτουν
 - Έτσι, όταν ο κινητός κόμβος κάνει μια διαπομπή από ένα πράκτορα επισκεπτών FA1 σε ένα άλλο FA2 (της ίδιας ομάδας), θα μπορέσει να ανακτήσει τα πακέτα που μεταδόθηκαν κατά τη διάρκεια της διαπομπής



Διαπομπή: Χρήση πολλαπλής διανομής



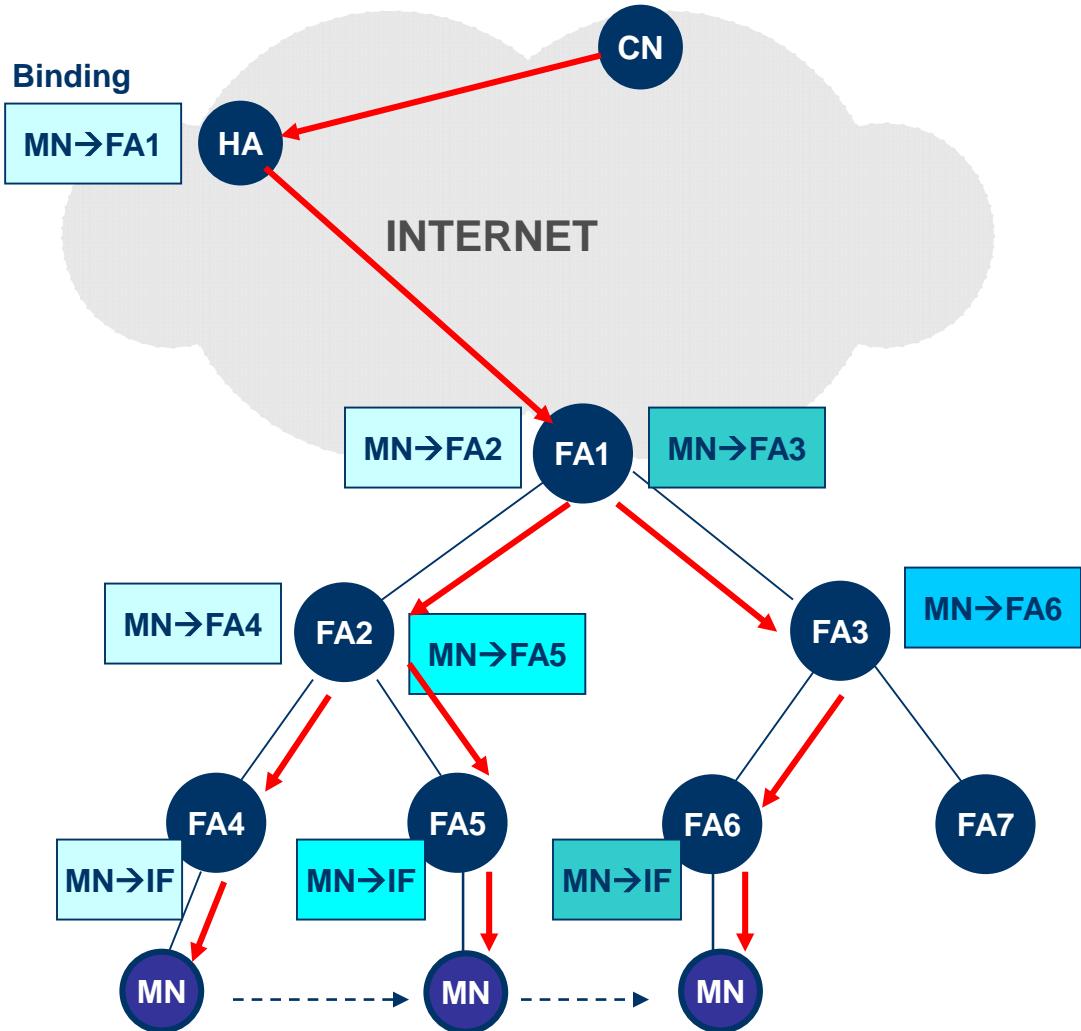


Διαπομπή: Ιεραρχία FA

- Χρήση ιεραρχίας FA μεταξύ του κινητού κόμβου και του HA
- Σκοπός είναι να περιορισθούν τοπικά οι διαπομπές και οι εγγραφές
- Η ιεραρχία μπορεί να συνίσταται από:
 - Σταθμούς βάσης (σημεία πρόσβασης) στο κατώτατο επίπεδο
 - Ενδιάμεσους δρομολογητές μεταξύ σταθμών βάσης και ακραίων δρομολογητών
 - Ακραίους δρομολογητές στο ανώτατο επίπεδο της ιεραρχίας
- Οι επόμενες λειτουργίες χρήζουν επέκτασης:
 - Διαφήμιση πρακτόρων
 - Εγγραφή
 - Προώθηση δεδομένων



Διαπομπή: Ιεραρχία FA





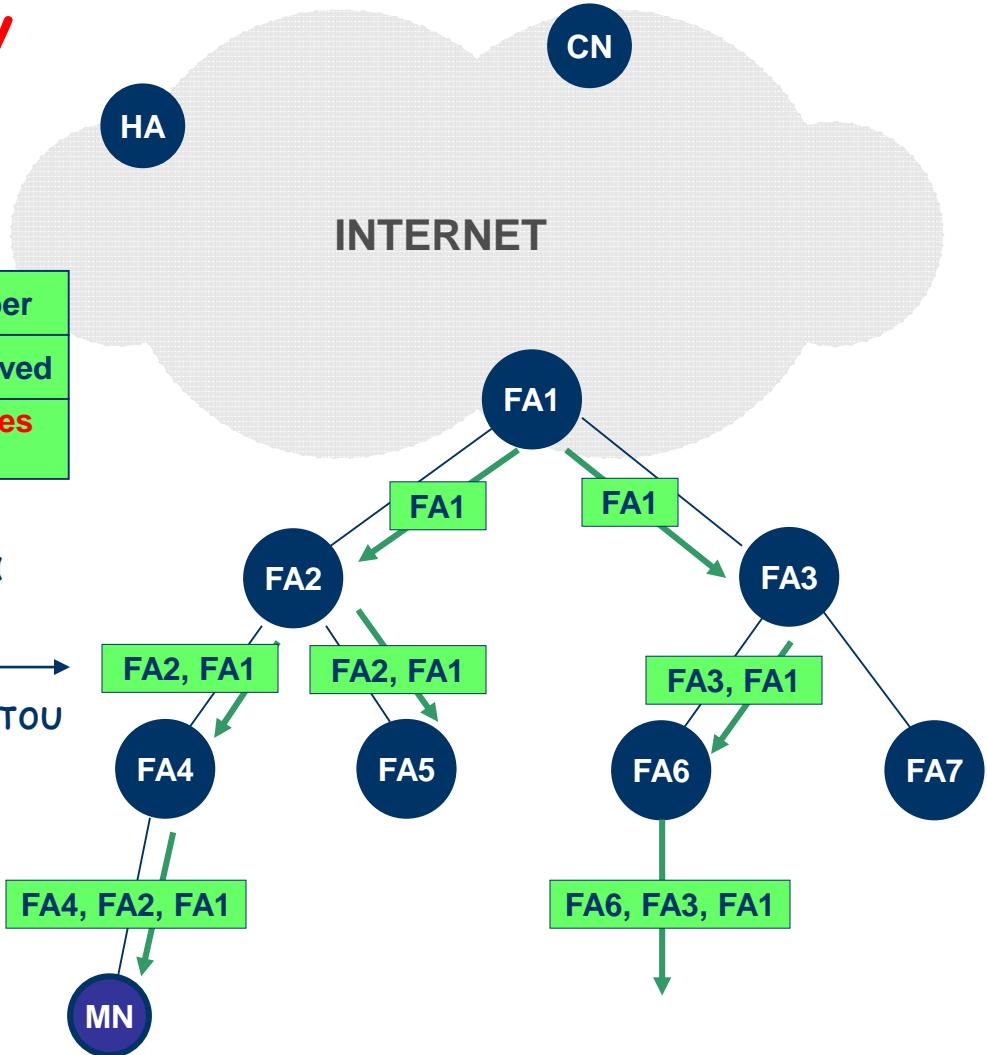
Διαπομπή: Ιεραρχία FA Διαφήμιση πρακτόρων

