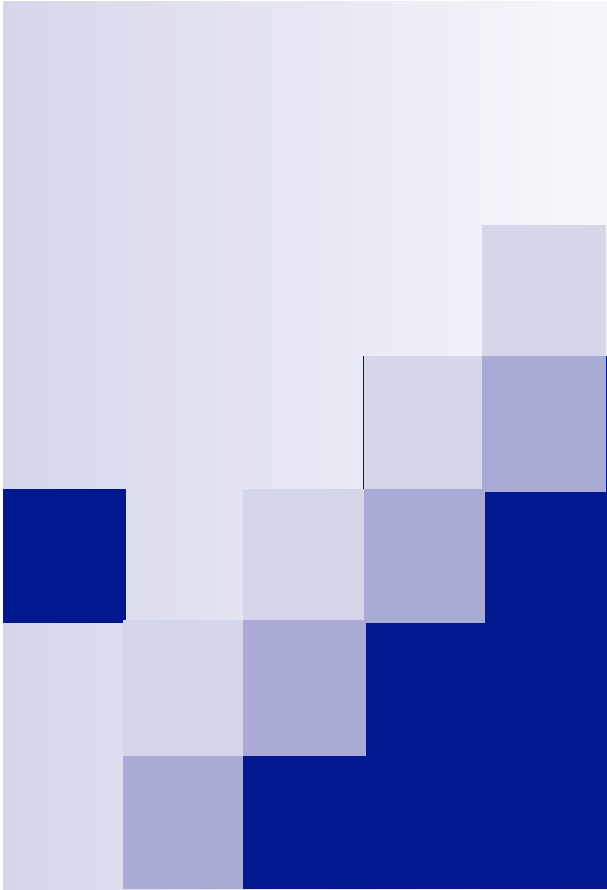




Δίκτυα Απευθείας Ζεύξης

Επικοινωνία μεταξύ δύο υπολογιστών οι οποίοι είναι απευθείας συνδεδεμένοι.

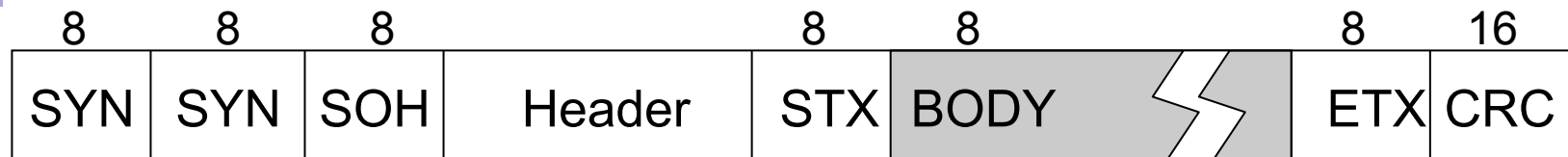
Περίληψη

- Ζεύξεις σημείου προς σημείο (point-to-point links)
 - Πλαισίωση (framing)
 - Ανίχνευση και διόρθωση σφαλμάτων (error detection and correction)
 - Αξιόπιστη μετάδοση (reliable transmission)
 - Πρωτόκολλα Παύσης και Αναμονής (Stop and Wait Protocols)
 - Πρωτόκολλα Ολισθαίνοντος Παραθύρου (sliding window protocols)
 - Παράθυρο με 1 bit.
 - Πρωτόκολλο με οπισθοδρόμηση κατά N (Go-Back N)
 - Πρωτόκολλο με Επιλεκτική Επανάληψη (selective repeat)
- Υπόστρωμα Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου

Πλαισίωση (Framing)

- Στο επίπεδο «ζεύξης δεδομένων» δύο υπολογιστές ανταλλάσσουν **πλαίσια** (frames).
- Ένα πλαίσιο περιέχει:
 - Διεύθυνση παραλήπτη
 - Δεδομένα
 - Κώδικα ανίχνευσης σφαλμάτων κατά την επικοινωνία
 - Αρχή και τέλος!
 - Πρωτόκολλο (προαιρετικό: σε περίπτωση που κάποια μηχανή υποστηρίζει διάφορα πρωτόκολλα)

