



# Δίκτυα Επικοινωνιών II: Επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων: Point-to-Point Protocol (PPP) και High-Level Data Link Control (HDLC)

Δρ. Απόστολος Γιάμας

Διδάσκων 407/80

gkamas@uop.gr



# Point-to-Point Protocol (PPP)

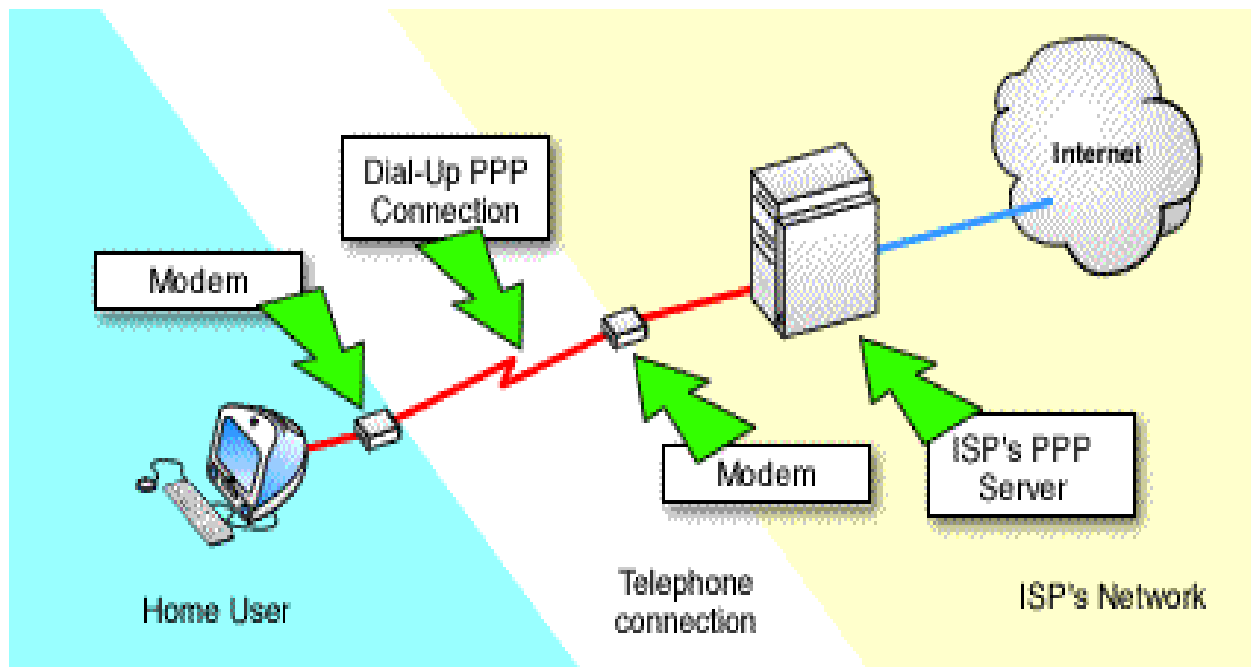
- Λειτουργεί στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων
- Αποτελεί το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο πρωτόκολλο ενθυλάκωσης και μεταφοράς της πληροφορίας του χρήστη πάνω από μία σημείο-προς-σημείο διασύνδεση
- Δεν έχει κάποιους περιορισμούς όσον αφορά το ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων, γιατί αυτός καθορίζεται αποκλειστικά από τον τύπο της διασύνδεσης
- Η μόνη απαίτηση είναι η ύπαρξη ενός διατευθυντικού κυκλώματος μεταξύ των δύο συστημάτων επικοινωνίας



## Χαρακτηριστικά

- Χρησιμοποιείται κατά κόρον για τη διασύνδεση του χρήστη με τον παροχέα υπηρεσιών Διαδικτύου (ISP), μέσω modem και του κοινού τηλεφωνικού δικτύου
- Δεν υποστηρίζει:
  - Έλεγχο ροής
  - Αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων
  - Διόρθωση λαθών
  - Συνδέσεις σημείου-προς-πολλά σημεία
- Προδιαγράφεται στην RFC 1661 προδιαγραφή

# PPP



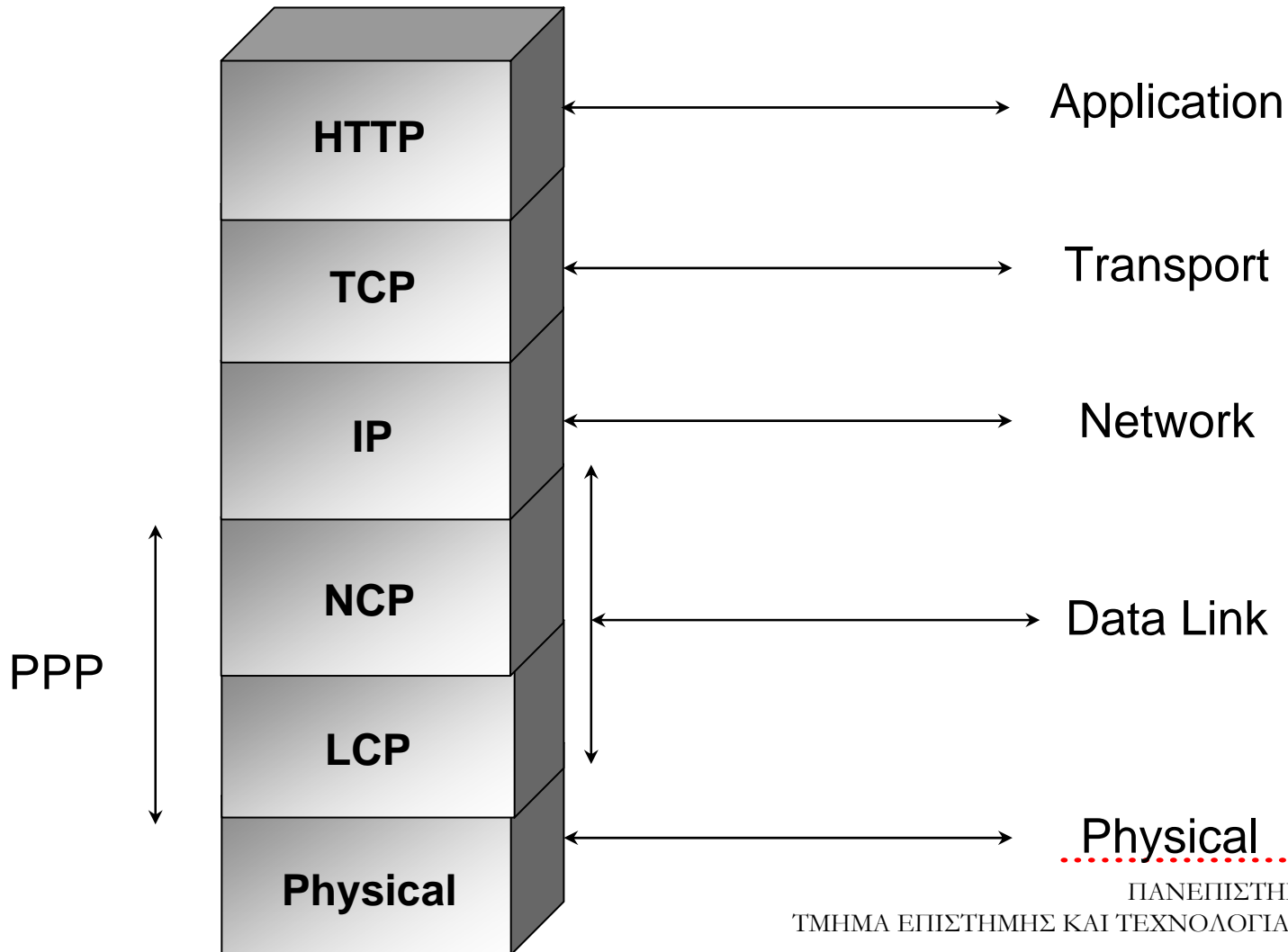


## Τμήματα PPP

- LCP (Link Control Protocol). Είναι το πιο σημαντικό τμήμα του PPP και χρησιμοποιείται για την εγκατάσταση, διαμόρφωση, έλεγχο και αποδέσμευση της PPP σύνδεσης
- NCPs (Network Control Protocols). Οικογένεια πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούνται για την εγκατάσταση και την διαμόρφωση διαφορετικών πρωτοκόλλων επιπέδων δικτύου πάνω από το PPP (π.χ. IP)
- Πρωτόκολλα πιστοποίησης της αυθεντικότητας του χρήστη (π.χ. PAP/CHAP)

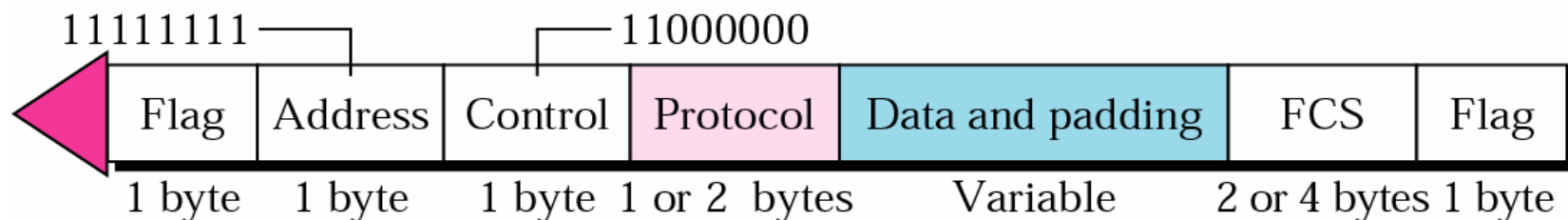


# Εφαρμογή σε IP δίκτυα





# Μορφή Πακέτου PPP



Διαφάνεια 7

- Flag. Η τιμή του είναι 0x7E και σηματοδοτεί την έναρξη και το τέλος του PPP πακέτου
- Address/Control. Οι τιμές αυτών των πεδίων είναι συνήθως σταθερές ίσες με 0xFF και 0x3 αντίστοιχα
- Protocol. Η τιμή του καθορίζει τον τύπο του πρωτοκόλλου του πακέτου που περιέχεται στο Data πεδίο (π.χ. για LCP πακέτα η τιμή του είναι 0xc021)
- Data. Περιέχει την πληροφορία και προαιρετικά padding bytes μέχρι την Maximum Receive Unit (MRU) τιμή
- FCS. Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ορθότητας του PPP πακέτου