Mobility Agent Extension
στο μήνυμα ICMP τύπου
Router Advertisement

Type	Length	Sequence Number
Lifetime	Flags	Reserved
Μηδέν ή περισσότερες care-of-addresses		
.....		

Μήνυμα διαφήμισης πράκτορα
πεδία Care-of-Address

FAx παριστάνει τη διεύθυνση IP του
πράκτορα επισκεπτών X

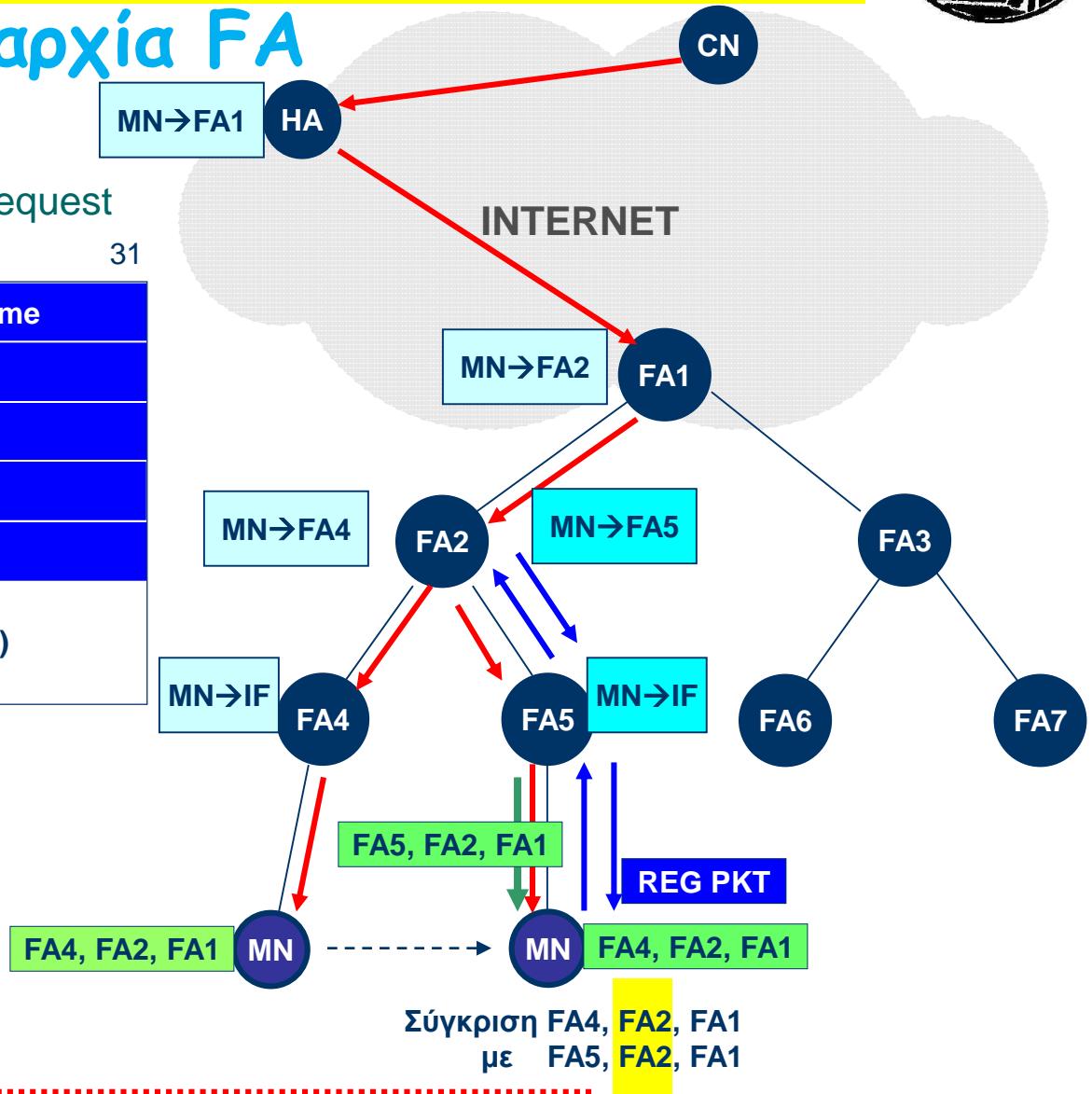




Διαπομπή: Ιεραρχία FA Εγγραφή

Μήνυμα Registration Request

Type	Flags	Lifetime
Home address=MN		
Home agent=FA2		
Care-of—address=FA5		
Identification		
Extensions (Authentication Extension)		
.....		

