



# ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Κινητικότητα στο  
Διαδίκτυο



- Κατανόηση των προβλημάτων που υπεισέρχονται για την υποστήριξη της κινητικότητας (αλλαγή του σημείου πρόσβασης) των υπολογιστών στο Διαδίκτυο.
- Λύσεις για την υποστήριξη της κινητικότητας στο Διαδίκτυο και υλοποίησή τους:
  - Mobile IP
  - Cellular IP



# Περιεχόμενα

- Κινητικότητα
- Mobile IP
  - Έμμεση δρομολόγηση
  - Άμεση δρομολόγηση
  - Ενθυλάκωση
  - Εγγραφή κινητού host
  - Διαπομπή
- Cellular IP
  - Μοντέλο δικτύου
  - Μετάδοση δεδομένων
  - Διαπομπή
  - Αναζήτηση



- **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 host στο δίκτυο

# Κινητικότητα



➤ από την άποψη του **δικτύου**:

ακίνησια

υψηλή κινητικότητα



κινητός host που χρησιμοποιεί το ίδιο σημείο πρόσβασης

κινητός host, συνδεδεμένος/ αποσυνδεδεμένος στο δίκτυο χρησιμοποιώντας DHCP

κινητός host που διέρχεται από πολλά σημεία πρόσβασης ενώ επικοινωνεί



## Δύο είδη κινητικότητας:

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

# Κινητικότητα στο Διαδίκτυο



## Βασικά θέματα προς επίλυση

- Πώς αντιμετωπίζεται το πρόβλημα της αλλαγής θέσης των host;
- Πώς διατηρείται η επικοινωνία παρά τη μετακίνηση του host, αφού αλλαγή των διευθύνσεων συνεπάγεται διακοπή των συνδέσεων στο στρώμα μεταφοράς;

# Κινητικότητα στο Διαδίκτυο



## Αλλαγή θέσης των host με την ίδια IP

- Η προφανής λύση είναι να αντιμετωπίσουν την αλλαγή θέσης οι δρομολογητές, διαφημίζοντας τη μόνιμη διεύθυνση των κινητών host που φιλοξενούν, μέσω ανταλλαγής πινάκων δρομολόγησης
  - οι πίνακες δείχνουν πού είναι κάθε κινητός host
  - δεν απαιτούνται αλλαγές στα ακραία συστήματα!
- Μειονεκτήματα
  - Οι πίνακες προώθησης των δρομολογητών κορμού θα έχουν μία εγγραφή για κάθε κινητό host
  - Δύσκολη η κλιμάκωση
- Ποιες άλλες λύσεις είναι εφικτές;



# Κινητικότητα στο Διαδίκτυο



## Αλλαγή θέσης των host με νέα IP

- Οι host, χρησιμοποιώντας DHCP, αποκτούν δυναμικά νέα διεύθυνση IP στη νέα τους θέση
- Ενημερώνεται η αντιστοιχία name-address, κάθε φορά που ένας host αλλάζει διεύθυνση
- Πρόβλημα
  - Τι συμβαίνει με τις ανοικτές συνδέσεις του στρώματος μεταφοράς κατά τις μετακινήσεις;

# Κινητικότητα στο Διαδίκτυο



## Διατήρηση επικοινωνίας στο στρώμα μεταφοράς

- Το TCP χρησιμοποιεί τέσσερις διευθύνσεις για τον προσδιορισμό μιας σύνδεσης
  - <Src Addr, Src port, Dst addr, Dst port>
- 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 Διαδίκτυο



## Αλλαγή θέσης των host με την ίδια IP

- Επιτρέπουμε στον κινητό host να διατηρεί την ίδια διεύθυνση και όνομα
- Πώς παραδίδονται τα πακέτα, όταν ο κινητός host μετακινείται;
  - Δεν αρκεί μόνο να αναγγέλλουν οι κόμβοι τη διαδρομή προς τη διεύθυνσή του
- Τι γίνεται με τα πακέτα από τον κινητό host;
  - Η δρομολόγηση δεν είναι πρόβλημα
  - Ποια θα είναι η source address στα πακέτα; → τούτο μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα
- Κύρια σχεδιαστικά θέματα
  - Κλιμάκωση
  - Σταδιακή ανάπτυξη

# Κινητικότητα στο Διαδίκτυο



Βασική λύση στη δρομολόγηση προς κινητό host με την ίδια IP

- Για την επίλυση του θέματος της κλιμάκωσης, κρατάμε ένα μέρος του δικτύου ενήμερο για τη νέα θέση του κινητού host
  - Ανάγκη ύπαρξης τεχνικής για τη δρομολόγηση των πακέτων μέσω αυτού του μέρους (σημείο παρέμβασης)
- Τεχνική για την παράδοση των πακέτων στην τρέχουσα θέση του κινητού host

# Κινητικότητα στο Διαδίκτυο



## Σημεία παρέμβασης

- Ορίζεται ένα σημείο παρέμβασης μέσα στην κανονική διαδρομή προώθησης
  - Σε δρομολογητή στο οικείο δίκτυο
  - Σε κάποια συσκευή στο οικείο δίκτυο (που υποδύεται τον κινητό host)
- Χρησιμοποιείται έξυπνο τέχνασμα για την προώθηση των πακέτων σε συγκεκριμένη κατεύθυνση
  - Εκχώρηση ειδικής περιοχής διευθύνσεων για τους κινητούς host και ύπαρξη ενός ειδικού κόμβου να διαφημίζει τη διαδρομή

# Κινητικότητα στο Διαδίκτυο



## Παράδοση πακέτων στην τρέχουσα θέση του host

- Σήραγγες
  - Άκρη της σήραγγας = τρέχουσα θέση
  - Περιεχόμενα σήραγγας = αρχικά πακέτα
- Loose source routing (χαλαρή δρομολόγηση πηγής)
  - Η διεύθυνση προορισμού του πακέτου αντικαθίσταται με τη διεύθυνση της τρέχουσας θέσης του κινητού host



## Υποστήριξη της κινητικότητας από τα ακραία συστήματα

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

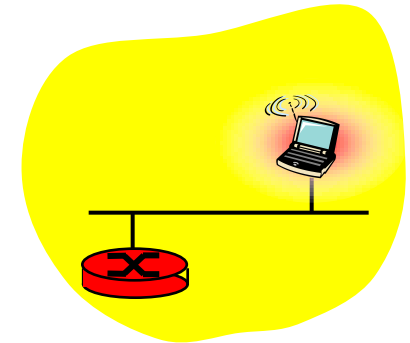
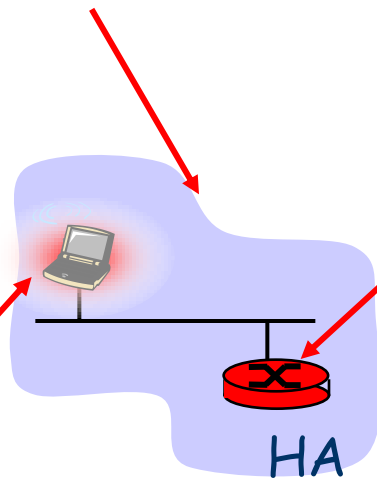


## Ορολογία

**οικείο δίκτυο:** μόνιμη θέση του κινητού host

**πράκτορας οικείων (Home Agent, HA):** οντότητα που πραγματοποιεί λειτουργίες κινητικότητας για λογαριασμό του κινητού host, 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 host





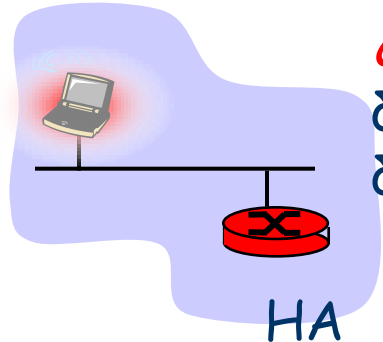
# Mobile IP



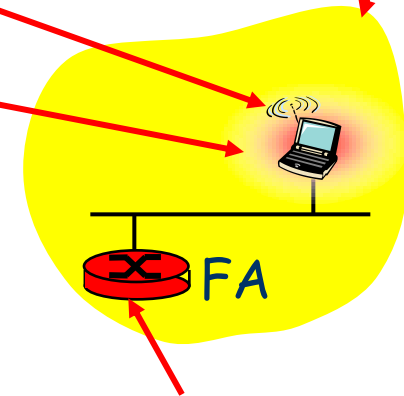
## Ορολογία

**μόνιμη διεύθυνση:** παραμένει σταθερή

**φιλοξενούν δίκτυο:** δίκτυο όπου βρίσκεται προσωρινά ο κινητός host



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



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

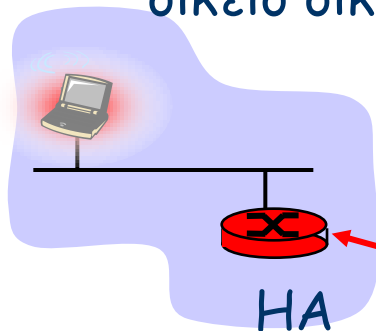
**καλών:** επιθυμεί να επικοινωνήσει με τον κινητό host



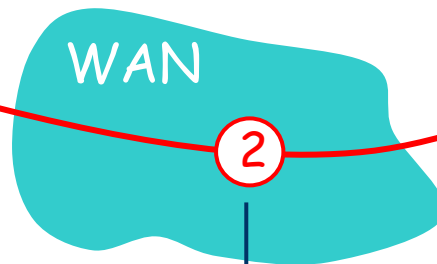
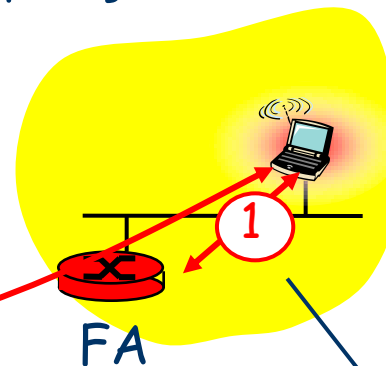


## Έμμεση δρομολόγηση: εγγραφή

οικείο δίκτυο



φιλοξενούν δίκτυο



ο κινητός host επικοινωνεί με τον HA, μέσω του FA, για να δηλώσει την CoA

ο κινητός host επικοινωνεί με τον FA όταν εισέρχεται στο φιλοξενούν δίκτυο για να μάθει την CoA

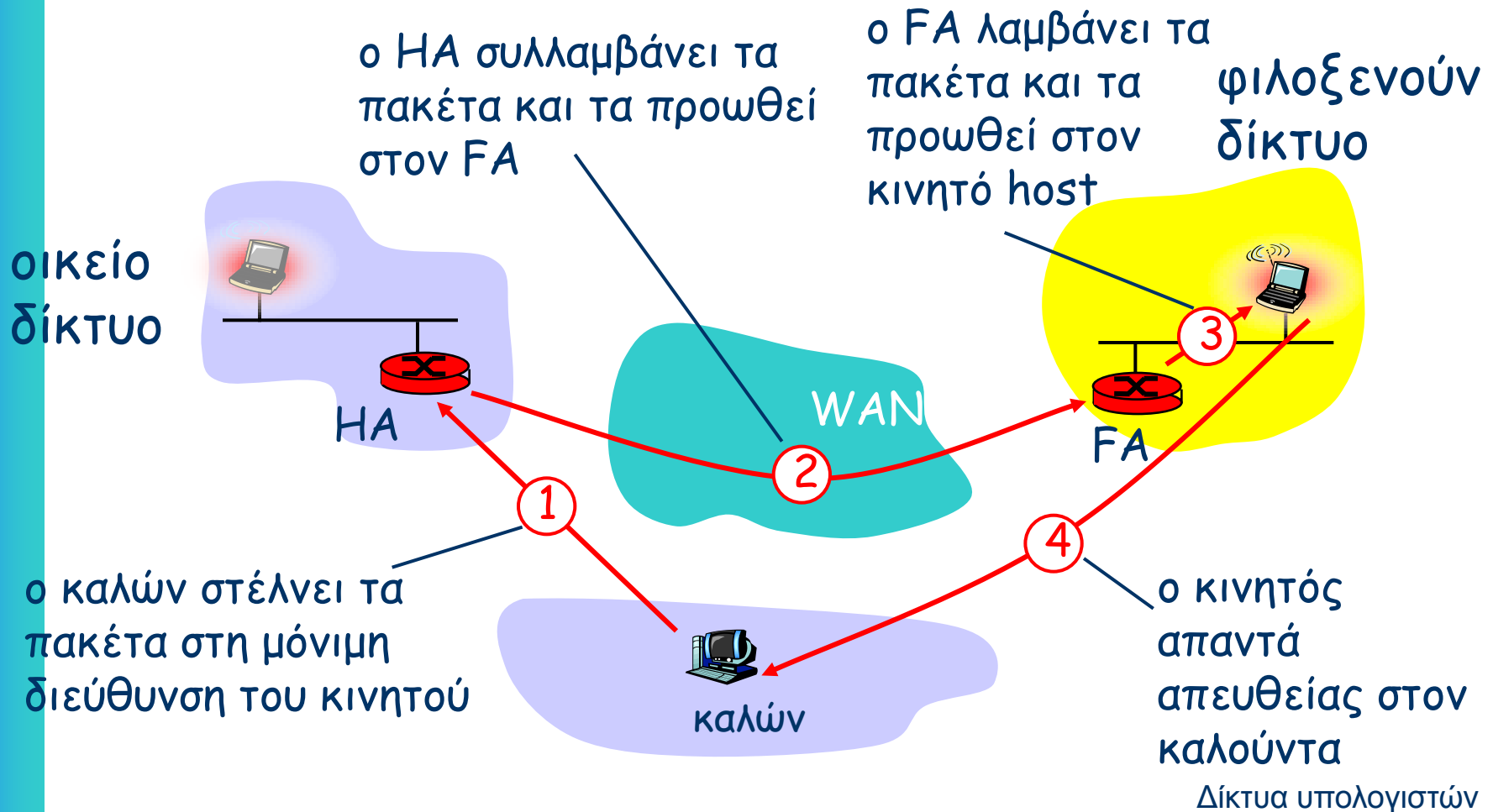
Αποτέλεσμα:

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

# Mobile IP



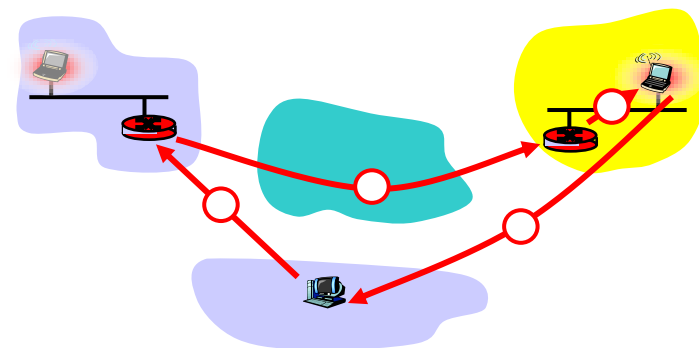
## Έμμεση δρομολόγηση: επικοινωνία με τον κινητό host





## Έμμεση δρομολόγηση: τριγωνική δρομολόγηση

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





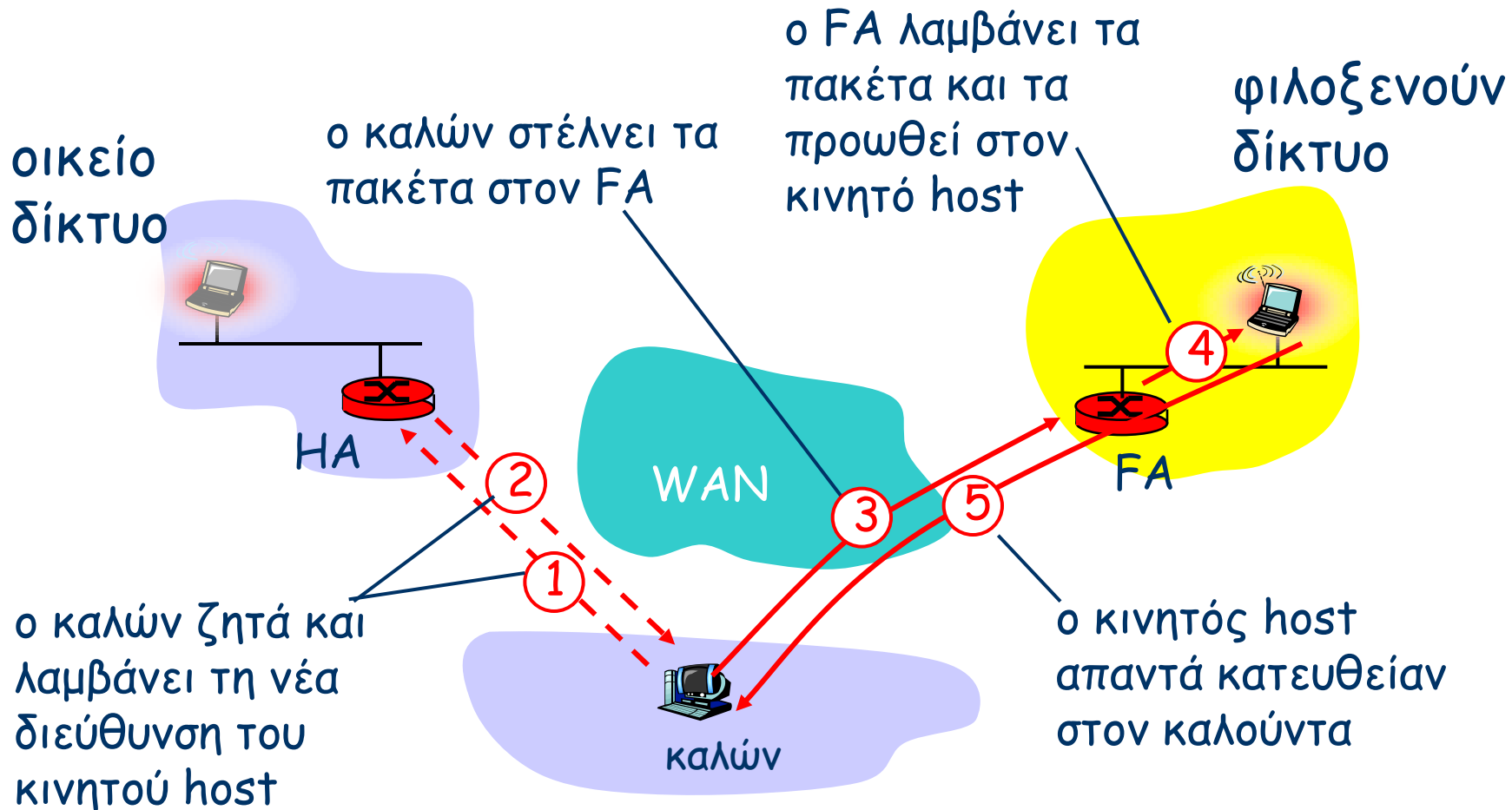
## Έμμεση δρομολόγηση: μετακίνηση μεταξύ δικτύων

- Όταν ο κινητός host μετακινείται σε άλλο δίκτυο
  - εγγράφεται στον νέο FA
  - ο νέος FA επικοινωνεί με τον HA
  - ο HA 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*

# Mobile IP



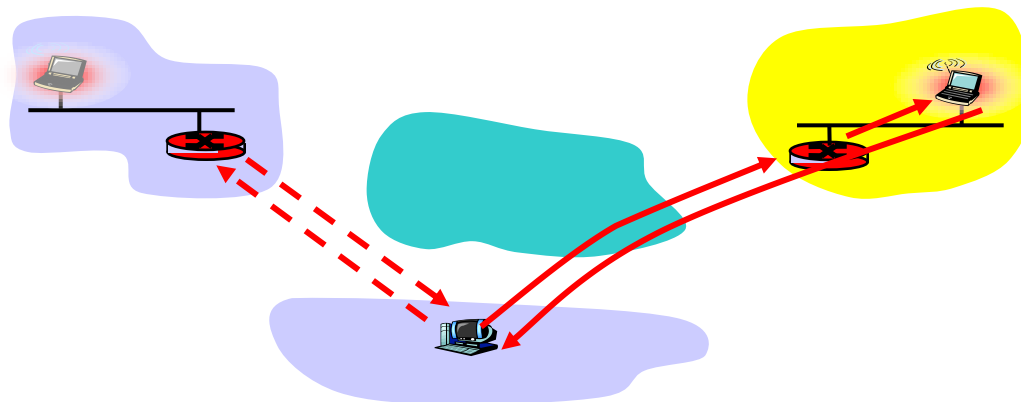
## Άμεση δρομολόγηση: επικοινωνία με τον κινητό host





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 host αλλάζει δίκτυα;





## Άμεση δρομολόγηση: μετακίνηση μεταξύ δικτύων

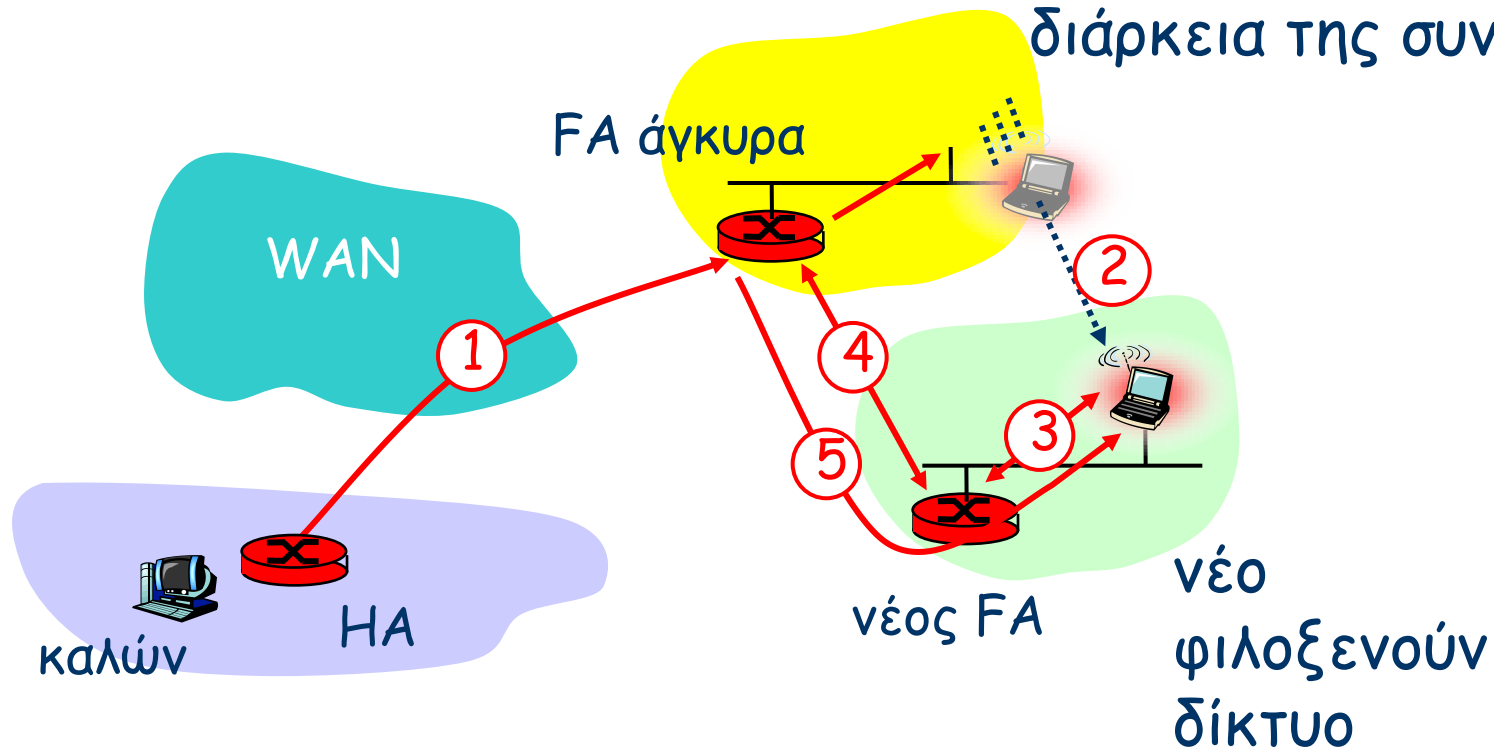
- Ο FA του πρώτου φιλοξενούντος δικτύου λειτουργεί ως άγκυρα
- Τα δεδομένα πάντα στέλνονται στον FA άγκυρα
- Όταν ο κινητός host μετακινηθεί, ο νέος FA φροντίζει να προωθηθούν σ' αυτόν τα δεδομένα από τον FA άγκυρα (αλυσίδα)





## Άμεση δρομολόγηση: μετακίνηση μεταξύ δικτύων

το πρώτο φιλοξενούν  
δίκτυο κατά τη  
διάρκεια της συνόδου



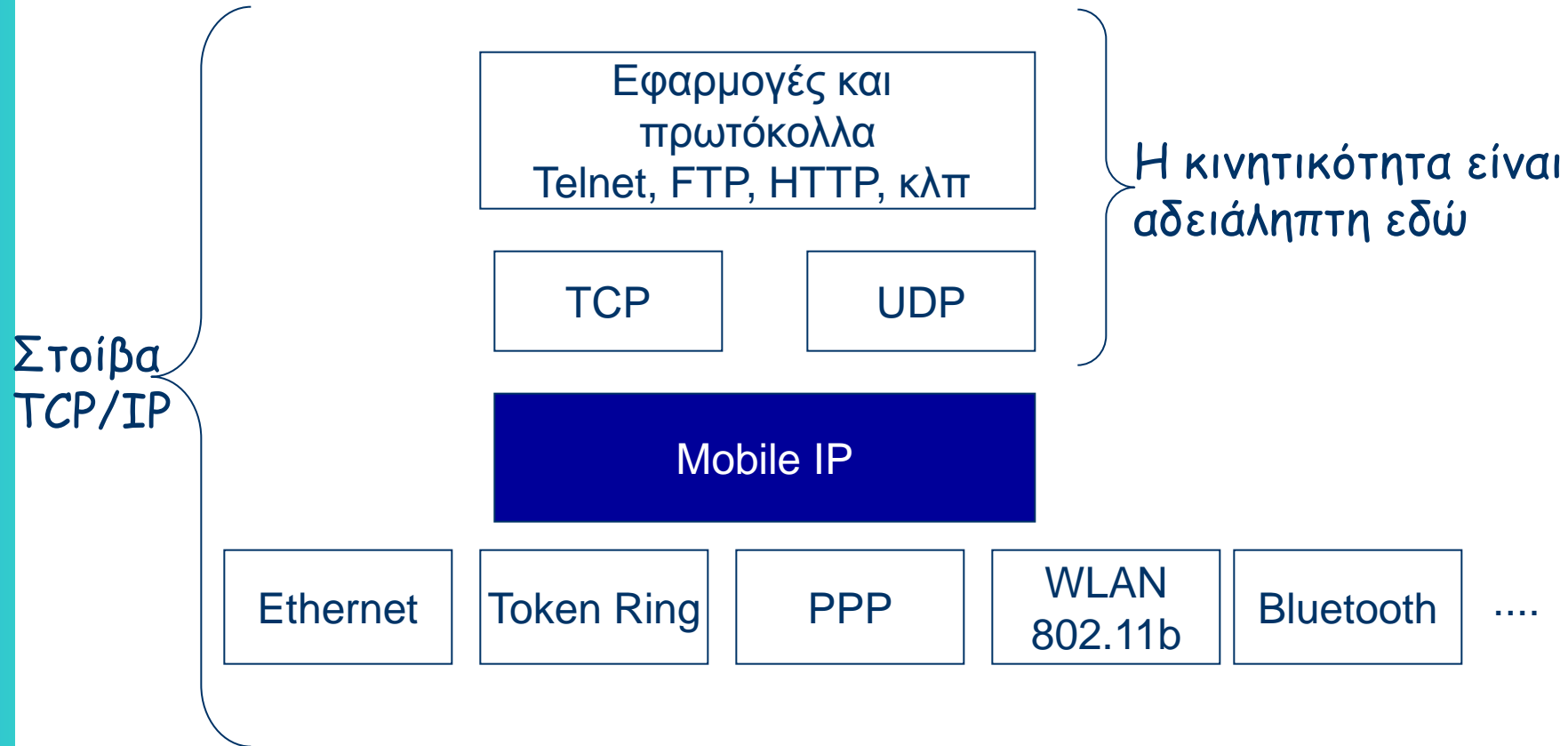


## RFC 3344

- Περιλαμβάνει τα προηγουμένως αναφερθέντα 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