Δίκτυα Επικοινωνιών II

# Λειτουργία

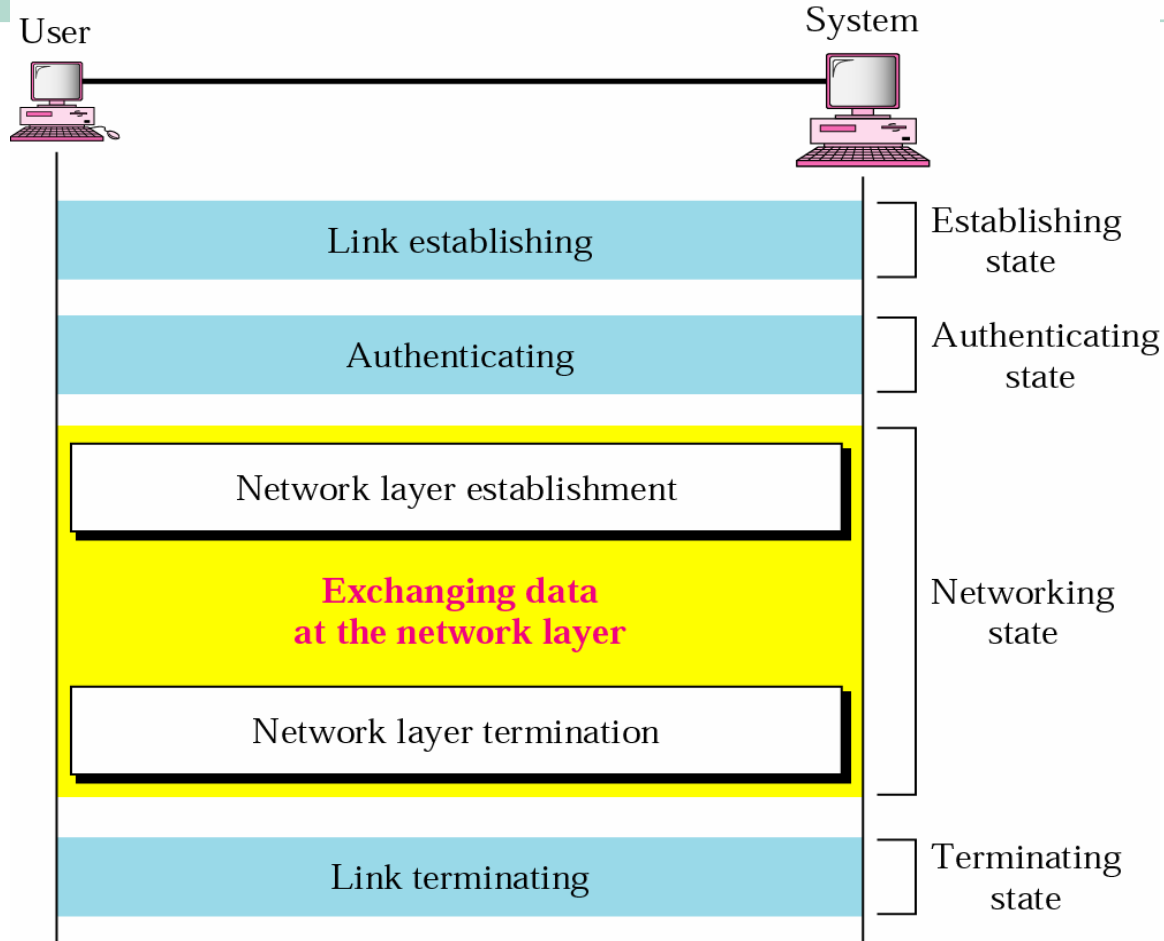


- Το πρώτο βήμα για την δημιουργία μίας PPP σύνδεσης είναι η ανταλλαγή LCP πακέτων για την εγκατάσταση, διαμόρφωση και έλεγχο της PPP σύνδεσης
- Προαιρετικά, ακολουθεί η φάση πιστοποίησης του χρήστη μέσω του πρωτοκόλλου πιστοποίησης που καθορίστηκε κατά τη διαμόρφωση της PPP σύνδεσης
- Στην επόμενη φάση NCP πακέτα ανταλλάσσονται για την επιλογή και διαμόρφωση του επιθυμητού πρωτοκόλλου στο επίπεδο δικτύου
- Μετά την διαμόρφωση του πρωτοκόλλου στο επίπεδο δικτύου επιτρέπεται η ανταλλαγή πακέτων πληροφορίας πάνω από την PPP σύνδεση
- Ο τερματισμός της PPP σύνδεσης πραγματοποιείται με την ανταλλαγή καταλλήλων LCP ή NCP πακέτων ή αν προκύψει κάποιο μη κανονικό γεγονός

