



Κινητικότητα στο Διαδίκτυο



Υπόβαθρο

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



Κινητικότητα

- από την άποψη του **δικτύου**:

ακίνησια

υψηλή κινητικότητα



κινητός χρήστης
που χρησιμοποιεί
το ίδιο σημείο
πρόσβασης

κινητός χρήστης,
συνδεδεμένος/
αποσυνδεδεμένος στο
δίκτυο
χρησιμοποιώντας
DHCP

κινητός χρήστης που
διέρχεται από πολλά
σημεία πρόσβασης
ενώ επικοινωνεί



Δύο είδη κινητικότητας

- 1) Η κινητικότητα είναι εντελώς διάφανη για τις εφαρμογές
 - **Αδειάληπτη (seamless)**
- 2) Η κινητικότητα δεν είναι διαφανής για τις εφαρμογές, αλλά ο υπολογιστής μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση στο δίκτυο από μια νέα θέση
 - **φορητότητα (portability)**
- Τα πρωτόκολλα υποστηρίζουν οποιαδήποτε από αυτές
 - Mobile IP υποστηρίζει αδειάληπτη κινητικότητα
 - DHCP υποστηρίζει φορητότητα



Βασικά θέματα

- Πώς αντιλαμβάνεται το κινητό τερματικό την αλλαγή δικτύου;
 - Το τερματικό ακούει μηνύματα διαφήμισης της υποδομής του δικτύου (δρομολογητές)
 - Απαιτείται επαύξηση των πρωτοκόλλων ελέγχου του IP (ICMP)
- Οι διευθύνσεις IP εξ ορισμού προσδιορίζουν διεπαφές, οπότε αλλαγή σημείου πρόσβασης ισοδυναμεί με αλλαγή διεύθυνσης IP, μάσκας υποδικτύου και προεπιλεγμένης πύλης
 - Απαιτούνται πρωτόκολλα (π.χ. DHCP) για τη δυναμική αναδιάρθρωση (εκχώρηση διευθύνσεων και άλλων αναγκαίων τηλεπικοινωνιακών παραμέτρων)
- Πώς διατηρείται η επικοινωνία παρά τη μετακίνηση του τερματικού, αφού αλλαγή των διευθύνσεων συνεπάγεται διακοπή των συνδέσεων στο στρώμα μεταφοράς;
 - Σε επίπεδο IP απαιτείται ένα νέο πρωτόκολλο, ώστε να υποστηριχθεί η αδιάλειπτη επικοινωνία (π.χ. Mobile IP)

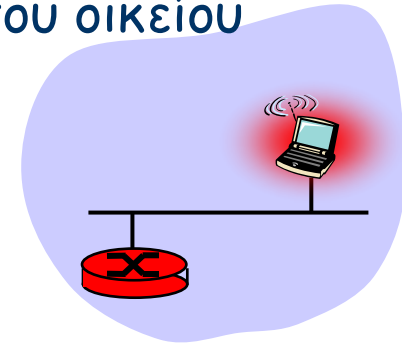
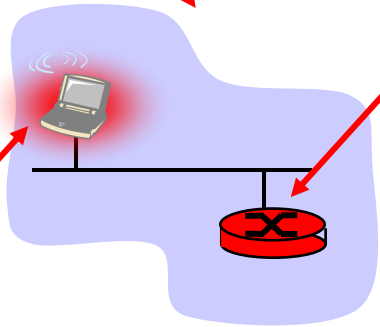


Ορολογία

οικείο δίκτυο: μόνιμη θέση του κινητού υπολογιστή

πράκτορας οικείων: οντότητα που πραγματοποιεί λειτουργίες κινητικότητας για λογαριασμό του κινητού υπολογιστή, όταν αυτός είναι εκτός του οικείου δικτύου

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

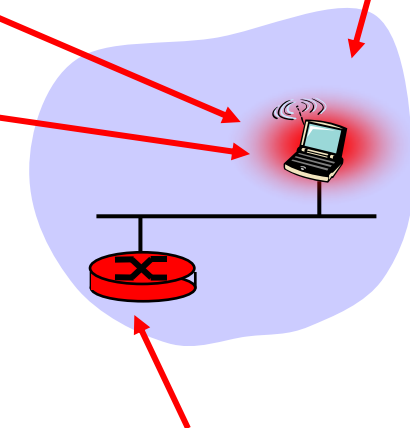
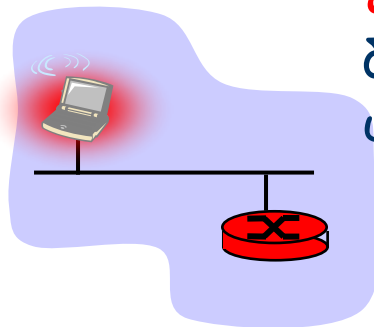




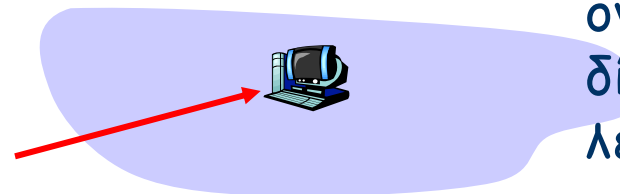
μόνιμη διεύθυνση: παραμένει σταθερή

φιλοξενούν δίκτυο: δίκτυο όπου βρίσκεται προσωρινά ο κινητός υπολογιστής

Care-of-address: διεύθυνση στο φιλοξενούν δίκτυο



καλών: επιθυμεί να επικοινωνήσει με τον κινητό χρήστη



πράκτορας επισκεπτών: οντότητα στο φιλοξενούν δίκτυο που πραγματοποιεί λειτουργίες κινητικότητας για λογαριασμό του κινητού υπολογιστή

Προσεγγίσεις στο θέμα



- **Να το αντιμετωπίσουν οι δρομολογητές:** οι δρομολογητές διαφημίζουν τη μόνιμη διεύθυνση των κινητών που φιλοξενούν, μέσω ανταλλαγής πινάκων δρομολόγησης
 - οι πίνακες δείχνουν πού είναι κάθε κινητός
 - δεν απαιτούνται αλλαγές στα ακραία συστήματα!
- **Να το αντιμετωπίσουν τα ακραία συστήματα:**
 - **έμμεση δρομολόγηση:** η κίνηση από τον καλούντα στον κινητό οδεύει μέσω του πράκτορα οικείων και προωθείται στον φιλοξενούν δίκτυο
 - **άμεση δρομολόγηση:** ο καλών λαμβάνει τη νέα διεύθυνση του κινητού και επικοινωνεί απευθείας με το κινητό

Προσεγγίσεις στο θέμα



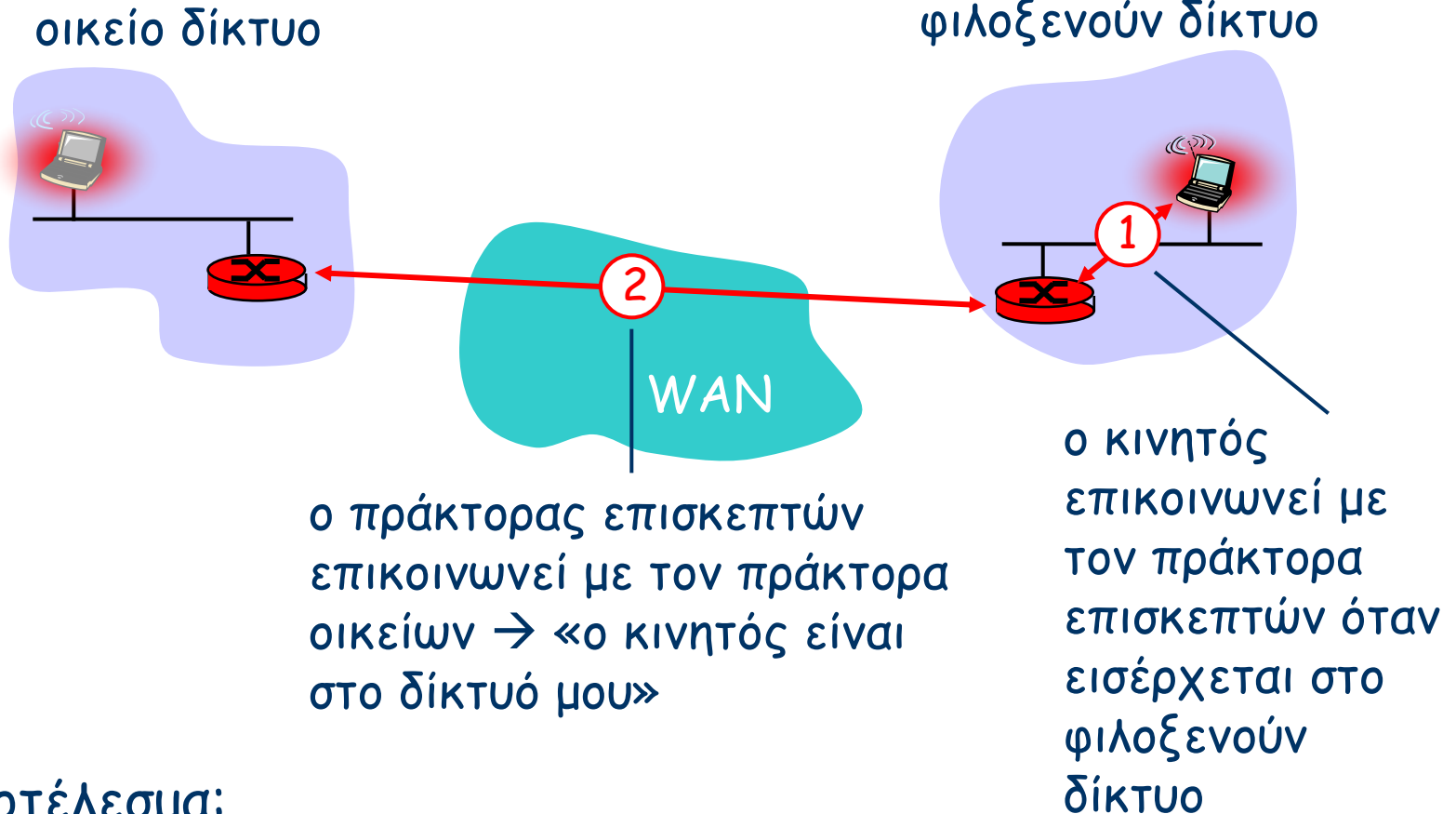
- Η παροχή κινητικότητας μέσω δρομολογητών δεν κλιμακώνεται
 - εκατομμύρια κινητοί υπολογιστές
 - τεράστιοι πίνακες δρομολόγησης
- *Η αντιμετώπιση στα ακραία συστήματα η μόνη πρακτική λύση!*
 - Έμμεση δρομολόγηση
 - Άμεση δρομολόγηση



Κινητικότητα μέσω έμμεσης δρομολόγησης



Εγγραφή

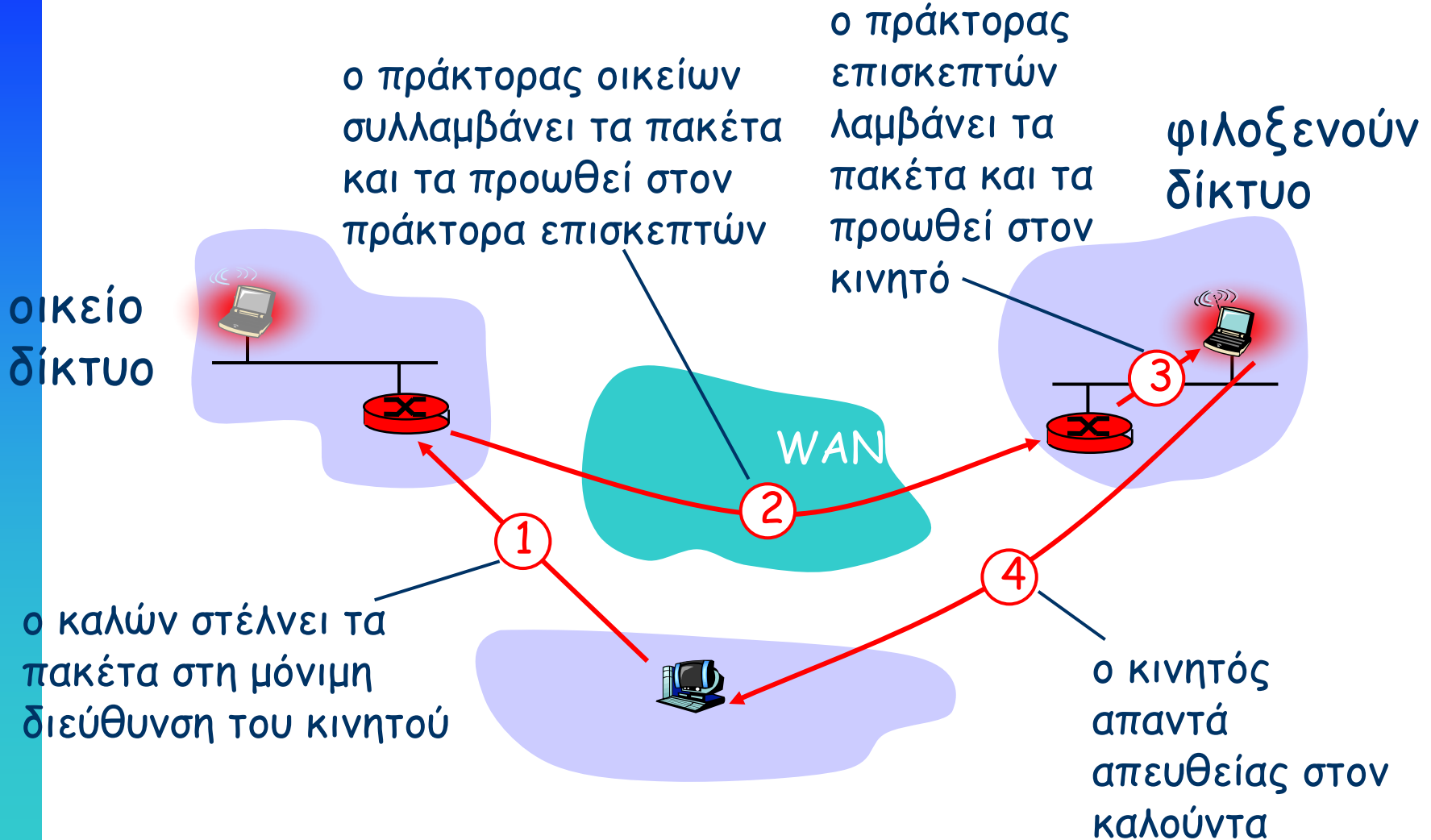


Αποτέλεσμα:

- Ο πράκτορας επισκεπτών γνωρίζει για τον κινητό
- Ο πράκτορας οικείων γνωρίζει τη θέση του κινητού