## Αρχιτεκτονική



Το στρώμα ζεύξης δεδομένων μπορεί να είναι οτιδήποτε



## Πρώθηση σε κινητό υπολογιστή

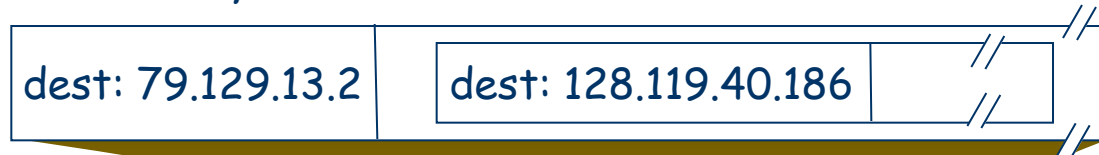
- Το ενθυλακωμένο πακέτο IP θα φτάσει στην care-of-address του κινητού host βάσει των κανονικών μηχανισμών δρομολόγησης του Διαδικτύου
- Η Care-of-address μπορεί να είναι η διεύθυνση IP του FA ή η νέα διεύθυνση του κινητού που λήφθηκε μέσω DHCP
  - Σε μια τέτοια περίπτωση, ο FA συνυπάρχει στον κινητό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

# Mobile IP

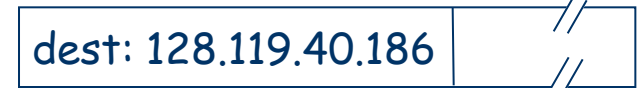


## Πρώθηση σε κινητό υπολογιστή

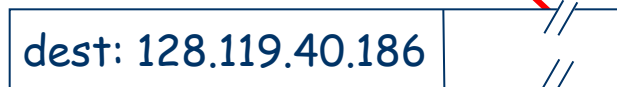
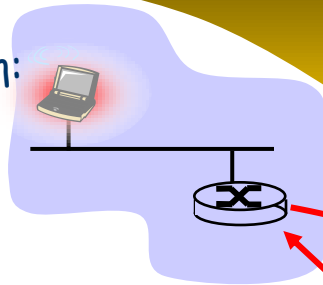
πακέτο που έστειλε ο HA στον FA:  
*ενθυλακωμένο πακέτο*



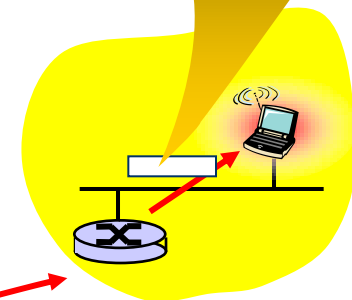
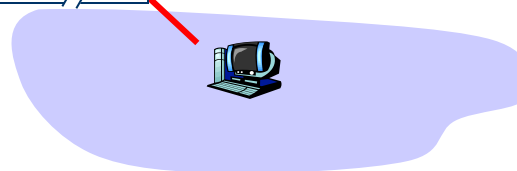
πακέτο από τον FA προς κινητό



Μόνιμη διεύθυνση:  
128.119.40.186



πακέτο που  
έστειλε ο καλών

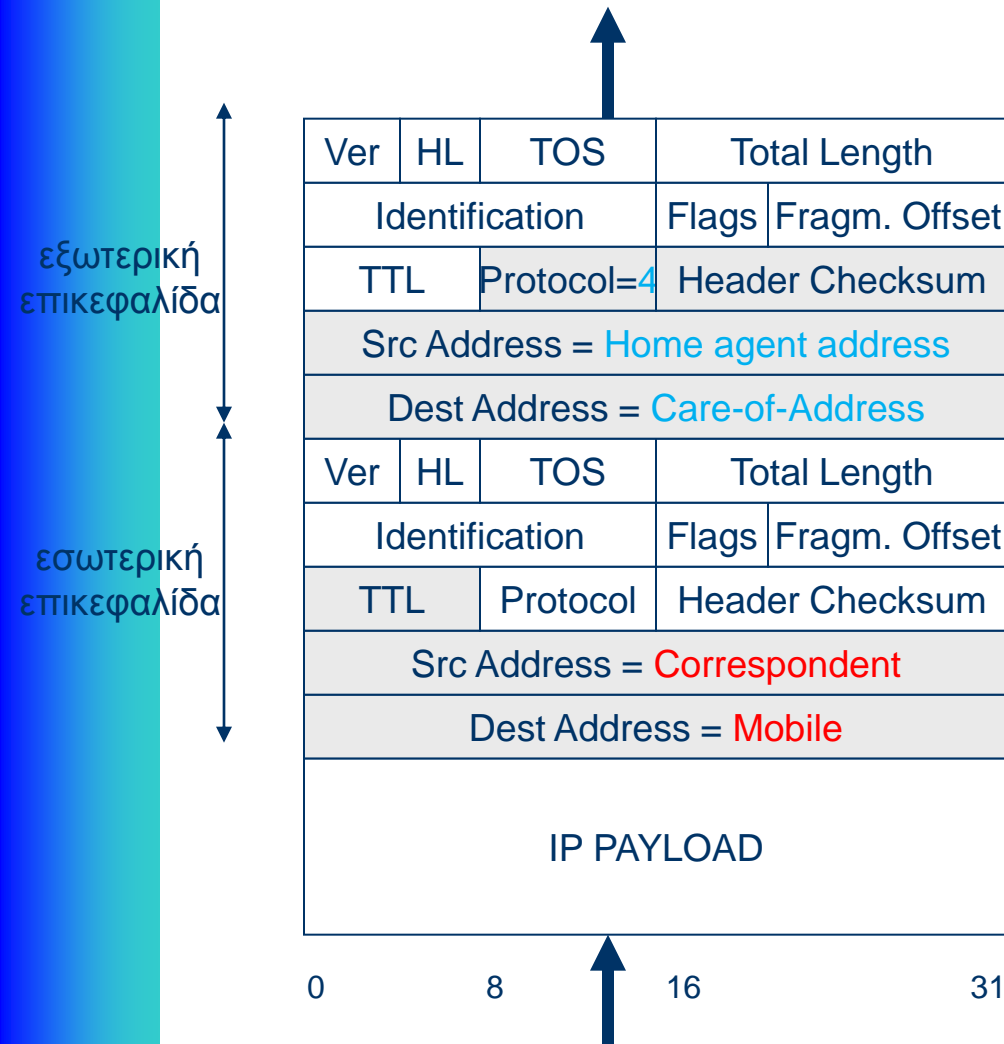


Care-of address:  
79.129.13.2

# Mobile IP



## Ενθυλάκωση IP-IP στον πράκτορα οικείων



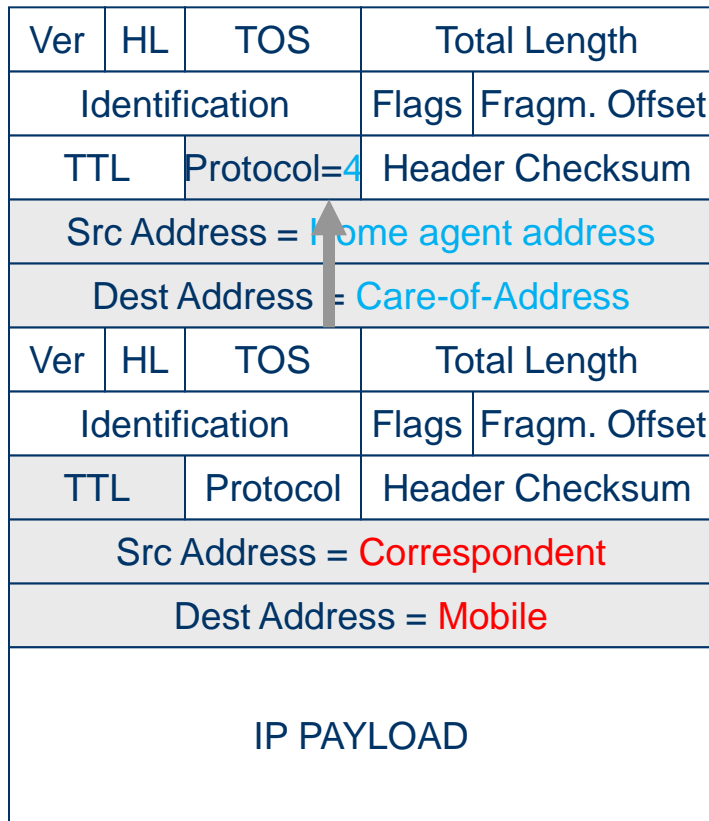
- Ο ΗΑ ενθυλακώνει το πακέτο IP μέσα σε άλλο πακέτο IP και το στέλνει στην care-of-address του κινητού host
- Το πακέτο IP του καλούντος λαμβάνεται από τον ΗΑ

# Mobile IP



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

εξωτερική  
επικεφαλίδα



εσωτερική  
επικεφαλίδα



- Το ενθυλακωμένο πακέτο IP λαμβάνεται από τον FA (ή τον ίδιο τον κινητό host)
- Ο δέκτης παρατηρεί ότι πρόκειται για ενθυλάκωση IP-IP (βλέποντας το πεδίο Protocol = 4)
- Ο δέκτης προωθεί (δεν δρομολογεί) το από-ενθυλακωμένο 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 = <b>Correspondent</b>				
Dest Address = <b>Mobile</b>				
IP PAYLOAD				



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

εξωτερική  
επικεφαλίδα

Μινιμαλιστική  
εσωτερική  
επικεφαλίδα

Πακέτο από τον καλούντα

Μινιμαλιστική ενθυλάκωση

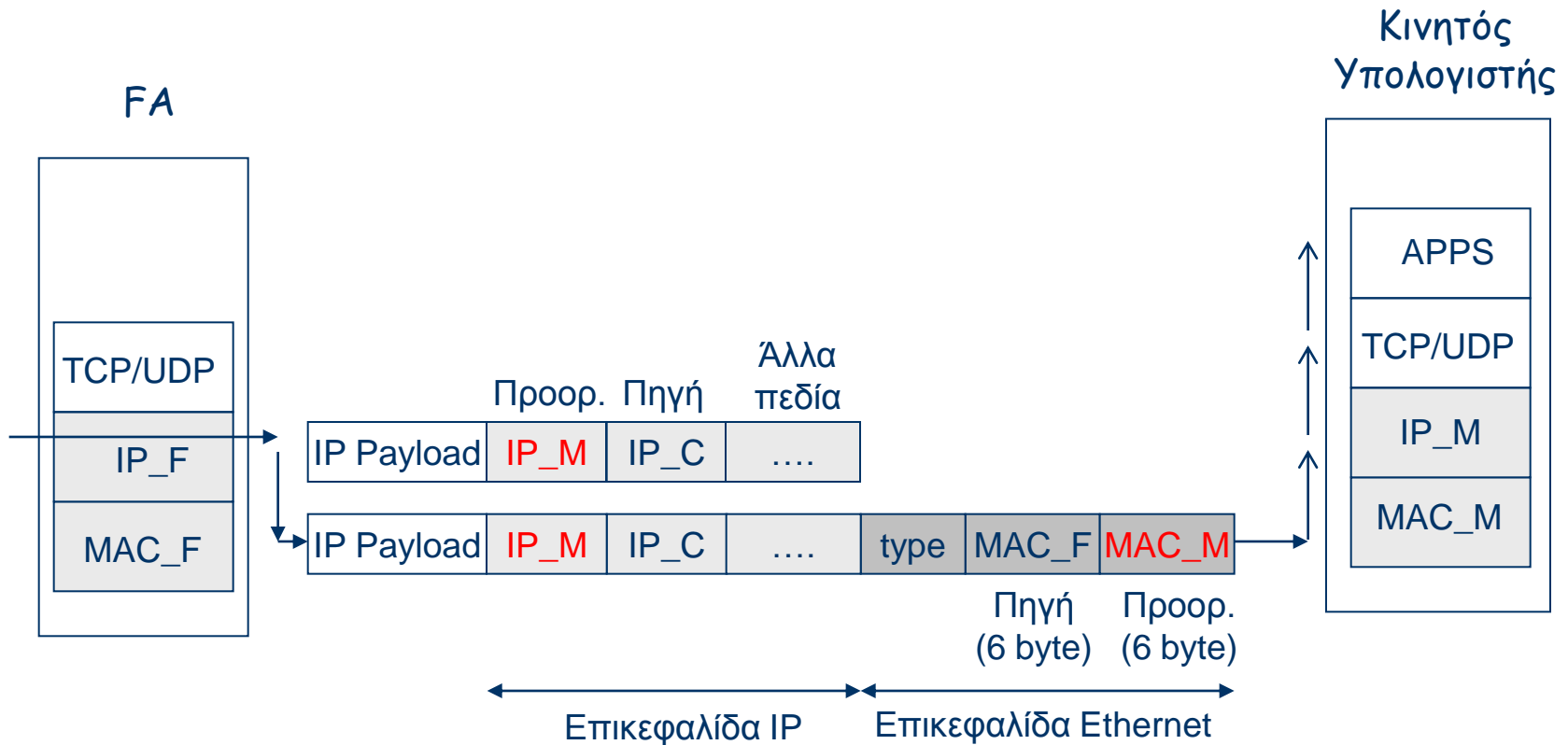
S=0 → υπάρχει η αρχική διεύθυνση πηγής  
S=1 → δεν υπάρχει η αρχική διεύθυνση πηγής