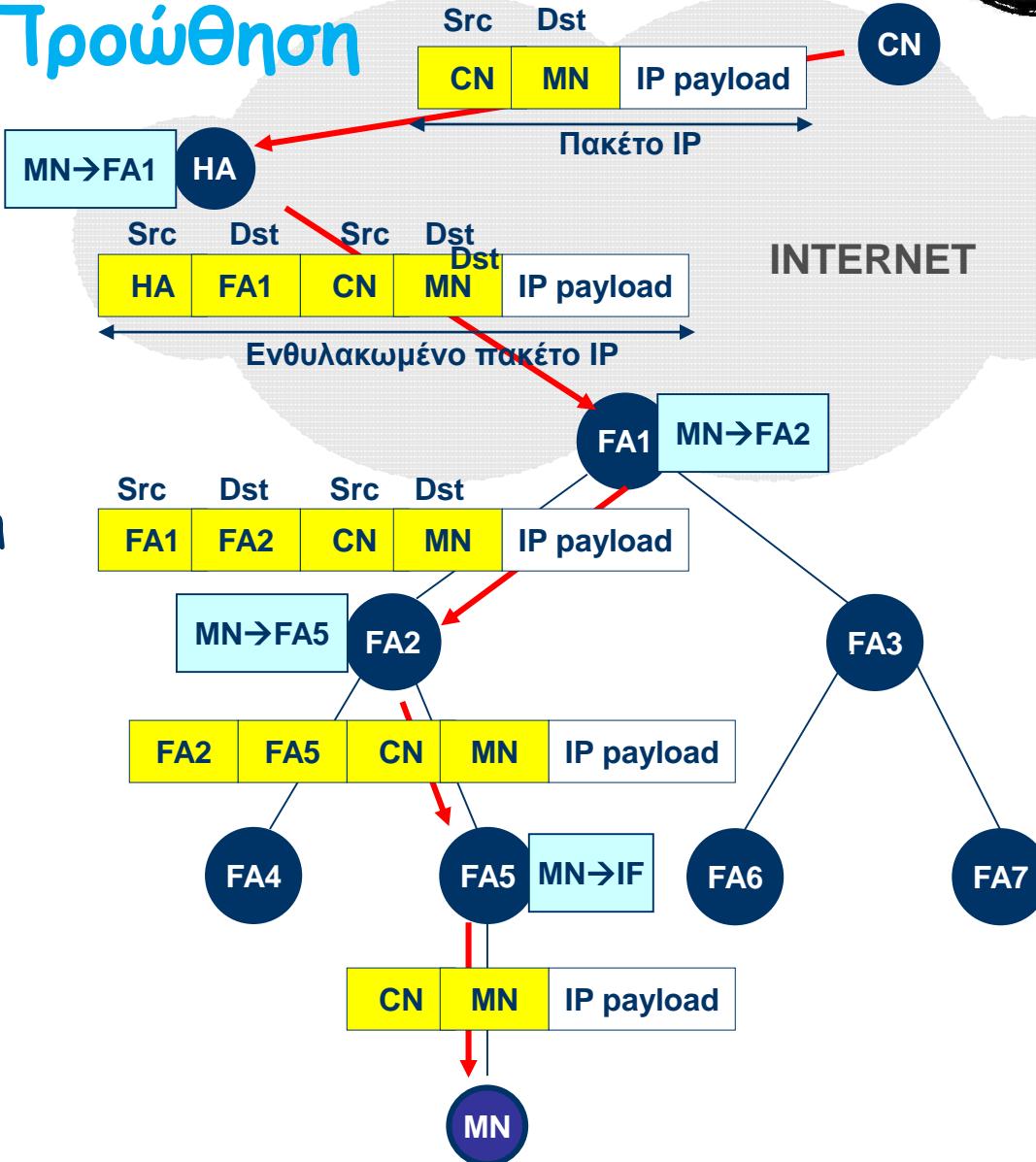




Ιεραρχία FA: Προώθηση

Κάθε FA παίρνει το ενθυλακωμένο πακέτο από τον προηγούμενο FA (ή τον HA) και **ξανα-ενθυλακώνει** το πακέτο προς αποστολή στον επόμενο FA

Εάν ένας FA είναι ο τελικός στη διαδρομή προς τον κινητό τότε δεν το ενθυλακώνει





Κινητικότητα στο Διαδίκτυο

Mobile IPv6



- Η κινητικότητα παρέχεται από τα βασικά χαρακτηριστικά του IPv6
 - Το IPv6 σχεδιάσθηκε ώστε να υποστηρίζει κινητικότητα
 - Η κινητικότητα δεν είναι επιπρόσθετο χαρακτηριστικό
 - Υποστηρίζεται από τα δίκτυα και τους κόμβους IPv6
- Βασίζεται στις λειτουργίες ανακάλυψης γειτόνων IPv6 και αυτόματης απόκτησης διεύθυνσης
 - Οι κόμβοι μπορούν να λειτουργήσουν σε οποιαδήποτε θέση χωρίς κάποια ιδιαίτερη υποστήριξη



- Επιτρέπει τη μετακίνηση κόμβων IPv6 από ένα υποδίκτυο σε άλλο
- Κάθε κόμβος Mobile IPv6 υποστηρίζει
 - IPv6 Decapsulation
 - Address Autoconfiguration
 - Neighbor Discovery



Υποβοηθητικές λειτουργίες του IPv6

- **Address Autoconfiguration** (αυτόματη απόκτηση διεύθυνσης)
 - Stateless (Πρόθεμα δικτύου + ταυτότητα διεπαφής)
 - Stateful (DHCPv6)
- **Neighbor Discovery** (ανακάλυψη γειτόνων)
 - Προσδιορισμός των τοπικών (link-layer) διευθύνσεων γειτόνων
 - Προσδιορισμός των δρομολογητών
 - Διατήρηση πληροφορίας προσβασιμότητας (reachability information)
- **Extension Headers** (Επικεφαλίδες επέκτασης)
 - Επικεφαλίδα δρομολόγησης (Routing header)
 - Για βελτιστοποίηση της διαδρομής (προς τον κινητό κόμβο)
 - Επικεφαλίδα επιλογής προορισμού (Destination Option header)
 - Για πακέτα που παράγει ο κινητός κόμβος (περιέχει τη μόνιμη διεύθυνσή του)

Μηνύματα Mobile IPv6 (MIPv6)



- Τα **νέα** μηνύματα του MIPv6 ορίζονται ως:
 - νέες επικεφαλίδες επέκτασης, ή
 - νέες επιλογές σε υπάρχουσες επικεφαλίδες επέκτασης, ή
 - νέοι τύποι σε υπάρχουσες επικεφαλίδες επέκτασης.
- Είναι προαιρετικές επικεφαλίδες IPv6 ή επιλογές επικεφαλίδων που μεταφέρουν επιπρόσθετη πληροφορία η οποία θα τύχει επεξεργασίας **από** τον κόμβο προορισμού

Μηνύματα Mobile IPv6 (MIPv6)



- Νέα επικεφαλίδα επέκτασης Mobility Header
 - Binding Update (ενημέρωση δέσμευσης)
 - Χρησιμοποιείται από τον κινητό κόμβο MN για να ενημερώσει τον οικείο πράκτορα HA ή τον καλούνται CN για την τρέχουσα διεύθυνση care-of address
 - Binding Acknowledgement (επιβεβαίωση δέσμευσης)
 - Επιβεβαιώνει τη λήψη του μηνύματος Binding Update
 - Binding Refresh Request (αίτηση ανανέωσης δέσμευσης)
 - Χρησιμοποιείται από οποιοδήποτε κόμβο για να ζητήσει από τον κινητό κόμβο MN την τρέχουσα διεύθυνση care-of address

Μηνύματα Mobile IPv6 (MIPv6)