Binary Synchronous Communication (BISYNC)

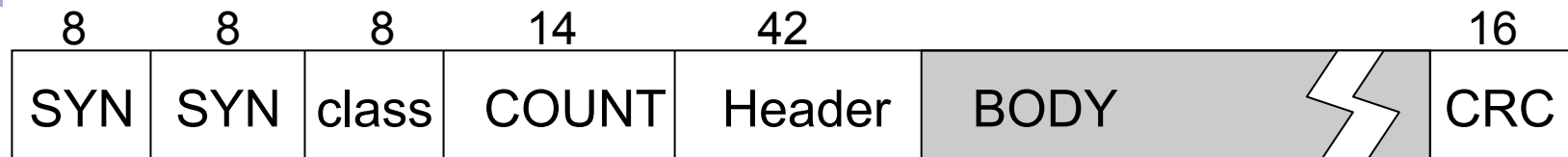


- SYN: Synchronization (χαρακτήρας συγχρονισμού)
- SOH: Start of Header (αρχή της επικεφαλίδας)
- STX: Start of Text (Αρχή δεδομένων)
- ETX: End of Text (Τέλος δεδομένων)
- CRC: Cyclic Redundancy Check (κώδικας ανίχνευσης σφάλματος)
- BODY: Πληροφορίες

Πρόβλημα: ETX μπορεί να συμπεριλαμβάνεται στο BODY!

Λύση: Χαρακτήρας Data-Link-Escape (DLE). Character Stuffing

Digital Data Communication Message Protocol (DDCMP)



- SYN: Synchronization (χαρακτήρας συγχρονισμού)
- COUNT: ο αριθμός των bytes στο BODY του μηνύματος.
- Πως αποκαθίσταται η επικοινωνία σε περίπτωση που το COUNT έχει σφάλμα;
 - Ο Δέκτης μαζεύει όλα τα bytes μέχρι το λανθασμένο COUNT
 - Αντιλαμβάνεται το λάθος από το CRC και αγνοεί το πλαίσιο.
 - Περιμένει για τους επόμενους χαρακτήρες συγχρονισμού.

Πλαίσια βασισμένα σε συρμούς ψηφίων (bit streams)



■ High-level Data Link Control (HDLC)

- BS: Beginning Sequence 01111110
 - ES: Ending Sequence 01111110
 - Η σειρά 01111110 μεταδίδεται επίσης και όταν το κανάλι είναι ανενεργό.
- Πως αντιμετωπίζεται η περίπτωση όπου η σειρά 01111110 παρουσιάζεται μέσα στα δεδομένα;

Παράδειγμα bit-stuffing

- Πως αντιμετωπίζεται η περίπτωση όπου η σειρά 01111110 παρουσιάζεται μέσα στα δεδομένα;
- Ο αποστολέας μόλις στείλει 5 συνεχόμενα 1, (δεδομένου ότι δεν θέλει να στείλει το ES), τότε στέλνει «0» και μετά συνεχίζει με τα υπόλοιπα ψηφία.
- Ο παραλήπτης, μόλις παραλάβει 5 συνεχόμενα 1, τότε ελέγχει το επόμενο ψηφίο
 - Εάν είναι «0», τότε υποθέτει ότι αποτελεί bit-stuffing, το αγνοεί και συνεχίζει την λήψη των υπολοίπων ψηφίων.
 - Εάν όμως είναι «1», τότε αντιλαμβάνεται ότι το πλαίσιο είτε έχει τελειώσει είτε υπάρχει κάποιο λάθος και παίρνει το επόμενο ψηφίο.
 - Εάν είναι «0», δηλαδή έχει πάρει 01111110, τότε το πλαίσιο έχει τελειώσει.
 - Εάν είναι «1», τότε υπάρχει κάποιο λάθος, οπότε ολόκληρο το πλαίσιο απορρίπτεται, και περιμένει το επόμενο 01111110 που αποτελεί την αρχή του επόμενου πλαισίου.