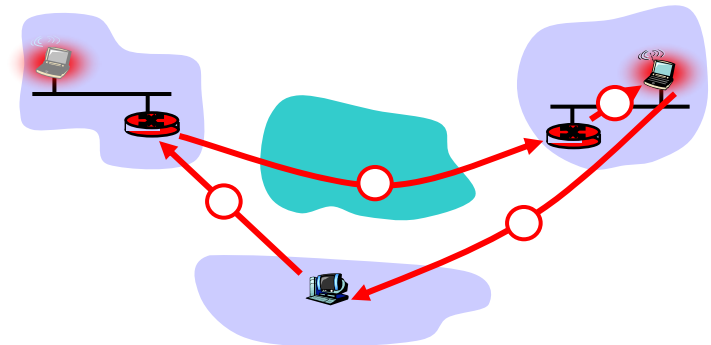
Επικοινωνία με τον κινητό



Τριγωνική δρομολόγηση



- Ο κινητός υπολογιστής χρησιμοποιεί δύο διευθύνσεις:
 - **μόνιμη διεύθυνση:** χρησιμοποιείται από τον καλούντα (η θέση του κινητού είναι **διαφανής** στον καλούντα)
 - **care-of-address:** χρησιμοποιείται από τον πράκτορα οικείων για να προωθήσει δεδομενογράμματα στον κινητό
- οι λειτουργίες του πράκτορα επισκεπτών μπορεί να γίνουν και από τον ίδιο τον κινητό υπολογιστή
- **τριγωνική δρομολόγηση:** καλών - οικείο δίκτυο - κινητό
 - αναποτελεσματική όταν ο καλών και ο κινητός είναι στο ίδιο δίκτυο



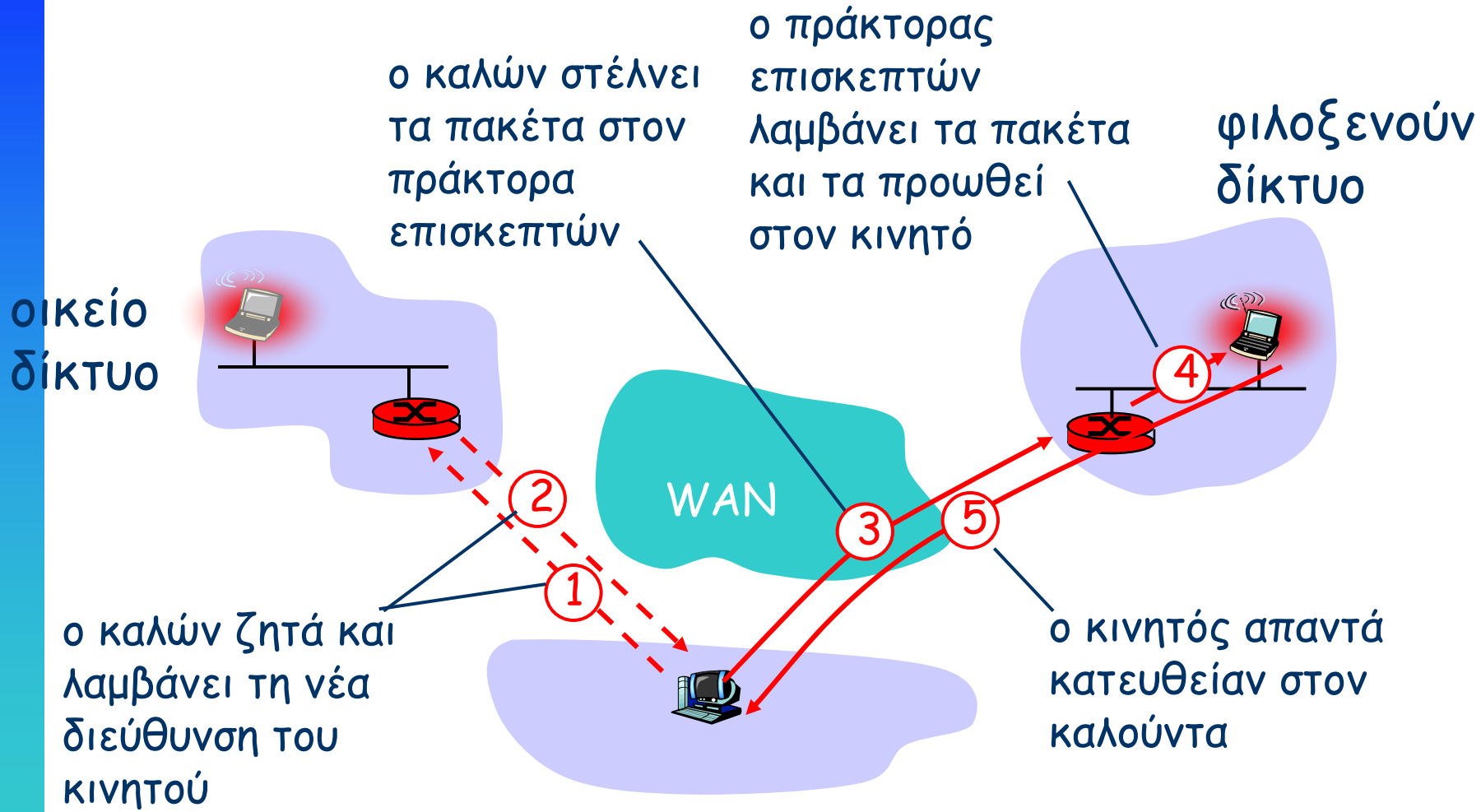


Μετακίνηση μεταξύ δικτύων

- όταν ο κινητός υπολογιστής μετακινείται σε άλλο δίκτυο
 - εγγράφεται στον νέο πράκτορα επισκεπτών
 - ο νέος πράκτορας επισκεπτών επικοινωνεί με τον πράκτορα οικείων
 - ο πράκτορας οικείων ενημερώνει την 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*



Κινητικότητα μέσω άμεσης δρομολόγησης



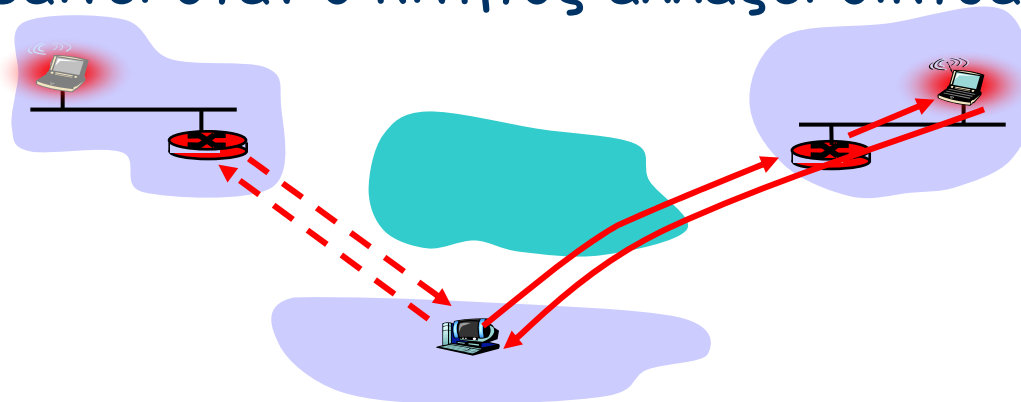


Κινητικότητα μέσω άμεσης δρομολόγησης



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 πράκτορα οικείων
 - Τι συμβαίνει όταν ο κινητός αλλάζει δίκτυα;



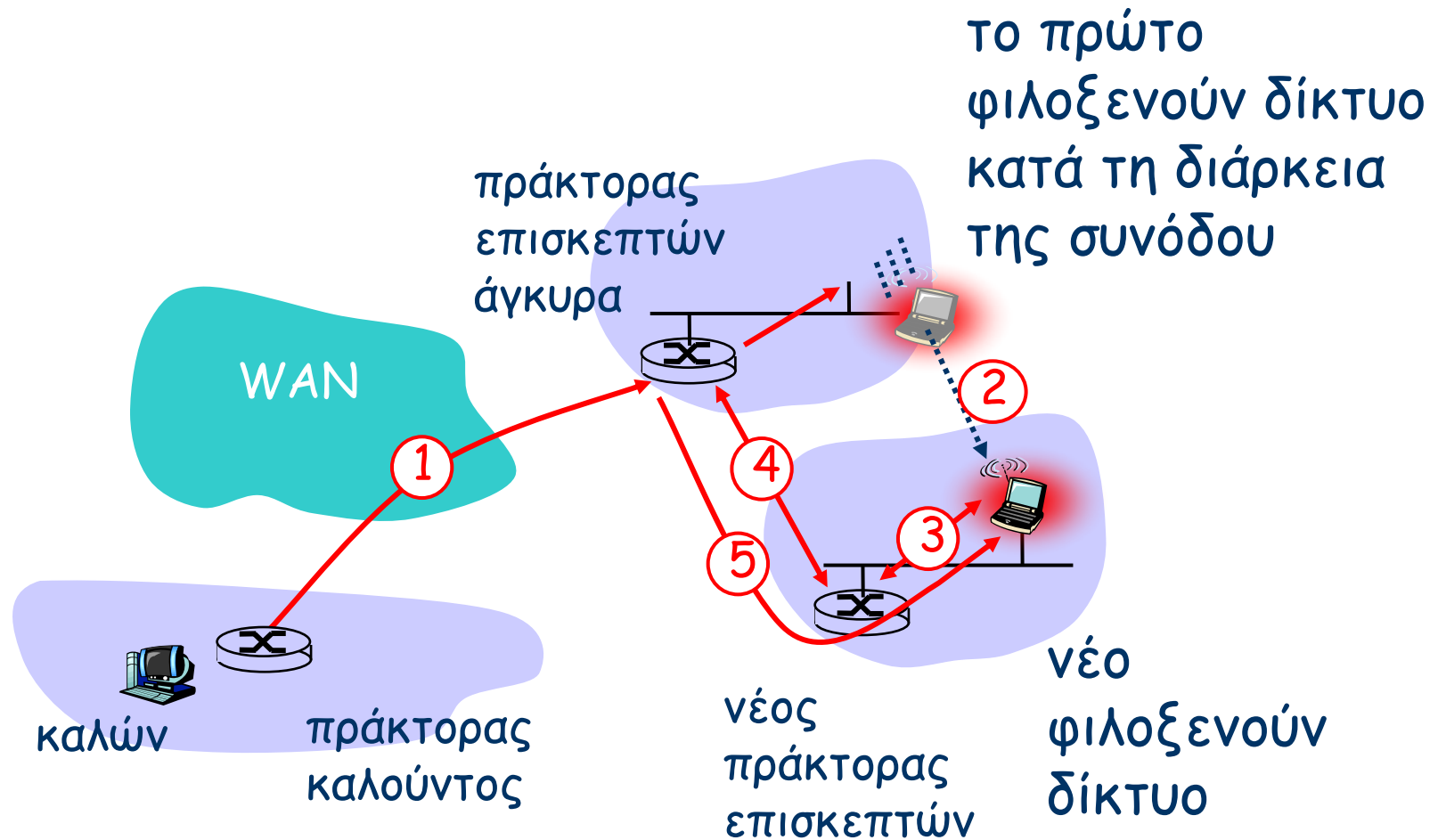
Μετακίνηση μεταξύ δικτύων



- Ο πράκτορας επισκεπτών (FA) του πρώτου φιλοξενούντος δικτύου λειτουργεί ως άγκυρα
- Τα δεδομένα πάντα στέλνονται στον FA άγκυρα
- Όταν ο κινητός μετακινηθεί, ο νέος πράκτορας επισκεπτών φροντίζει για την προώθηση σε αυτών των δεδομένων από τον FA άγκυρα (αλυσίδα)



Μετακίνηση μεταξύ δικτύων





Mobile IP

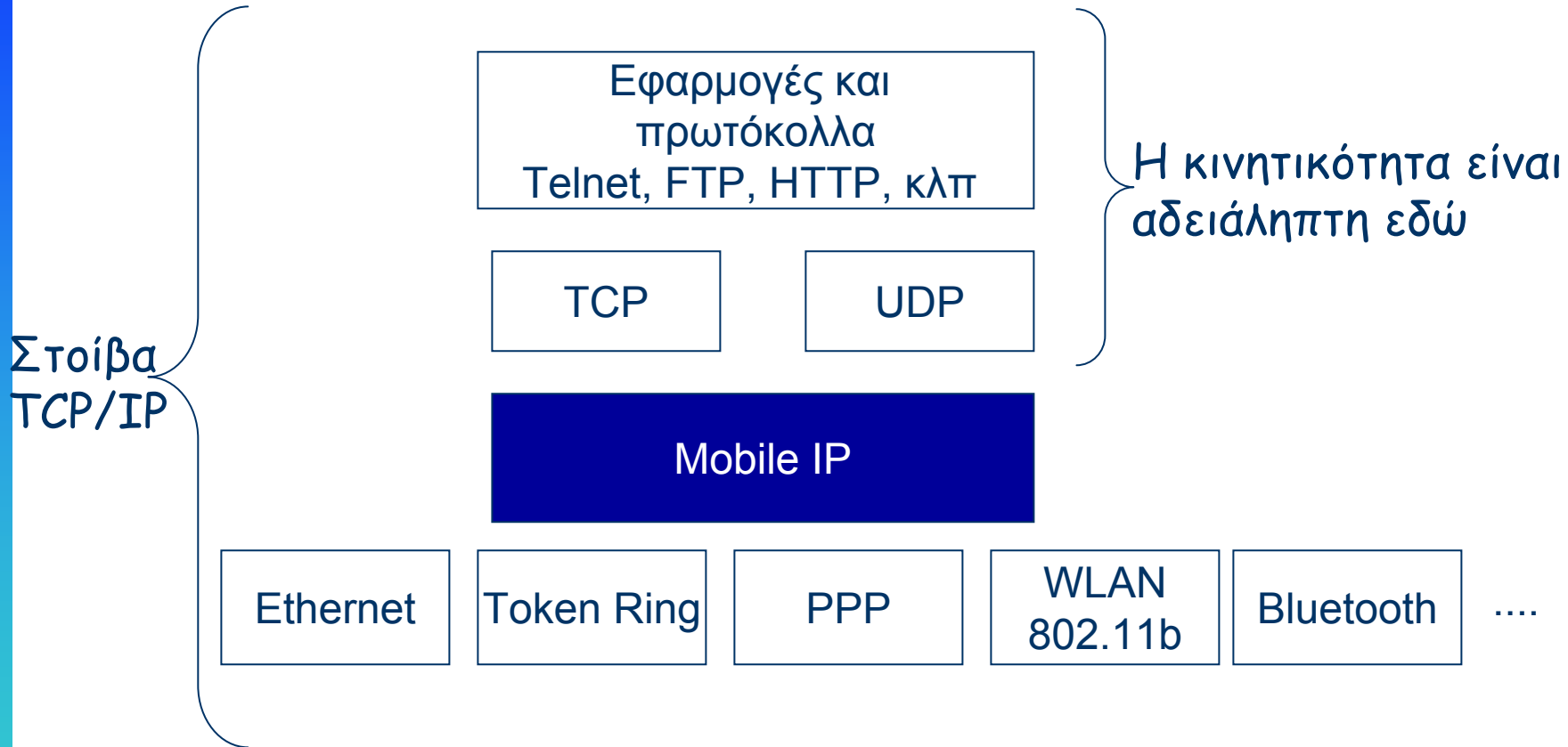


Mobile IP

- RFC 3344
- Περιλαμβάνει τα προηγούμενα χαρακτηριστικά:
 - Πράκτορες οικείων, πράκτορες επισκεπτών, εγγραφή στο φιλοξενούν δίκτυο, διεύθυνση care-of-addresses, ενθυλάκωση (πακέτο εντός πακέτου)
- Το πρότυπο περιγράφει:
 - Έμμεση δρομολόγηση των πακέτων
 - Ανακάλυψη των πρακτόρων
 - Εγγραφή