# Mobile IP



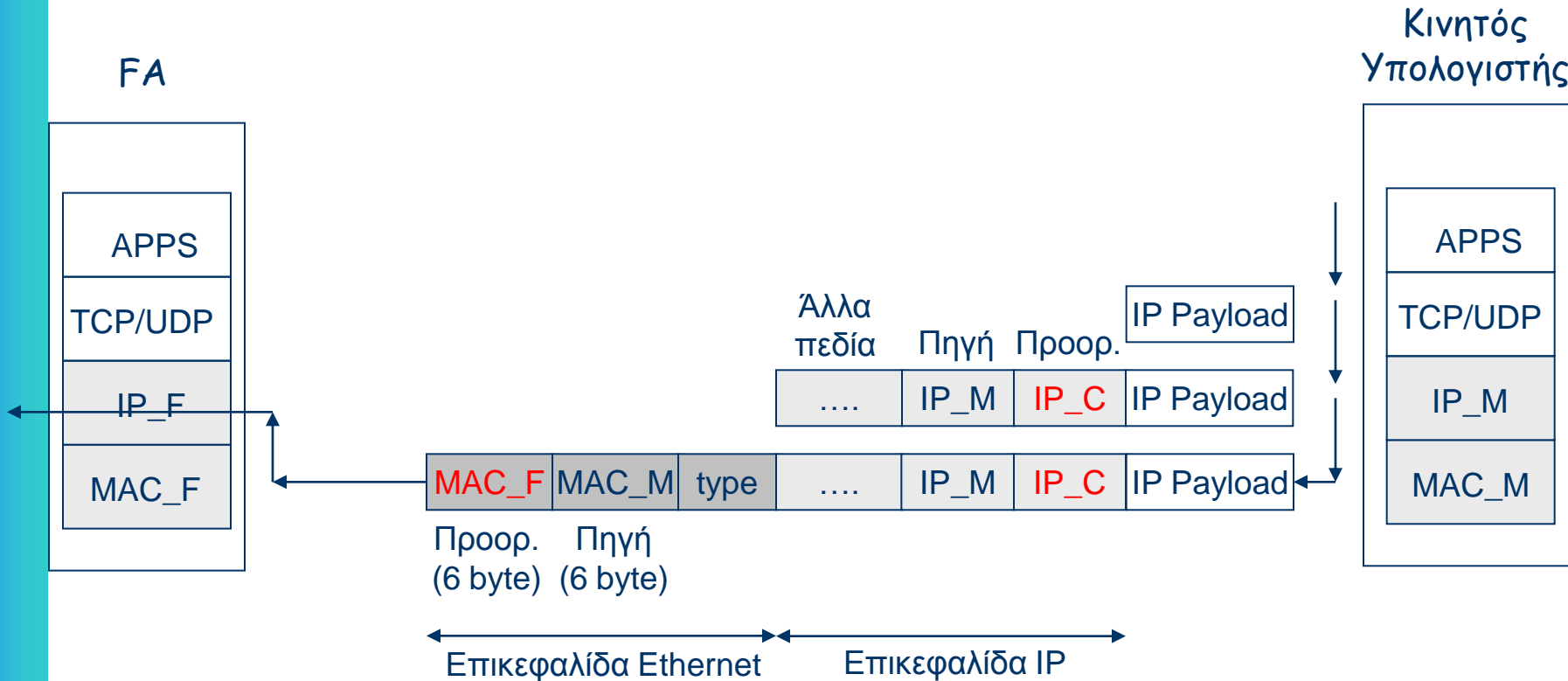
## Αποστολή δεδομένων από τον FA στον κινητό host



# Mobile IP



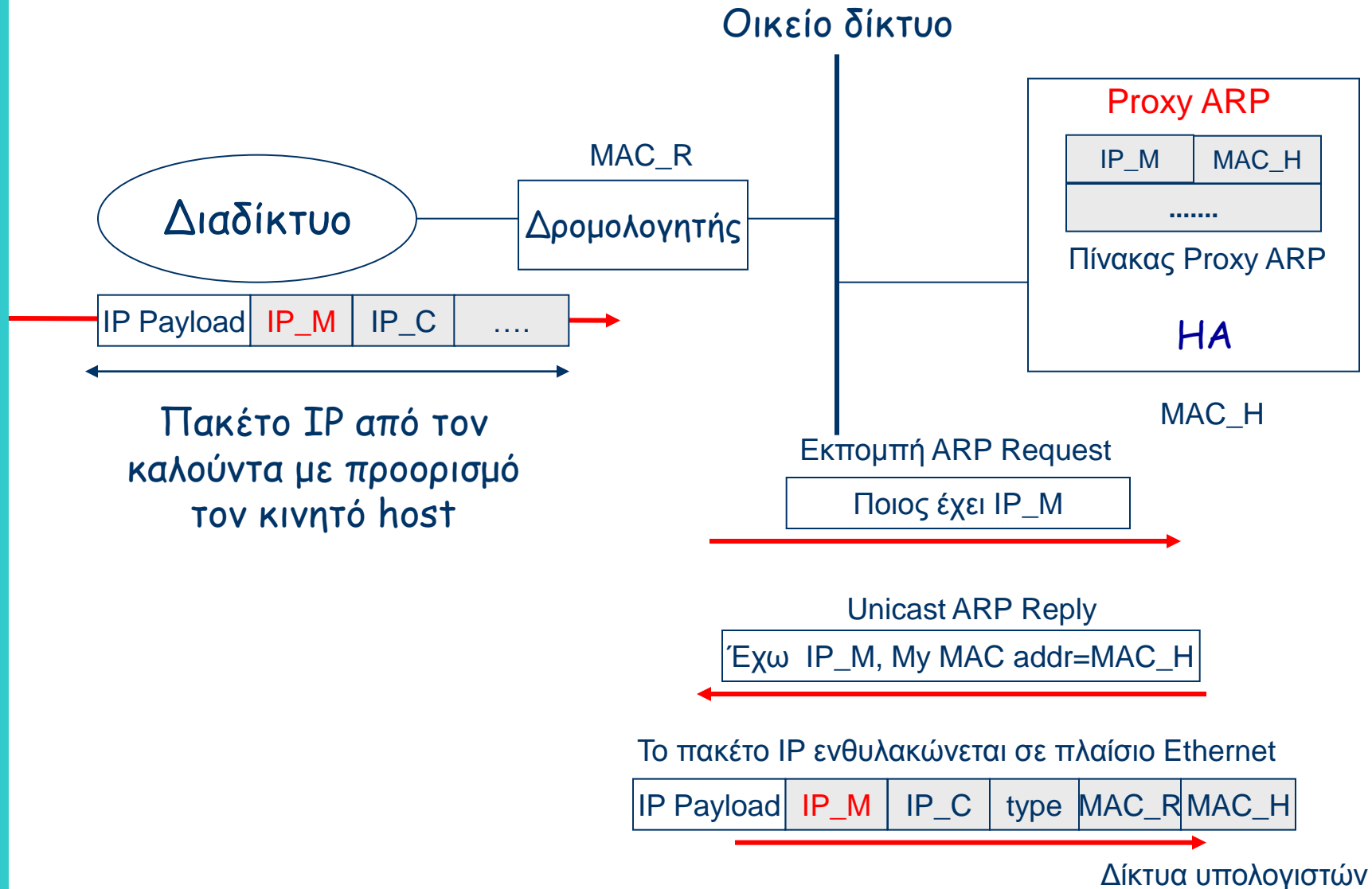
## Αποστολή δεδομένων από τον κινητό host στον FA



# Mobile IP



## Πώς συλλαμβάνονται τα πακέτα στο οικείο δίκτυο;

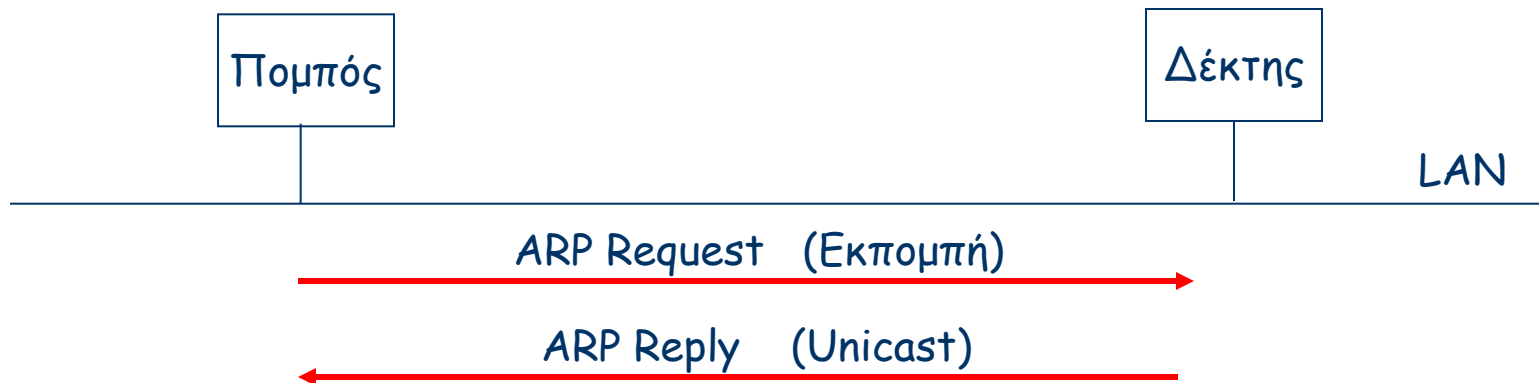
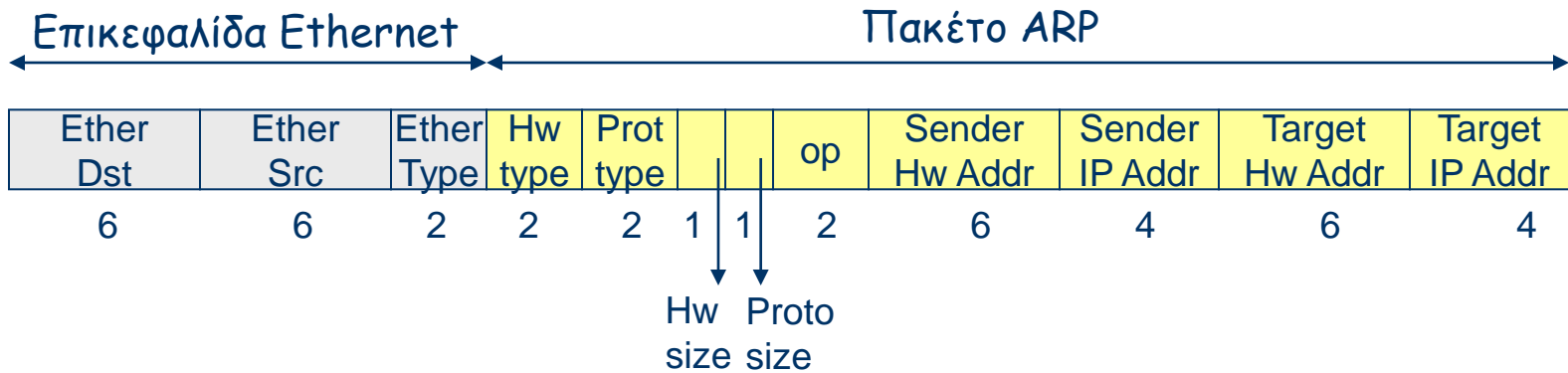


# Mobile IP



## Μορφή πακέτου ARP

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



# Mobile IP



καλών υπολογιστής (IP\_C)

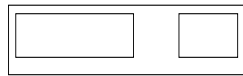


(IP\_M, MAC\_M) κινητός

## Παράδειγμα Proxy ARP

HA

(IP\_H, MAC\_H)



(IP\_X, MAC\_X)  
Υπολογιστής X



Src Dst



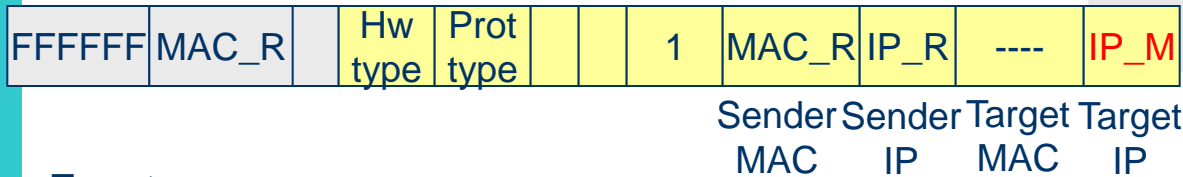
Συνήθης δρομολόγηση

INTERNET

Δρομολογητής (IP\_R, MAC\_R)

Οικείο δίκτυο

ARP Request



Proxy ARP Reply



Data (Πακέτο IP)

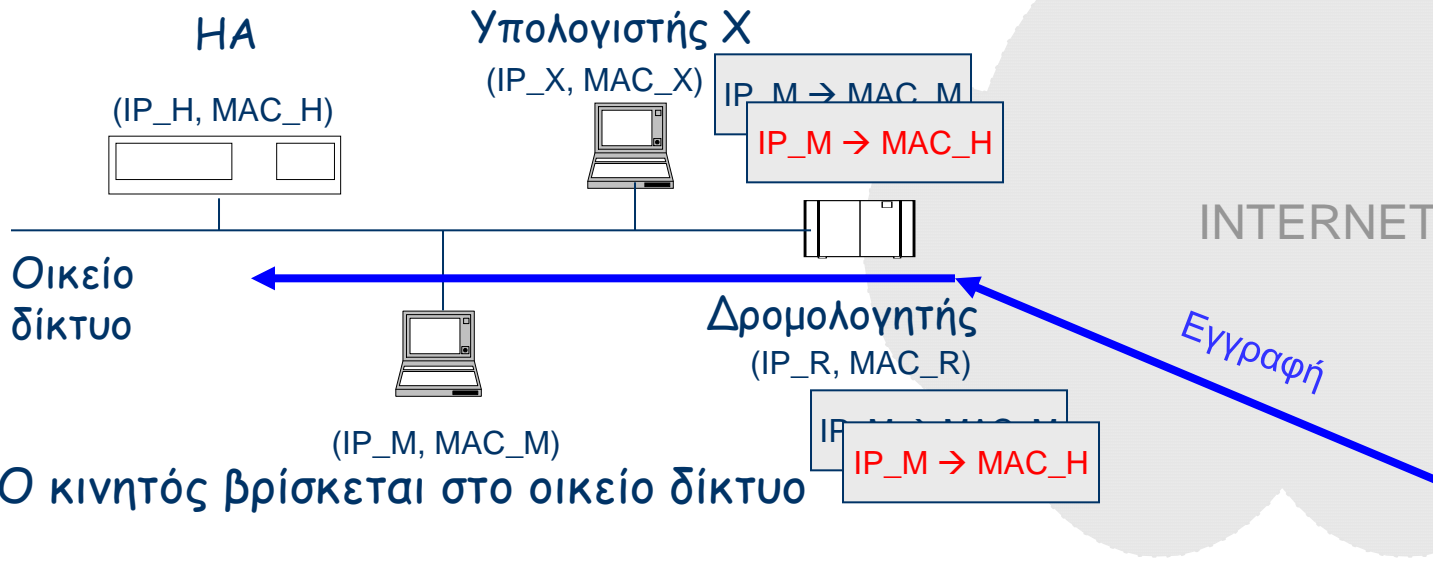


# Mobile IP



καλών υπολογιστής (IP\_C)

## Μετακίνηση ΜΗ: Απρόκλητο ARP



Ο κινητός βρίσκεται στο οικείο δίκτυο

(IP\_M, MAC\_M)

Ο κινητός φεύγει

Εκπομπή Gratuitous ARP Request

IP_M	.....	IP_M	MAC_H	1		Prot type	Hw type	MAC_H	FFFFFF
------	-------	------	-------	---	--	-----------	---------	-------	--------

Target IP  
Target MAC  
Sender MAC  
Sender IP

Ο HA εκπέμπει ένα απρόκλητο ARP Request στο τοπικό δίκτυο. Όσοι ακούν 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 host 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 host 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

# Mobile IP



## 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

V: Συμπύεση επικεφαλίδων Van Jacobson

0	8	16	31
Ver	HL	TOS	Total Length
Identification		Flags	Frags. 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 HA
  - Για να δηλώσει την care-of-address που λαμβάνει είτε από τον FA είτε από DHCP server
- Η διαδικασία εγγραφής συνίσταται στην αποστολή μηνύματος *Registration Request* από τον κινητό host 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**

# Mobile IP



## Εγγραφή

πράκτορας οικείων  
HA: 128.119.40.7



πράκτορας επισκεπτών  
COA: 79.129.13.2



φιλοξενούν δίκτυο: 79.129.13/24



Κινητός Host  
MA: 128.119.40.186

διαφήμιση ICMP

COA: 79.129.13.2  
....