Ανίχνευση Σφαλμάτων (Error Detection)

- Σφάλματα λόγω θορύβου ή παρεμβολών
- Ανίχνευση και Επιδιόρθωση Σφαλμάτων
 - Προϋποθέτουν την αποστολή πλεονάζων πληροφοριών (redundant information).
 - Π.χ. ένα πακέτο αποστέλλεται δύο φορές...
- Μέθοδοι ανίχνευσης σφάλματος
 - Δισδιάστατη Ισοτιμία (two-dimensional parity)
 - Άθροισμα ελέγχου (check sum)
 - Κυκλικός Κώδικας Πλεονασμού (Cyclic Redundancy Check CRC).

Ανίχνευση Σφαλμάτων (Error Detection)

- Τι γίνεται σε περίπτωση που ανιχνευθεί σφάλμα;
 - Επαναμετάδοση (retransmission): Ο δέκτης ζητά από τον αποστολέα να ξαναστείλει το πλαίσιο
 - Στο πλαίσιο μπορεί να περιληφθούν πλεονάζων πληροφορίες έτσι που ο δέκτης να μπορεί να επιδιορθώσει τα σφάλματα (error correction codes).
- Πότε χρησιμοποιούμε επαναμετάδοση και πότε επιδιόρθωση σφάλματος;

Πλαισίωση, έλεγχος σφαλμάτων και θόρυβος...

- Υποθέτουμε πως έχουμε πλαίσιο μεγέθους n bits και η πιθανότητα σφάλματος σε ένα bit = p (ανεξάρτητη από την πιθανότητα σφάλματος σε οποιοδήποτε άλλο bit).
- Πιθανότητα αλάνθαστης μετάδοσης του πλαισίου $(1-p)^n$
- Όσο μεγαλώνει ένα πλαίσιο, μεγαλώνει και η πιθανότητα σφάλματος!
- Όσο μικραίνει ένα πλαίσιο αυξάνονται και οι μη ωφέλιμες πληροφορίες (επικεφαλίδες κλπ) που μεταδίδονται
- Εάν η πιθανότητα λάθους σε ένα πλαίσιο είναι «μικρή» τότε, σε περίπτωση λάθους, ο παραλήπτης μπορεί να ζητήσει επαναμετάδοση του πλαισίου.
- Σε περίπτωση που η πιθανότητα λάθους σε ένα πλαίσιο είναι «μεγάλη», τότε μπορεί να είναι πιο αποδοτικό να χρησιμοποιείται διόρθωση λαθών (π.χ. Forward error correction code FEC).

Αξιόπιστη Μετάδοση (Reliable Transmission)