Mobile IP



Το στρώμα ζεύξης δεδομένων μπορεί να είναι οτιδήποτε

Πρωώθηση σε κινητό υπολογιστή



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

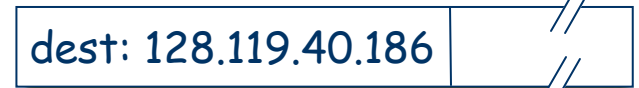
Πρώθηση σε κινητό υπολογιστή



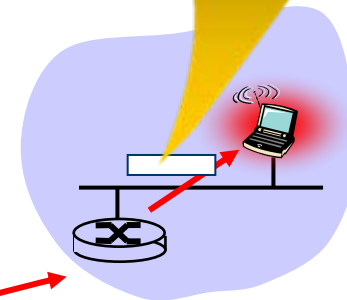
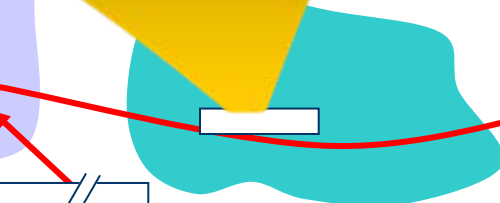
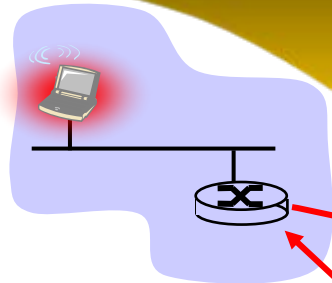
πακέτο που έστειλε ο ΗΑ στον FA:
ενθυλακωμένο πακέτο



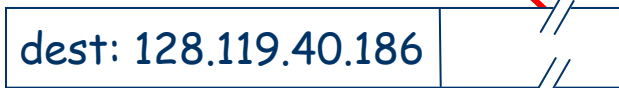
πακέτο από τον FA προς κινητό



Μόνιμη διεύθυνση:
128.119.40.186



Care-of address:
79.129.13.2



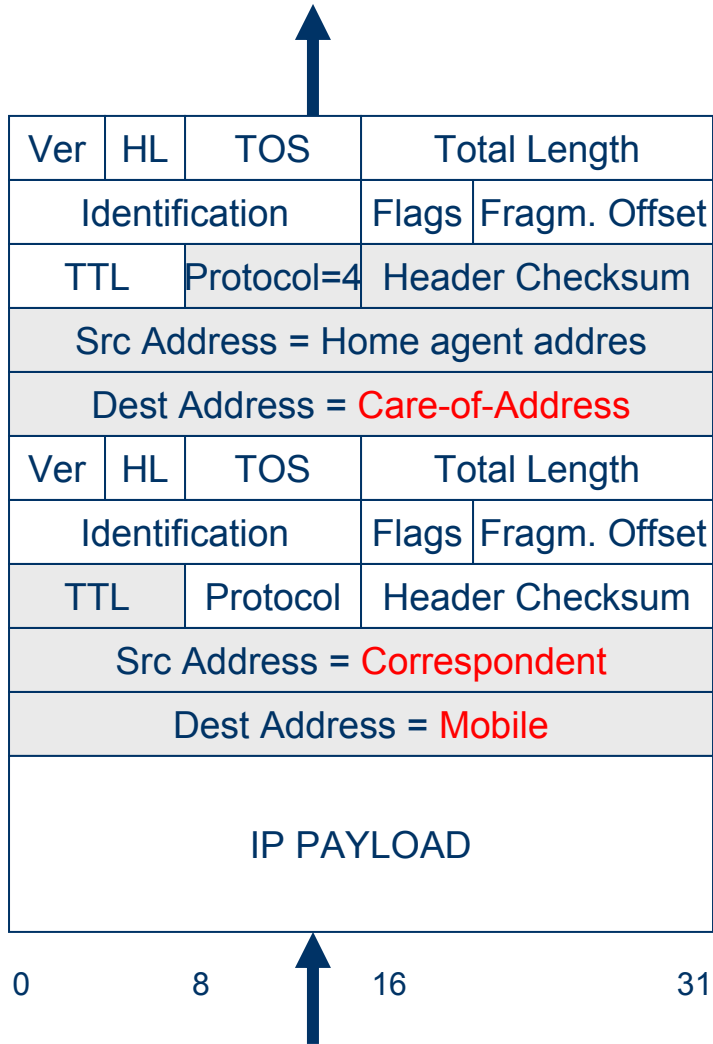
πακέτο που
έστειλε ο καλών

Ενθυλάκωση IP-IP στον πράκτορα οικείων



εξωτερική επικεφαλίδα

εσωτερική επικεφαλίδα



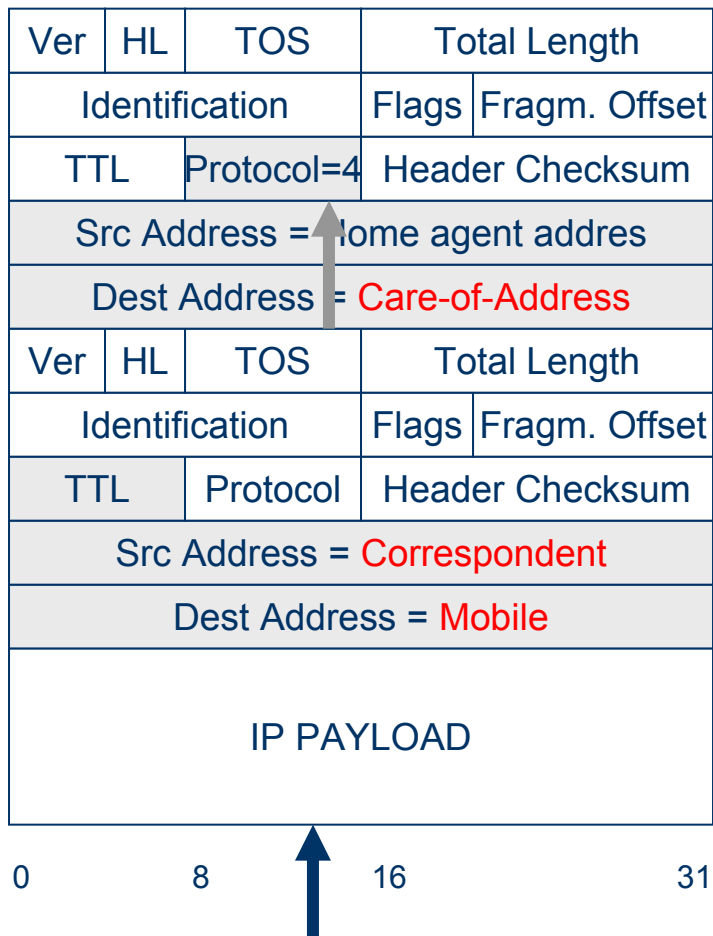
- Ο πράκτορας οικείων ενθυλακώνει το πακέτο IP εντός άλλου πακέτου IP και το στέλνει στην care-of-address του κινητού
- Το πακέτο IP λαμβάνεται στον πράκτορα οικείων από τον καλούντα



Απο-ενθυλάκωση IP-IP στην Care-of-Address

εξωτερική
επικεφαλίδα

εσωτερική
επικεφαλίδα



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



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	SReserved	Header Checksum		
Dest Address = Mobile				
Src Address = Correspondent				
IP PAYLOAD				