- Νέα επιλογή στην επικεφαλίδα επέκτασης **Destination Option**
 - **Home Address** (οικεία διεύθυνση)
 - Ο κινητός κόμβος MN πληροφορεί τον παραλήπτη του πακέτου για τη μόνιμη διεύθυνσή του (home address)
- Νέος τύπος επικεφαλίδας επέκτασης **Routing Option**
 - **type 2 routing header** (τύπος 2 επικεφαλίδας δρομολόγησης)
 - Παραλλαγή της δρομολόγησης πηγής, όπου υπάρχει μία μόνο ενδιάμεση διεύθυνση, η μόνιμη του MN, και διεύθυνση προορισμού είναι η CoA του MN
 - Επιτρέπει την απευθείας δρομολόγηση πακέτων από τον CN στον MN

Διαφορές MIPv4 και MIPv6



- Στο Mobile IPv6 **δεν υπάρχει FA**
 - Στο Mobile IPv4, ο MN εγγράφεται στον FA
 - χρησιμοποιεί τη διεύθυνσή του για τη δημιουργία σήραγγας
 - ώστε ο HA να μπορεί να του παραδίδει πακέτα στον MN
- Στο Mobile IPv6, **ο MN**
 - λαμβάνει αυτόματα νέα διεύθυνση IPv6 care-of-address (address autoconfiguration)
 - την χρησιμοποιεί αυτός μόνο

Διαφορές MIPv4 και MIPv6



● Παράδοση πακέτων

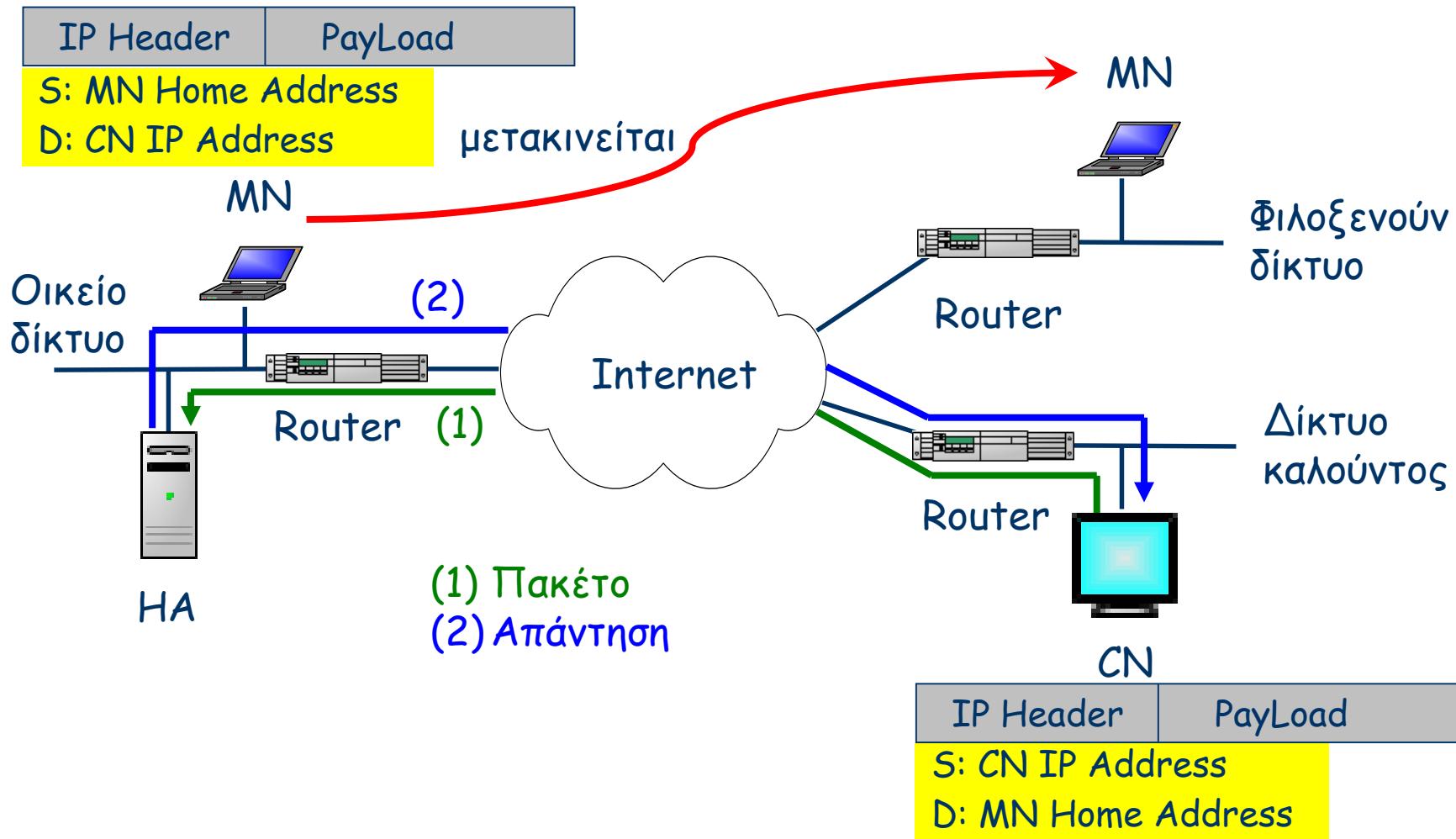
- Ο κινητός κόμβος MN χρησιμοποιεί την **care-of address (CoA)** ως διεύθυνση πηγής
 - Δεν απαιτείται σύλληψη των εισερχόμενων πακέτων στο φιλοξενούν δίκτυο
- Δρομολόγηση προς τους MN μέσω
 - μέσω σηράγγων (Bi-directional tunneling mode)
 - δρομολόγησης πηγής (Route Optimization mode)

Διαφορές MIPv4 και MIPv6



- Δυναμική ανακάλυψη διεύθυνσης πράκτορα οικείων (Home Agent Address Discovery)
 - Ο κινητός κόμβος μπορεί να ανακαλύψει τη διεύθυνση IP του πράκτορα οικείων
 - Μήνυμα ICMP Home Agent Address Discovery Request
 - anycast προς τους πράκτορες οικείων στο οικείο δίκτυο
 - Λαμβάνει ως απάντηση τη λίστα των HA στο οικείο δίκτυο
 - Επιλέγει έναν για εγγραφή

Βασικό σενάριο Mobile IPv6





● Ανίχνευση μετακίνησης

- Όταν ο κινητός κόμβος βρίσκεται εκτός του οικείου δικτύου, αναμονή για τις περιοδικές διαφημίσεις των δρομολογητών (Router Advertisement)
- Επιλογή ενός δρομολογητή και μίας από τις διαφημιζόμενες διευθύνσεις ως διεύθυνση care-of address αυτού

