

Address Resolution Protocol

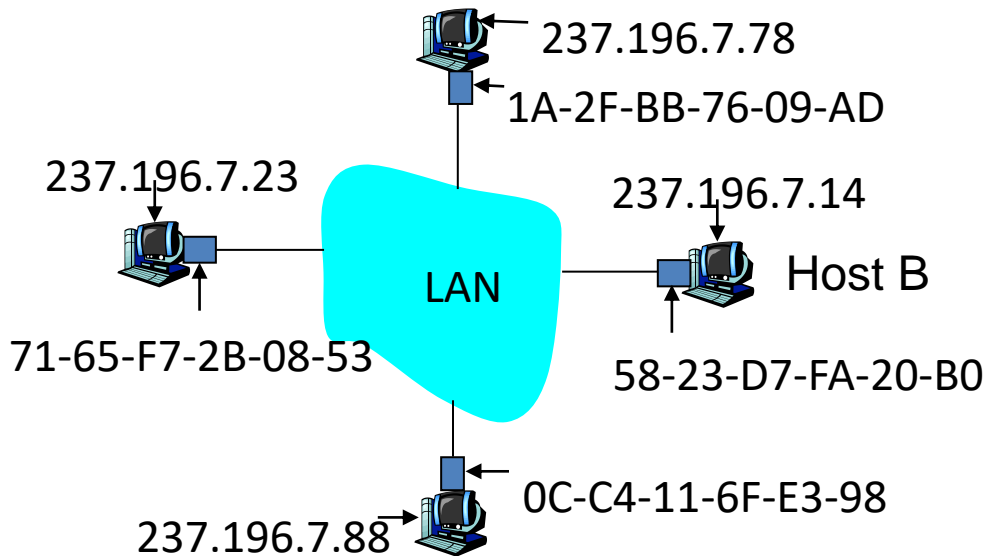
A Layer 2 protocol

ΣΧΕΣΕΙΣ IP – MAC (Ethernet) addresses

Το πρωτόκολλο ARP (Address Resolution Protocol)

Ερώτηση: πώς θα καθορίσουμε την MAC-διεύθυνση του Host B ξέροντας την IP-διεύθυνσή του?

- Κάθε IP κόμβος (Host, Router) στο LAN έχει έναν ARP πίνακα
- ARP Πίνακας: Αντιστοιχίσεις IP/MAC διευθύνσεων για κάποιους LAN κόμβους < IP διεύθυνση, MAC διεύθυνση, TTL >
 - TTL (Time To Live): ο χρόνος μετά από τον οποίο η αντιστοίχιση μιας διεύθυνσης θα ξεχαστεί (τυπικά 20 λεπτά)



ARP Πίνακας Host B

IP address	MAC address	TTL (Time-To-Live)
237.196.7.14	58-23-D7-FA-20-B0	14:00:05

Το πρωτόκολλο ARP (Address Resolution Protocol) συνέχεια 1

Κάθε κόμβος στο LAN έχει μοναδική MAC-διεύθυνση

■ = διεπαφή με MAC-διεύθυνση



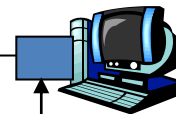
1A-2F-BB-76-09-AD

Broadcast MAC-διεύθυνση = FF-FF-FF-FF-FF-FF
(σε Ethernet LAN)



71-65-F7-2B-08-53

LAN
(ενσύρματο
ή ασύρματο)