εξωτερική
επικεφαλίδα

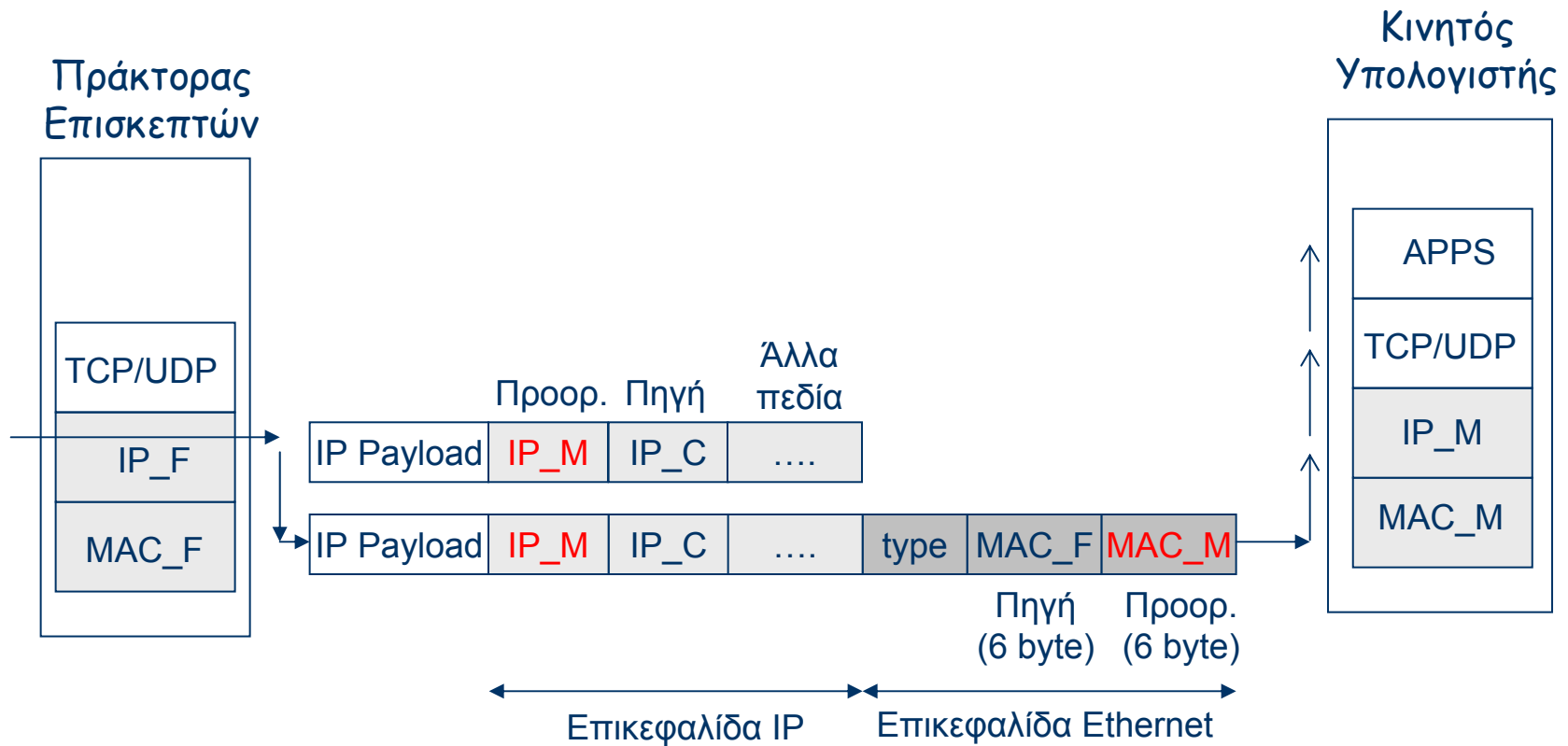
Μινιμαλιστική
εσωτερική
επικεφαλίδα

Μινιμαλιστική ενθυλάκωση

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

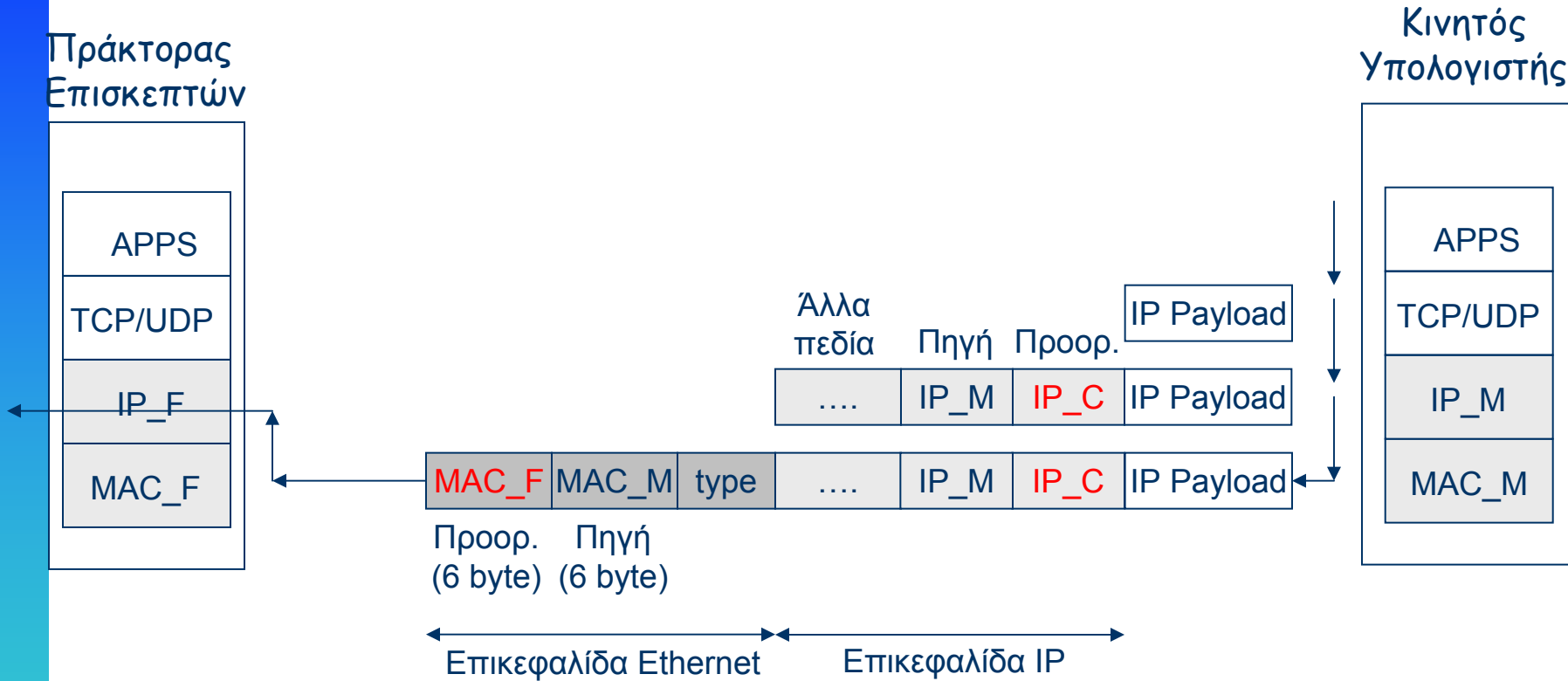
Πακέτο από τον καλούντα

Αποστολή δεδομένων από τον πράκτορα επισκεπτών στον κινητό



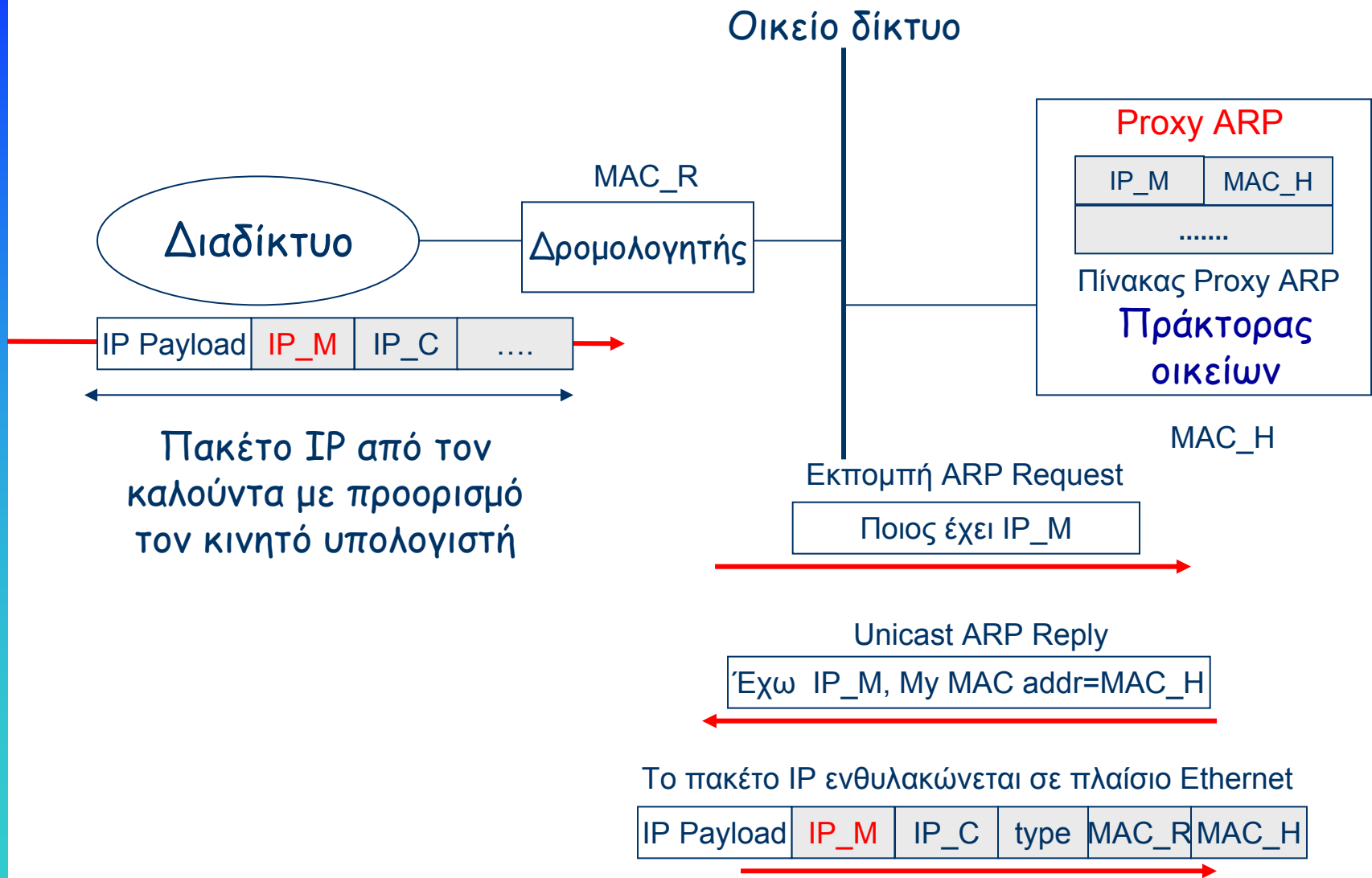


Αποστολή δεδομένων από τον κινητό στον πράκτορα επισκεπτών





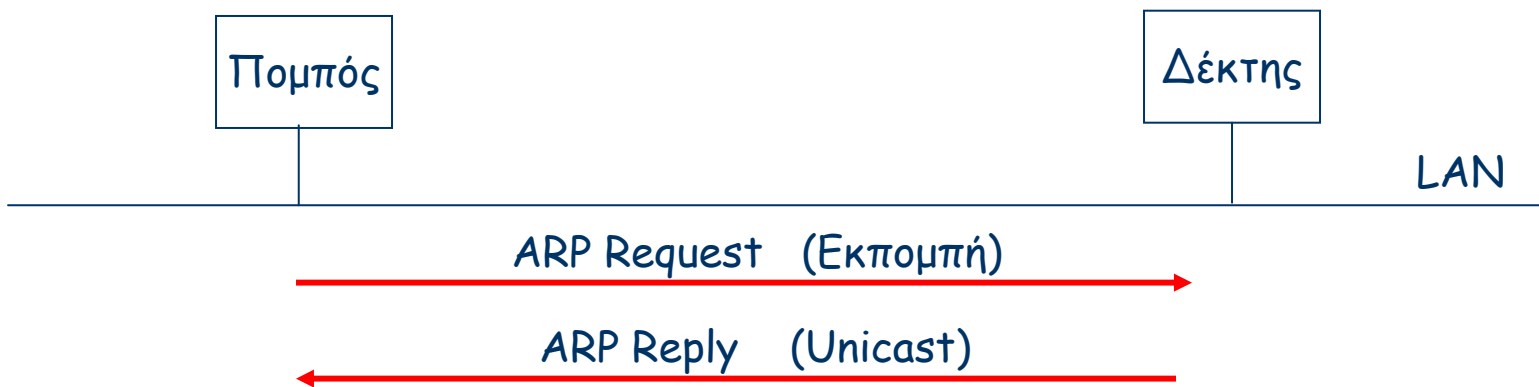
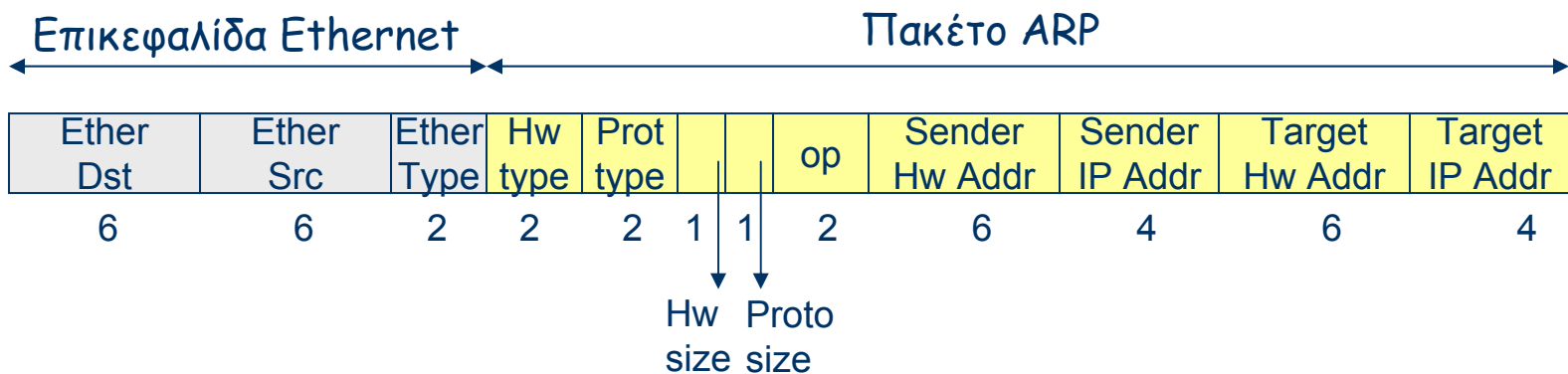
Πώς συλλαμβάνονται τα πακέτα στο οικείο δίκτυο;





Μορφή πακέτου ARP

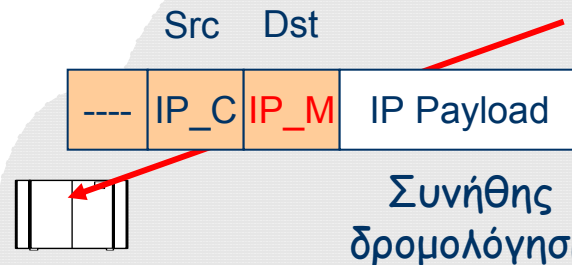
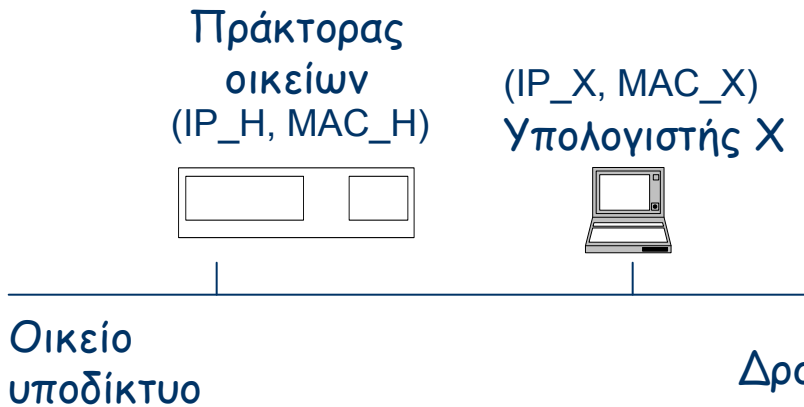
Ether Type: 0x8006 πρωτόκολλο ARP
Op Field: 1 – ARP Request
 2 – ARP Reply



Παράδειγμα Proxy ARP



καλών υπολογιστής (IP_C)



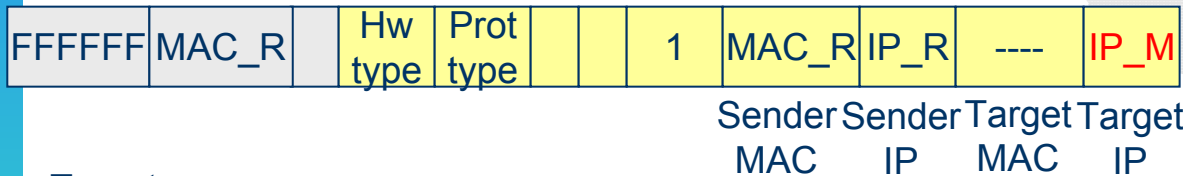
Δρομολογητής (IP_R, MAC_R)

INTERNET



(IP_M, MAC_M) κινητός

ARP Request



Proxy ARP Reply



Data (Πακέτο IP)





Εύρεση πρακτόρων

- **διαφήμιση πρακτόρων:** οι πράκτορες οικείων/επισκεπτών 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 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 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 πράκτορας οικείων

F: ο πράκτορας είναι πράκτορας επισκεπτών

M: μινιμαλιστική ενθουλάκωση

G: ενθουλάκωση GRE

V: Συμπύεση επικεφαλίδων Van Jacobson

0	8	16	31
Ver	HL	TOS	Total Length
Identification		Flags	Fragm. Offset
TTL	Protocol	Header Checksum	
Src Address			
Dest Address			
Type=9	Code=0	Checksum	
Num addr	Addr Size	Lifetime	
Type=16	Length	Sequence Number	
Lifetime		Flags	Reserved
0 ή περισσότερες care-of-address			

Επικεφαλίδα IP

Μήνυμα ICMP τύπου Router Advertisement

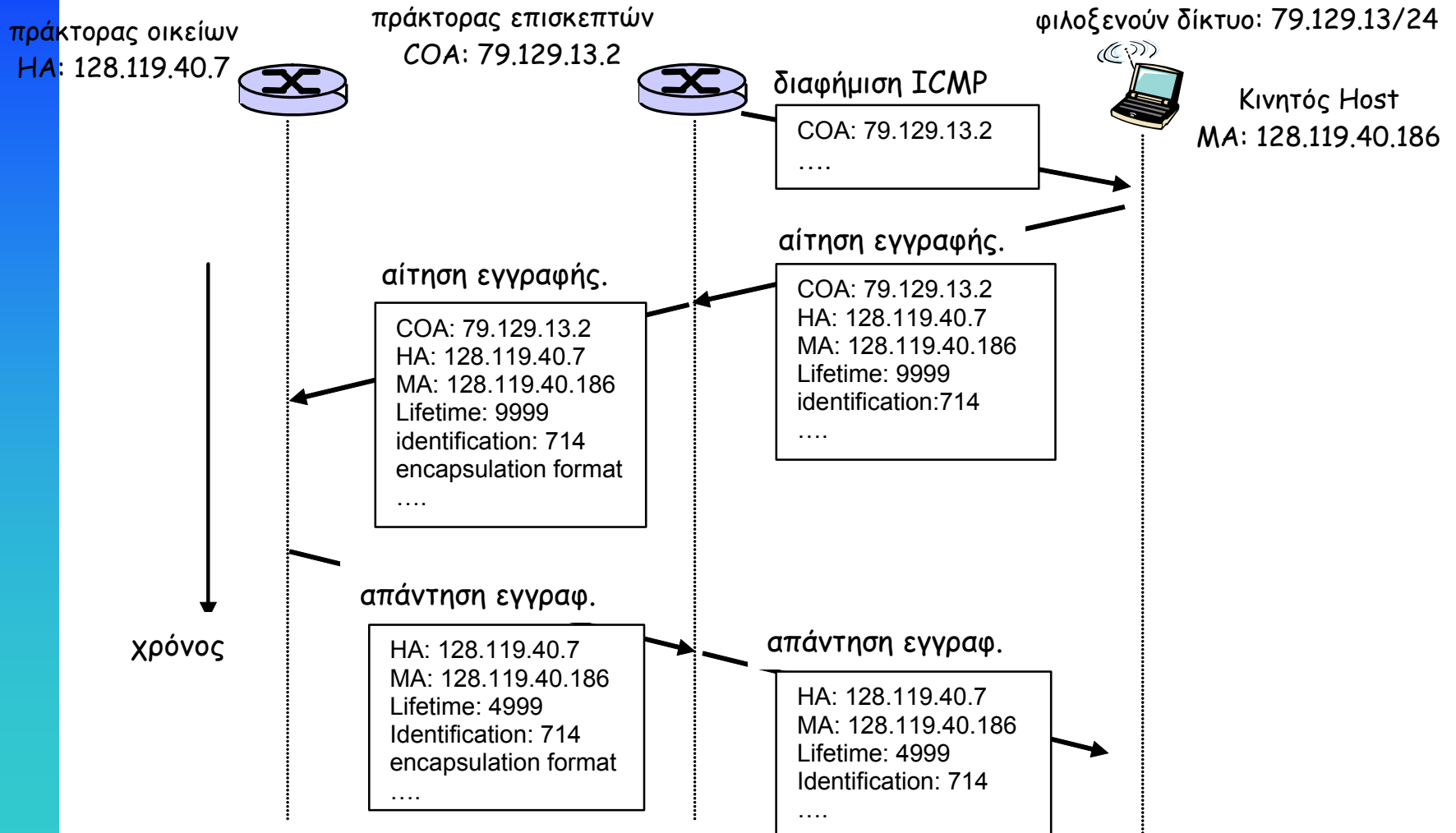
Mobility Agent Extension



Εγγραφή

- Μόλις ο κινητός αντιληφθεί ότι έχει εισέλθει σε νέο δίκτυο ξεκινά τη διαδικασία εγγραφής στον πράκτορα οικείων
 - Για να δηλώσει την care-of-address που λαμβάνει είτε από τον πράκτορα επισκεπτών είτε από εξυπηρετητή DHCP server
- Η διαδικασία εγγραφής συνιστάται στην αποστολή μηνύματος *Registration Request* από τον κινητό στον πράκτορα οικείων και την αποστολή *Registration Reply* από τον πράκτορα οικείων στον κινητό
- Τα μηνύματα εγγραφής διέρχονται από τον πράκτορα επισκεπτών
 - Ο πράκτορας επισκεπτών απλώς τα προωθεί
 - 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