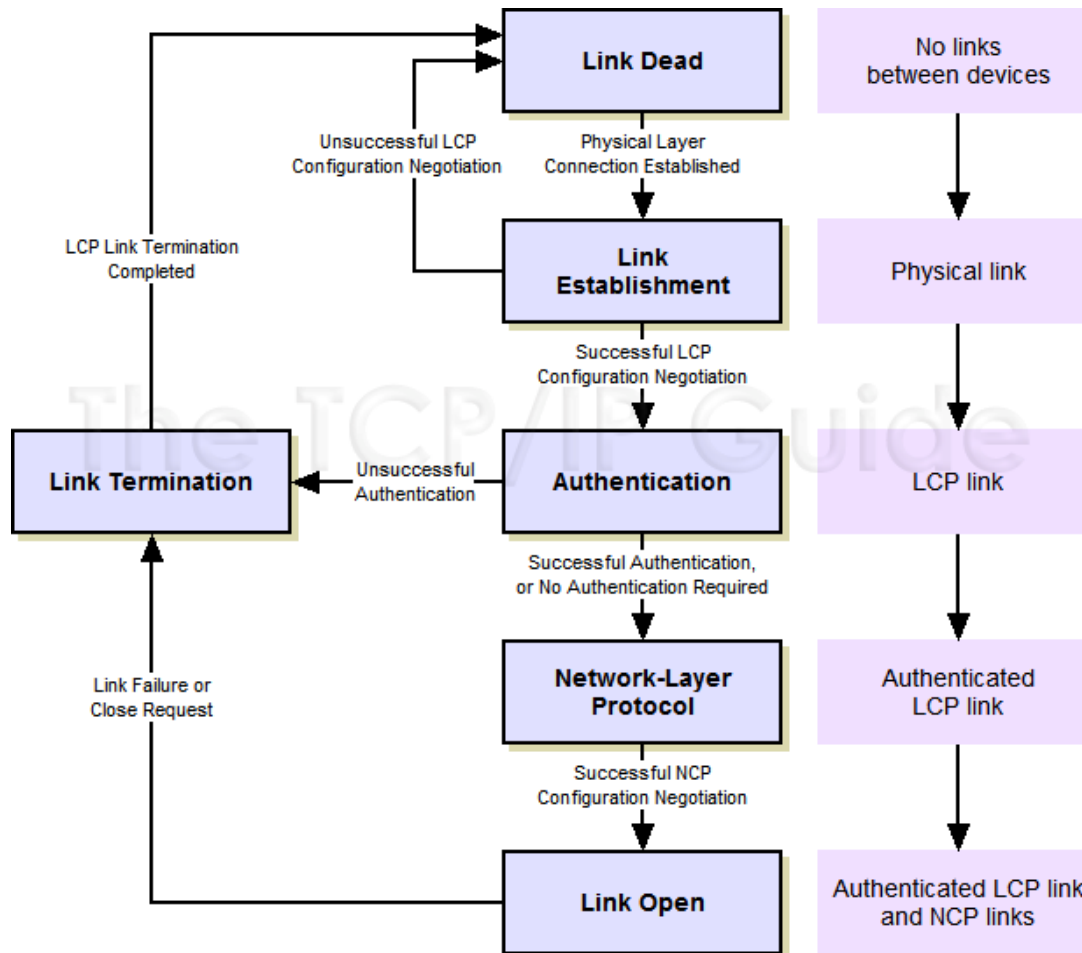




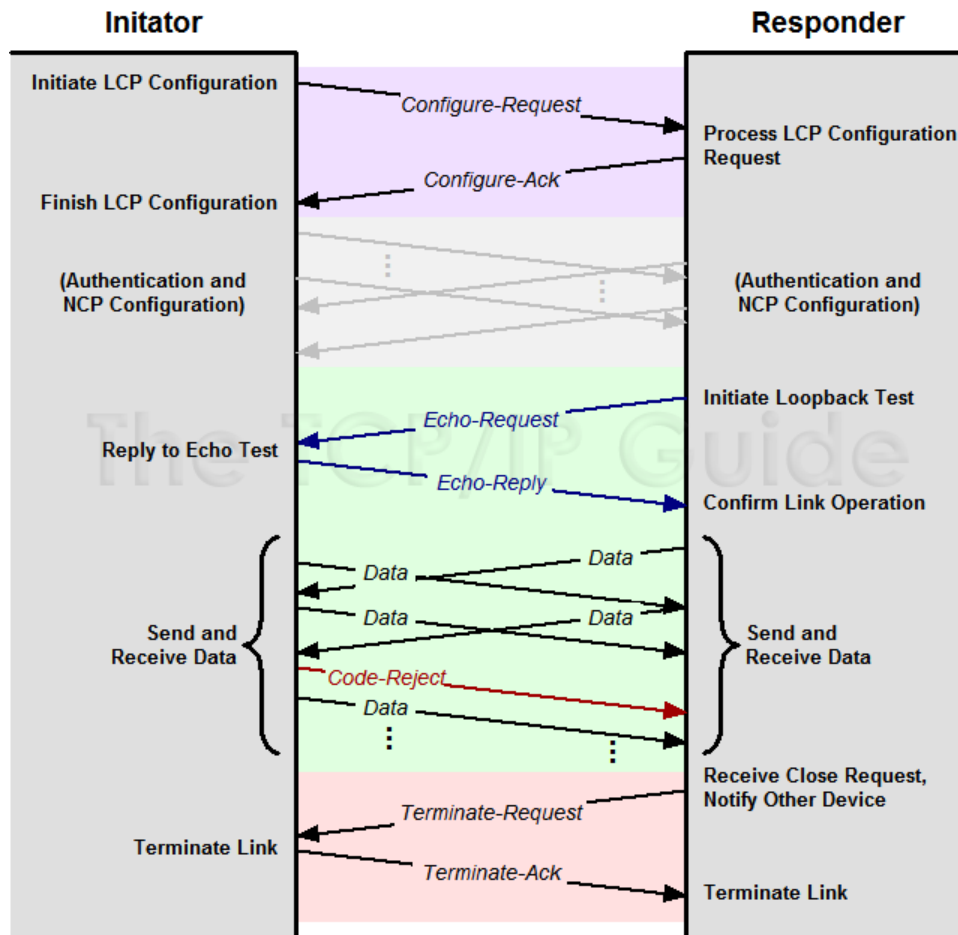
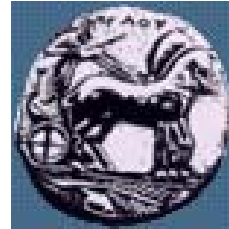
# PPP



# PPP



# PPP



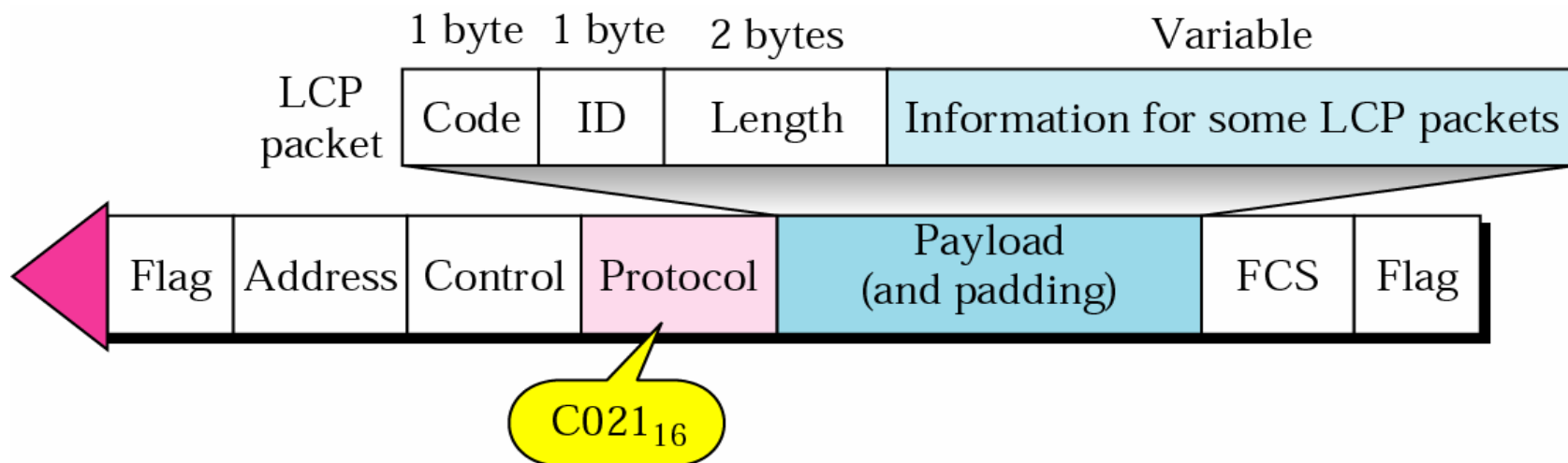


## Φάσεις: Link Control Protocol (LCP)

- Link Configuration. Εγκατάσταση και διαμόρφωση της PPP σύνδεσης μέσω των `Configure_Req`, `Configure_Ack`, `Configure_Nak` και `Configure_Reject` μηνυμάτων
- Link Maintenance. Έλεγχος και διαχείριση της PPP σύνδεσης μέσω των `Code_Rej`, `Protocol_Rej`, `Echo_Req`, `Echo_Reply` και `Discard_Req` μηνυμάτων
- Link Termination. Τερματισμός της PPP σύνδεσης μέσω των `Terminate_Req` και `Terminate_Ack` μηνυμάτων



# LCP: Μορφή Πακέτου



- Code. Δηλώνει τον τύπο του LCP πακέτου
- ID. Χρησιμοποιείται για τον συσχετισμό των απαντήσεων με τις αιτήσεις
- Length. Δηλώνει το συνολικό μήκος του LCP πακέτου σε bytes
- Data. Μεταφέρει την πληροφορία του LCP πακέτου



# LCP: Τύποι Μηνυμάτων

Code	Packet Type	Description
01 <sub>16</sub>	Configure-req	Contains the list of proposed options and their values
02 <sub>16</sub>	Configure-ack	Accepts all options proposed
03 <sub>16</sub>	Configure-nak	Announces that some options are not acceptable
04 <sub>16</sub>	Configure-reject	Announces that some options are not recognized
05 <sub>16</sub>	Terminate-request	Requests to shut down the line
06 <sub>16</sub>	Terminate-ack	Accepts the shut down request
07 <sub>16</sub>	Code-reject	Announces an unknown code
08 <sub>16</sub>	Protocol-reject	Announces an unknown protocol
09 <sub>16</sub>	Echo-request	A type of hello message to check if the other end is alive
0A <sub>16</sub>	Echo-reply	The response to the echo-request message
0B <sub>16</sub>	Discard-request	A request to discard the packet



## LCP: Τύποι Μηνυμάτων

- **Configure\_Req.** Χρησιμοποιείται για την εγκατάσταση της PPP σύνδεσης. Το Data πεδίο περιέχει τις παραμέτρους διαμόρφωσης της PPP σύνδεσης και τις αντίστοιχες τιμές τους που επιθυμεί ο αποστολέας του μηνύματος
- **Configure\_Ack.** Εάν ο δέκτης του Configure\_Req μηνύματος αποδέχεται τις παραμέτρους διαμόρφωσης που περιέχονται σε αυτό αποκρίνεται με Configure\_Ack και η PPP σύνδεση εγκαθίσταται επιτυχώς
- **Configure-Nak.** Εάν ο δέκτης του Configure\_Req μηνύματος δεν αποδέχεται κάποιες από τις παραμέτρους διαμόρφωσης που περιέχονται σε αυτό αποκρίνεται με Configure\_Nak



## LCP: Τύποι Μηνυμάτων

- **Configure\_Rej.** Εάν ο δέκτης του **Configure\_Req** μηνύματος δεν αναγνωρίζει κάποιες από τις παραμέτρους διαμόρφωσης που περιέχονται σε αυτό αποκρίνεται με **Configure\_Rej**
- **Terminate\_Req.** Χρησιμοποιείται για τον τερματισμό της PPP σύνδεσης
- **Terminate\_Ack.** Αποστέλλεται από τον δέκτη του **Terminate\_Req** ως επιβεβαίωση του τερματισμού της PPP σύνδεσης
- **Code\_Rej.** Αποστέλνεται από τον δέκτη ενός LCP μηνύματος όταν η τιμή του πεδίου **Code** είναι μη αποδεκτή





## LCP: Τύποι Μηνυμάτων

- Protocol\_Rej. Αποστέλνεται από τον δέκτη ενός PPP μηνύματος όταν δεν υποστηρίζει το πρωτόκολλο που δηλώνεται στο πεδίο Protocol
- Echo\_Req. Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της κατάστασης της PPP σύνδεσης
- Echo\_Reply. Αποστέλλεται από τον δέκτη του Echo\_Req μηνύματος ως απάντηση σε αυτό
- Discard\_Req. Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της κατάστασης της PPP σύνδεσης