58-23-D7-FA-20-B0



0C-C4-11-6F-E3-98

ARP: address resolution protocol

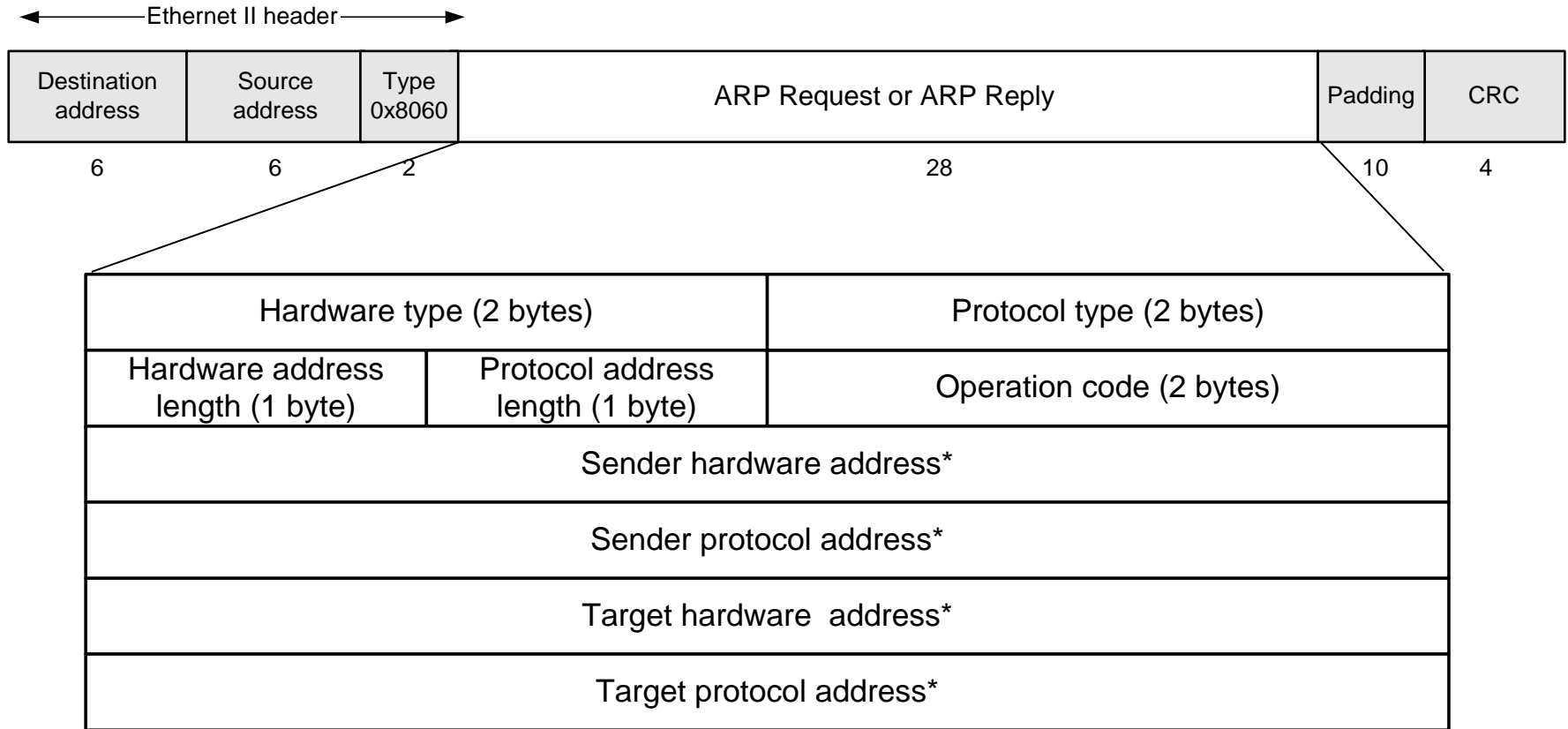
Το ARP συσχετίζει μια IP-διεύθυνση σε μία MAC-διεύθυνση

