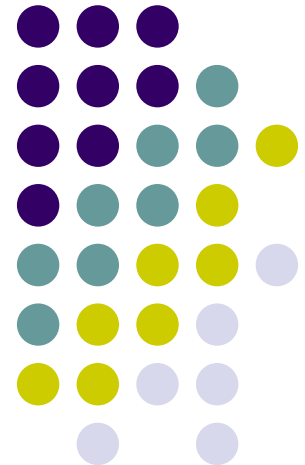


ΔΙΑΔΙΚΤΥΑ ΜΕ

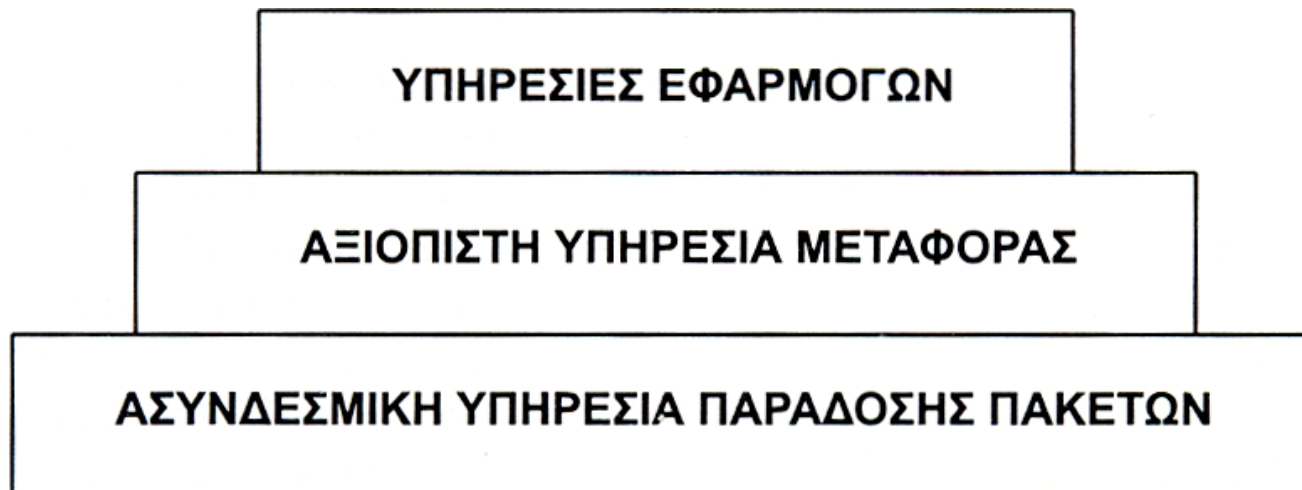
TCP / IP

Βίτσας Βασίλειος



Αρχιτεκτονική και φιλοσοφία του Internet

- Ένα διαδίκτυο TCP/IP παρέχει 3 είδη υπηρεσιών
- Η διάταξη τους είναι ιεραρχική





Ασυνδεσμικό σύστημα παράδοσης

- Η υπηρεσία IP ορίζεται ως ένα αναξιόπιστο, βέλτιστης προσπάθειας, ασυνδεσμικό σύστημα παράδοσης πακέτων.
- Καλείται αναξιόπιστη, διότι η παράδοση δεν είναι εγγυημένη. Το πακέτο μπορεί να χαθεί, να αναπαραχθεί, να καθυστερήσει ή να φτάσει με λάθος σειρά.
- Καλείται ασυνδεσμική επειδή κάθε πακέτο αντιμετωπίζεται ξεχωριστά.
- Το σύστημα παρόλα αυτά καταβάλει την βέλτιστη προσπάθεια για την μετάδοση των πακέτων – η αναξιοπιστία προκύπτει μόνο όταν εξαντλούνται οι πόροι ή παθαίνουν βλάβη τα υποστηρικτικά δίκτυα.



Ο σκοπός του πρωτοκόλλου Internet

Το πρωτόκολλο που ορίζει τον αναξιόπιστο, ασυνδεσμικό μηχανισμό παράδοσης ονομάζεται **Πρωτόκολλο Internet (IP)**.