Identification: για προστασία από επιθέσεις επανάληψης

Extensions: παράμετροι ασφάλειας για προστασία

Flags:

S: ταυτόχρονη δέσμευση (binding)

B: ο πράκτορας οικείων θα ενθυλακώνει πακέτα εκπομπής

D: ο κινητός είναι και πράκτορας επισκεπτών

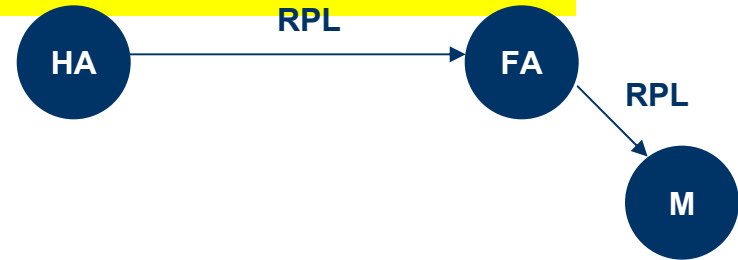
M: ο κινητός ζητά μινιμαλιστική ενθυλάκωση

G: ο κινητός ζητά ενθυλάκωση GRE

IP Header	UDP Header	Mobile IP Message	Extensions
-----------	------------	-------------------	------------



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 πράκτορα επισκεπτών
- 70 κακή μορφή αιτήματος
- 130 ανεπαρκείς πόροι στον πράκτορα οικείων
- 131 αποτυχία πιστοποίησης αυθεντικότητας

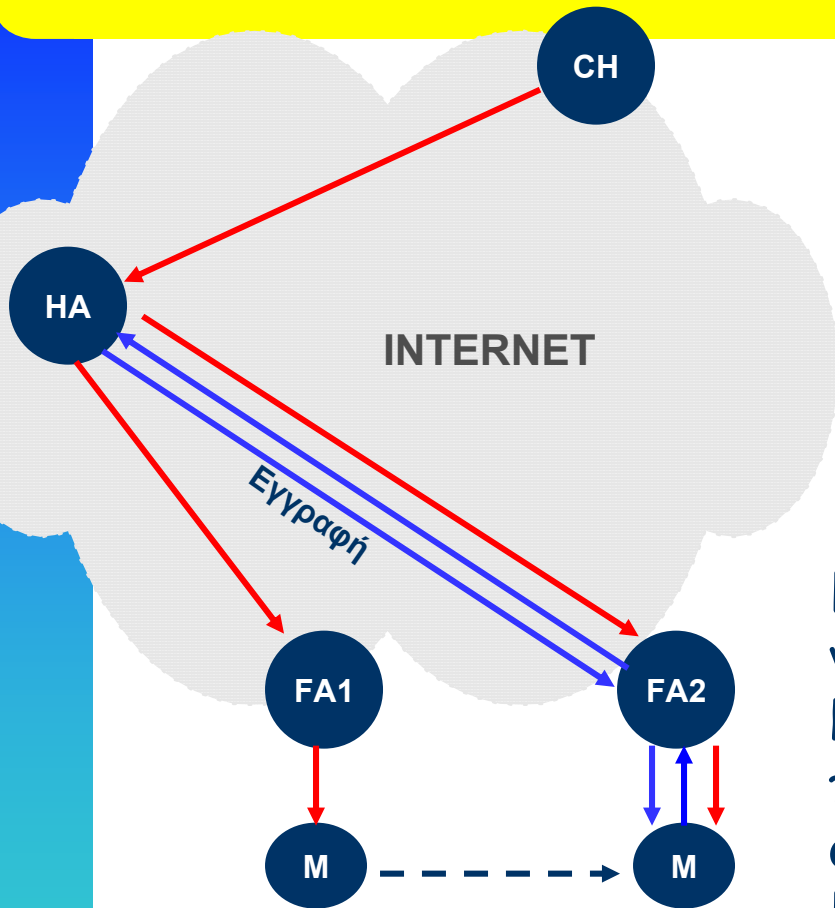
Lifetime: η διάρκεια ισχύος της εγγραφής που έδωσε ο πράκτορας οικείων



Διαπομπή



Ομαλή διαπομπή

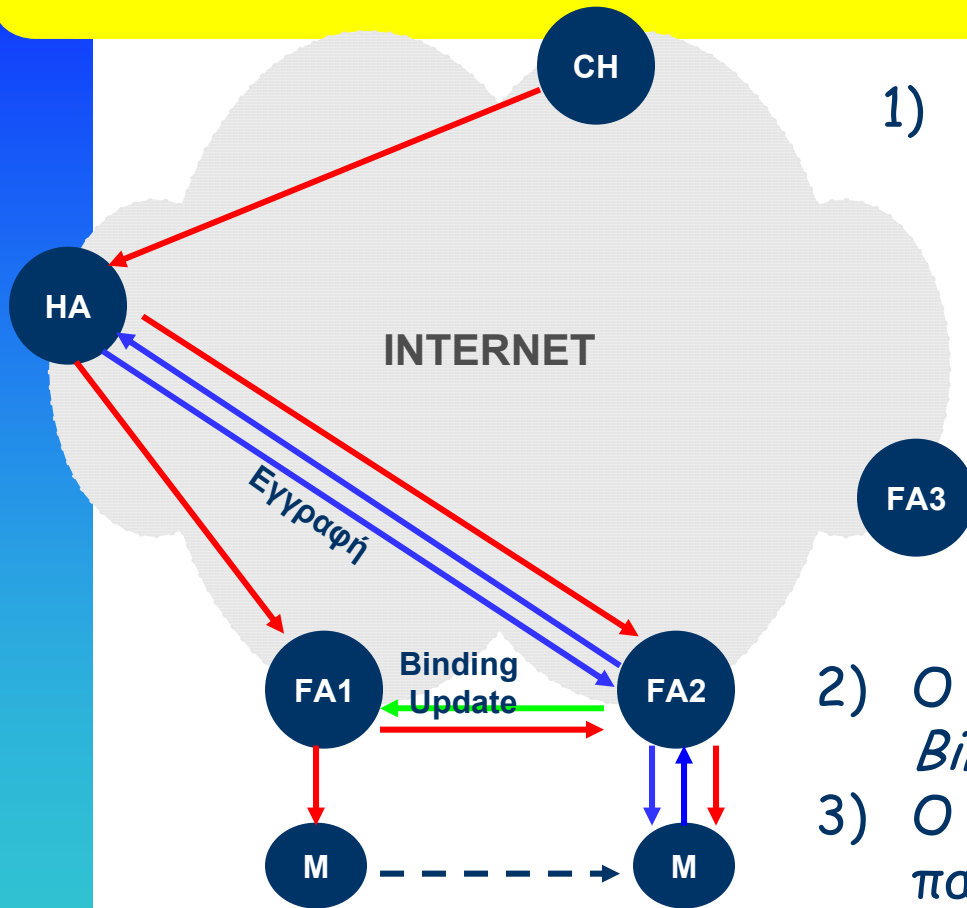


FA3

Κατά τη διάρκεια της διαπομπής μπορεί να χαθούν πακέτα
Η διαπομπή σε νέο σταθμό βάσης (ή πράκτορα επισκεπτών) και εγγραφή στον πράκτορα οικείων είναι χρονοβόρα
Κατά την περίοδο αυτή τα πακέτα θα δρομολογούνται στον παλιό σταθμό βάσης (FA), από όπου ο κινητός έχει φύγει



Ομαλή διαπομπή



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



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 πρακτόρων επισκεπτών**

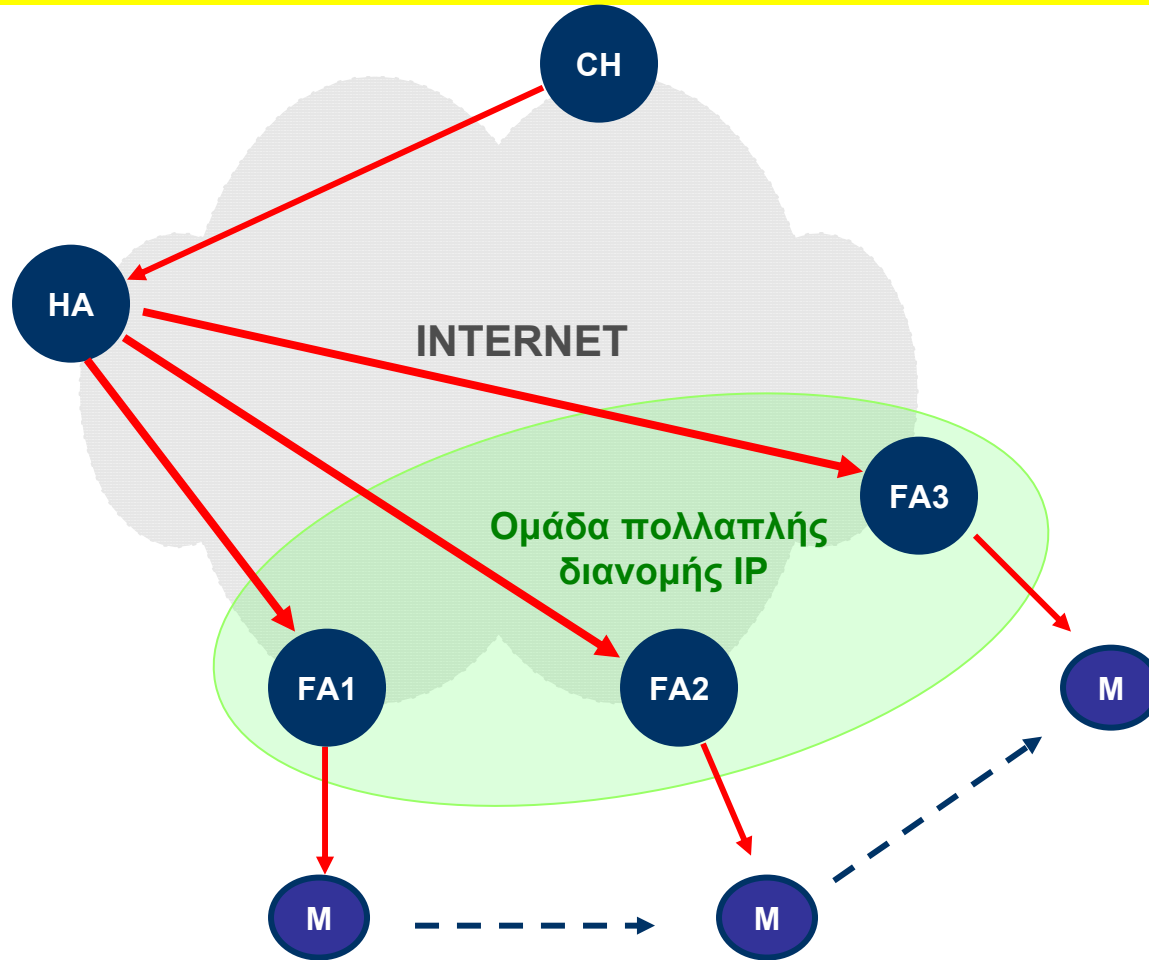


Χρήση πολλαπλής διανομής

- Οι πράκτορες επισκεπτών μιας γειτονιάς σχηματίζουν μια ομάδα πολλαπλής διανομής. Η ομάδα έχει μια **διεύθυνση IP πολλαπλής διανομής**
- Ο κινητός θα χρησιμοποιήσει αυτή τη διεύθυνση πολλαπλής διανομής ως care-of-address.
- Ο πράκτορας οικείων θα στείλει τα ενθυλακωμένα πακέτα για τον κινητό σε αυτή τη διεύθυνση πολλαπλής διανομής
- Οι πράκτορες επισκεπτών της ομάδας πολλαπλής διανομής **αποθηκεύουν τα ενθυλακωμένα πακέτα** για λίγο και μετά τα απορρίπτουν
 - Έτσι, όταν ο κινητός 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