Αλλά μόνο για τους κόμβους στο ίδιο LAN

Το πρωτόκολλο ARP (Address Resolution Protocol) συνέχεια 2

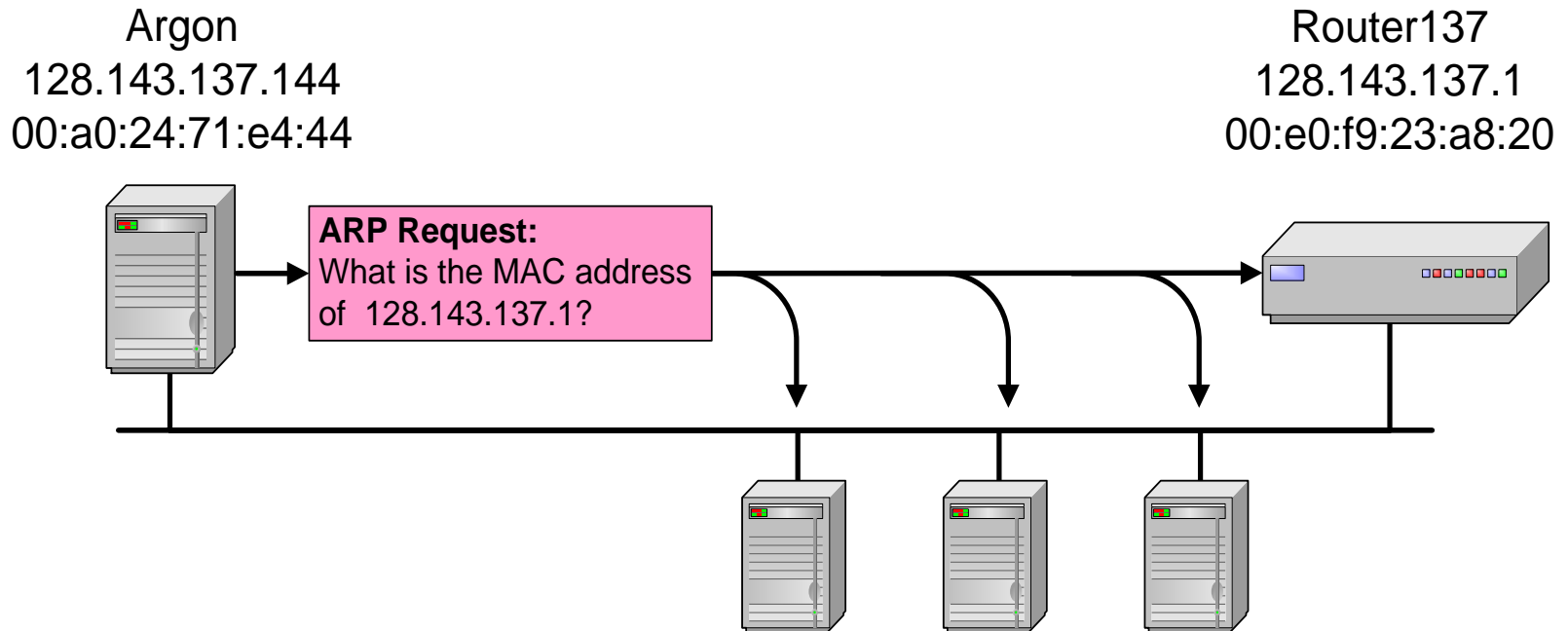
- Έστω ότι ο A θέλει να στείλει ένα *datagram* στον B, και η διεύθυνση του B δεν είναι στον πίνακα ARP του A
- Ο A **εκπέμπει** ένα πακέτο ερωτήματος (*query*) ARP, που περιέχει την διεύθυνση IP του B
- **Όλοι οι κόμβοι** σε αυτό το LAN λαμβάνουν το ARP packet
- Ο B λαμβάνει το πακέτο ARP και απαντάει στον A με την MAC- διεύθυνσή του
 - το πλαίσιο στέλνεται στην MAC διεύθυνση του A (unicast)
 - ενημερώνεται ο πίνακας ARP του A (προστίθεται TTL)
 - **soft state**: πληροφορία που λήγει (φεύγει) αν δεν ανανεωθεί.
- Το ARP είναι “**plug-and-play**”:
 - οι κόμβοι δημιουργούν τους ARP-πίνακές τους **χωρίς την παρέμβαση του διαχειριστή του δικτύου.**

ARP Packet Format



* Note: The length of the address fields is determined by the corresponding address length fields