## LCP: Παράμετροι Διαμόρφωσης

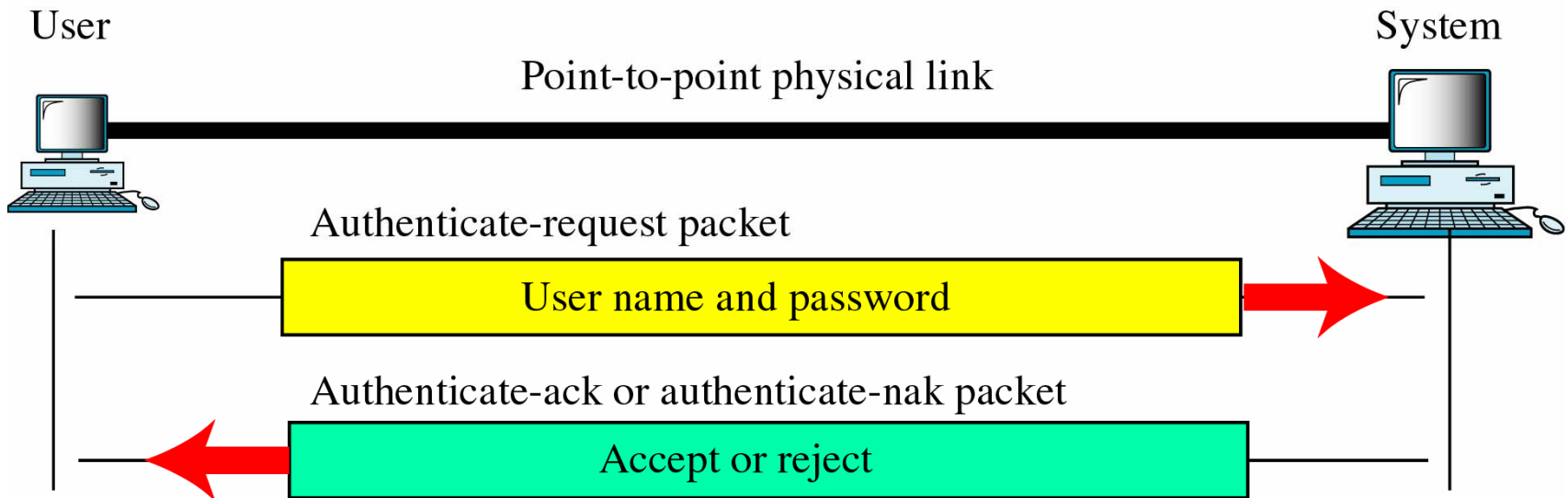
Option	Default
Maximum receive unit	1500
Authentication protocol	None
Protocol field compression	Off
Address and control field compression	Off



# Password Authentication Protocol

- Το πρωτόκολλο PAP είναι το πιο απλό πρωτόκολλο πιστοποίησης της ταυτότητας του χρήστη
- Η πιστοποίηση επιτυγχάνεται μέσω της διαδικασίας χειραψίας δύο μερών (2-way handshake) μεταξύ του χρήστη και του εξυπηρετητή πρόσβασης
- Ο χρήστης στέλνει προς τον εξυπηρετητή πρόσβασης ένα ζεύγος παραμέτρων που περιέχουν το όνομα του και το συνθηματικό
- Ο εξυπηρετητής ελέγχει αν το ζεύγος αυτό είναι καταχωρημένο στη βάση δεδομένων που διαθέτει και εάν είναι επιτρέπεται η πρόσβαση του χρήστη στο δίκτυο, ενώ σε αντίθετη περίπτωση η πρόσβαση απαγορεύεται
- Η διαδικασία αυτή εκτελείται μόνο μία φορά
- Το όνομα και το συνθηματικό του χρήστη δεν στέλνονται κρυπτογραφημένα, αλλά σε μορφή απλού κειμένου
- Περιγράφεται στην RFC 1334 προδιαγραφή

# PAP

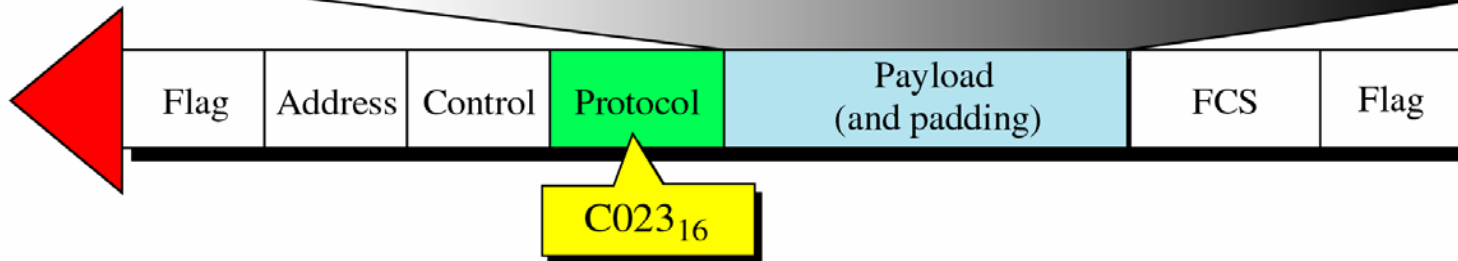


# PAP



PAP Packets

	1 byte	1 byte	2 bytes	1 byte	Variable	1 byte	Variable
Authenticate-request	Code = 1	ID	Length	User name length	User name	Password length	Password
Authenticate-ack	Code = 2	ID	Length	Message length	User name		
Authenticate-nak	Code = 3	ID	Length	Message length	User Name		



# PAP



- Code: Έχει μήκος 1 byte και καθορίζει τον τύπο του PAP πακέτου:
  - Authenticate-Request. Αποστέλλεται από τον χρήστη για την εκκίνηση της διαδικασίας πιστοποίησης. Περιέχει το ζεύγος ονόματος χρήστη και συνθηματικού σε μορφή μη κρυπτογραφημένου κειμένου
  - Authenticate-Ack. Αποστέλλεται από τον εξυπηρετητή εάν το ζεύγος των παραμέτρων είναι έγκυρο
  - Authenticate-Nak. Αποστέλλεται από τον εξυπηρετητή εάν το ζεύγος των παραμέτρων δεν είναι έγκυρο
- Identifier: Έχει μήκος 1 byte και χρησιμοποιείται για την αντιστοίχιση των αιτήσεων με τις απαντήσεις
- Length: Έχει μήκος 2 bytes και δηλώνει το συνολικό μήκος του πακέτου
- Data: Έχει μεταβλητό μήκος και το περιεχόμενο του καθορίζεται ανάλογα με τον τύπο του PAP πακέτου



## CHAP: Χαρακτηριστικά

- Το πρωτόκολλο πιστοποίησης CHAP είναι πιο ασφαλές από το PAP πρωτόκολλο
- Η πιστοποίηση επιτυγχάνεται μέσω της διαδικασίας χειραψίας τριών μερών (3-way handshake) μεταξύ του χρήστη και του εξυπηρετητή πρόσβασης
- Απαιτείται η χρήση ενός ζεύγους ονόματος χρήστη και συνθηματικού, το οποίο είναι γνωστό μόνο μεταξύ του εξυπηρετητή και του χρήστη
- Το συνθηματικό δεν αποστέλλεται ως καθαρό κείμενο από τον χρήστη προς τον εξυπηρετητή

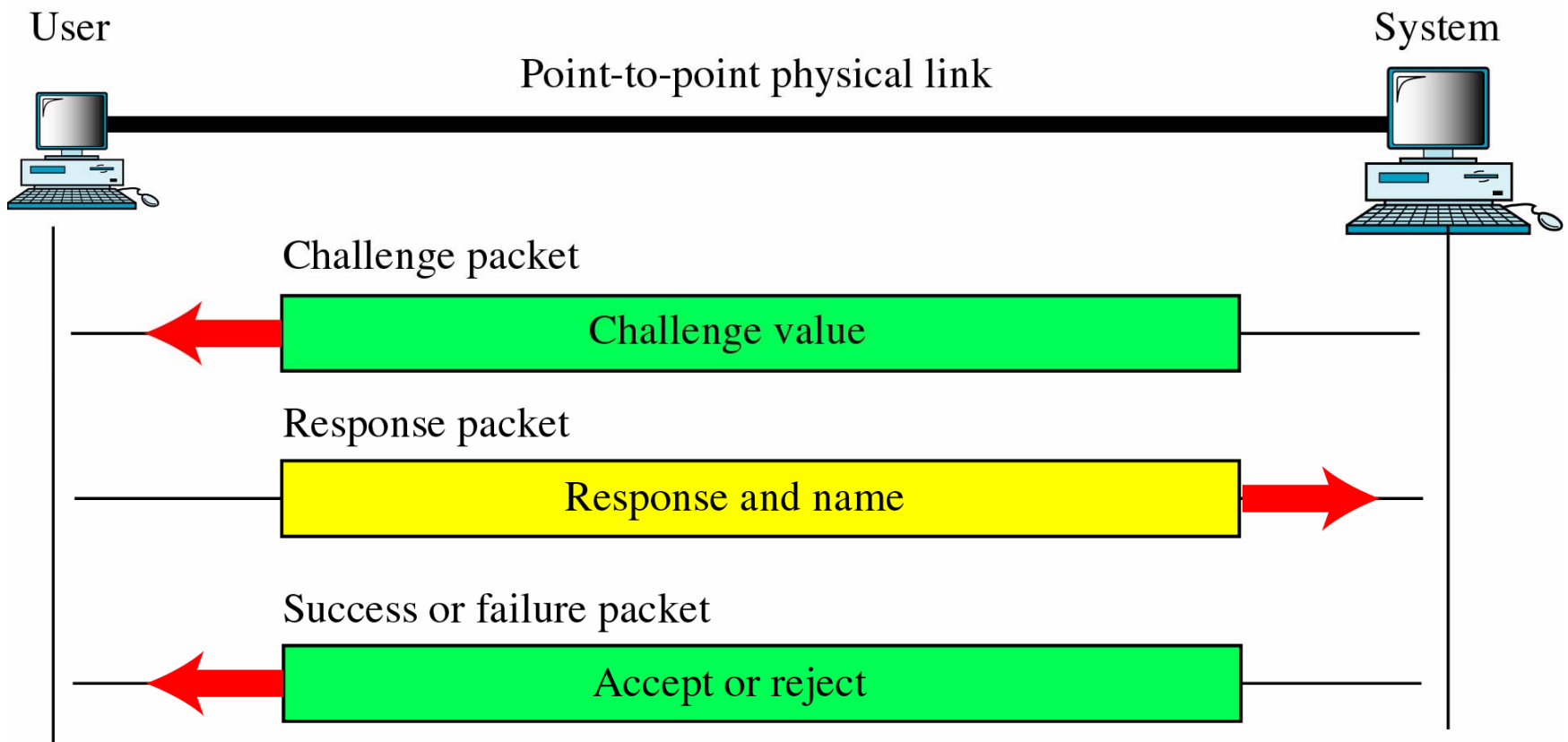


## CHAP: Λειτουργία

- Ο εξυπηρετητής ενεργοποιεί τη διαδικασία πιστοποίησης δημιουργώντας μία τυχαία τιμή, την οποία και στέλνει προς τον χρήστη μέσω κατάλληλου μηνύματος
- Ο χρήστης εφαρμόζει τον αλγόριθμο κατακερματισμού MD5 πάνω σε αυτήν την τιμή και στο συνθηματικό του και στέλνει το αποτέλεσμα στον εξυπηρετητή
- Ο εξυπηρετητής εφαρμόζει τον ίδιο αλγόριθμο πάνω στην τυχαία τιμή και στο συνθηματικό του χρήστη και συγκρίνει το αποτέλεσμα του με το αποτέλεσμα του χρήστη
- Ο εξυπηρετητής επιτρέπει την πρόσβαση του χρήστη στο δίκτυο μόνο εάν τα αποτελέσματα είναι τα ίδια
- Η διαδικασία πιστοποίησης επαναλαμβάνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα για λόγους ασφαλείας
- Περιγράφεται στην RFC 1994 προδιαγραφή