αίτηση εγγραφής.

COA: 79.129.13.2  
HA: 128.119.40.7  
MA: 128.119.40.186  
Lifetime: 9999  
identification: 714  
....

αίτηση εγγραφής.

COA: 79.129.13.2  
HA: 128.119.40.7  
MA: 128.119.40.186  
Lifetime: 9999  
identification: 714  
encapsulation format  
....

απάντηση εγγραφ.

HA: 128.119.40.7  
MA: 128.119.40.186  
Lifetime: 4999  
Identification: 714  
encapsulation format  
....

απάντηση εγγραφ.

HA: 128.119.40.7  
MA: 128.119.40.186  
Lifetime: 4999  
Identification: 714  
....

χρόνος

# Mobile IP



## Registration Request



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

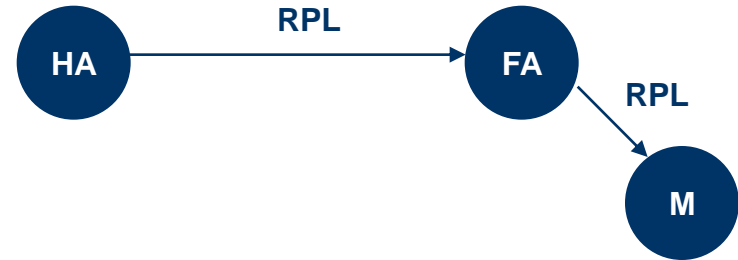
Type: 1 - Registration Request.  
Lifetime: αριθμός sec που η εγγραφή ισχύει  
Home address: η μόνιμη διεύθυνση του κινητού  
Home agent: Η διεύθυνση IP του πράκτορα οικείων  
Care-of-address: η τρέχουσα διεύθυνση IP του κινητού host  
Identification: για προστασία από επιθέσεις επανάληψης  
Extensions: παράμετροι ασφάλειας για προστασία  
Flags:  
 S: ταυτόχρονη δέσμευση (binding)  
 B: ο HA θα ενθουλακώνει πακέτα εκπομπής  
 D: ο κινητός είναι και FA  
 M: ο κινητός ζητά μινιμαλιστική ενθουλάκωση  
 G: ο κινητός ζητά ενθουλάκωση GRE

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

# Mobile IP



## Registration Reply



Type	Code	Lifetime
Home address		
Home agent		
Identification		
Extensions		
.....		

Type: 3 - Registration Reply

Code: υποδεικνύει το αποτέλεσμα της εγγραφής

Πιθανές τιμές:

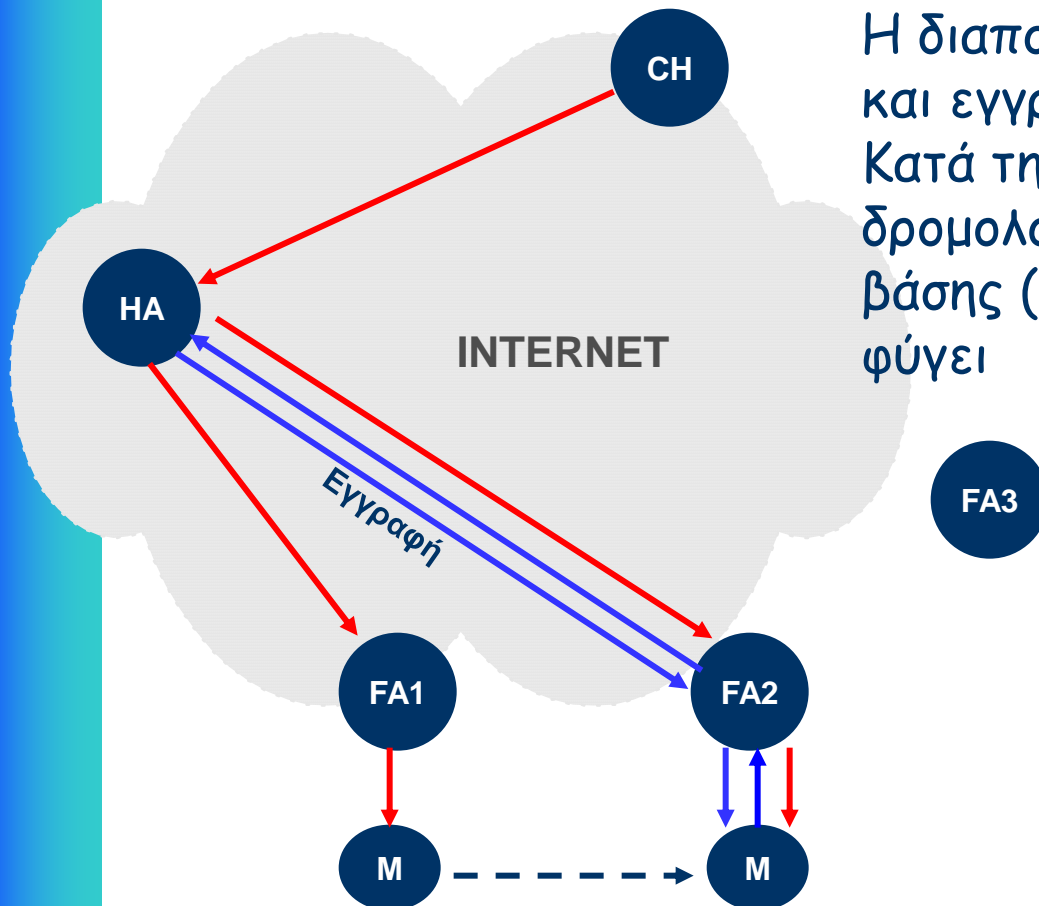
- 0 αποδεκτή εγγραφή
- 66 ανεπαρκείς πόροι στον FA
- 70 κακή μορφή αιτήματος
- 130 ανεπαρκείς πόροι στον πράκτορα οικείων
- 131 αποτυχία πιστοποίησης αυθεντικότητας

Lifetime: η διάρκεια ισχύος της εγγραφής που έδωσε ο HA



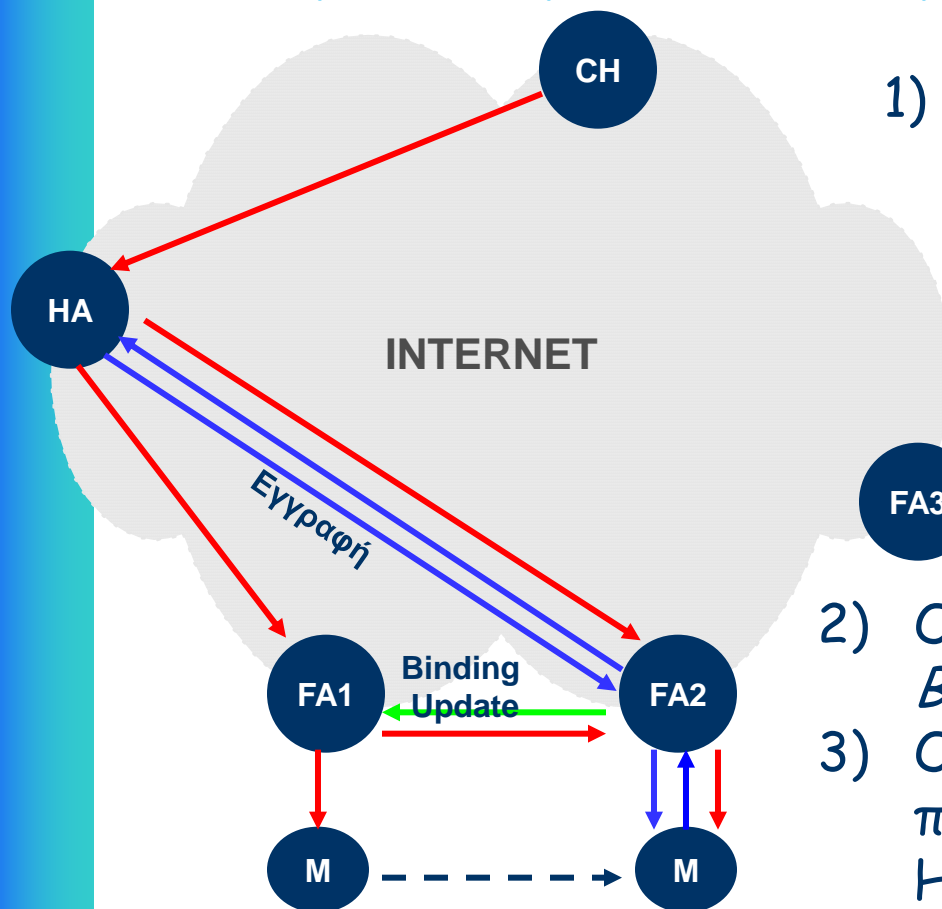
## Διαπομπή: ομαλή διαπομπή

Κατά τη διάρκεια της διαπομπής μπορεί να χαθούν πακέτα  
Η διαπομπή σε νέο σταθμό βάσης (ή FA) και εγγραφή στον HA είναι χρονοβόρα  
Κατά την περίοδο αυτή τα πακέτα θα δρομολογούνται στον παλιό σταθμό βάσης (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 παλιό πράκτορα (FA1)

2) Ο νέος FA2 στέλνει μήνυμα *Binding Update* στον παλιό FA1

3) Ο FA1 ξανα-ενθουλακώνει 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**



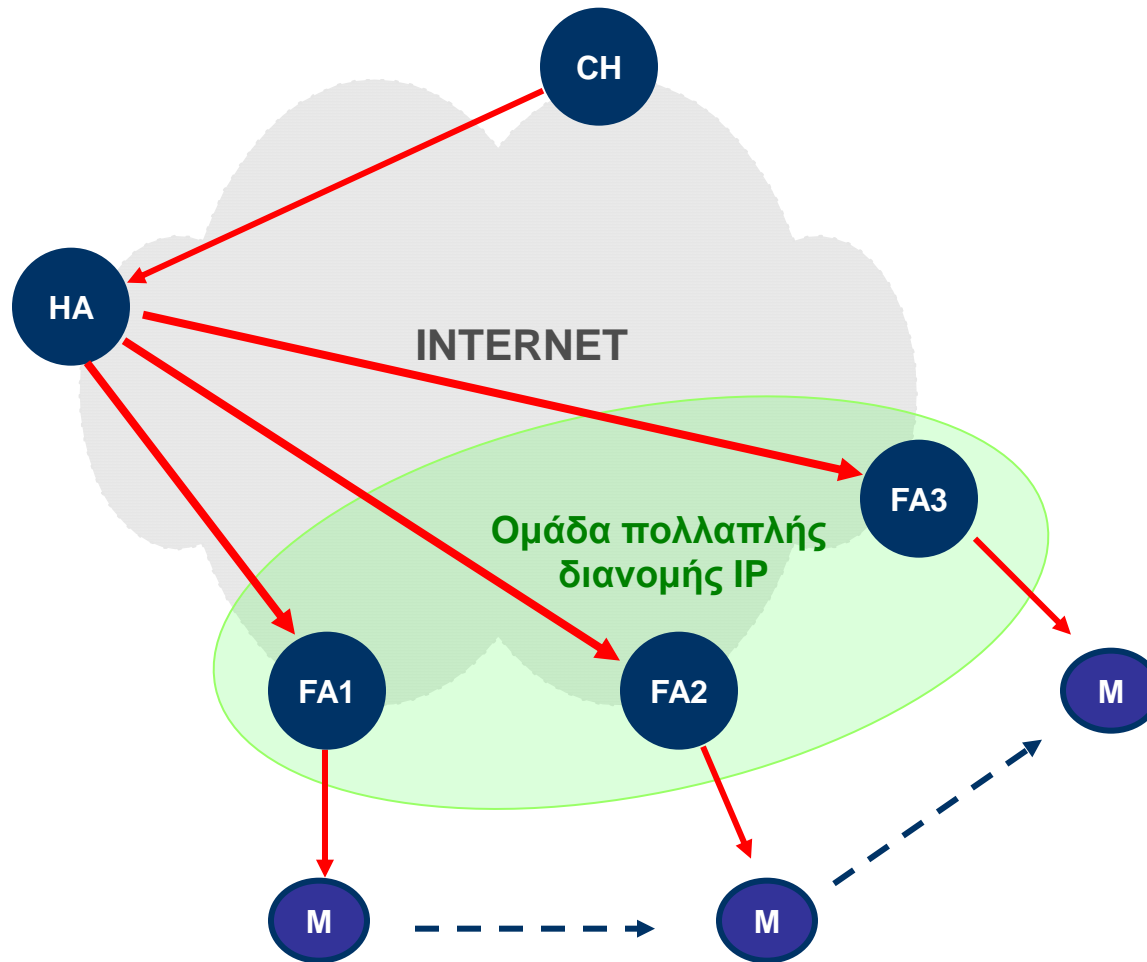
## Διαπομπή: χρήση πολλαπλής διανομής

- Οι FA μιας γειτονιάς σχηματίζουν μια ομάδα πολλαπλής διανομής. Η ομάδα έχει μια **διεύθυνση IP πολλαπλής διανομής**
- Ο κινητός host θα χρησιμοποιήσει αυτή τη διεύθυνση πολλαπλής διανομής ως care-of-address.
- Ο HA θα στείλει τα ενθυλακωμένα πακέτα για τον κινητό host 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 host 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