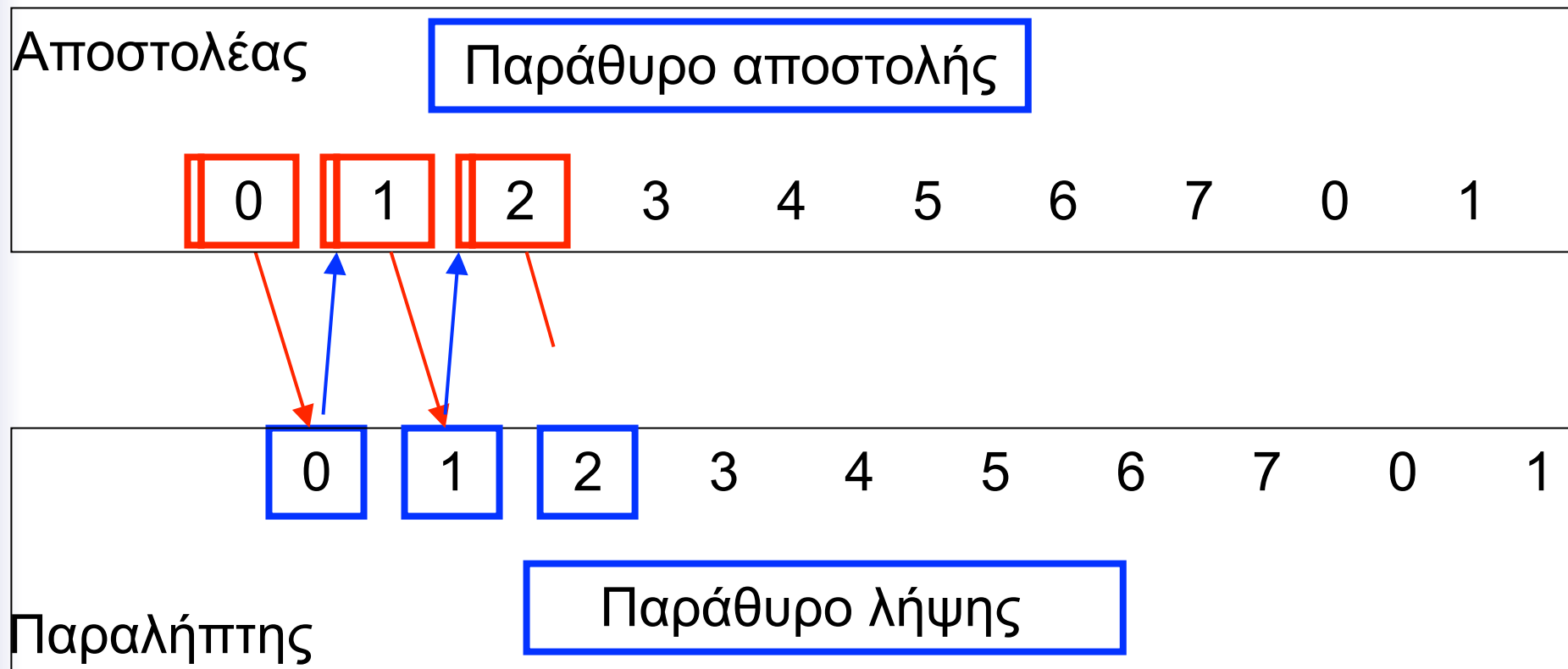
- Χρήση πακέτων επαλήθευσης (acknowledgements ACKs) και χρονομέτρων (timers)
 - Ο δέκτης κάθε φορά που παραλαμβάνει ένα πλαίσιο χωρίς σφάλματα τότε στέλνει πακέτο επαλήθευσης στον αποστολέα.
 - Ο αποστολέας συνεχίζει να στέλνει πλαίσια ενόσω λαμβάνει ACKs.
 - Εάν περάσει μια χρονική περίοδος κατά την οποία ο αποστολέας δεν λάβει κανένα ACK, ή αν λάβει αρνητικές επαληθεύσεις NACK (δηλαδή ο δέκτης έλαβε πλαίσια με σφάλματα), ο αποστολέας ξαναστέλνει τα προηγούμενα πλαίσια.

Πρωτόκολλα Ολισθαίνοντος Παραθύρου (Sliding Window)