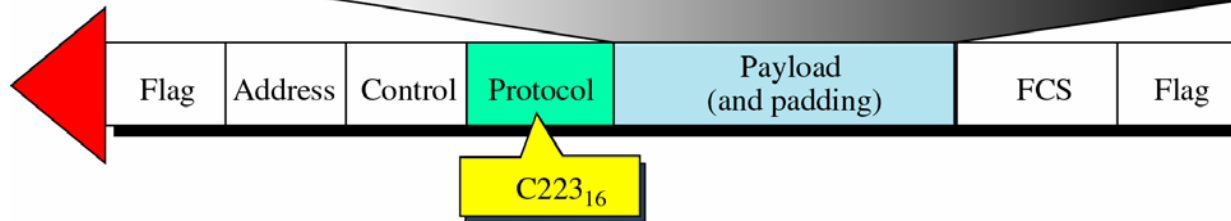
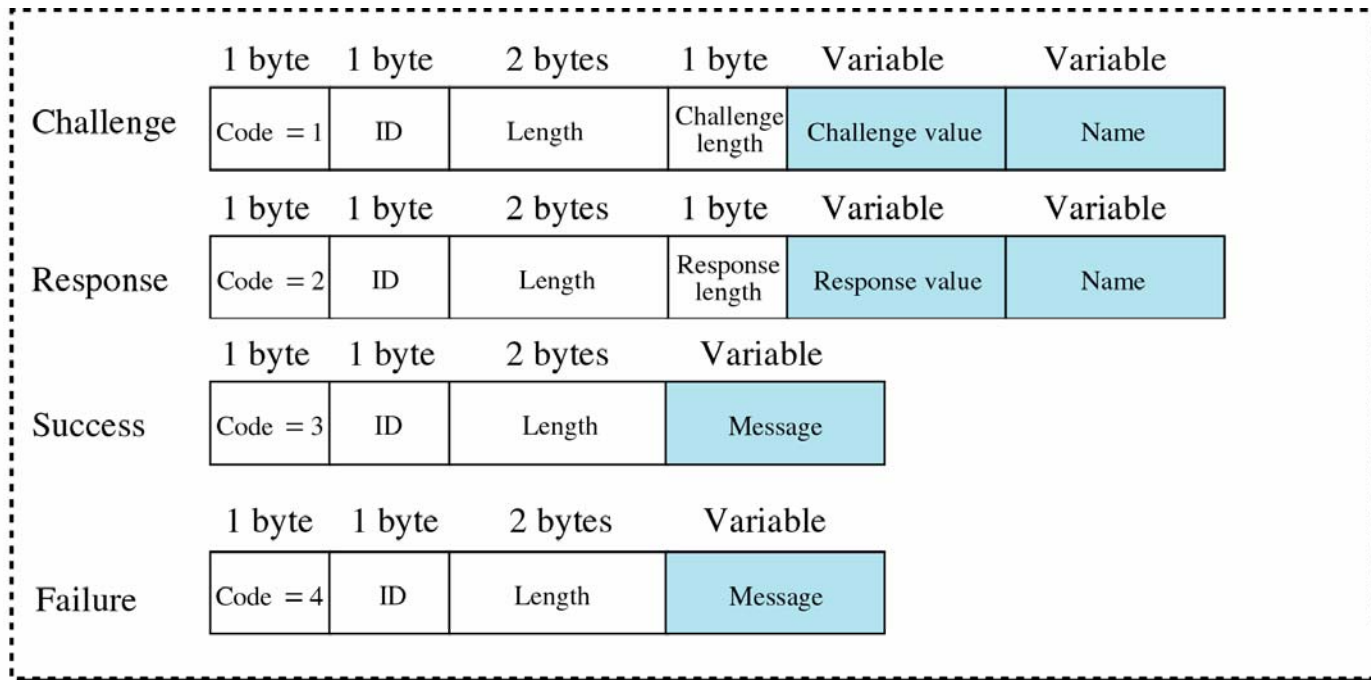


# CHAP





# CHAP



# CHAP



- Code: Έχει μήκος 1 byte και καθορίζει τον τύπο του CHAP πακέτου:
  - Challenge. Αποστέλλεται από τον εξυπηρετητή για την εκκίνηση της διαδικασίας πιστοποίησης. Περιέχει την τυχαία τιμή (Challenge Value), η οποία θα χρησιμοποιηθεί για την πιστοποίηση του χρήστη. Το μήνυμα Challenge μπορεί να αποσταλεί οποιαδήποτε χρονική στιγμή κατά τη διάρκεια της PPP σύνδεσης
  - Response. Αποστέλλεται από τον χρήστη και περιέχει το αποτέλεσμα του αλγορίθμου κατακερματισμού πάνω στην τυχαία τιμή του Challenge μηνύματος, στο συνθηματικό του χρήστη και στην τιμή του Identifier
  - Success. Αποστέλλεται από τον εξυπηρετητή σε περίπτωση που η τιμή του Response μηνύματος είναι η αναμενόμενη
  - Failure. Αποστέλλεται από τον εξυπηρετητή σε περίπτωση που η τιμή του Response μηνύματος δεν είναι η αναμενόμενη

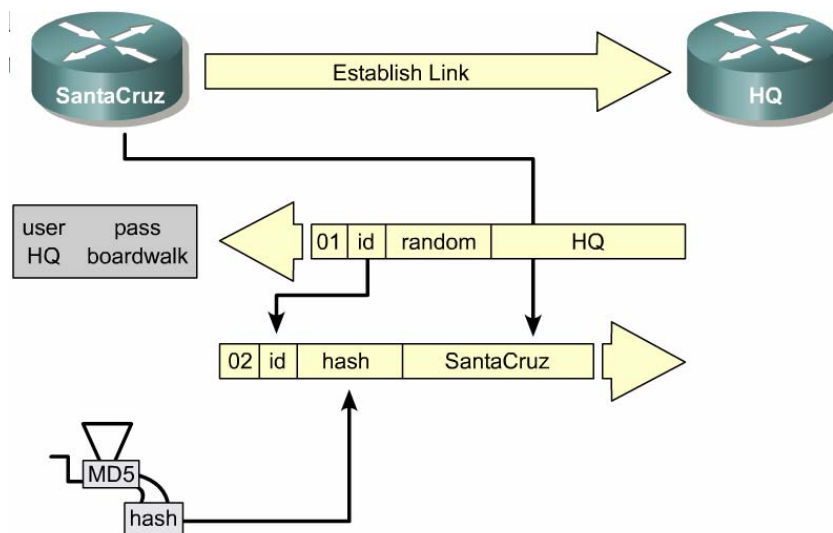
# CHAP



- Identifier: Έχει μήκος 1 byte και χρησιμοποιείται για την αντιστοίχιση των αιτήσεων με τις απαντήσεις
- Length: Έχει μήκος 2 bytes και δηλώνει το συνολικό μήκος του πακέτου
- Data: Έχει μεταβλητό μήκος και το περιεχόμενο του καθορίζεται ανάλογα με τον τύπο του CHAP πακέτου
- Name: Έχει μεταβλητό μήκος και περιέχει το όνομα του χρήστη (username) που στέλνει το CHAP μήνυμα



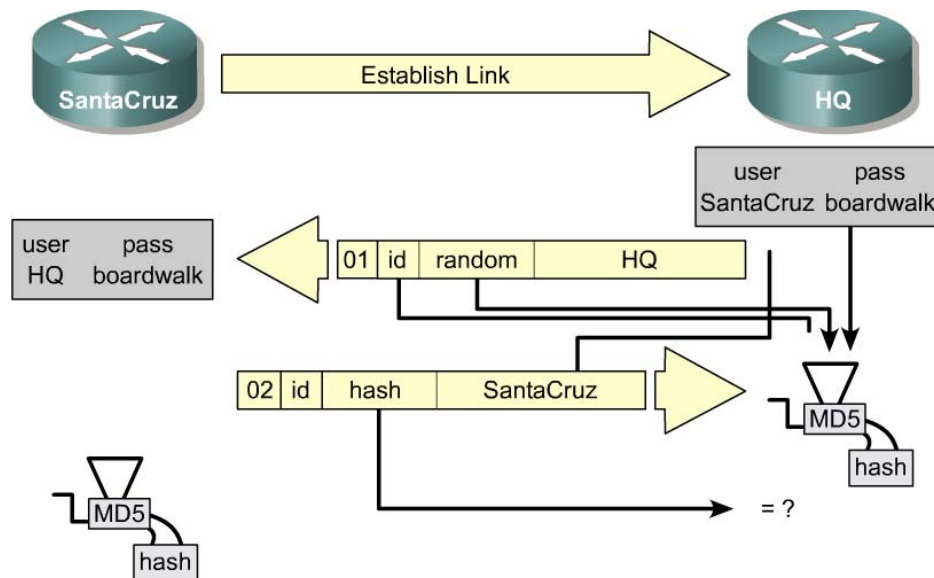
# CHAP Challenge



- Οι διαδικασίες που εκτελούνται όταν ο χρήστης λάβει το Challenge μήνυμα είναι :
  - Ψάχνει στη βάση δεδομένων που διαθέτει για να αντιστοιχίσει το name (π.χ. HQ) με το αποθηκευμένο συνθηματικό (π.χ. Boardwalk)
  - Εφαρμόζει τη συνάρτηση κατακερματισμού στις οκτάδες που αποτελούνται από το πεδίο Identifier, το συνθηματικό και την τυχαία τιμή (random)
  - Αποστέλλει το Response μήνυμα, το οποίο περιέχει το αποτέλεσμα και το όνομα του χρήστη (π.χ. SantaCruz)