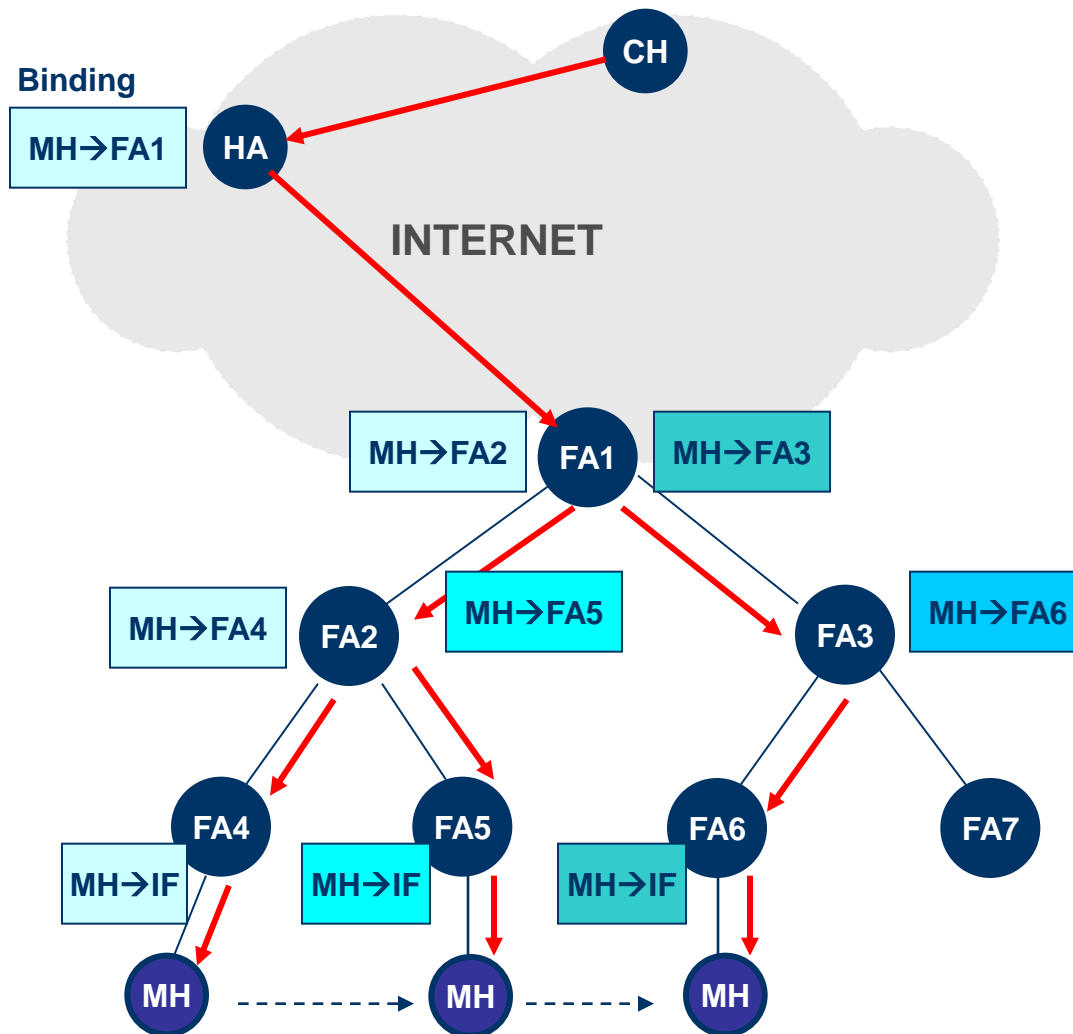


## Διαπομπή: Ιεραρχία FA

- Χρήση ιεραρχίας FA μεταξύ του κινητού host 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



## Διατομή: Ιεραρχία FA



# Mobile IP



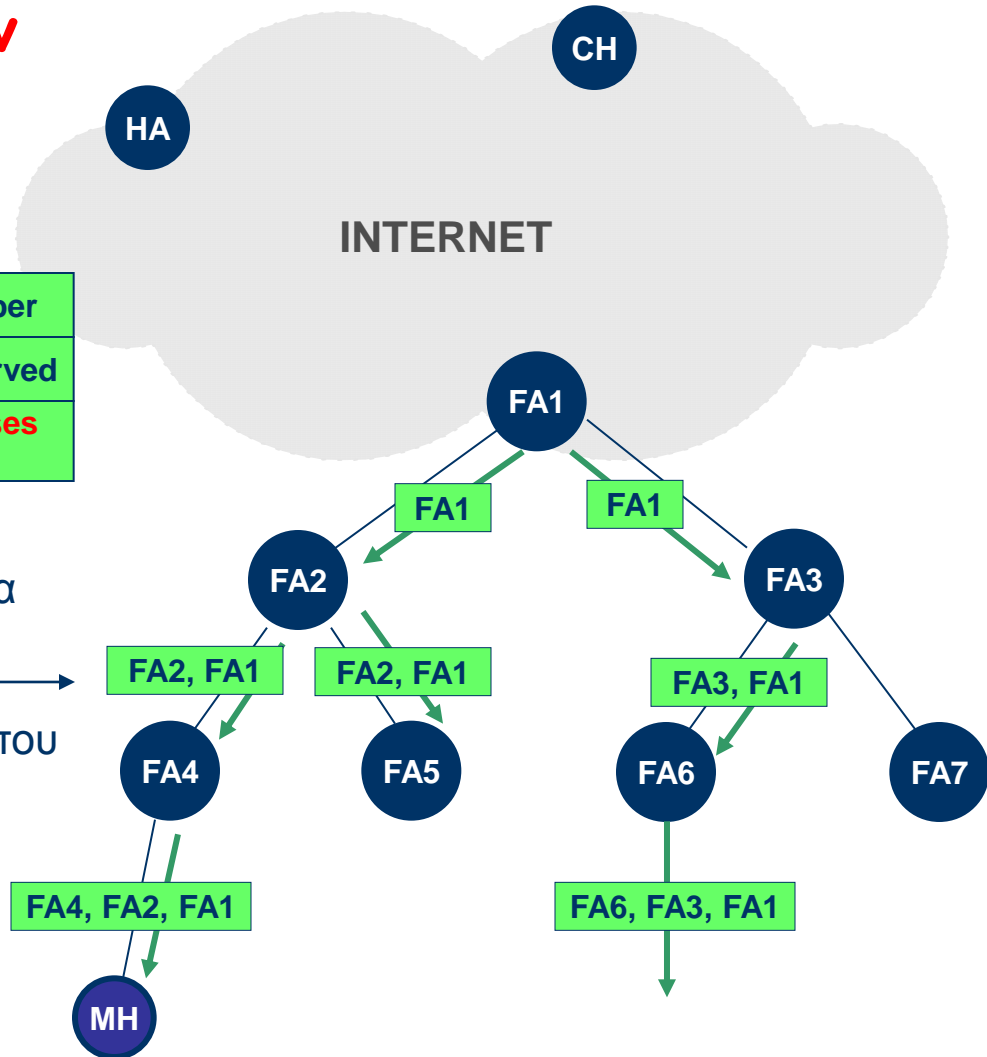
## Διαπομπή: Ιεραρχία FA Διαφήμιση πρακτόρων

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



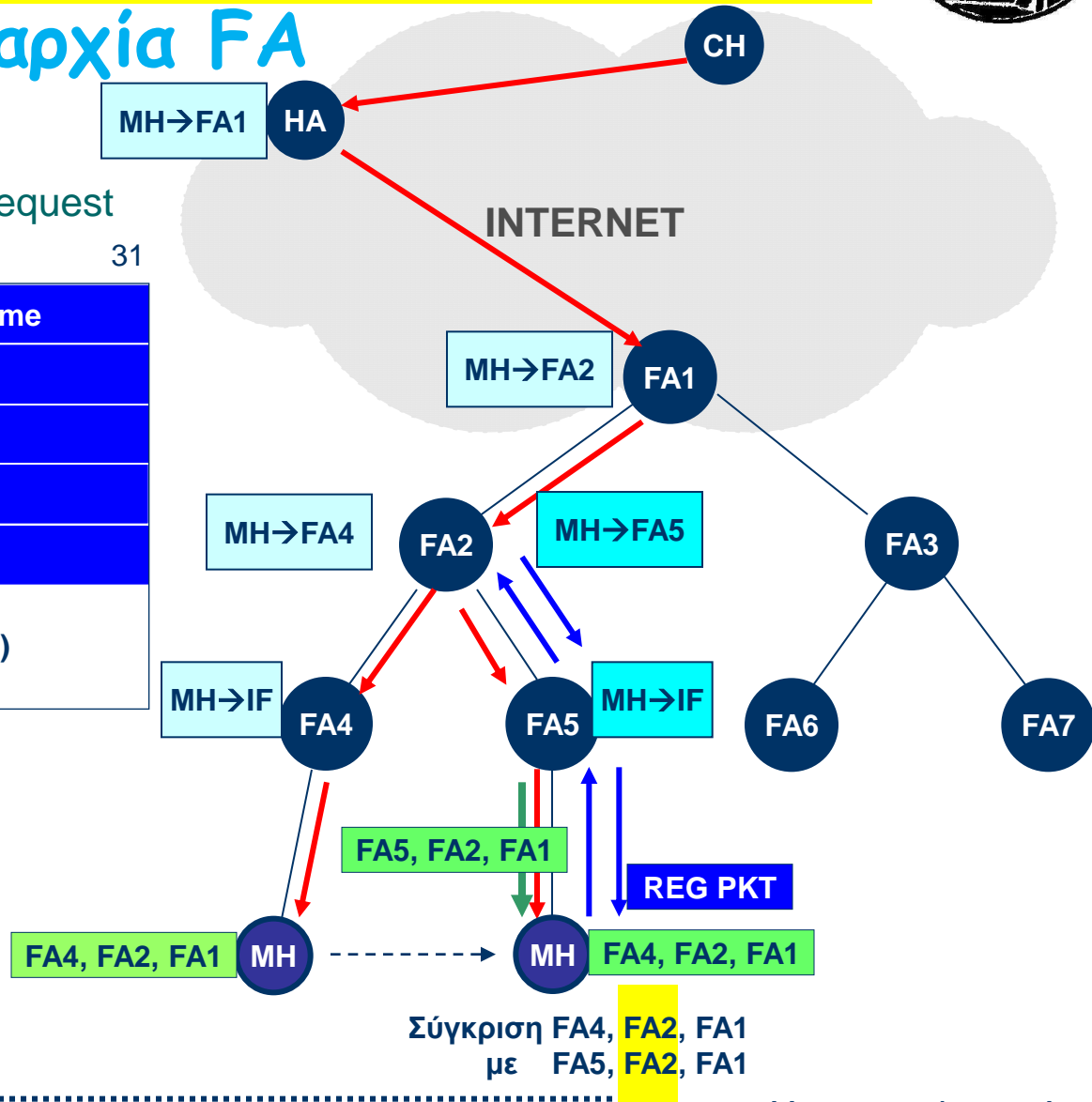
# Mobile IP



## Διαπομπή: Ιεραρχία FA Εγγραφή

Μήνυμα Registration Request

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



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

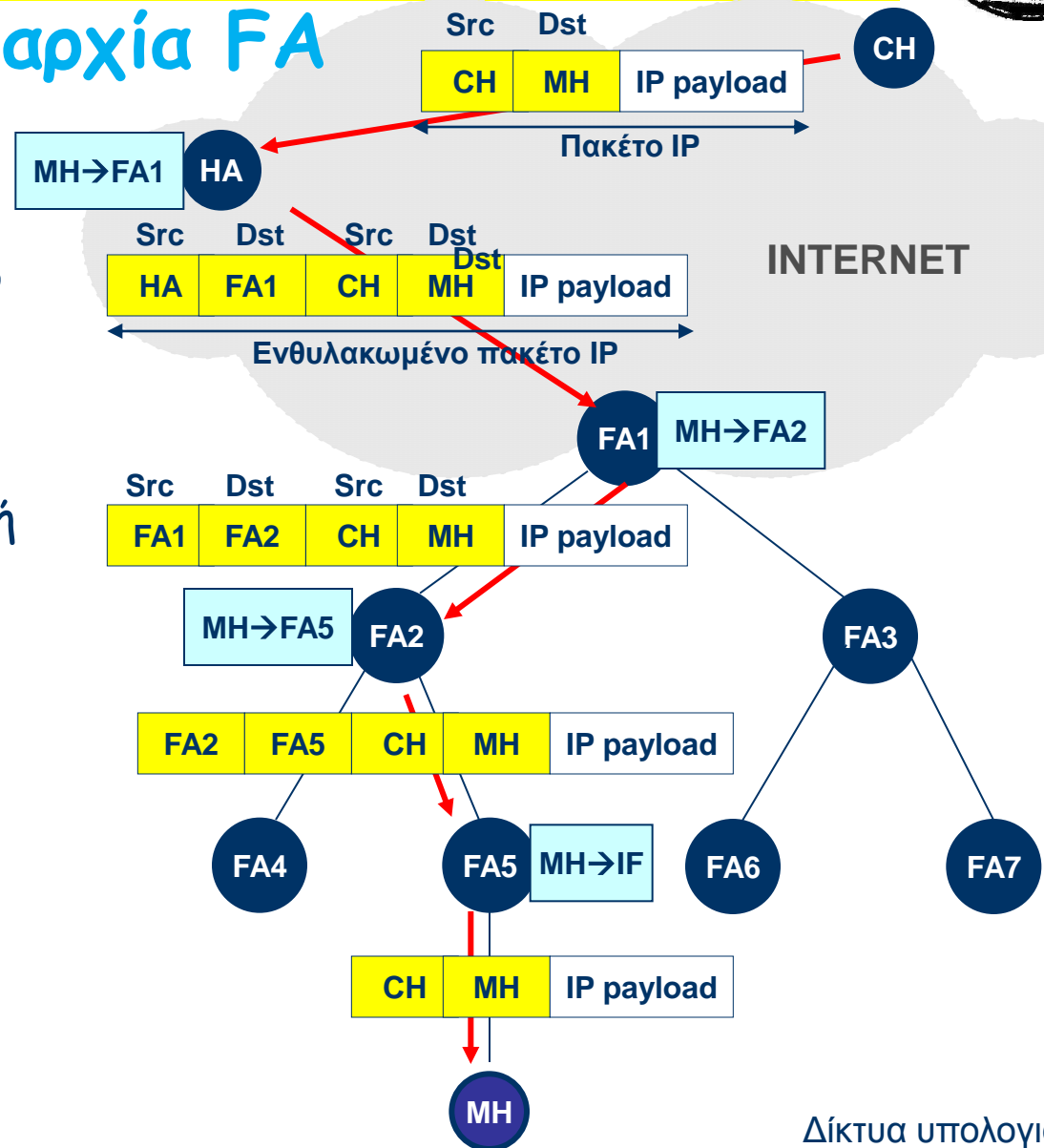
# Mobile IP



## Διαπομπή: Ιεραρχία FA Πρώθηση

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





## 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 του Mobile IP

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





## Προσέγγιση

- Χρησιμοποιούνται τεχνικές 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