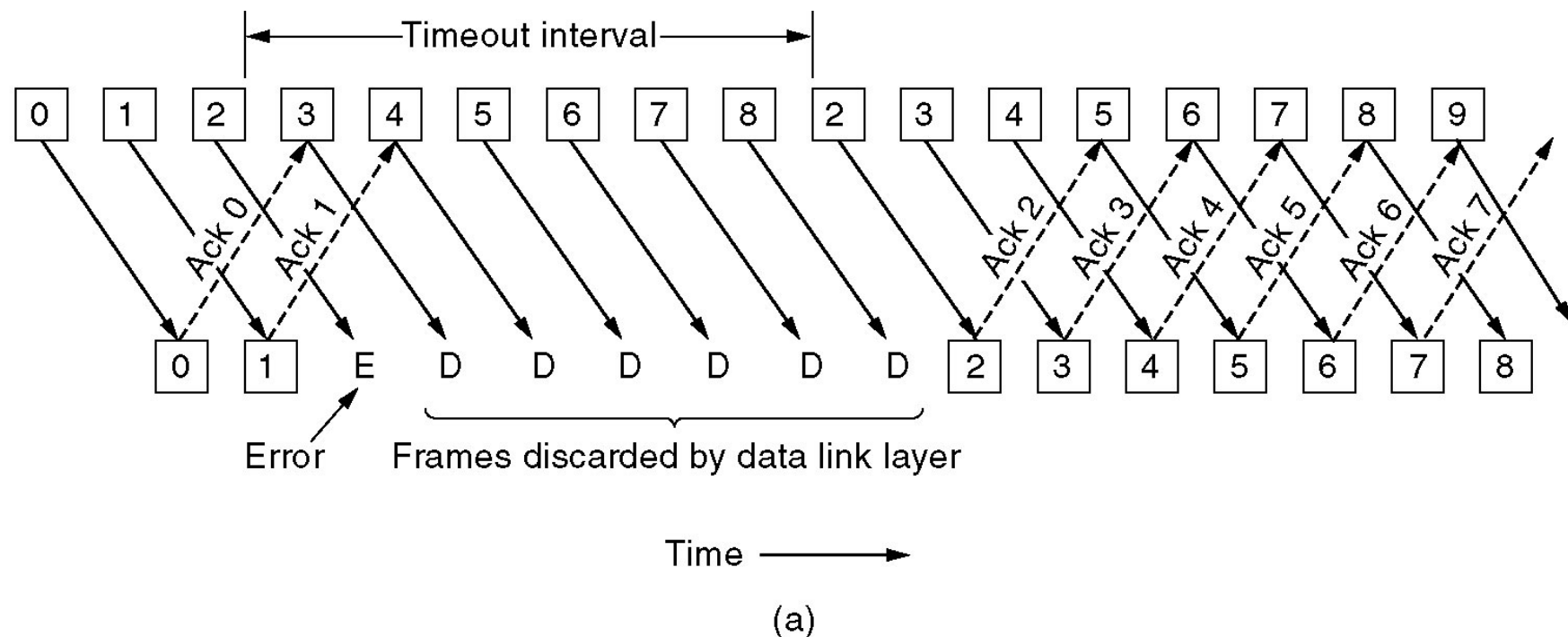
- Ο αποστολέας διατηρεί ένα παράθυρο με τους αύξοντες αριθμούς όλως των πλαισίων που έχει στείλει και για τα οποία δεν έχει λάβει επαλήθευση.
 - Κάθε φορά που στέλνει καινούργιο πλαίσιο, αυξάνει το άνω όριο του παραθύρου.
 - Κάθε φορά που λαμβάνει επαλήθευση, αυξάνει το κάτω όριο του παραθύρου.
- Ο παραλήπτης επίσης διατηρεί παράθυρο με τους αύξοντες αριθμούς των πλαισίων που αναμένει
 - Αν πάρει πλαίσιο εκτός παραθύρου, τότε το αγνοεί.
 - Οι αύξοντες αριθμοί επαληθευμένων πλαισίων μπορούν να μπουν στην επικεφαλίδα εξερχόμενων πλαισίων για καλύτερη απόδοση (piggybacking)

Πρωτόκολλο Ολισθαίνοντος Παραθύρου με Παράθυρο 1bit

- Υποθέτουμε ότι ο αύξων αριθμός αποτελείται από 3 bits (δηλαδή 0-7).