# CHAP Response



- Οι διαδικασίες που εκτελούνται όταν ο εξυπηρετητής λάβει το Response μήνυμα είναι :
  - Ψάχνει στη βάση δεδομένων που διαθέτει για να αντιστοιχίσει το name (π.χ. SantaCruz) με το συνθηματικό (π.χ. Boardwalk)
  - Εφαρμόζει τη συνάρτηση κατακερματισμού στις οκτάδες που αποτελούνται από το πεδίο Identifier, το συνθηματικό και την τυχαία τιμή (random) που είχε επιλέξει στο Challenge μήνυμα
  - Συγκρίνει το δικό του αποτέλεσμα με την τιμή που περιέχεται στο Response μήνυμα και ανάλογα αποκρίνεται με Success ή Failure

# Internet Protocol Control Protocol (IPCP)



- NCPs (Network Control Protocols). Οικογένεια πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούνται για την εγκατάσταση και την διαμόρφωση διαφορετικών πρωτοκόλλων επιπέδων δικτύου πάνω από το PPP (π.χ. IP)
- Μετά τη φάση εγκατάστασης της PPP σύνδεσης και της προαιρετικής φάσης πιστοποίησης του χρήστη ακολουθεί η φάση επιλογής και διαμόρφωσης του επιθυμητού πρωτοκόλλου στο επίπεδο δικτύου
- Το NCP πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για την επιλογή και διαμόρφωση του IP πρωτοκόλλου στο επίπεδο δικτύου ονομάζεται IPCP

# IPCP



- Είναι υπεύθυνο για την διαμόρφωση και την ενεργοποίηση του IP πρωτοκόλλου στο επίπεδο δικτύου και των δύο άκρων της PPP σύνδεσης
- Χρησιμοποιεί τον ίδιο μηχανισμό ανταλλαγής πακέτων και τύπους πακέτων με το LCP
- Η ανταλλαγή των IPCP πακέτων επιτρέπεται μόνο μετά την εγκατάσταση της PPP σύνδεσης
- Τα IPCP πακέτα ενθυλακώνονται μέσα σε PPP πακέτα και η τιμή του Protocol πεδίου είναι 0x8021



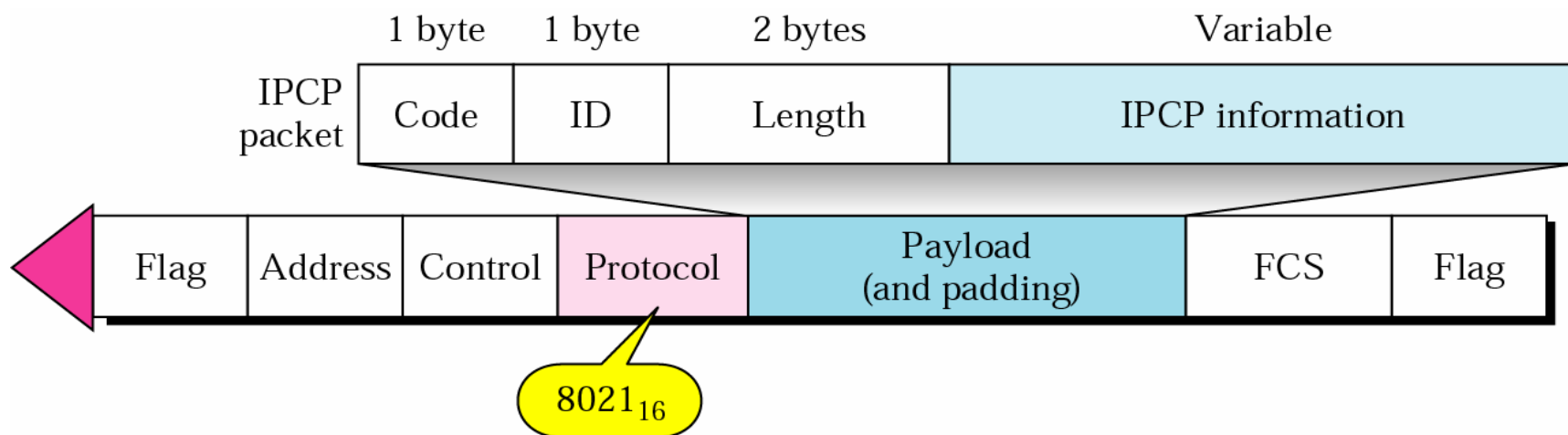
# IPCP



- Κατά τη φάση εγκατάστασης της IPCP σύνδεσης ο αποστολέας του Configure\_Req IPCP μηνύματος έχει τη δυνατότητα να ζητήσει από το δίκτυο την τοπική IP διεύθυνση που θα χρησιμοποιεί ή να δηλώσει ο ίδιος αυτήν που επιθυμεί
- Η ανταλλαγή των IP πακέτων επιτρέπεται μόνο μετά την εγκατάσταση της IPCP σύνδεσης
- Τα IP πακέτα ενθυλακώνονται μέσα σε PPP πακέτα και η τιμή του Protocol πεδίου είναι 0x0021
- Προδιαγράφεται στην RFC 1332 προδιαγραφή



## IPCP: Μορφή Πακέτου



- Code. Δηλώνει τον τύπο του IPCP πακέτου
- ID. Χρησιμοποιείται για τον συσχετισμό των απαντήσεων με τις αιτήσεις
- Length. Δηλώνει το συνολικό μήκος του IPCP πακέτου σε bytes
- Data. Μεταφέρει την πληροφορία του IPCP πακέτου



# IPCP: Τύποι Μηνυμάτων

Code	Packet Type	Description
01 <sub>16</sub>	Configure-req	Contains the list of proposed options and their values
02 <sub>16</sub>	Configure-ack	Accepts all options proposed
03 <sub>16</sub>	Configure-nak	Announces that some options are not acceptable
04 <sub>16</sub>	Configure-reject	Announces that some options are not recognized
05 <sub>16</sub>	Terminate-request	Requests to shut down the line
06 <sub>16</sub>	Terminate-ack	Accepts the shut down request
07 <sub>16</sub>	Code-reject	Announces an unknown code

# Επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων: High-Level Data Link Control (HDLC)



- Υπηρεσίες με Σύνδεση
- Υπηρεσίες χωρίς Σύνδεση
- Υπηρεσίες με Σύνδεση
  - Εγκατάσταση σύνδεσης μεταξύ τερματικών σημείων
  - Αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων
  - Δημιουργία πλαισίων
  - Έλεγχος ροής
  - Ανίχνευση λαθών
  - Διόρθωση λαθών

# HDLC



- Εξέλιξη του πρωτοκόλλου Synchronous Data Link Control (SDLC). Ένα SDLC δίκτυο αποτελείται από ένα κεντρικό σταθμό ο οποίος ελέγχει την επικοινωνία με τους δευτερεύοντες σταθμούς
- Ο οργανισμός ISO το τροποποίησε και προέκυψε το HDLC (ISO 3309)
- Η CCITT (ITU-T) τροποποίησε το HDLC για να προκύψει το Link Access Procedure πρωτόκολλο
- Οι πιο γνωστές παραλλαγές του HDLC είναι:
  - Link Access Procedure Balanced (LAPB) και αποτελεί το πρωτόκολλο διασύνδεσης του συνδρομητή σε X.25 δίκτυα. Προδιαγράφεται από την ITU-T στο πρότυπο X.25
  - Link Access Procedure on the D-channel (LAPD) και αποτελεί το πρωτόκολλο διασύνδεσης του συνδρομητή σε ISDN δίκτυα. Προδιαγράφεται από την ITU-T στο πρότυπο Q.921
- Υποστήριξη συνδέσεων σημείο-προς-σημείο και σημείο-προς-πολλά σημεία
- Εφαρμογή σε δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος και δίκτυα μεταγωγής πακέτων



# HDLC: Τύποι Σταθμών

- Κύριος
  - Υπεύθυνος για τη δημιουργία, τη διαχείριση και τον τερματισμό των συνδέσεων με τους δευτερεύοντες σταθμούς
  - Αποστολή πλαισίων εντολής (command frames)
  - Έλεγχος σύνδεσης (polling)
- Δευτερέων
  - Ελεγχόμενη λειτουργία από τον κύριο σταθμό
  - Μετάδοση πλαισίων ελεγχόμενη από τον κύριο σταθμό
  - Αποστολή πλαισίων απόκρισης (response frames)
- Συνδυασμένος
  - Αποστολή εντολών και αποκρίσεων χωρίς την αίτηση άδειας από κάποιον κύριο σταθμό