- 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

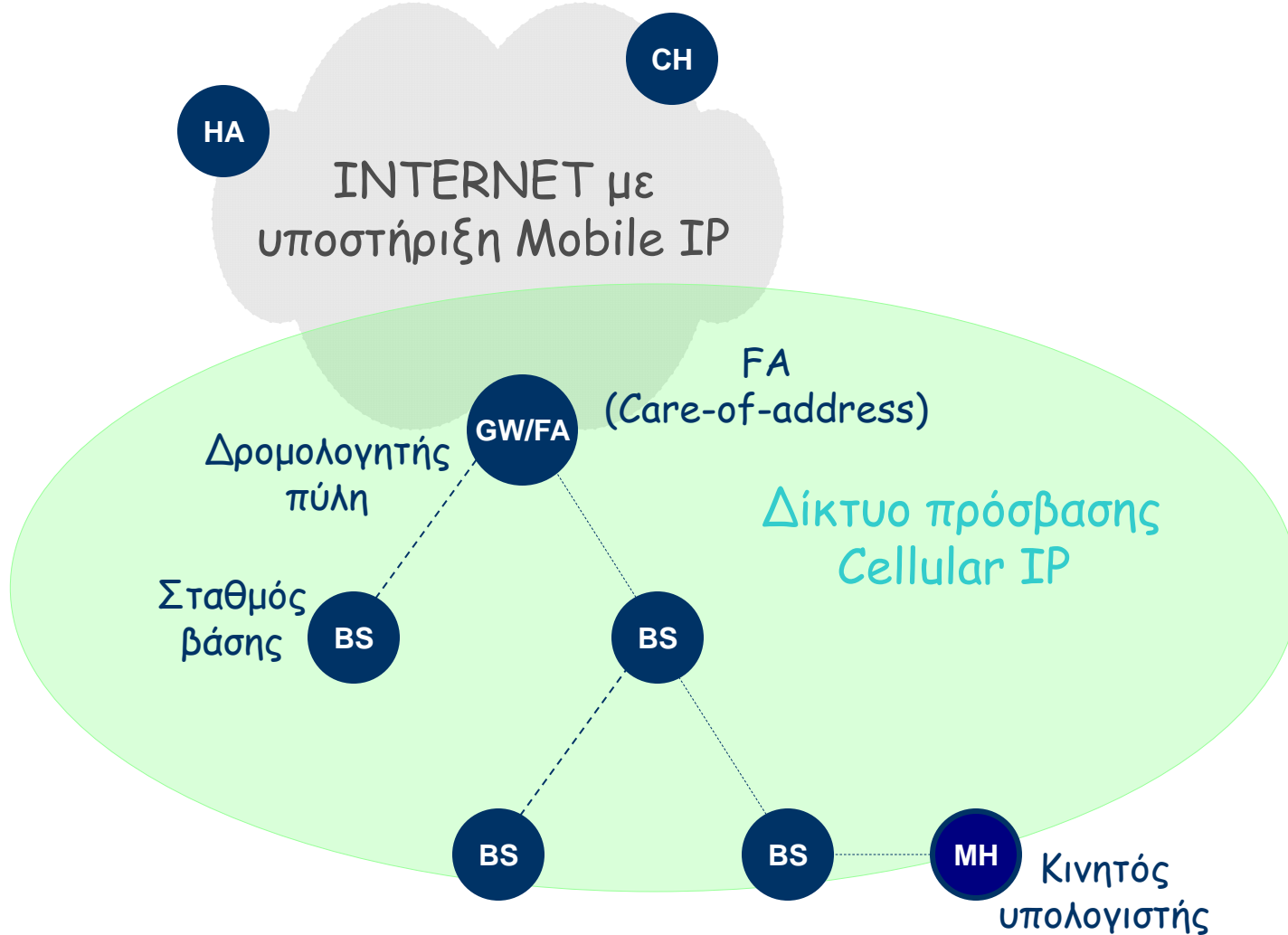


- Είναι κυψελωτό δίκτυο IP
  - Η δρομολόγηση για τους κινητούς γίνεται με Cellular IP
    - Η διανομή διαδρομών και η ενημέρωσή τους γίνεται με το πρωτόκολλο Cellular IP
  - Δεν απαιτεί αλλαγή της μορφής του πακέτου IP ή του μηχανισμού προώθησης πακέτων IP
  - Η πληροφορία θέσης ανά κινητό εγγράφεται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

# Cellular IP



## Μοντέλο δικτύου



# Cellular IP

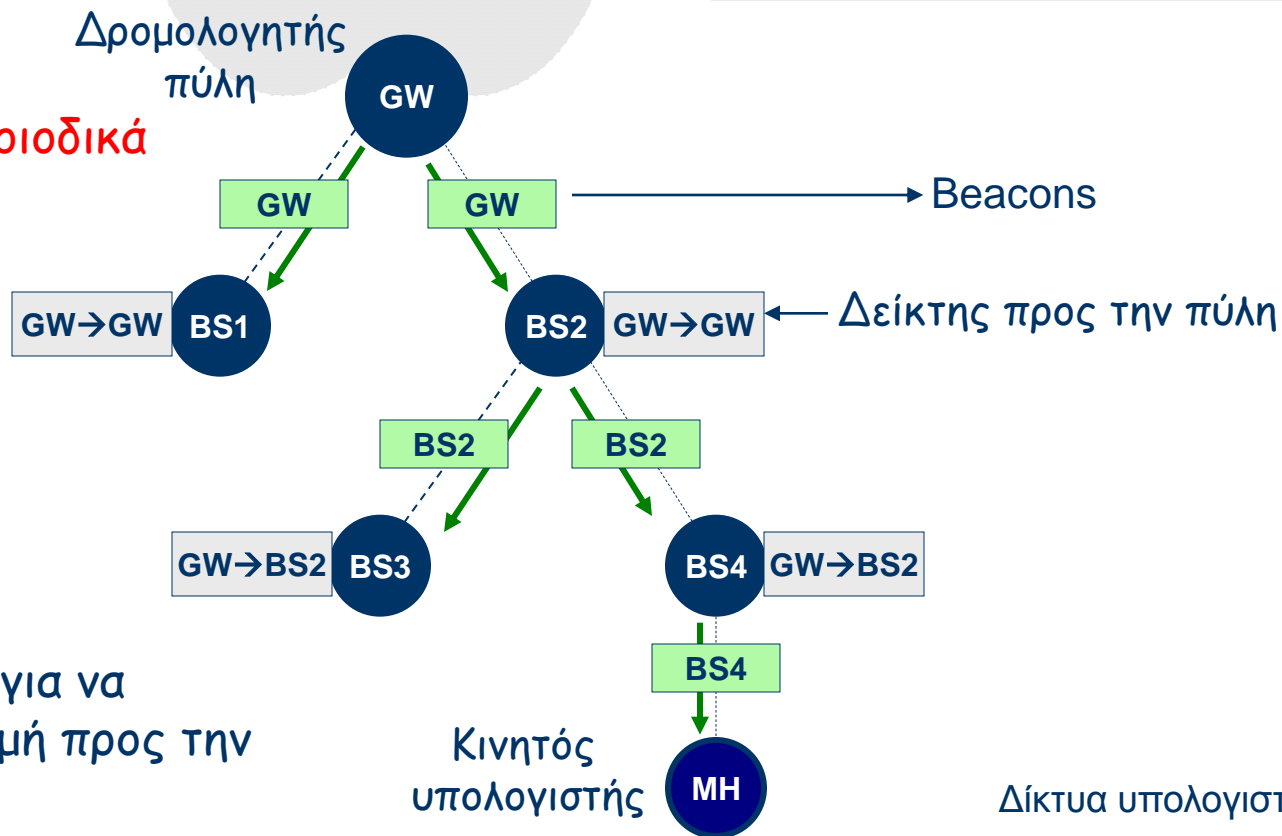


## Φάροι (beacons)



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

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

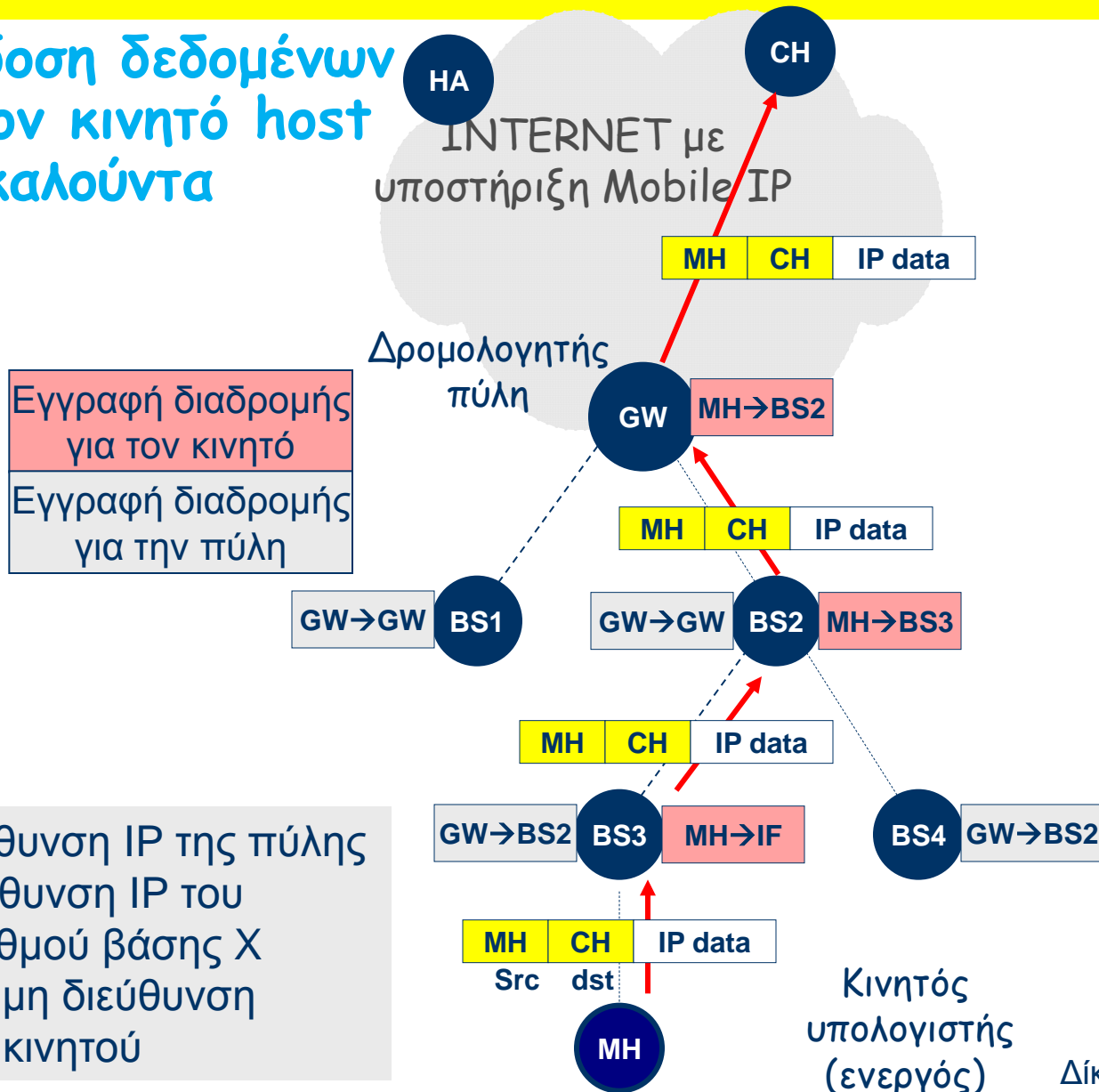


Τα **πακέτα φάροι** χρησιμοποιούνται για να μαθευτεί η διαδρομή προς την πύλη

# Cellular IP



Μετάδοση δεδομένων από τον κινητό host στον καλούντα

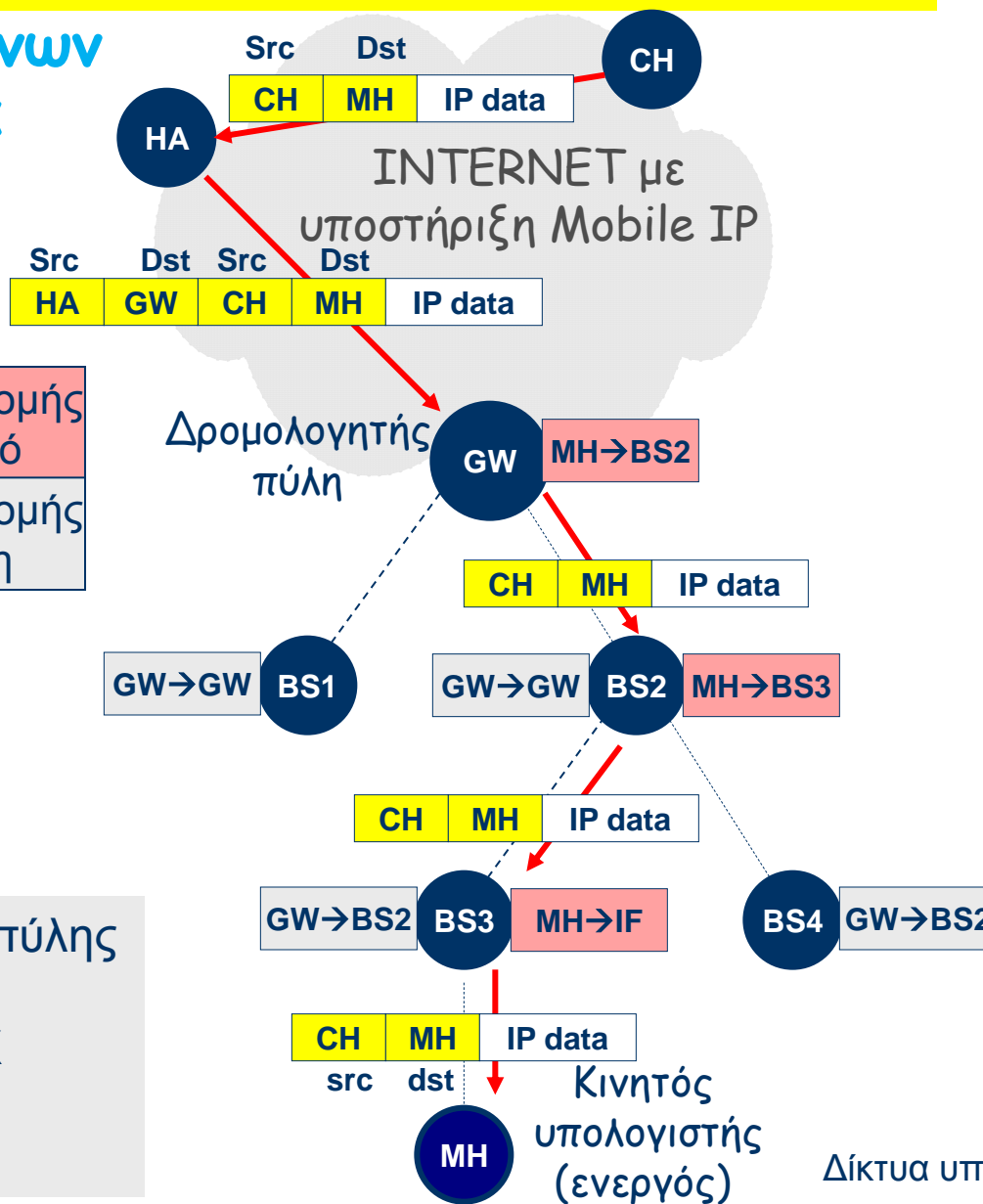


GW: διεύθυνση IP της πύλης  
BSx: διεύθυνση IP του σταθμού βάσης X  
MH: μόνιμη διεύθυνση του κινητού