Παράδειγμα ARP

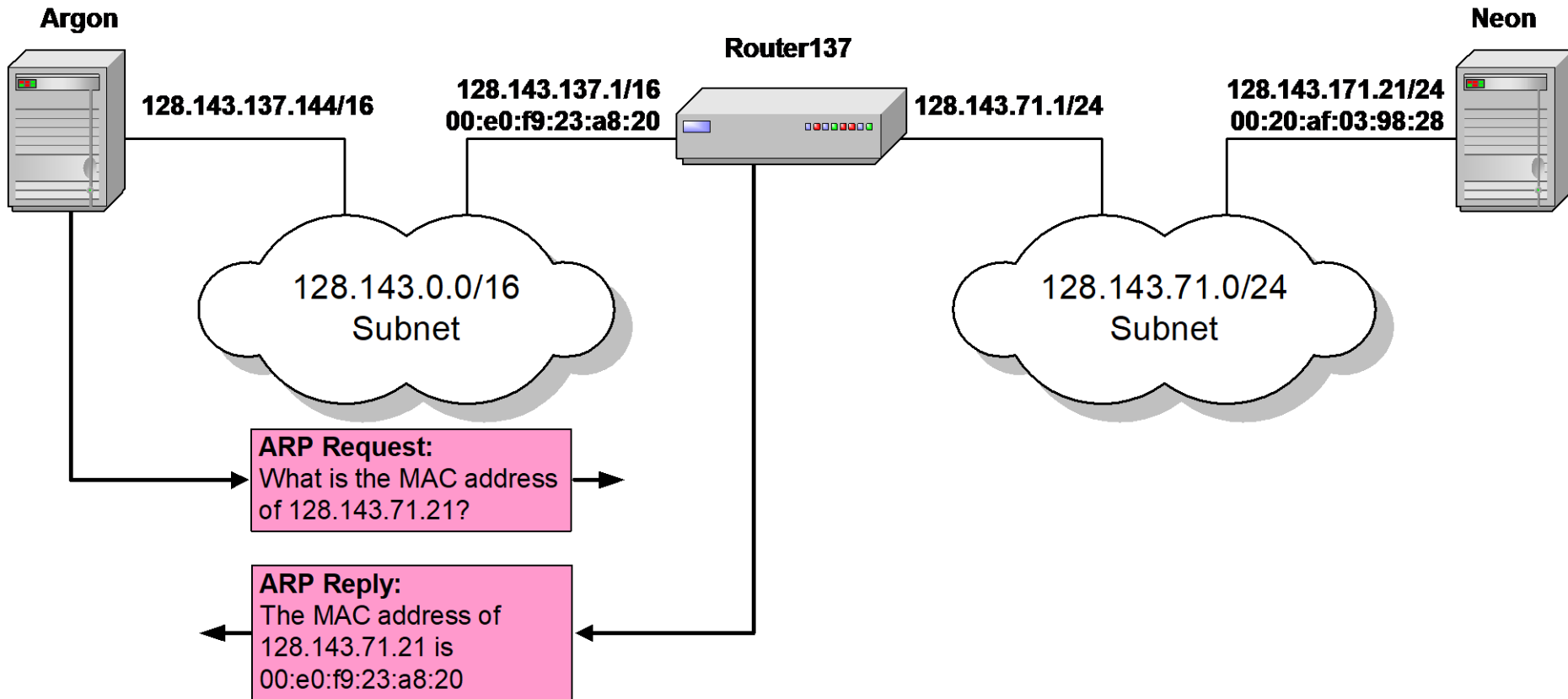


■ *ARP Request from Argon:*

Source MAC address:	00:a0:24:71:e4:44
Source IP address:	128.143.137.144
Target MAC address:	FF:FF:FF:FF:FF:FF
Target IP address:	128.143.137.1