# HDLC: Τοπολογίες

- Μη ισορροπημένη (unbalanced)
  - Ένας κύριος και ένας ή περισσότεροι δευτερεύοντες σταθμοί
  - Εφαρμογή σε συνδέσεις σημείο-προς-σημείο και σημείο-προς-πολλά σημεία
  
- Ισορροπημένη (balanced)
  - Δύο ή περισσότεροι συνδυασμένοι σταθμοί
  - Εφαρμογή αποκλειστικά σε συνδέσεις σημείο-προς-σημείο



# HDLC: Τρόποι Λειτουργίας (I)

- NRM (Normal Response Mode)
  - Εφαρμογή σε unbalanced τοπολογίες
  - Ο κύριος σταθμός ξεκινά τη μεταφορά δεδομένων προς το δευτερεύοντα
  - Ο δευτερεύων σταθμός αποκρίνεται μόνο όταν του ζητηθεί από τον κύριο
  - Εφαρμογή σε συνδέσεις σημείο-προς-πολλά σημεία
- ARM (Asynchronous Response Mode)
  - Εφαρμογή σε unbalanced τοπολογίες
  - Ο δευτερεύων σταθμός ξεκινά τη μεταφορά δεδομένων προς τον κύριο χωρίς να αναμένει άδεια από αυτόν





## HDLC: Τρόποι Λειτουργίας (II)

- ABM (Asynchronous Balanced Mode)
  - Εφαρμογή σε balanced τοπολογίες
  - Δε χρειάζεται αναμονή άδειας από κάποιο συνδυασμένο σταθμό για τη μεταφορά δεδομένων
  - Χρησιμοποιείται ευρέως

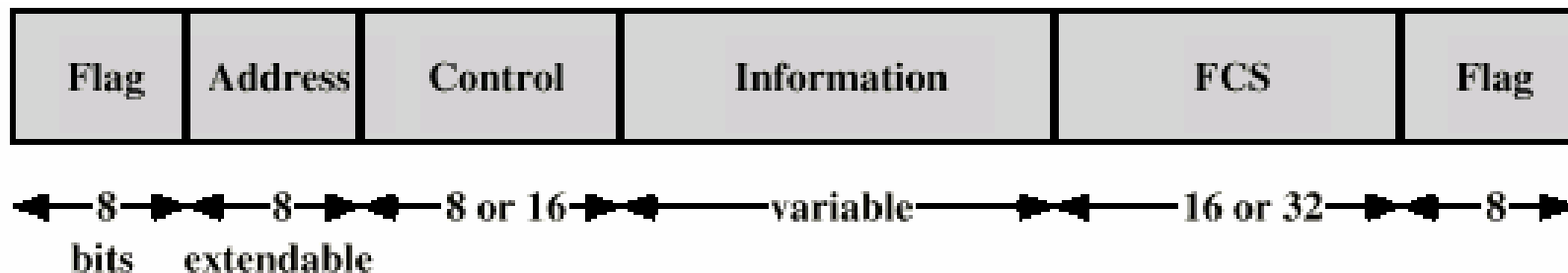


# HDLC: Μετάδοση Πληροφορίας

- Σύγχρονη (TDM, 125μs)
- Μεταφορά πληροφορίας σε πλαίσια
- Κοινή μορφή πλαισίου για δεδομένα χρήστη και πληροφορία ελέγχου



# HDLC: Μορφή Πλαισίου



- Πλαίσια εντολής (command frames)
- Πλαίσια απόκρισης (response frames)
- Μήκος πεδίων για LAPD παραλλαγή
  - Address (16 bits)
  - Control (8 ή 16). Για μη αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων είναι 8 bits, αλλιώς 16 bits
  - Frame Check Sequence (16 bits)



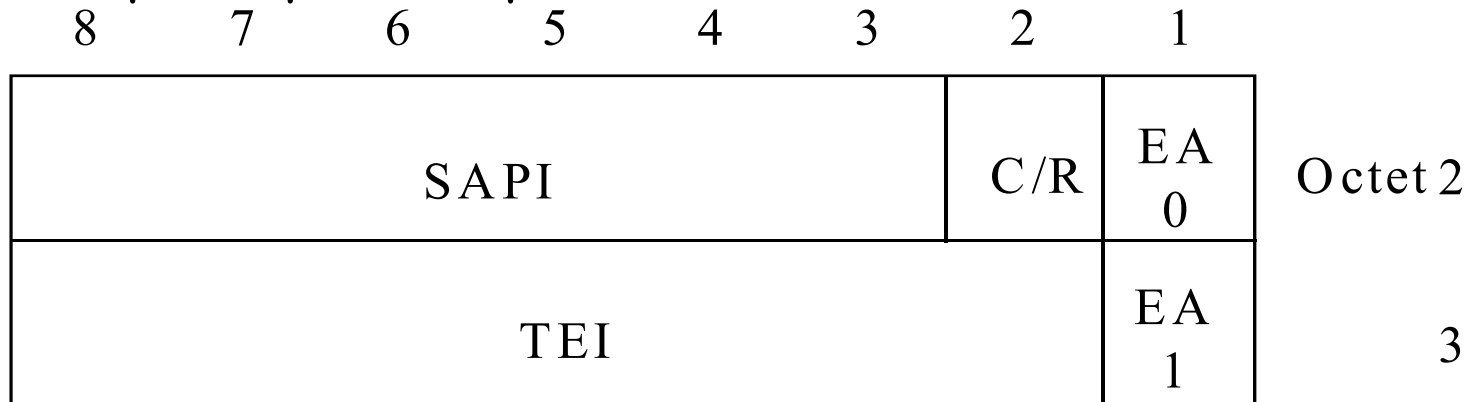
# LAPD: Πεδίο Flag

- Η τιμή του είναι 01111110
- Καθορίζει αρχή και τέλος πλαισίου
- Επίτευξη συγχρονισμού
- Διαχωρισμός πλαισίων
- Εισαγωγή bit σε περίπτωση που τα δεδομένα περιέχουν την τιμή 01111110
  - Εισαγωγή '0' μετά από πέντε διαδοχικά '1'
  - Όταν ο παραλήπτης λάβει πέντε διαδοχικά '1' ελέγχει το επόμενο
    - Αν είναι '0' το αγνοεί και αντιλαμβάνεται ότι αυτή η ακολουθία bits αποτελεί δεδομένα χρήστη και δεν σηματοδοτεί την έναρξη πλαισίου
    - Αν είναι '1' και το επόμενο '0', αναγνωρίζει την έναρξη του πλαισίου
    - Αν είναι '1' και το επόμενο '1' η επικοινωνία θεωρείται αδύνατη



# LAPD: Πεδίο Address (I)

- Περιέχει τη διεύθυνση του κόμβου που είτε έστειλε είτε θα λάβει το μεταδιδόμενο πλαίσιο



T1161620-94

- EA Address field extension bit
- C/R Command/response field bit
- SAPI Service Access Point Identifier
- TEI Terminal Endpoint Identifier



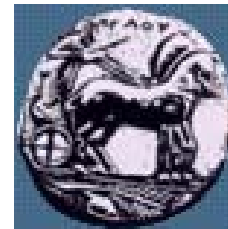


## LAPD: Πεδίο Address (II)

- Το C/R bit δηλώνει τον τύπο του πλαισίου (command/response) και η τιμή του εξαρτάται από την πλευρά που το μεταδίδει

Type	Direction	C/R value
Command	NW -> User	1
Command	User -> NW	0
Response	NW -> User	0
Response	User -> NW	1

- Το SAPI δηλώνει την οντότητα (π.χ. εφαρμογή λογισμικού) που είναι υπεύθυνη για τον χειρισμό των LAPD πλαισίων. Η οντότητα αυτή 'τρέχει' στο ίδιο επίπεδο ή στο επίπεδο δικτύου.



## LAPD: Πεδίο Address (III)

- Η ΤΕΙ τιμή σε συνδυασμό με την SAPI τιμή χαρακτηρίζει με μοναδικό τρόπο την LAPD σύνδεση.
- Το EA bit δηλώνει την ύπαρξη ή όχι και άλλων οκτάδων στο πεδίο της διεύθυνσης.

SAPI	Υπεύθυνη Οντότητα
0	Διαδικασία ελέγχου σύνδεσης
1-15	Reserved
16	Επίπεδο δικτύου
17-31	Reserved
63	Διαδικασία διαχείρισης



# LAPD: Πεδίο Control (I)

## — Τύποι Πλαισίων

- Information (I): Μεταφέρει πληροφορία ανωτέρων επιπέδων
- Supervisory (S): Μεταφέρει πληροφορία ελέγχου της LAPD σύνδεσης (π.χ. επιβεβαίωση λήψης I πλαισίων, αίτηση επαναμετάδοσης πλαισίων, ...) και η οποία αφορά μόνο το LAPD επίπεδο
- Unnumbered (U):
  - Μεταφέρει πληροφορία ελέγχου της LAPD σύνδεσης
  - Μεταφέρει πληροφορία ανωτέρων επιπέδων με μη αξιόπιστο τρόπο





# LAPD: Πεδίο Control (II)

Control field bits	8	7	6	5	4	3	2	1	
I format	N(S)							0	Oct 4
	N(R)							P	5
S format	X	X	X	X	S	S	0	1	Oct 4
	N(R)							P/F	5
U format	M	M	M	P/F	M	M	1	1	Oct 4
N(S) Transmitter send sequence number				M Modifier function bit					
N(R) Transmitter receive sequence number				P/F Poll bit when issued as a command, final bit when issued as a response					
S Supervisory function bit				X Reserved and set to 0					



## LAPD: Πεδίο Control (III)

- Το  $N(S)$  πεδίο περιλαμβάνεται μόνο σε  $I$  πλαίσια και δηλώνει τον αριθμό του μεταδιδόμενου πλαισίου. Η μετάδοση  $I$  πλαισίου επιτρέπεται μόνο αν  $V(A) < N(S) < V(A) + \kappa$ , όπου  $\kappa$  είναι το μέγεθος του παραθύρου που υποστηρίζει ο δέκτης και  $V(A)$  η τιμή του τελευταίου πακέτου του οποίου η λήψη επιβεβαιώθηκε από τον δέκτη.
- Το  $N(R)$  πεδίο περιλαμβάνεται σε  $I$  και  $S$  πλαίσια και δηλώνει τον αριθμό του επομένου  $I$  πλαισίου που αναμένει ο δέκτης. Η τιμή του  $N(R)$  υποδηλώνει ότι όλα τα  $I$  πλαίσια με  $N(S)$  τιμές από 0 έως  $N(R)-1$  έχουν ληφθεί σωστά.