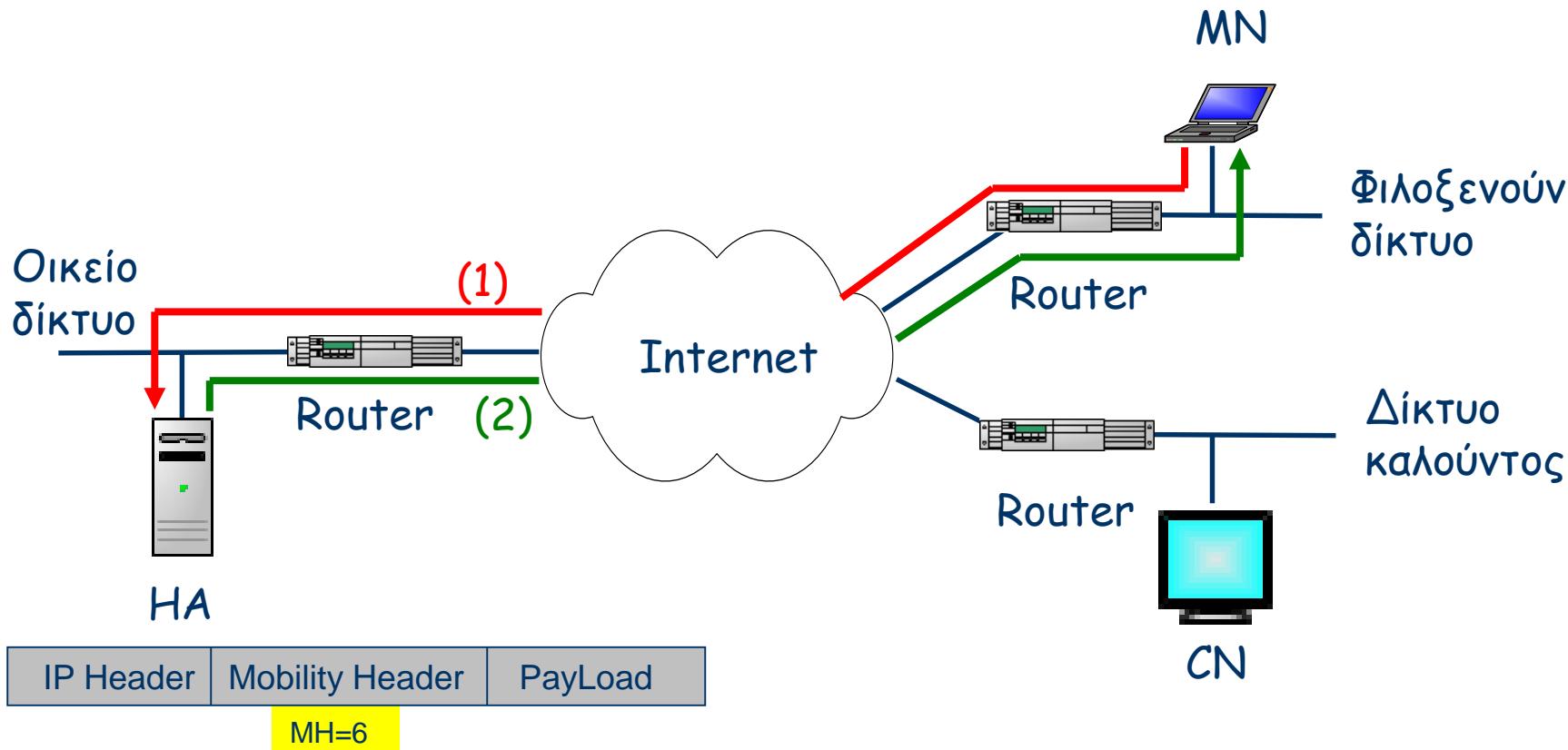


- **Εγγραφή στον οικείο πράκτορα (Home Agent Registration)**
 - Ο MN μέσω της διαδικασίας αυτόματης λήψης διεύθυνσης λαμβάνει την τρέχουσα διεύθυνση (care-of address)
 - Ο MN εγγράφει την care-of address στον οικείο πράκτορα στο οικείο δίκτυο (χρήση Binding Update)
 - Ο HA χρησιμοποιεί proxy Neighbor Discovery (αντίστοιχο του Proxy-ARP) και απαντά στα Neighbor Solicitation (αντίστοιχο του ARP request) αντί του MN