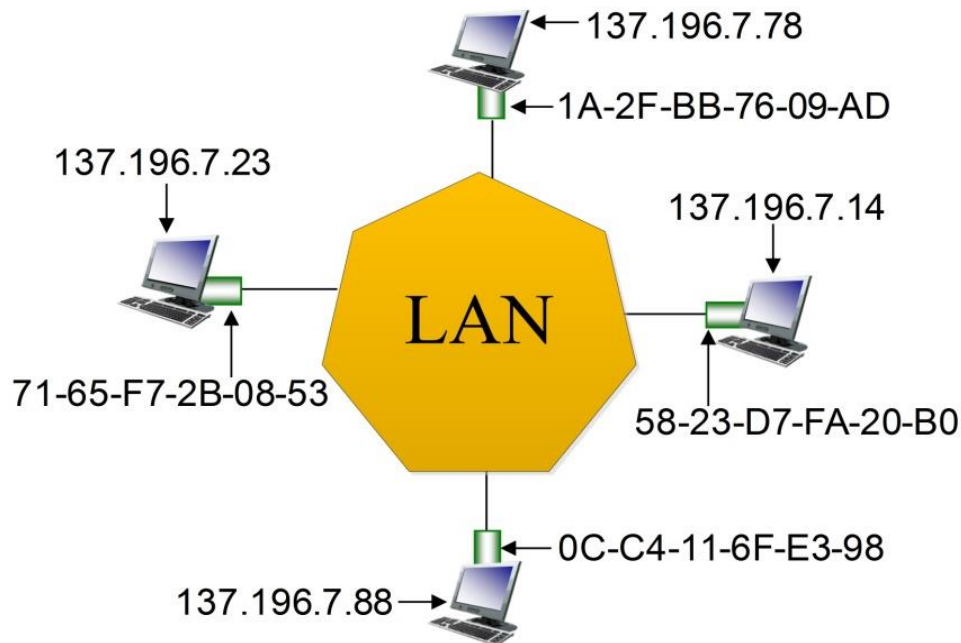
Proxy ARP - Παράδειγμα

- Host ή router απαντά σε ARP Request που καταφθάνουν σε ένα από τα διασυνδεδεμένα δίκτυα για host που βρίσκεται σε κάποιο άλλο δίκτυο



Παράδειγμα 1 Σχέση διευθύνσεων IP και MAC

- Το σχήμα, παρακάτω, δείχνει 4 Η/Υ συνδεδεμένους στο ίδιο LAN. Φαίνονται οι διευθύνσεις τους IP και Ethernet (MAC-address).
- Αν ένας υπολογιστής, π.χ. IP=137.196.7.78, θέλει να επικοινωνήσει με έναν άλλον στο ίδιο LAN, πρέπει να ξέρει εκτός από την διεύθυνση IP και την διεύθυνση Ethernet.
- Αν στείλει ένα πακέτο στο LAN με διεύθυνση προορισμού π.χ. την IP=137.196.7.23, χωρίς την διεύθυνση Ethernet (δηλ. την 71-65-F7-2B-08-53), ο παραλήπτης δεν θα την λάβει διότι το στρώμα της Ζεύξης (Link layer) δεν θα αφήσει να περάσει το πακέτο στο στρώμα Δικτύου, ώστε να διαπιστωθεί ότι πράγματι το πακέτο έφθασε στον σωστό παραλήπτη. Πώς θα βρεθεί διεύθυνση Ethernet του παραλήπτη που χρειάζεται ο αποστολέας;



Παράδειγμα 1 Σχέση διευθύνσεων IP και MAC (συνέχεια 1)

Οι διευθύνσεις IP συνήθως ανατίθενται από τον διαχειριστή του δικτύου και οι πίνακες δρομολόγησης ενημερώνονται από πρωτόκολλο δρομολόγησης. Εκτός από τον πίνακα δρομολόγησης κάθε κόμβος έχει και δεύτερο πίνακα δρομολόγησης που αφορά στο LAN που είναι συνδεδεμένος. Ο πίνακας αυτός λέγεται ARP_Table, διότι ενημερώνεται από ειδικό πρωτόκολλο, το Address Resolution Protocol (ARP). Ο **ARP_Table** του αποστολέα (με IP=137.196.7.78) είναι της μορφής:

IP address	MAC address	TTL (Time-To-Live)
137.196.7.14	58-23-D7-FA-20-B0	14:00:05
137.196.7.88	0C-C4-11-6F-E3-98	14:05:00

Η 3η στήλη (TTL) δείχνει μέχρι πότε (ώρα) ισχύει η εγγραφή (συνήθως διαρκεί 20 min). Αφού λοιπόν δεν υπάρχει εγγραφή στον ARP_Table για τον παραλήπτη με IP=137.196.7.23, ο αποστολέας πρέπει να στείλει πακέτο ερώτησης προς όλους όσους είναι συνδεδεμένοι στο LAN.

Παράδειγμα 1 Σχέση διευθύνσεων IP και MAC (συνέχεια 2)

- α) Δώστε τις συγκεκριμένες διευθύνσεις IP που πρέπει να καταχωρηθούν στο datagram (στρώμα Δικτύου) του αποστολέα.
- β) Ακολούθως, θα χρησιμοποιήσει το πρωτόκολλο ARP (ARP request). Δώστε τις συγκεκριμένες διευθύνσεις Ethernet που πρέπει να καταχωρηθούν στο frame (στρώμα Ζεύξης) του αποστολέα, καθώς και την πλήρη μορφή του frame από πλευράς διευθύνσεων (IP και MAC).
- γ) Ο Η/Υ με IP=137.196.7.23 θα αναγνωρίσει από την διεύθυνση IP ότι ζητείται η δική του διεύθυνση Ethernet και θα αποστείλει την σχετική απάντηση (ARP reply). Δώστε τις συγκεκριμένες διευθύνσεις Ethernet που πρέπει να καταχωρηθούν στο frame (στρώμα Ζεύξης) του Η/Υ με IP=137.196.7.23, καθώς και την πλήρη μορφή του frame από πλευράς διευθύνσεων (IP και MAC).
- Δείξτε επίσης τον ενημερωμένο ARP Table του αποστολέα.
- *Αν η εν λόγω επικοινωνία περνά μέσα από Γέφυρες-Bridges (δεν δείχνονται στο ανωτέρω σχήμα), τότε οι Γέφυρες εκμεταλλεύονται τις πληροφορίες αυτές και ενημερώνουν τους δικούς τους πίνακες δρομολόγησης.*
- *Π.χ. μία Γέφυρα μαθαίνει ότι μέσω ενός port, π.χ. του Port 1, επικοινωνεί με τον Η/Υ με MAC address = 71-65-F7-2B-08-53.*

Παράδειγμα 1 - Λύση

- (α) Συγκεκριμένα το στρώμα Δικτύου του αποστολέα θα δημιουργήσει datagram με Source IP address= 137.196.7.78 και Destination IP address= 137.196.7.23.
- (β) Ακολούθως, το στρώμα Ζεύξης θα δημιουργήσει frame με Source MAC address=1A-2F-BB-76-09-AD, Destination MAC address=FF-FF-FF-FF-FF-FF (δηλ. όλο "1", που σημαίνει broadcast) και TYPE=0x806 (που σημαίνει ARP). Το frame θα έχει την ακόλουθη μορφή:

PREAMBLE	FF-FF-FF-FF-FF-FF	1A-2F-BB-76-09-AD	0x806	...	137.196.7.78	137.196.7.23	...
----------	-------------------	-------------------	-------	-----	--------------	--------------	-----

- (γ) Ο Η/Υ με IP=137.196.7.23 θα αναγνωρίσει από την διεύθυνση IP ότι ζητείται η δική του διεύθυνση Ethernet και θα αποστείλει απάντηση ως εξής:

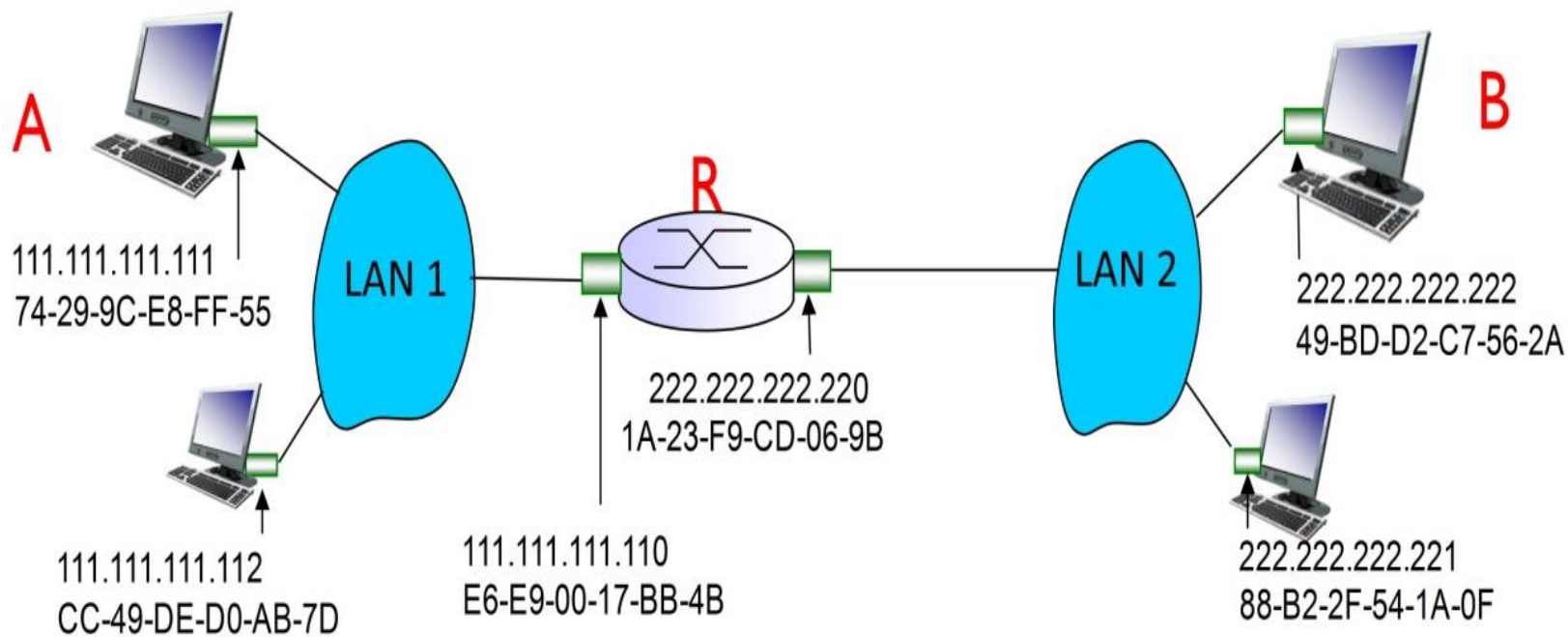
PREAMBLE	1A-2F-BB-76-09-AD	71-65-F7-2B-08-53	0x806	...	137.196.7.23	137.196.7.78	...
----------	-------------------	-------------------	-------	-----	--------------	--------------	-----

ARP Table του Αποστολέα

IP address	MAC address	TTL (Time-To-Live)
137.196.7.14	58-23-D7-FA-20-B0	14:00:05
137.196.7.88	0C-C4-11-6F-E3-98	14:05:00
137.196.7.23	71-65-F7-2B-08-53	14:05:30

Παράδειγμα 2

- Με βάση το κατωτέρω σχήμα, γράψτε τον πίνακα δρομολόγησης (στρώμα Δικτύου) του Η/Υ Α του LAN 1 και του δρομολογητή R. Ακολουθώντας περιγράψτε αναλυτικά πώς θα μεταφερθεί ένα πακέτο με δεδομένα από τον Η/Υ Α του LAN 1 στον Β του LAN 2 για πρώτη φορά, όσον αφορά στην χρήση των διευθύνσεων IPv4 και των MAC-addresses που θα εμπεριέχονται στα "frames".
- Δείξτε τους ARP_Tables (ARP = Address Resolution Protocol) στον Η/Υ Α και στον δρομολογητή R, μετά την επιτυχή αποστολή του πακέτου.
- Εν συνεχεία στέλνεται ένα ακόμη πακέτο από τον Η/Υ Α του LAN 1 στον Η/Υ Β του LAN 2. Πώς θα γίνει η δεύτερη αυτή αποστολή; (Γράψτε μόνο τις διευθύνσεις IPv4 και MAC-addresses που θα εμπεριέχονται στα "frames").