# Cellular IP



Μετάδοση δεδομένων από τον καλούντα στον κινητό host



INTERNET με υποστήριξη Mobile IP

Δρομολογητής πύλη

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

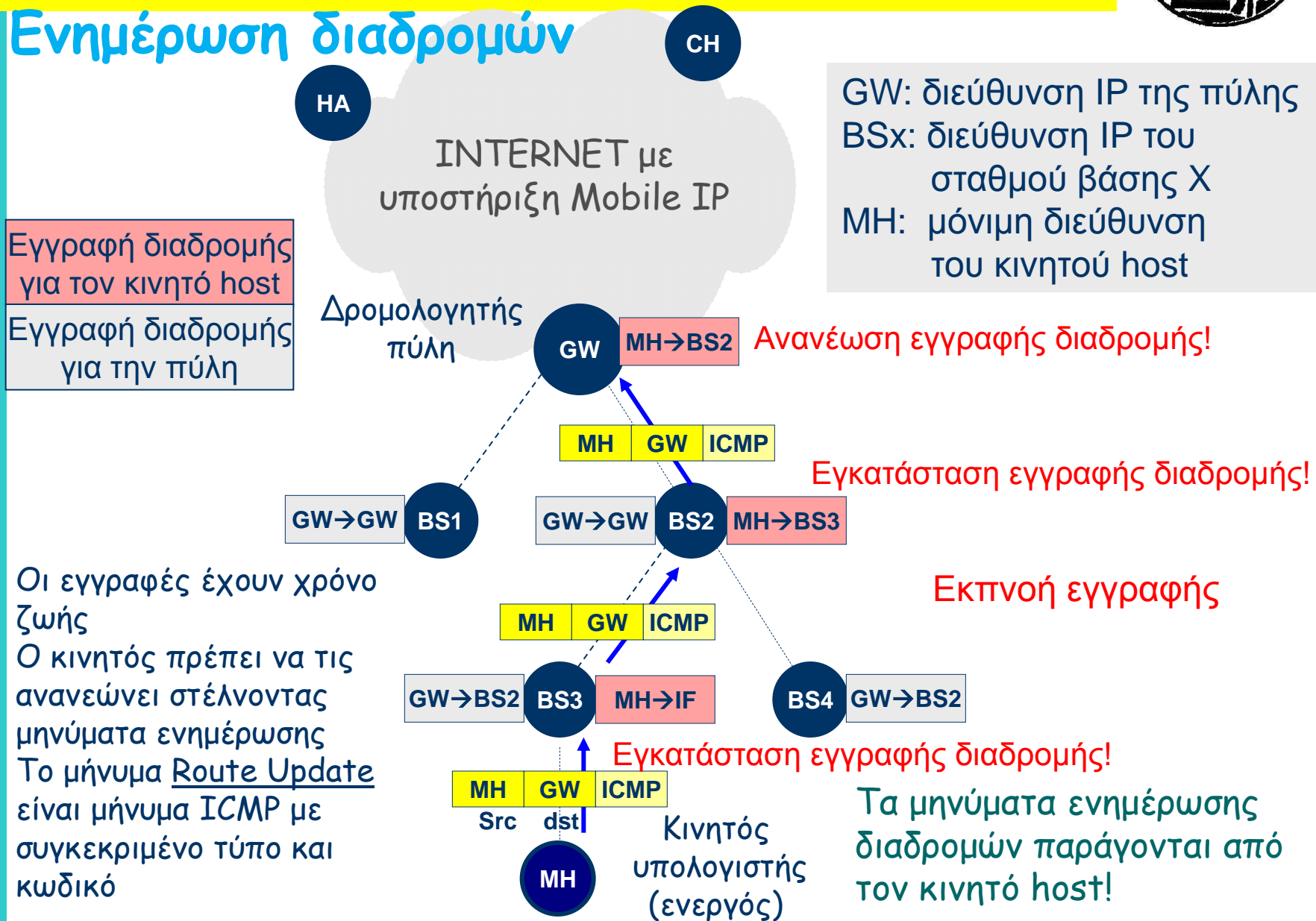
Κινητός υπολογιστής (ενεργός)

Δίκτυα υπολογιστών

# Cellular IP



## Ενημέρωση διαδρομών



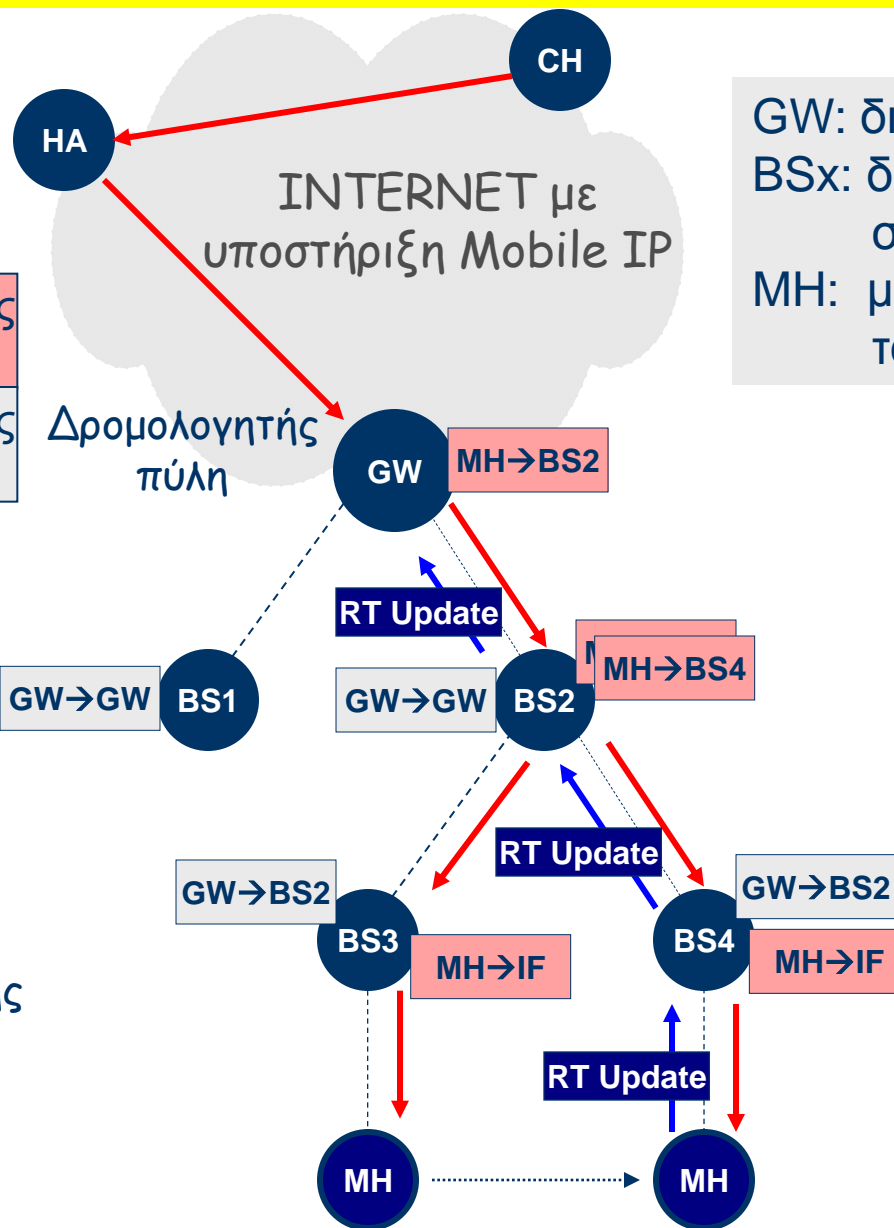
Οι εγγραφές έχουν χρόνο ζωής  
Ο κινητός πρέπει να τις ανανεώνει στέλνοντας μηνύματα ενημέρωσης  
Το μήνυμα Route Update είναι μήνυμα ICMP με συγκεκριμένο τύπο και κωδικό



# Cellular IP



## Διαπομπή



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

Εγγραφή διαδρομής για τον κινητό host  
Εγγραφή διαδρομής για την πύλη

**RT Update**  
Πακέτο ενημέρωσης διαδρομής

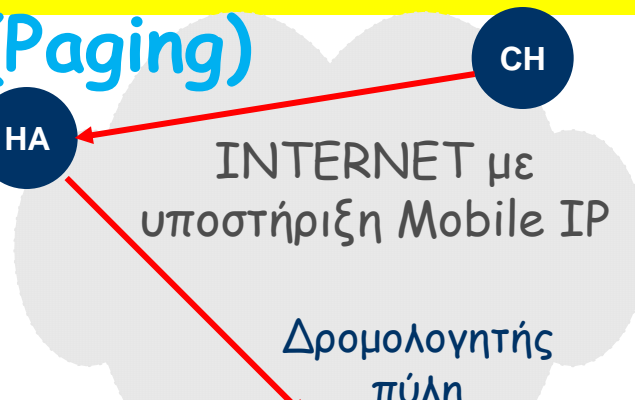
# Cellular IP



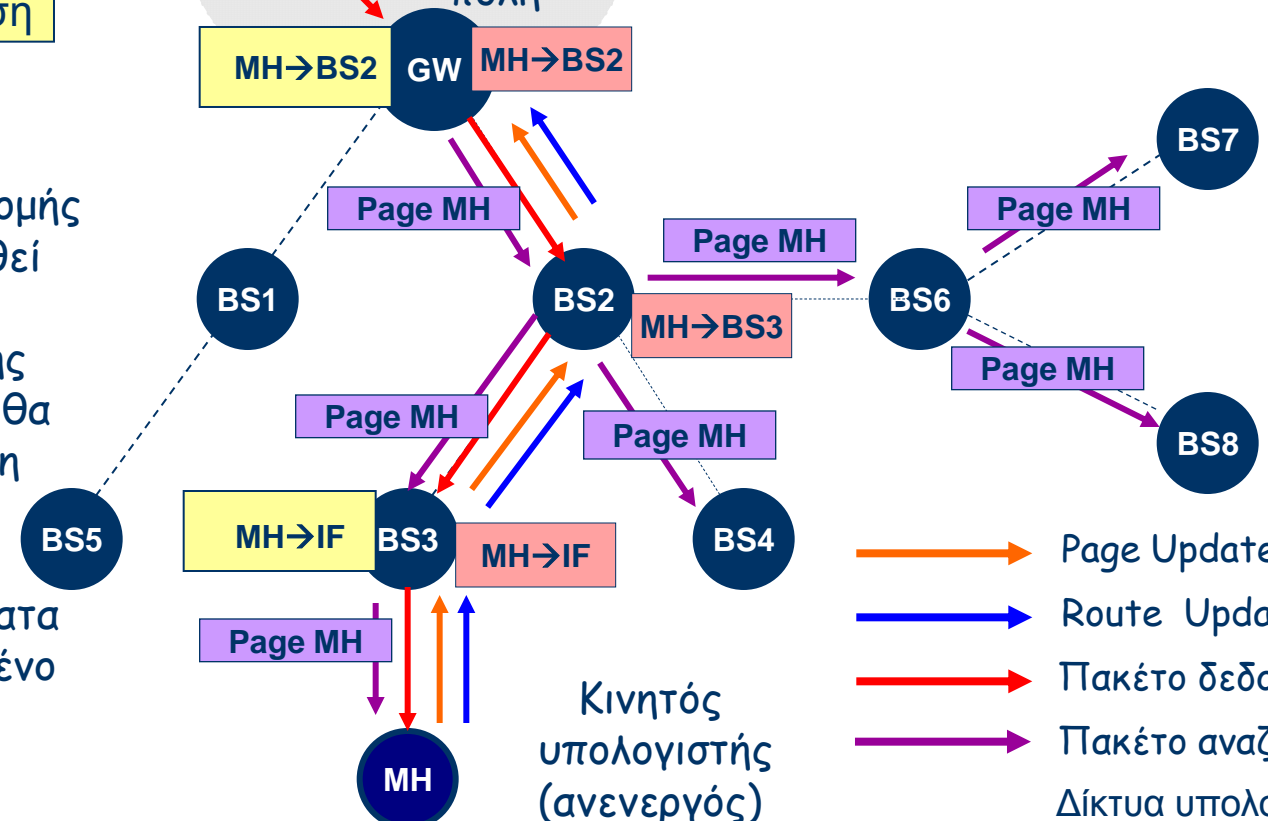
## Αναζήτηση (Paging)

Εγγραφή διαδρομής για τον κινητό host  
 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 host



Κινητός υπολογιστής (ανενεργός)

- Page Update
  - Route Update
  - Πακέτο δεδομένων
  - Πακέτο αναζήτησης
- Δίκτυα υπολογιστών