Οπισθοδρόμηση κατά N (Go Back N)

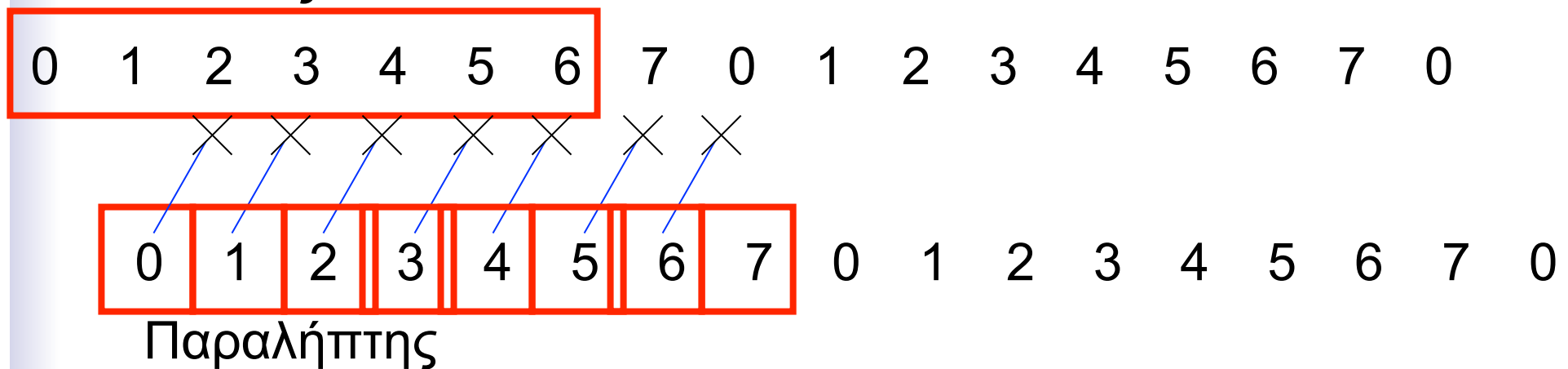


- Το παράθυρο του παραλήπτη είναι 1.
- Το παράθυρο του αποστολέα δεν μπορεί να υπερβαίνει το MaxSeqNum

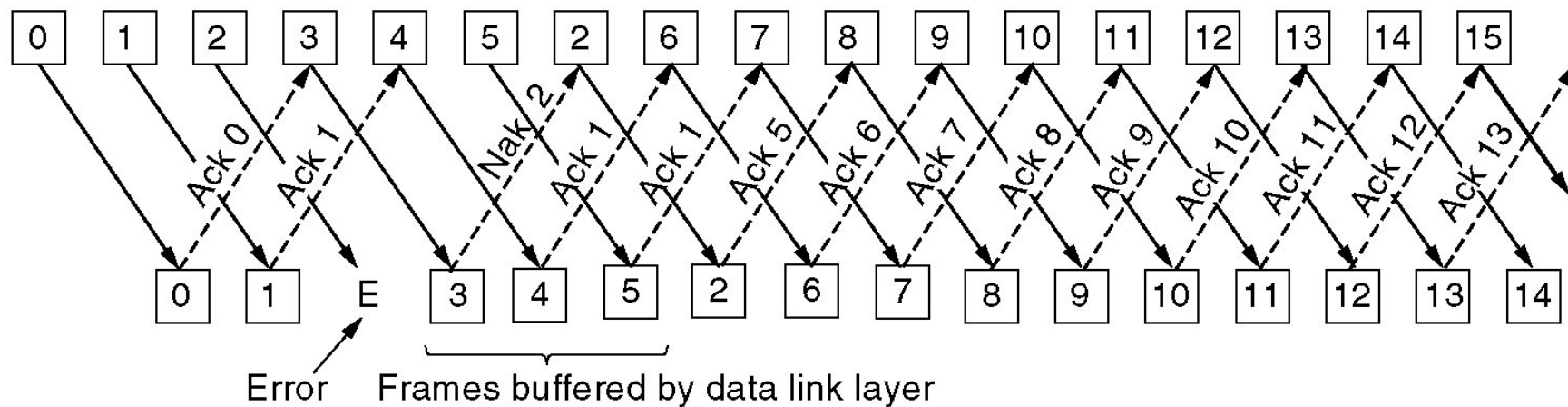
Οπισθοδρόμηση κατά N (Go Back N)