Χρήση πολλαπλής διανομής



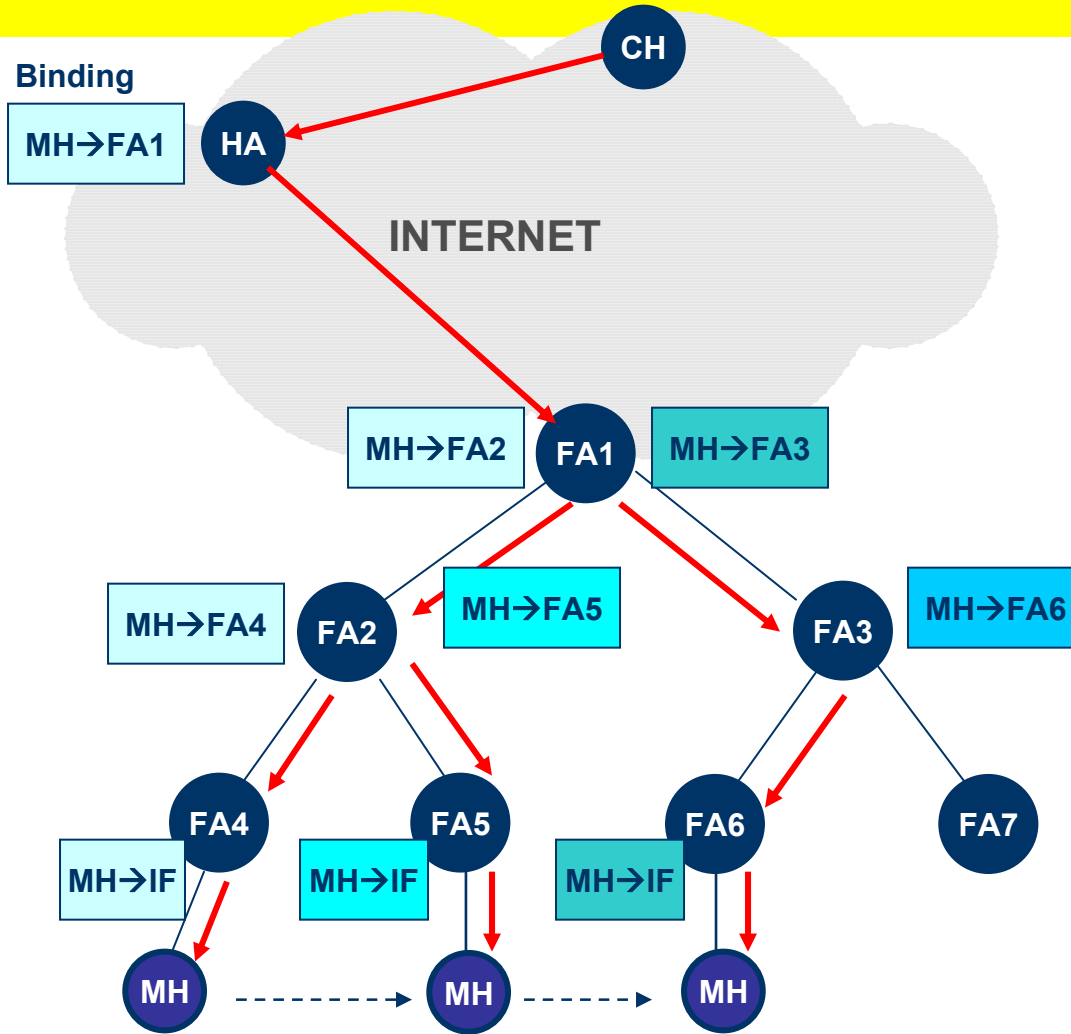


Ιεραρχία πρακτόρων επισκεπτών

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



Ιεραρχία πρακτόρων επισκεπτών





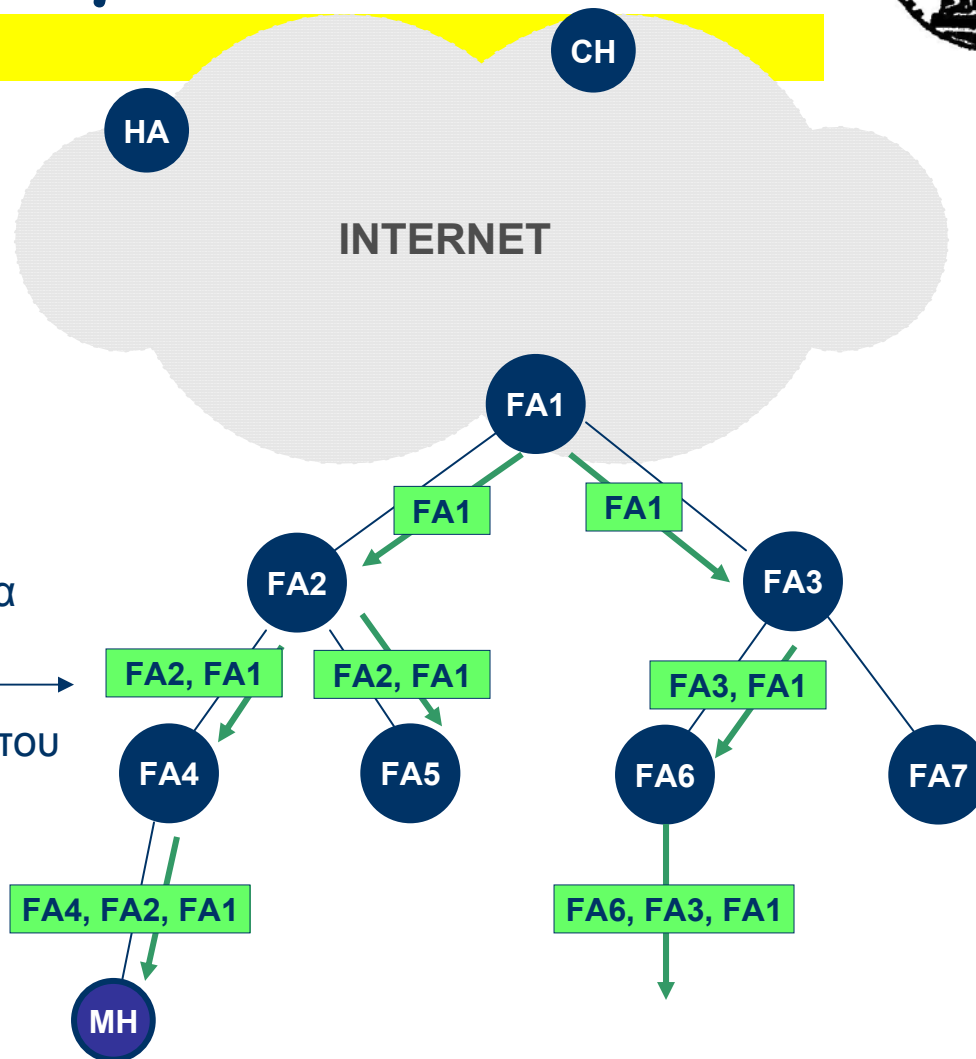
Διαφήμιση πρακτόρων

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



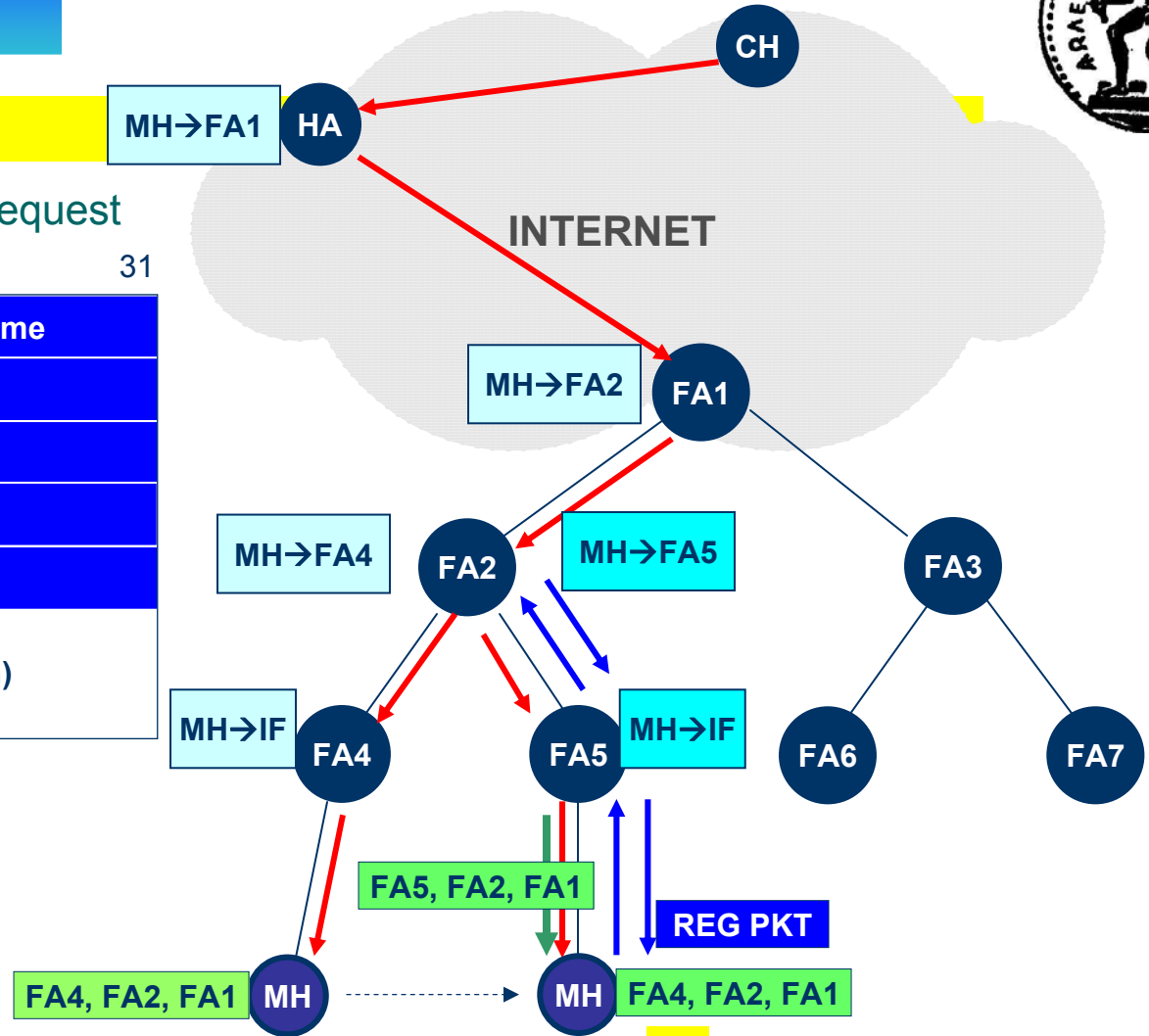
Εγγραφή



Μήνυμα Registration Request

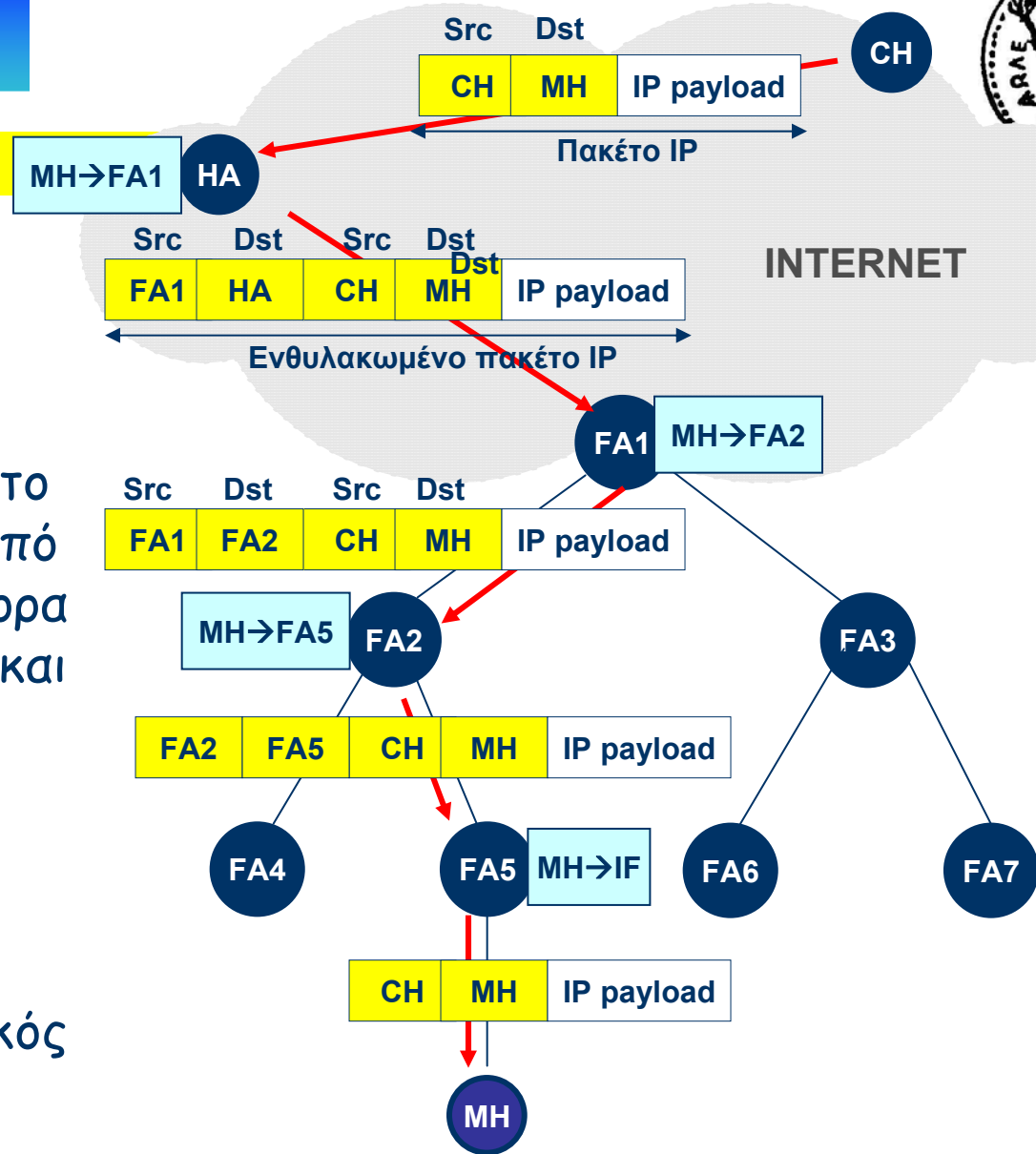
0 8 16 31

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



Σύγκριση FA4, FA2, FA1
με FA5, FA2, FA1

Πρώτηση



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

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



Cellular IP



Κίνητρα

- Το Mobile IP μπορεί να λειτουργήσει με οποιαδήποτε ζεύξη:
 - Ethernet, Token Ring, Wireless LAN (802.11), Bluetooth, PPP
- Αυτό συνεπάγεται διαφορετικού τύπου κινητικότητα
 - Αργή κίνηση: μεταξύ ζεύξεων Ethernet
 - Γρήγορη κίνηση: μεταξύ ασυρματικών σημείων πρόσβασης
 - Εντός: κτιρίου
 - Εκτός: στην γειτονιά (Campus)
 - Εκτός: στη πόλη
- Το Mobile IP θεωρεί ότι ο ρυθμός διαπομπής είναι μικρότερος από μία εγγραφή ανά sec
- Πώς μπορούμε να υποστηρίξουμε υψηλότερους ρυθμούς διαπομπών;
 - Ανάγκη για ταχεία διαπομπή, μικρή καθυστέρηση πακέτων, μικρή πιθανότητα απώλειας πακέτων
 - Ελάχιστη σηματοδосία (πακέτα εγγραφής)



Προβλήματα με το Mobile IP

- Η εγγραφή παίρνει χρόνο:
 - Η απόσταση μεταξύ πράκτορα οικείων και επισκεπτών μπορεί να είναι πολύ μεγάλη
 - Καθυστέρηση και jitter
- Η εγγραφή επιφέρει επιπλέον φορτία
 - Οι πόροι στα ασύρματα δίκτυα είναι σπάνιοι
 - Κινητός και πράκτορας επισκεπτών
 - Στην υποδομή (δίκτυο κορμό)
 - Πράκτορας επισκεπτών και πράκτορας οικείων
- Στο Mobile IP, η επιβάρυνση εγγραφής υπάρχει ακόμη και εάν ο κινητός δε στέλνει δεδομένα ενώ κινείται
 - Ανάγκη κατηγοριοποίησης των κινητών σε ενεργούς και ανενεργούς