## LAPD: Πεδίο Control (IV)

- Η τιμή των S bits δηλώνει τον τύπο του μηνύματος που περιέχει το S πλαίσιο (π.χ. επιβεβαίωση I πλαισίου, αίτηση επαναμετάδοσης, ...)
- Η τιμή των M bits δηλώνει τον τύπο του μηνύματος που περιέχει το U πλαίσιο (π.χ. απόρριψη πλαισίου, ...)
- Η τιμή του P/F bit ορίζεται ως
  - Σε πλαίσια εντολής (command frames) δηλώνεται ως P και αν απαιτείται απάντηση από τον δέκτη η τιμή του είναι '1'
  - Σε πλαίσια απόκρισης (response frames) δηλώνεται ως F και αν στέλνεται ως απάντηση σε κάποιο πλαίσιο εντολής η τιμή του είναι '1'



# LAPD: Μεταδιδόμενα Πλαίσια (I)

- I (information) πλαίσιο. Χρησιμοποιείται για τη μεταφορά πληροφορίας ανωτέρων επιπέδων με αξιόπιστο τρόπο



# LAPD: Μεταδιδόμενα Πλαίσια (S)

- Receive ready (RR) command/response
  - Δυνατότητα λήψης πακέτου
  - Επιβεβαίωση λήψης πακέτων με αριθμούς διαδοχής  $N(S)$ , μέχρι και την τιμή  $N(R) - 1$
  - Λήξη απαγόρευσης μετάδοσης πακέτων
  - Αν  $P=1$  ζητά την κατάσταση της άλλης πλευράς
- Receive not ready (RNR) command/response
  - Αδυναμία λήψης πακέτου
  - Επιβεβαίωση λήψης πακέτων με αριθμούς διαδοχής  $N(S)$ , μέχρι και την τιμή  $N(R) - 1$
  - Αν  $P=1$  ζητά την κατάσταση της άλλης πλευράς
- Reject (REJ) command/response
  - Αίτηση επαναμετάδοσης πλαισίων με αριθμούς διαδοχής  $N(S)$  ίσου και μεγαλύτερου της τιμής  $N(R)$ . Επιβεβαιώνεται η λήψη πακέτων μέχρι και την τιμή  $N(R) - 1$



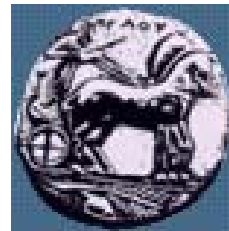
# LAPD: Μεταδιδόμενα Πλαίσια (U)

- Set asynchronous balanced mode extended (SABME)
  - αρχικοποίηση της σύνδεσης και παραμέτρων της
  - Επιλογή της λειτουργίας επιβεβαίωσης λαμβανομένων πακέτων
  - Απόκριση με UA
  - Δεν περιέχεται πεδίο πληροφορίας
- Disconnect (DISC) command
  - Τερματισμός της σύνδεσης. Το P bit τίθεται σε '1' και ο δέκτης αποκρίνεται με UA ή DM
  - Δεν περιέχεται πεδίο πληροφορίας
- Disconnected mode (DM) response
  - Επιβεβαίωση τερματισμού σύνδεσης
  - Δεν περιέχεται πεδίο πληροφορίας
- Unnumbered acknowledgement (UA) response
  - Επιβεβαίωση λήψης και αποδοχής των DISC και SABME πλαισίων
  - Δεν περιέχεται πεδίο πληροφορίας



# LAPD: Μεταδιδόμενα Πλαίσια (U)

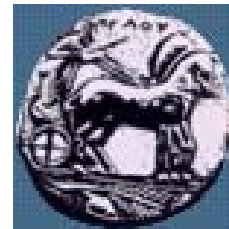
- Unnumbered information (UI) command
  - Μεταφορά πληροφορίας με μη αξιόπιστο τρόπο
- Frame reject (FRMR) response
  - Αναφορά στον πομπό για απόρριψη πλαισίου που μετέδωσε. Ο πομπός πρέπει να επανεγκαταστήσει την σύνδεση με τη μετάδοση του SABME μηνύματος. Λόγοι απόρριψης μπορεί να είναι:
    - μη αποδεκτό μήκος πλαισίου
    - μη αποδεκτή τιμή στο πεδίο ελέγχου
    - μη αποδεκτή τιμή στο πεδίο N(R)



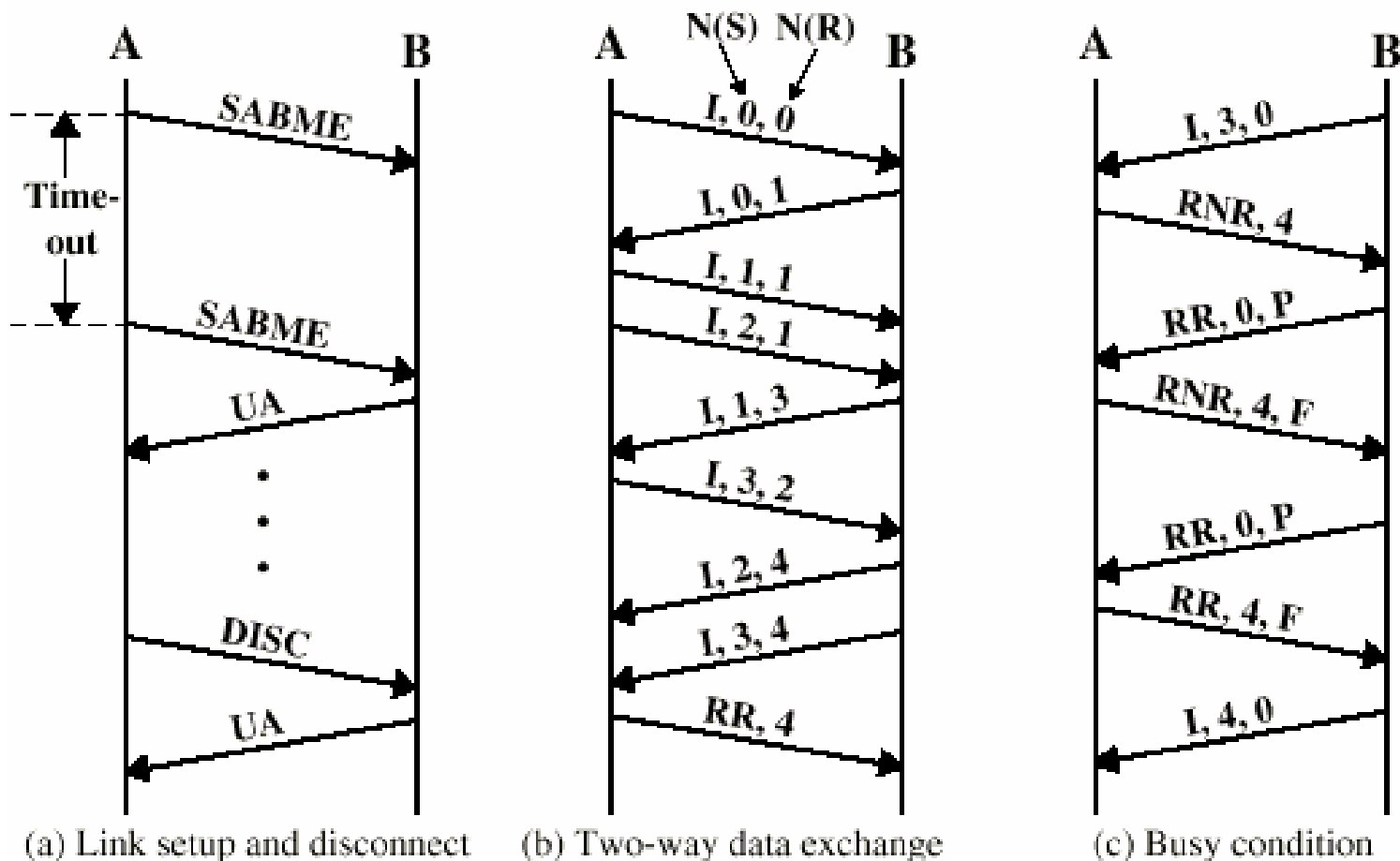
# LAPD: Φάσεις Λειτουργίας

- Διακρίνουμε τρεις φάσεις:
  - Εγκατάσταση σύνδεσης με τις δύο πλευρές να δίνουν αρχικές τιμές σε μεταβλητές και μετροητές, που χρειάζονται για να παρακολουθούν ποια πλαίσια έχουν ληφθεί και ποια όχι
  - Μετάδοση πλαισίων που μεταφέρουν πληροφορία χρήστη και πληροφορία ελέγχου της σύνδεσης
  - Τερματισμός σύνδεσης απελευθερώνοντας τις μεταβλητές, τις ενδιάμεσες μνήμες και τα άλλα μέσα που χρησιμοποιούνται για τη διατήρηση της σύνδεσης





# LAPD: Παράδειγμα Λειτουργίας (I)





# LAPD: Παράδειγμα Λειτουργίας (II)