- Υποθέτουμε πως ο αύξων αριθμός (sequence number) κάθε πλαισίου έχει 3 bit.
- MaxSeqNum= 7
- Το μέγιστο παράθυρο δεν μπορεί να υπερβαίνει το 7
- Ας υποθέσουμε πως επιτρέπουμε παράθυρο = 7

Αποστολέας



Επιλεκτική Επανάληψη (Selective Repeat)



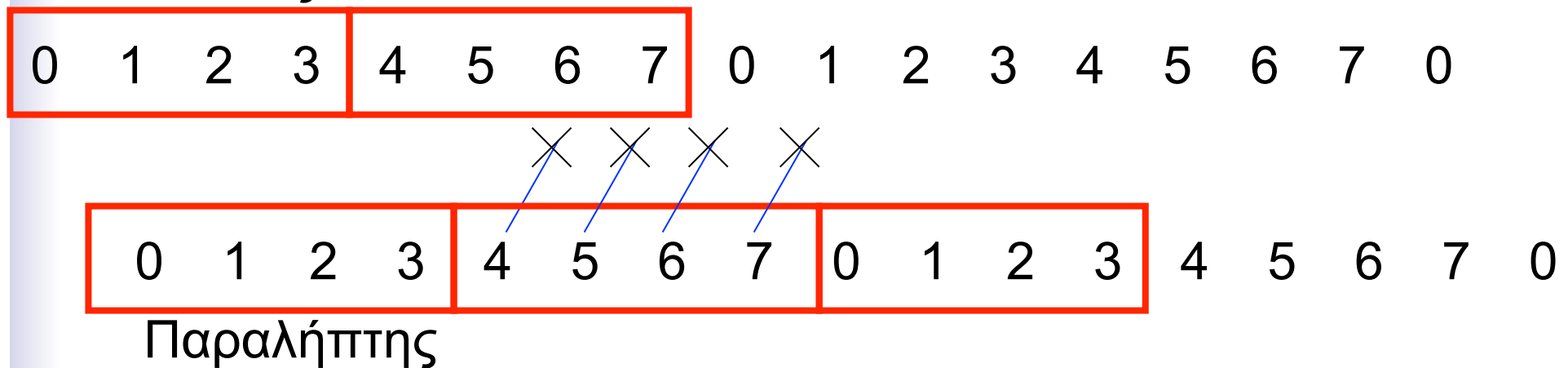
(b)

- Το παράθυρο του παραλήπτη είναι μεγαλύτερο από 1.
- Το παράθυρο του αποστολέα δεν μπορεί να υπερβαίνει το $(\text{MaxSeqNum}+1)/2$

Επιλεκτική Επανάληψη

- Υποθέτουμε πως ο αύξων αριθμός (sequence number) κάθε πλαισίου έχει 3bit.
- MaxSeqNum= 7
- Το μέγιστο παράθυρο δεν μπορεί να υπερβαίνει το 4
- Ας υποθέσουμε πως επιτρέπουμε παράθυρο = 4

Αποστολέας



Παράδειγμα

- Δύο υπολογιστές βρίσκονται σε απόσταση 100Km. Πόσος χρόνος χρειάζεται για τη μετάδοση ενός αρχείου μεγέθους 1MB από τον ένα στον άλλο δεδομένου ότι
 - συνδέονται με ζεύξη χωρητικότητας 100Mbps στην οποία ηλεκτρομαγνητικά κύματα ταξιδεύουν με ταχύτητα 3×10^8 m/s.
 - Το μέγιστο πλαίσιο έχει μήκος 1KB
 - Η πιθανότητα απώλειας πλαισίου είναι 0.0001
- Υποθέστε stop and wait ή go back N ή selective repeat.
- **Πιθανές Ερωτήσεις**
 - Για κάθε πρωτόκολλο υπολογίστε την επικεφαλίδα του πλαισίου
 - Για κάθε πρωτόκολλο υπολογίστε το throughput