Εγγραφή στον οικείο πράκτορα

- (1) Binding Update
- (2) Binding Acknowledgement

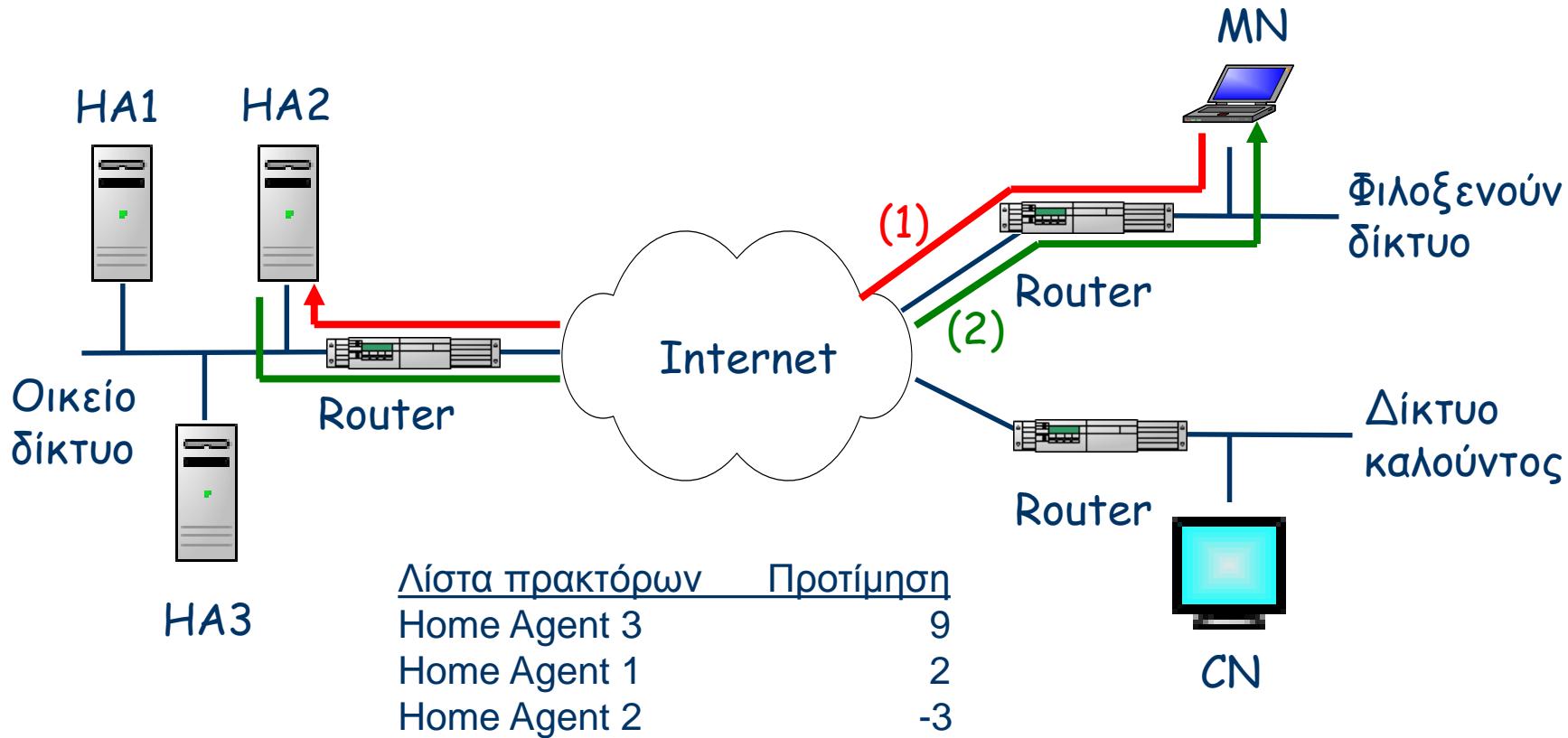


Δυναμική ανεύρεση πράκτορα οικείων



(1) Binding Update στη διεύθυνση anycast για πράκτορες οικείων

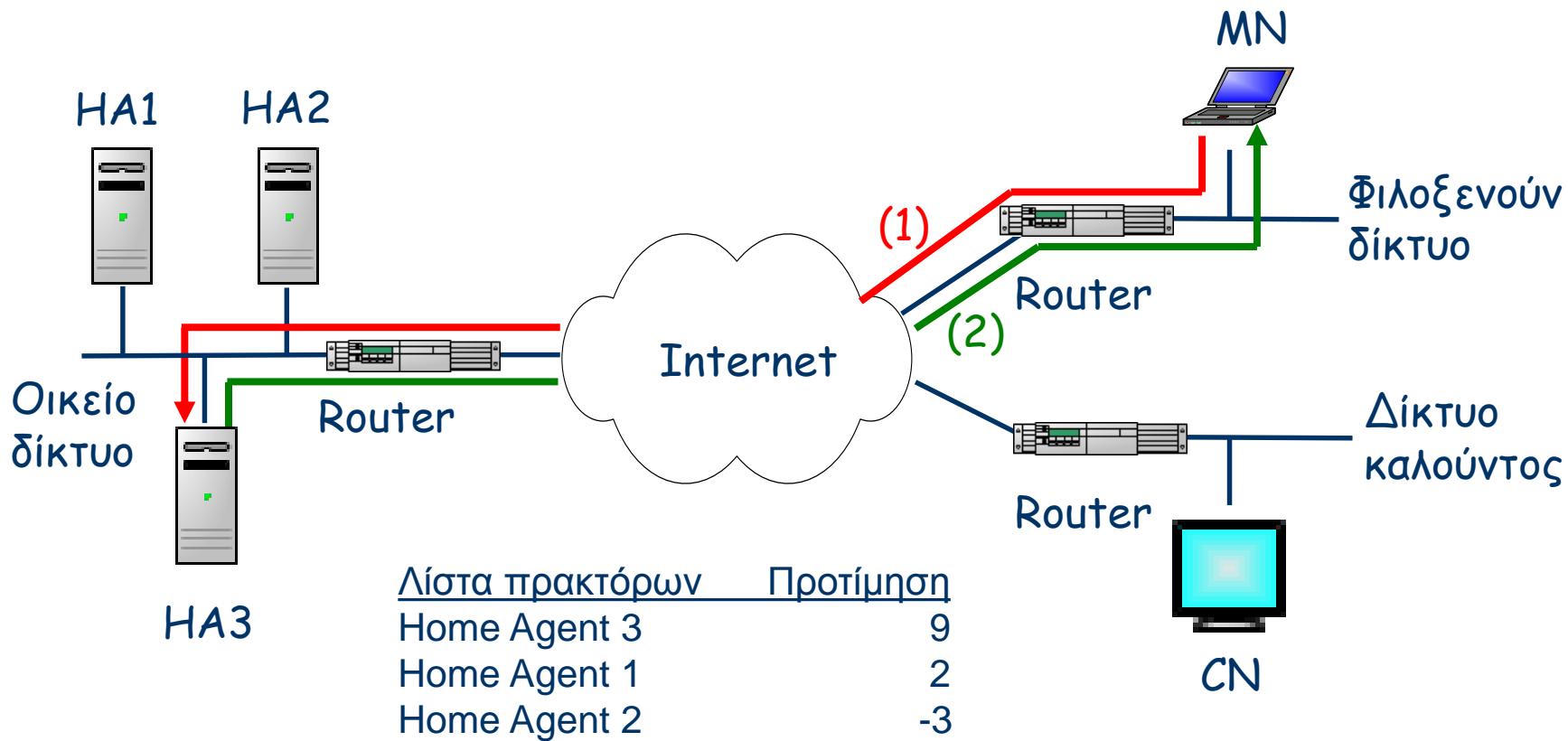
(2) Binding Acknowledgement περιλαμβάνει τη λίστα των πρακτόρων και απορρίπτει την αίτηση



Δυναμική ανεύρεση πράκτορα οικείων



- (1) Binding Update στον Home Agent 3
- (2) Binding Acknowledgement επιβεβαίωση εγγραφής



Παράδοση πακέτων στο MIPv6



- Λειτουργία **αμφίδρομης σήραγγας** (Bi-directional tunneling mode)
 - Δεν απαιτεί υποστήριξη MIPv6 από τον CN
 - Χρήση αντίστροφης σήραγγας
- Λειτουργία **βελτιστοποίησης διαδρομής** (Route Optimization mode)
 - Ο κινητός κόμβος MN εγγράφει την τρέχουσα διεύθυνση CoA στον CN

Δομές δεδομένων κινητικότητας



- HA, CN: Binding Cache
 - Όταν HA, CN στέλνουν πακέτο, ψάχνουν πρώτα τη μνήμη δεσμεύσεων (σε σχέση με τους γνωστούς προορισμούς από τη διαδικασία Neighbor Discovery)
- HA: Home Agent List
 - Η λίστα των πρακτόρων οικείων χρησιμοποιείται από τον μηχανισμό δυναμικής εύρεσης πρακτόρων
- MN: Binding Update List
 - Περιέχει πληροφορία για δεσμεύσεις προς HA ή CN που έστειλε ο MN, η διάρκεια ζωής της οποίων δεν έληξε