Παράδειγμα 2 - Λύση

- 1η φορά (1^ο πακέτο)
- Ο πίνακας δρομολόγησης του LAN1-A δείχνει ότι για επικοινωνία με τον LAN2-B, χρειάζεται την μεσολάβηση Router. Τρέχει το πρωτόκολλο ARP για να μάθει την MAC-address του Router:

MAC Destination	MAC Source	IP source	IP destination
FF-FF-FF-FF-FF-FF	74-29-9C-E8-FF-55	111.111.111.111	111.111.111.110

- Το frame αυτό θα φθάσει στο Port του Router και θα ενημερωθεί ο ARP Table του Router με την MAC-address του LAN1-A. Από το Network Layer του Router διαπιστώνεται ότι το πακέτο αφορά στον Router και η Data-Link Layer του Router θα αποστείλει απάντηση ως εξής:

74-29-9C-E8-FF-55	E6-E9-00-17-BB-4B	111.111.111.110	111.111.111.111
-------------------	-------------------	-----------------	-----------------

- Αφού ο LAN1-Y1 πληροφορηθεί την MAC-address του Router στέλνει frame με στοιχεία:

E6-E9-00-17-BB-4B	74-29-9C-E8-FF-55	111.111.111.111	222.222.222.222
-------------------	-------------------	-----------------	-----------------

- Ακολούθως το πακέτο φθάνοντας στον Router θα οδηγηθεί στο Port 1A-23-F9-CD-06-9B του Router για να φθάσει στον LAN2-B. Πρώτα όμως ο Router πρέπει να μάθει την MAC-address του LAN2-B με το ARP:

FF-FF-FF-FF-FF-FF	1A-23-F9-CD-06-9B	222.222.222.220	222.222.222.222
-------------------	-------------------	-----------------	-----------------

Παράδειγμα 2 – Λύση (συνέχεια)

Απαντά ο LAN2-B στον Router:

1A-23-F9-CD-06-9B	49-BD-D2-C7-56-2A	222.222.222.222	222.222.222.220
-------------------	-------------------	-----------------	-----------------

Αφού έμαθε την MAC-address ο Router στέλνει στον LAN2-B το πακέτο που έλαβε από τον LAN1-A με στοιχεία:

49-BD-D2-C7-56-2A	1A-23-F9-CD-06-9B	111.111.111.111	222.222.222.222
-------------------	-------------------	-----------------	-----------------

ARP Table του Router

IP address	MAC address	TTL (Time-To-Live)
111.111.111.111	74-29-9C-E8-FF-55	11:00:00
222.222.222.222	49-BD-D2-C7-56-2A	11:00:03

ARP Table του LAN1-A (IPv4: 111.111.111.111)

IP address	MAC address	TTL (Time-To-Live)
111.111.111.110	E6-E9-00-17-BB-4B	11:00:01

2η φορά (ΔΕΝ ΧΡΕΙΑΖΕΤΑΙ ARP στο 2^ο πακέτο)

Από LAN1-A προς Router για τελικό προορισμό τον LAN2-B:

E6-E9-00-17-BB-4B	74-29-9C-E8-FF-55	111.111.111.111	222.222.222.222
-------------------	-------------------	-----------------	-----------------

Ο Router στέλνει στον LAN2-B το πακέτο που έλαβε από τον LAN1-A με στοιχεία:

49-BD-D2-C7-56-2A	1A-23-F9-CD-06-9B	111.111.111.111	222.222.222.222
-------------------	-------------------	-----------------	-----------------