Η προσέγγιση του Κυψελωτού IP

- Χρησιμοποίηση τεχνικών της κινητής τηλεφωνίας...
 - Διαχείριση διαπομπών
 - **Αποδοτικές διαπομπές** με μικρή καθυστέρηση και λίγες απώλειες πακέτων
 - Παρακολούθηση (tracking) της θέσης
 - Η ακριβής θέση των ενεργών κινητών είναι γνωστή
 - Η θέση των ανενεργών κινητών είναι γνωστή *κατά προσέγγιση*
 - Χρησιμοποιείται **αναζήτηση (Paging)** για να βρεθεί η ακριβής θέση του ανενεργού κινητού
 - Παθητική συνδεσιμότητα
- ... βασισμένες στις αρχές του IP (το δίκτυο κορμού είναι IP)
- Δεν χρειάζονται
 - Νέες μορφές πακέτων
 - Ενθυλάκωση
 - Νέος χώρος διευθύνσεων



Cellular IP

- Το Cellular IP υποστηρίζει μικρο-κινητικότητα σε
 - Δίκτυο με Pico- ή micro-κυψέλες
 - Personal Area Networks ή ασύρματα LAN
 - Δίκτυα πρόσβασης με πολλαπλές κυψέλες
 - Σε γειτονιές, πόλεις
- Μπορεί να συνδυασθεί με το Mobile IP για να υποστηρίξει μακρο-κινητικότητα
 - Κινητικότητα μεταξύ γειτονιών, πόλεων ή διαχειριστικών περιοχών

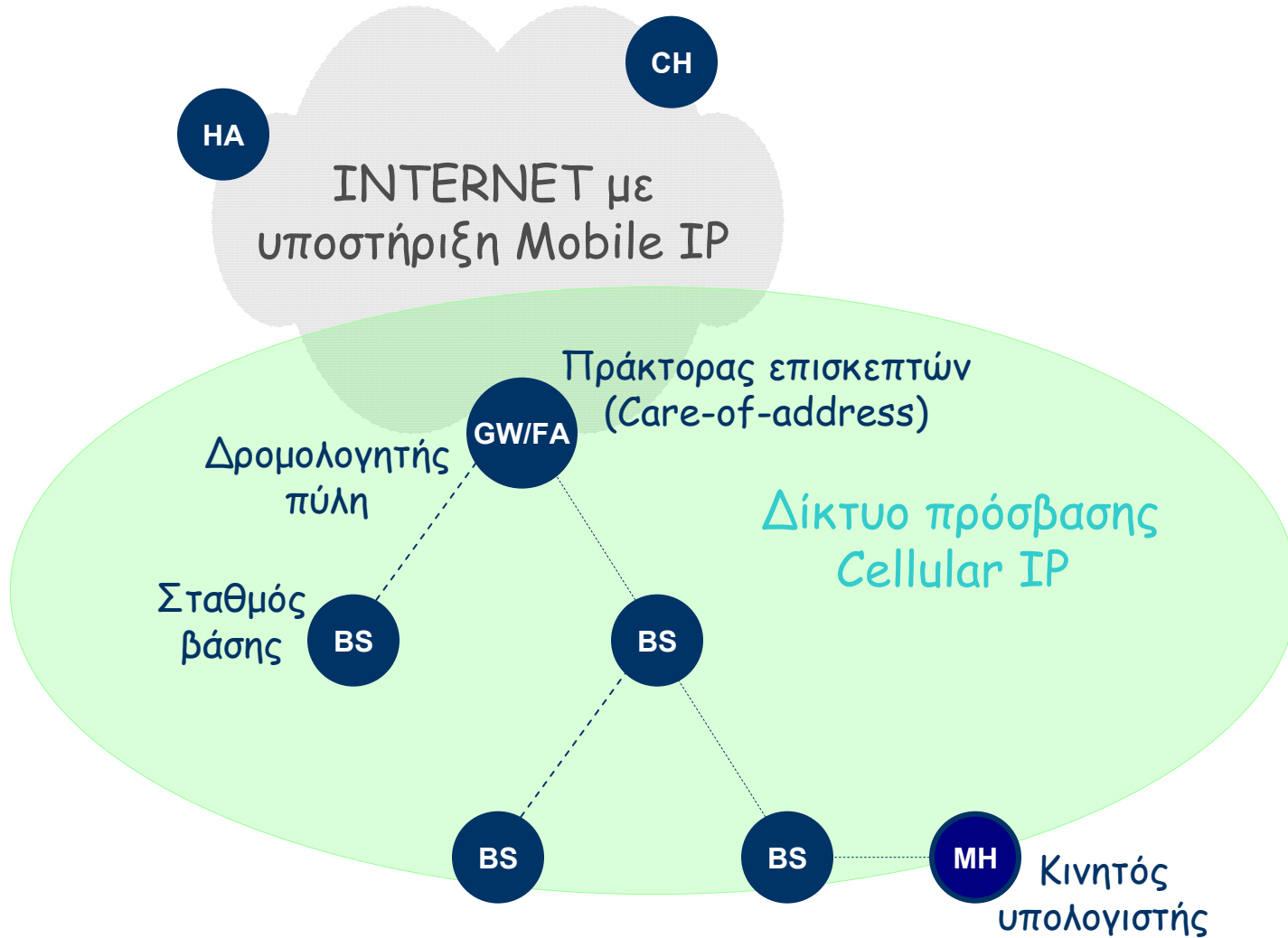


Cellular IP

- Είναι κυψελωτό δίκτυο IP
 - Η δρομολόγηση για τους κινητούς γίνεται με Cellular IP
 - Η διανομή διαδρομών και η ενημέρωσή τους γίνεται με το πρωτόκολλο Cellular IP
 - Δεν απαιτεί αλλαγή της μορφής του πακέτου IP ή του μηχανισμού προώθησης πακέτων IP
 - Η πληροφορία θέσης ανά κινητό εγγράφεται στους δρομολογητές του δικτύου cellular IP
- Σχετικά θέματα:
 - Ιεραρχία πρακτόρων επισκεπτών
 - Αυτό-εκπαίδευση των διακοπών Ethernet
 - Οι διακόπτες μαθαίνουν τη θέση των πηγών κίνησης ενώ προωθούν τα πλαίσια Ethernet



Το μοντέλο δικτύου Cellular IP



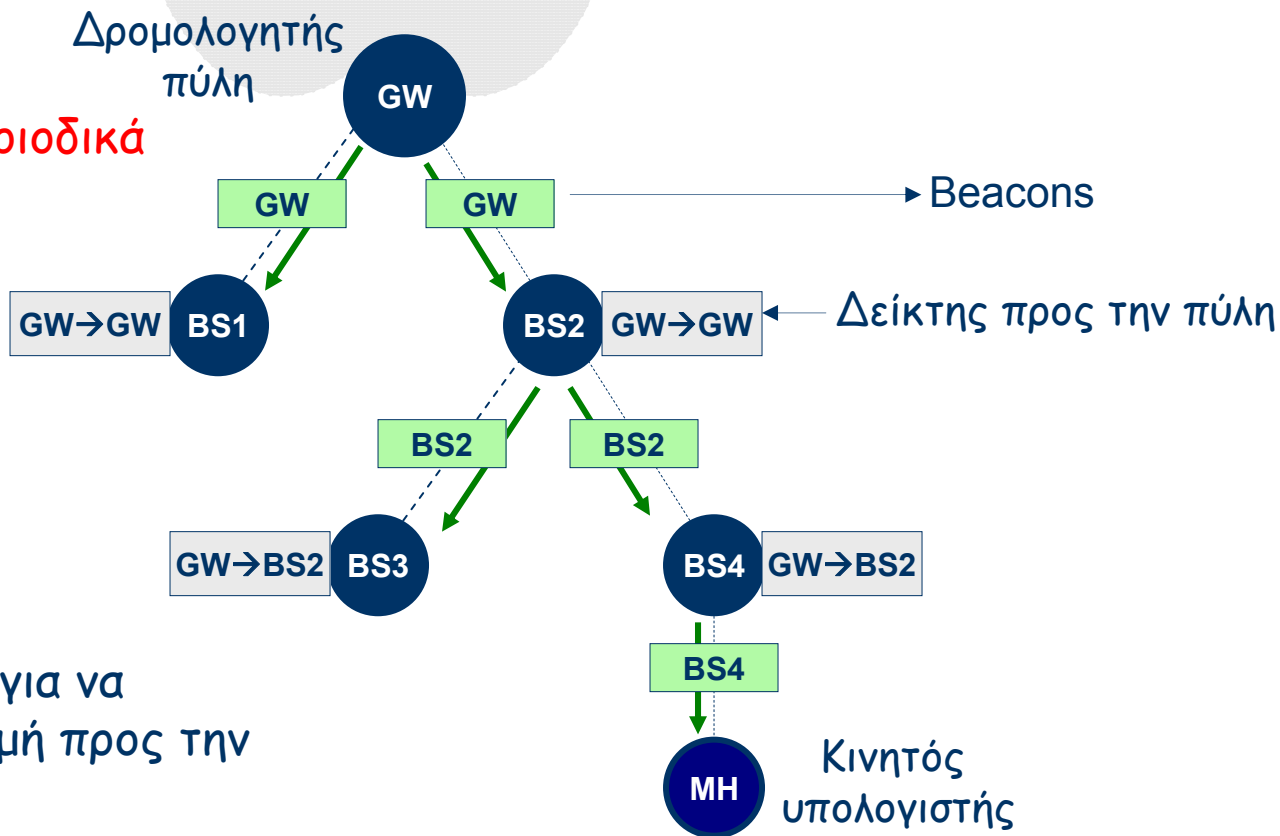


Φάροι (beacons)



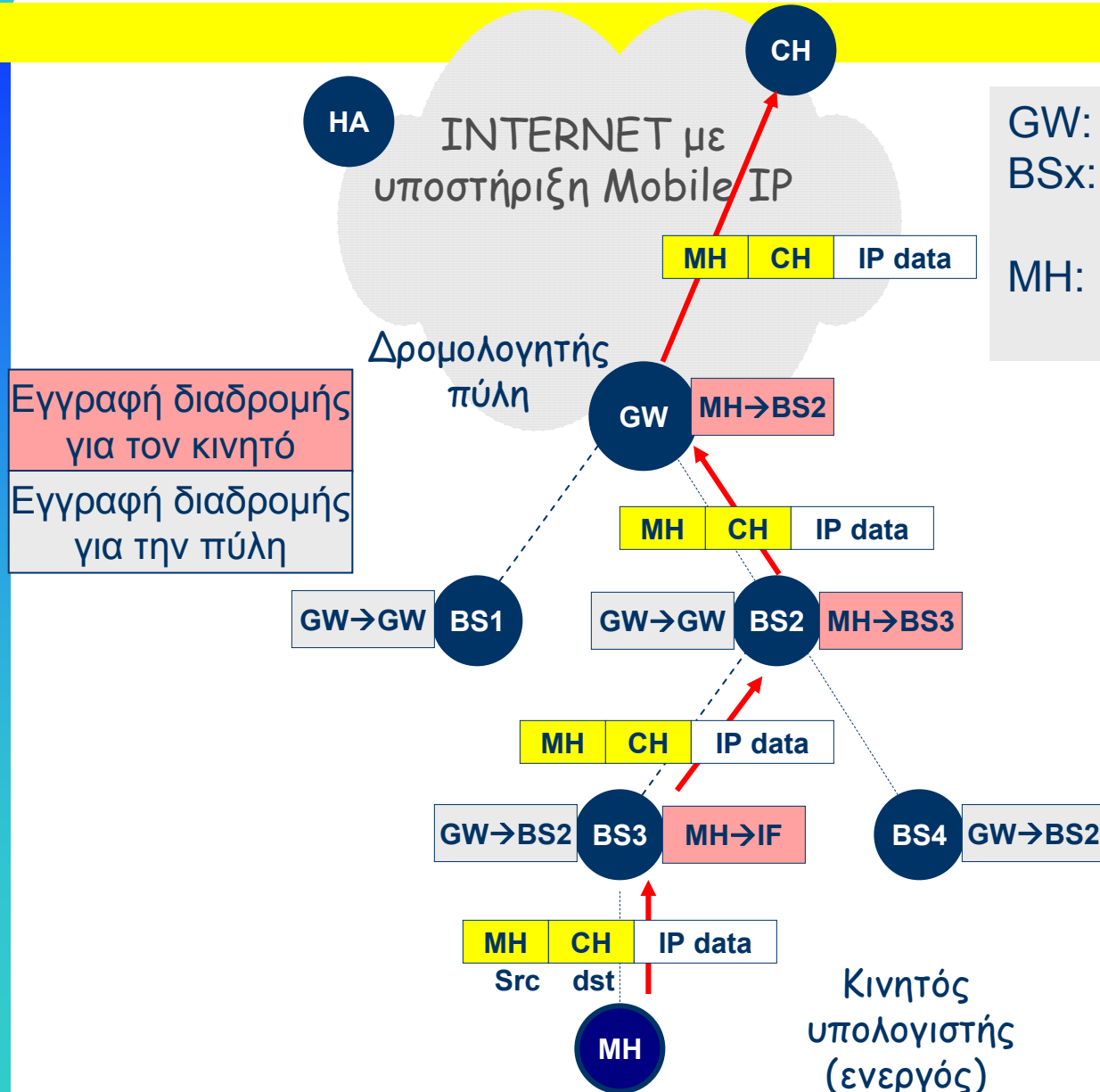
GW: διεύθυνση IP της πύλης
BSx: διεύθυνση IP του σταθμού βάσης X
MH: μόνιμη διεύθυνση του κινητού