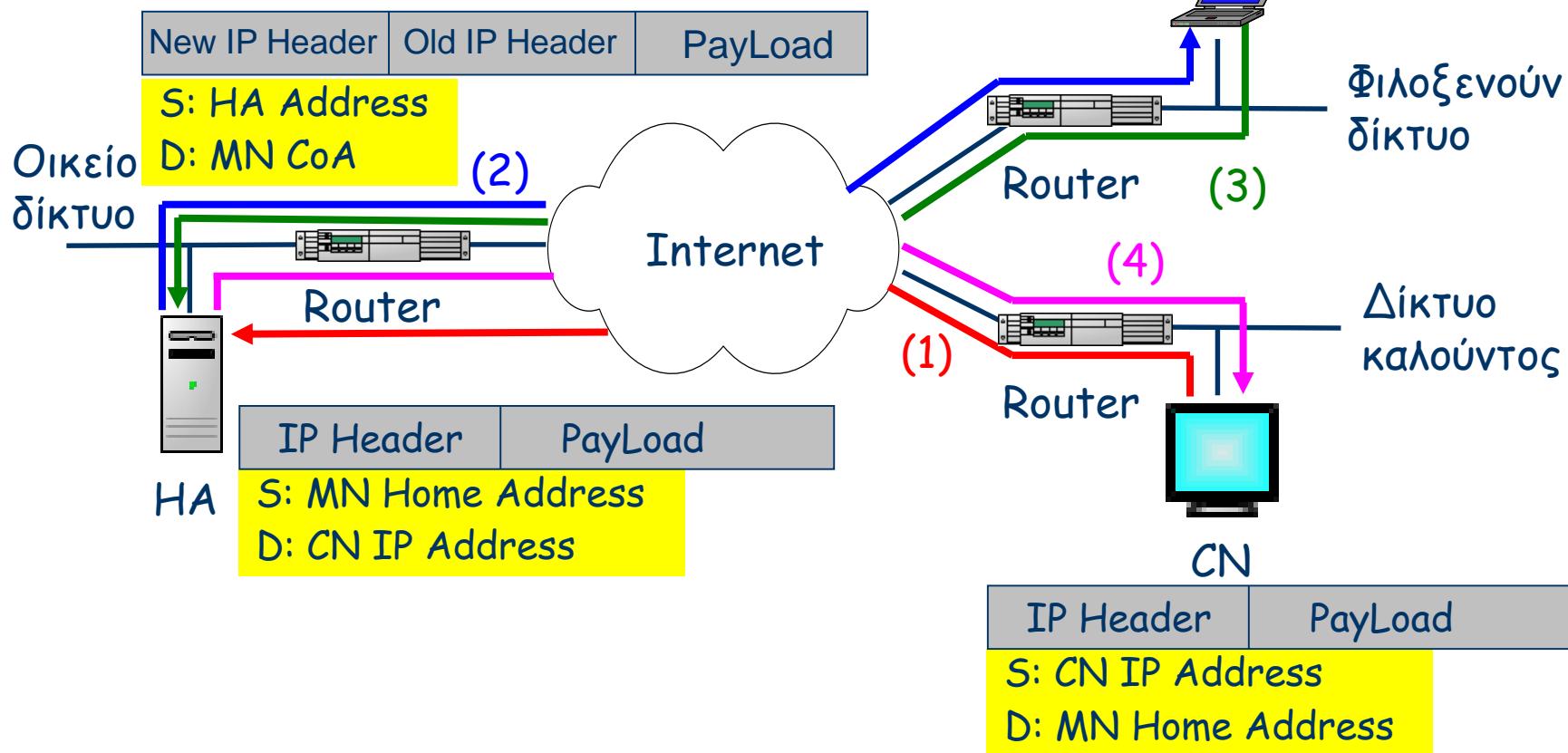
Αμφίδρομη σύραγγα

(1) Πακέτο

(2) Ενθυλακωμένο πακέτο

(3) Ενθυλακωμένο πακέτο απάντηση

(4) Απάντηση





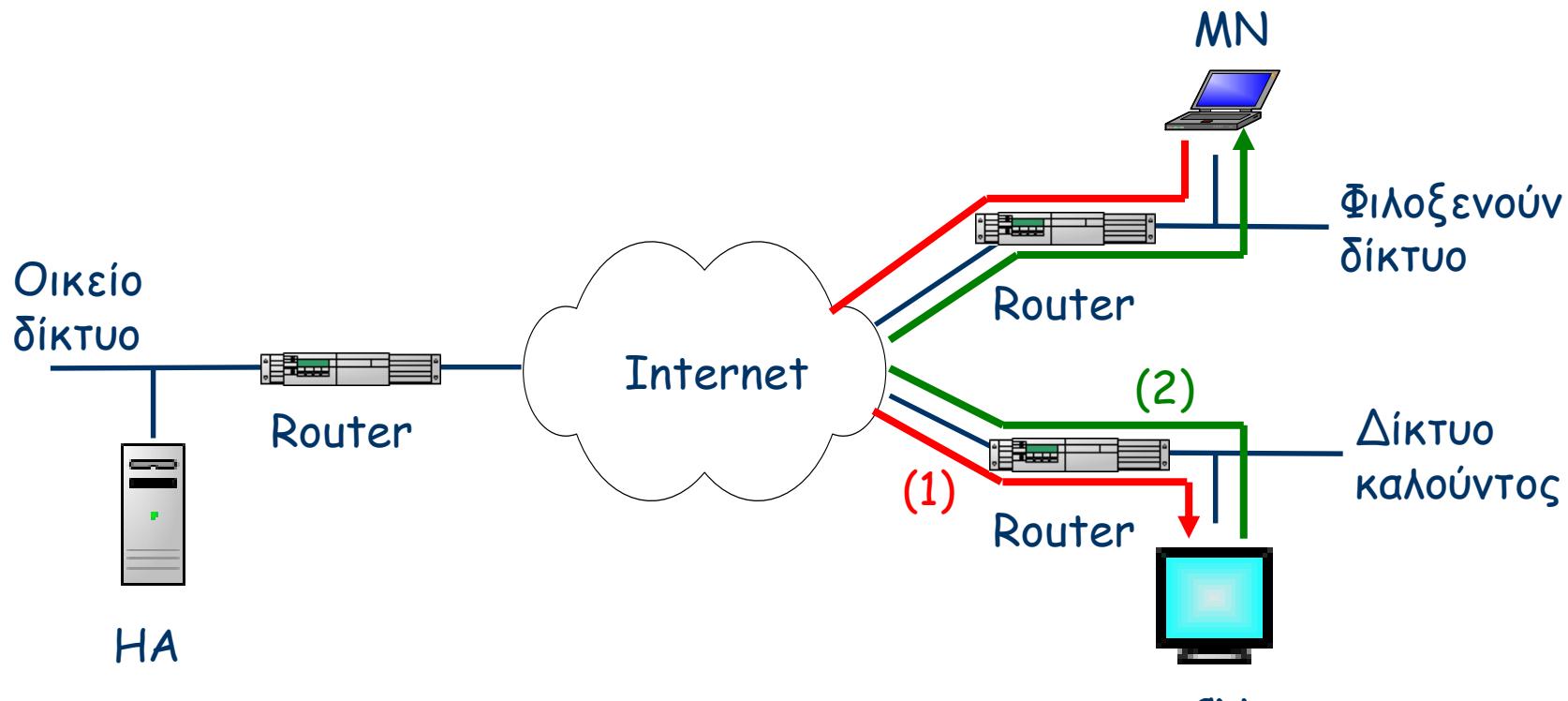
Route Optimization mode

- Χρησιμοποιούνται οι επικεφαλίδες επέκτασης:
 - προορισμού (**Destination Option**)
 - δρομολόγησης (**Routing Option**)
- Ο κινητός κόμβος MN στην επικεφαλίδα Destination Option δηλώνει ως επιλογή **home address** τη διεύθυνσή του στο οικείο δίκτυο
- Ο καλών κόμβος CN στέλνει πακέτα στην CoA του κινητού κόμβου MN δηλώνοντας με τον **ΤΥΠΟ 2 Routing Header** την οικεία διεύθυνση του MN
 - Δεν χρειάζεται ενθυλάκωση
 - Μειώνει την κίνηση προς τον HA
 - Μειώνει τις επιπτώσεις βλάβης του HA ή μη διαθεσιμότητας του οικείου δίκτυου

Βελτιστοποίηση διαδρομής



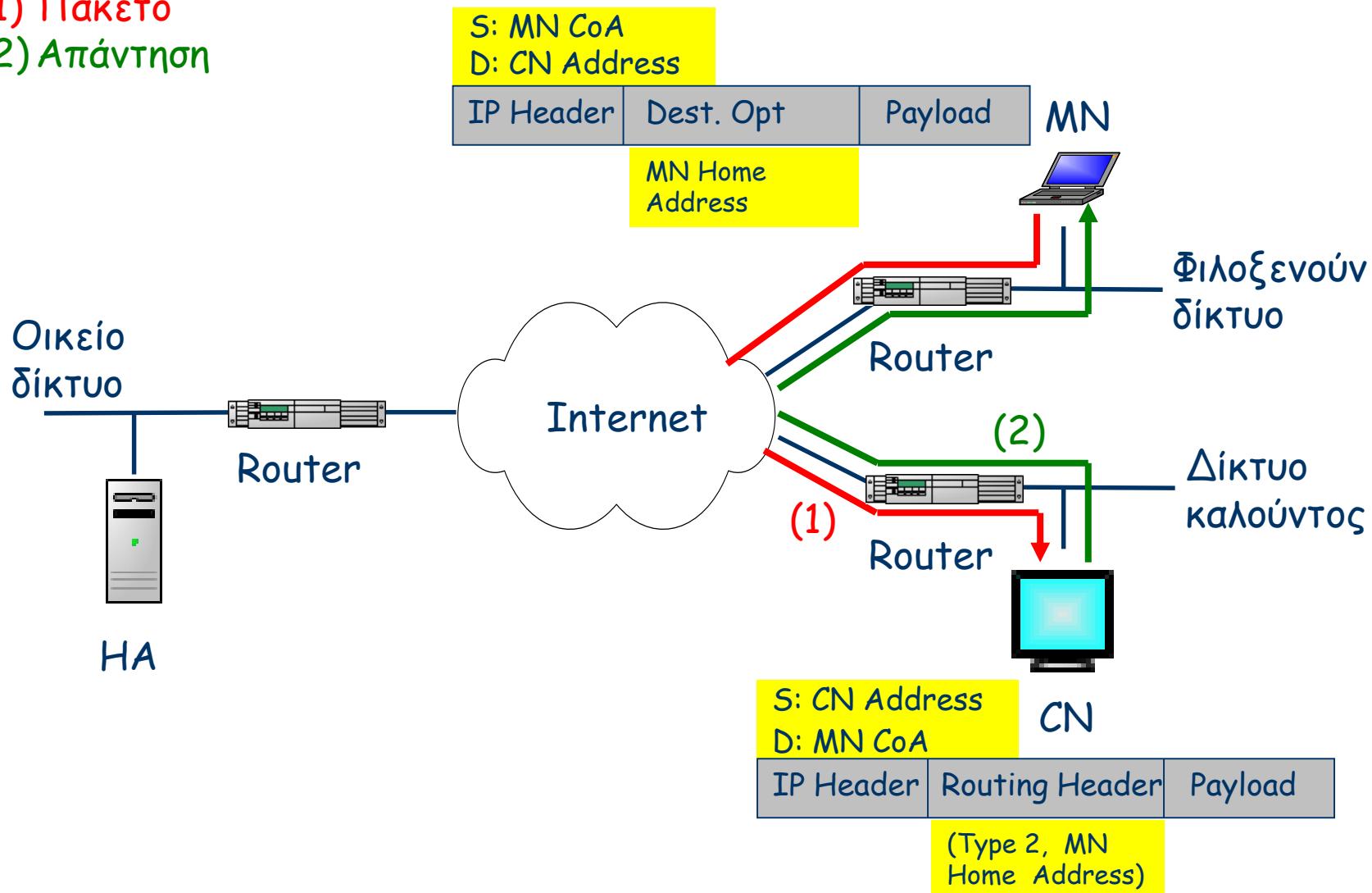
- (1) Binding Update
- (2) Binding Acknowledgement



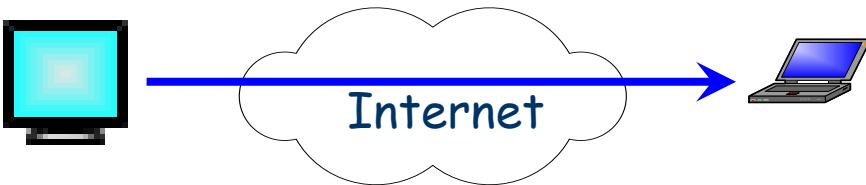
Βελτιστοποίηση διαδρομής



- (1) Πακέτο
(2) Απάντηση



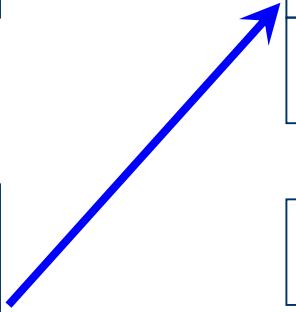
Παράδοση πακέτου στον MN



S: CN address
D: MN home address



S: CN address
D: MN care-of address
Routing Header:
MN home address



S: CN address
D: MN care-of address
Routing Header:
MN home address

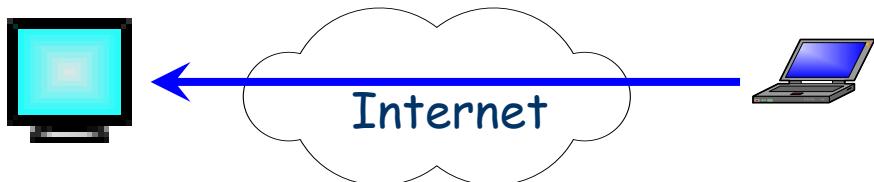


S: CN address
D: MN home address



MN λαμβάνει το πακέτο στη διεπαφή loopback

Αποστολή πακέτου από τον MN



S: MN care-of address

D: CN address

Destination Option Header -
Home Address Option:
MN home address



S: MN home address

D: CN address

MN στο οικείο δίκτυο:

S: MN home address

D: CN address

MN στο φιλοξενούν δίκτυο:

S: MN care-of address

D: CN address

Destination Option Header -
Home Address Option:
MN home address