Τα **πακέτα φάροι** αποστέλλονται **περιοδικά** από την πύλη



Τα **πακέτα φάροι** χρησιμοποιούνται για να μαθευτεί η διαδρομή προς την πύλη

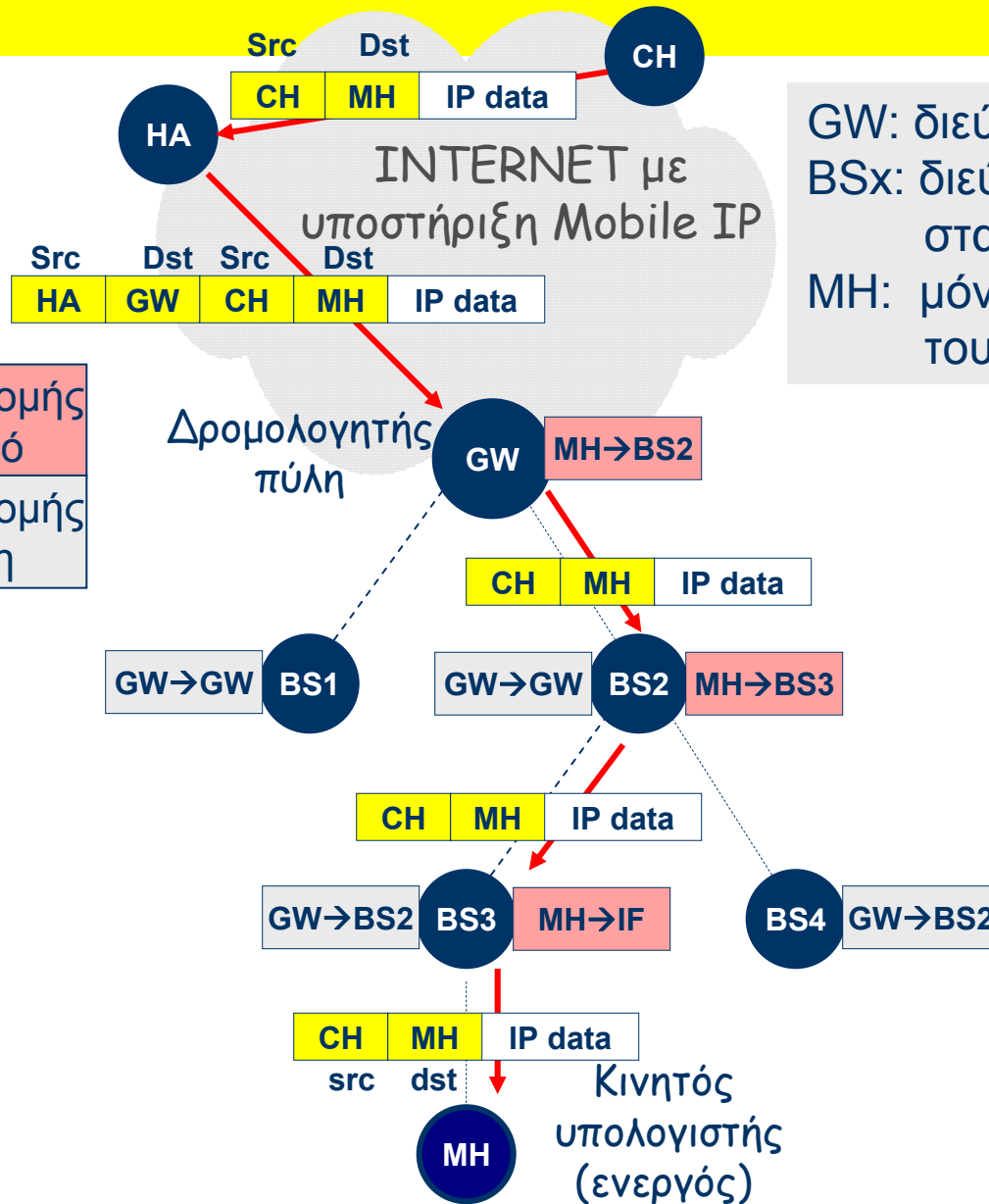
Μετάδοση δεδομένων από τον κινητό στον καλούντα



GW: διεύθυνση IP της πύλης
BSx: διεύθυνση IP του σταθμού βάσης X
MH: μόνιμη διεύθυνση του κινητού

Εγγραφή διαδρομής για τον κινητό
Εγγραφή διαδρομής για την πύλη

Μετάδοση δεδομένων από τον καλούντα στον κινητό



GW: διεύθυνση IP της πύλης
 BSx: διεύθυνση IP του σταθμού βάσης X
 MH: μόνιμη διεύθυνση του κινητού

Εγγραφή διαδρομής για τον κινητό
 Εγγραφή διαδρομής για την πύλη



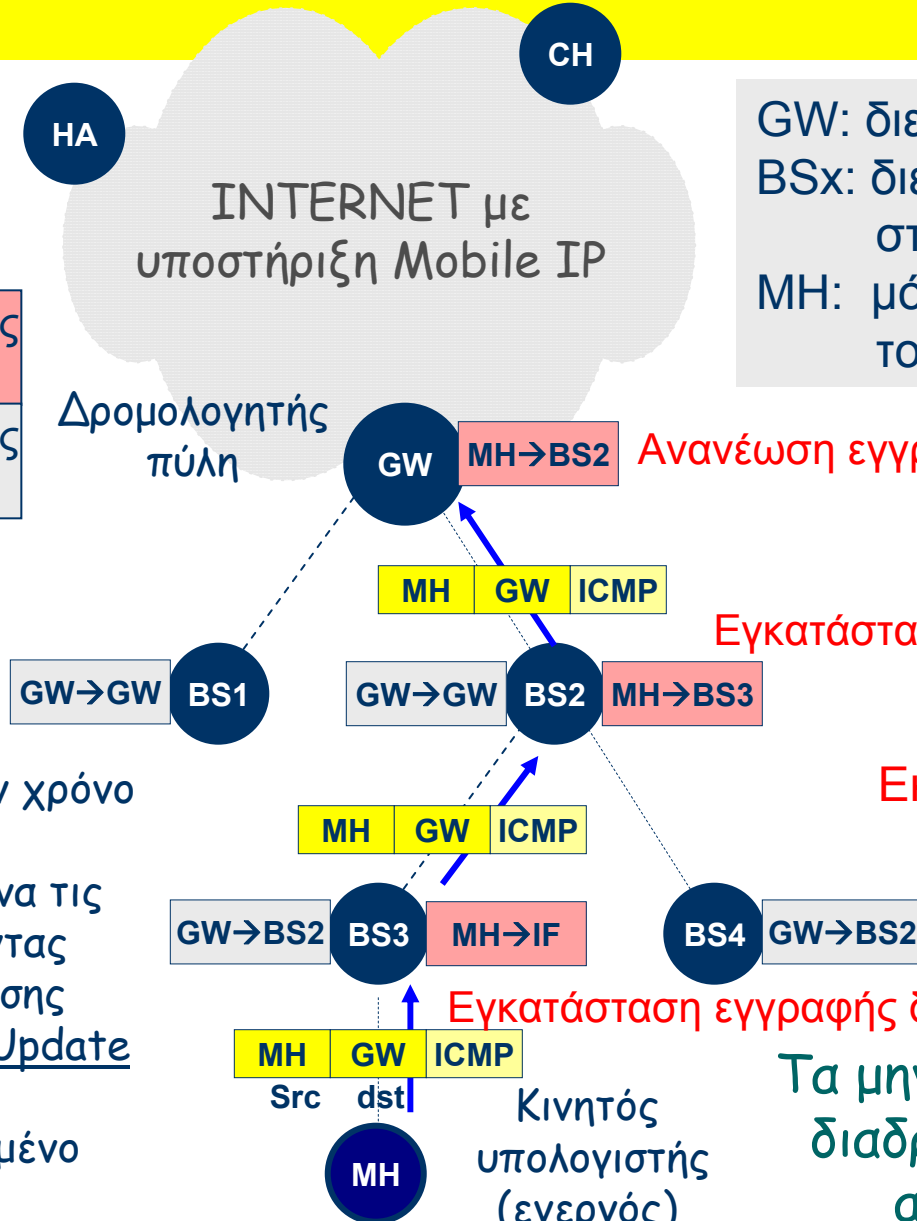
Ενημέρωση διαδρομών

INTERNET με υποστήριξη Mobile IP

Δρομολογητής πύλη

GW: διεύθυνση IP της πύλης
BSx: διεύθυνση IP του σταθμού βάσης X
MH: μόνιμη διεύθυνση του κινητού

Εγγραφή διαδρομής για τον κινητό
Εγγραφή διαδρομής για την πύλη



Οι εγγραφές έχουν χρόνο ζωής
Ο κινητός πρέπει να τις ανανεώνει στέλνοντας μηνύματα ενημέρωσης
Το μήνυμα Route Update είναι μήνυμα ICMP με συγκεκριμένο τύπο και κωδικό

Εγκατάσταση εγγραφής διαδρομής!

Εκπνοή εγγραφής

Εγκατάσταση εγγραφής διαδρομής!

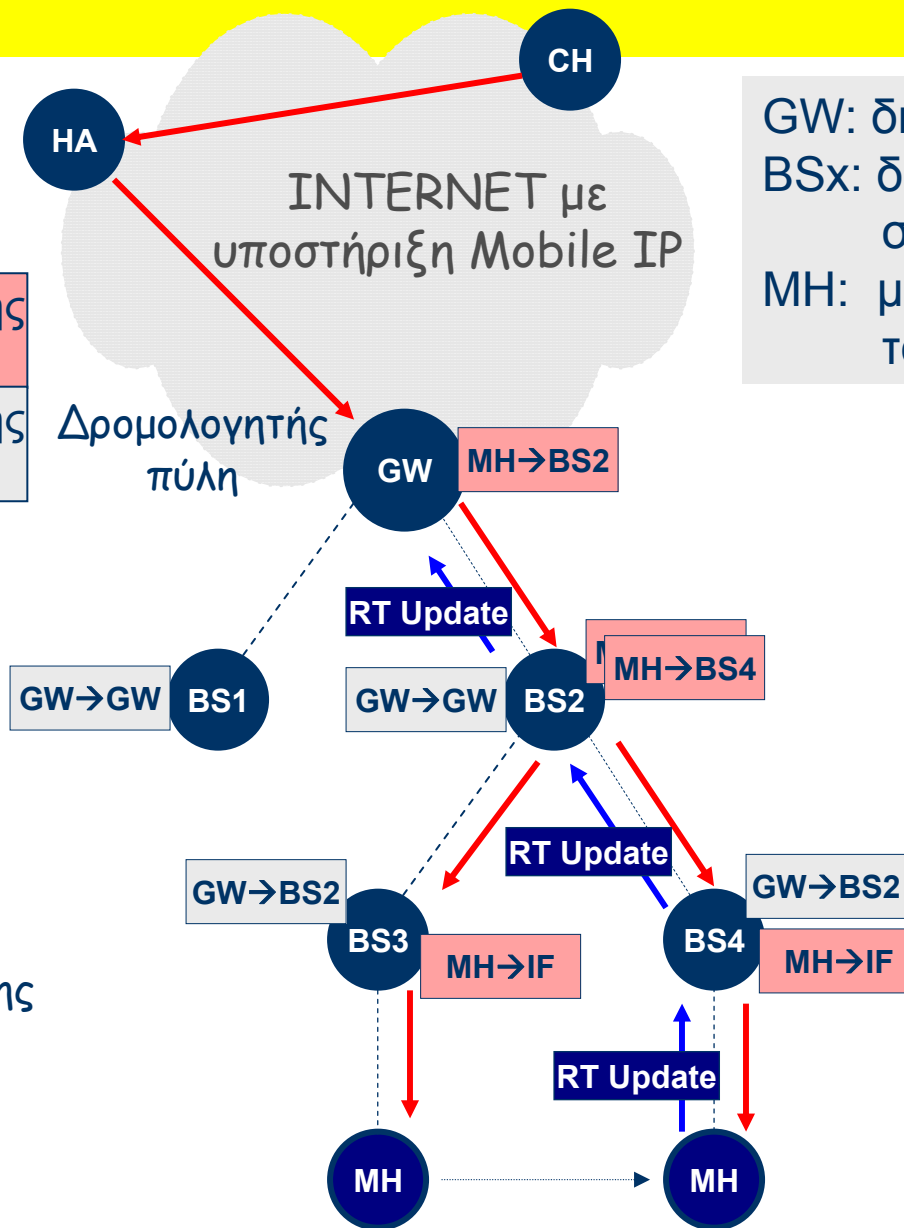
Τα μηνύματα ενημέρωσης διαδρομών παράγονται από τον κινητό!

Διαπομπή



Εγγραφή διαδρομής για τον κινητό

Εγγραφή διαδρομής για την πύλη



GW: διεύθυνση IP της πύλης
BSx: διεύθυνση IP του σταθμού βάσης X
MH: μόνιμη διεύθυνση του κινητού

RT Update

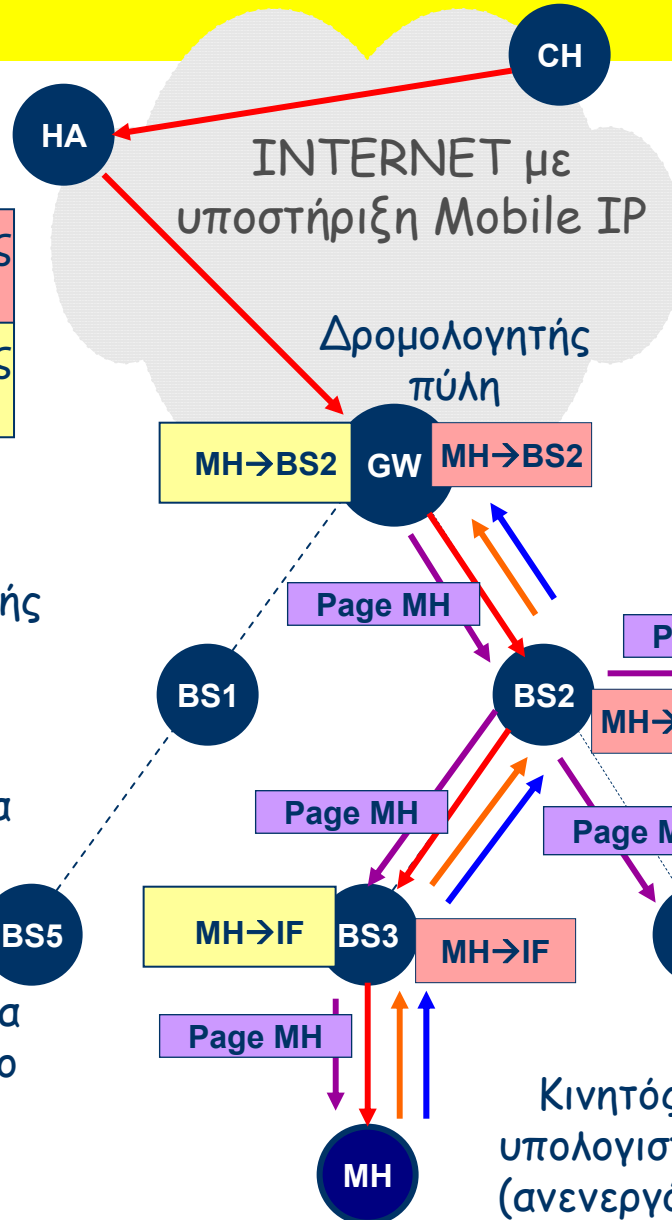
Πακέτο ενημέρωσης διαδρομής

Αναζήτηση (Paging)



Εγγραφή διαδρομής για τον κινητό
Εγγραφή διαδρομής για την αναζήτηση

Η ενημέρωση διαδρομής μπορεί να περιορισθεί στην πύλη και στον ακραίο σταθμό βάσης. Η πλήρης διαδρομή θα βρεθεί με αναζήτηση όταν απαιτηθεί. Τα μηνύματα Page Update είναι μηνύματα ICMP με συγκεκριμένο τύπο και κωδικό.



GW: διεύθυνση IP της πύλης
BSx: διεύθυνση IP του σταθμού βάσης X
MH: μόνιμη διεύθυνση του κινητού

- Page Update
- Route Update
- Πακέτο δεδομένων
- Πακέτο αναζήτησης