Το IP ορίζει:

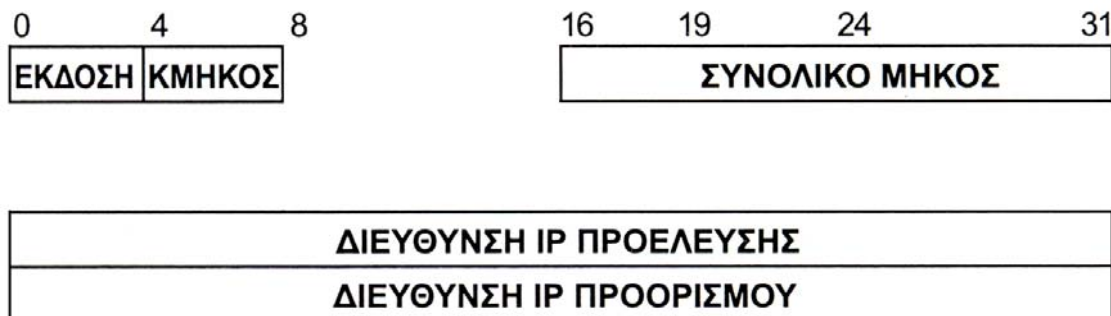
- Την ακριβή μορφή που θα έχουν όλα τα δεδομένα, τα οποία διατρέχουν το διαδίκτυο.
- Εκτελεί τη λειτουργία δρομολόγησης, επιλέγοντας τη διαδρομή που θα σταλούν τα δεδομένα.
- Περιλαμβάνει ένα σύνολο κανόνων που υλοποιούν την ιδέα της αναξιόπιστης παράδοσης πακέτων.

Το αυτοδύναμο πακέτο Internet

- Η βασική μονάδα μεταφοράς στο διαδίκτυο είναι το αυτοδύναμο πακέτο δεδομένων Internet.
- Το αυτοδύναμο πακέτο χωρίζεται σε 2 τμήματα, την κεφαλίδα και τα δεδομένα.
- Η κεφαλίδα περιέχει διευθύνσεις IP

ΚΕΦΑΛΙΔΑ ΑΥΤΟΔΥΝΑΜΟΥ ΠΑΚΕΤΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
---	-------------------

Η μορφή του αυτοδύναμου πακέτου



Το πρώτο πεδίο μήκους 4bit **Έκδοση** περιλαμβάνει την έκδοση του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία του πακέτου

Τα πεδία **Διεύθυνση IP Προέλευσης** και **Διεύθυνση IP Προορισμού** περιλαμβάνουν τοις 32μπιτες διευθύνσεις IP του αποστολέα και του τελικού παραλήπτη.

Το πρώτο πεδίο **Μήκους της Κεφαλίδας**, επίσης 4 bit δίνει το μήκος της κεφαλίδας σε 32μπιτες λέξεις.

Το πεδίο **Συνολικό Μήκος** αντιπροσωπεύει το μήκος του πακέτου δεδομένων IP, υπολογισμένο σε οκτάδες (**Μέγιστο μήκος IP πακέτου;**)

Η μορφή του αυτοδύναμου πακέτου

0	4	8	16	19	24	31
ΕΚΔΟΣΗ	ΚΜΗΚΟΣ	ΤΥΠΟΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ			

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΙΡ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΙΡ ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΥ

Το πεδίο **Τύπος υπηρεσίας** (8 bit) ορίζει τον τρόπο με τον οποίο θα πρέπει να αντιμετωπίζεται το πακέτο δεδομένων.

0	1	2	3	4	5	6	7
ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ			D	T	R	ΜΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΟ	

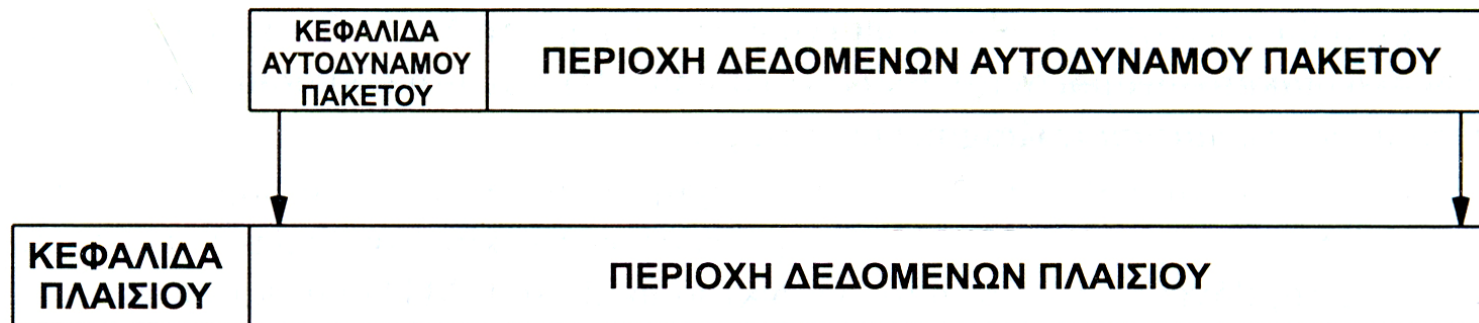
Τα bit της **προτεραιότητας** προσδιορίζουν την προτεραιότητα του πακέτου, με τιμές από 0 έως 7.

Τα ψηφία D,T,R προσδιορίζουν τον επιθυμητό τύπο μεταφοράς.

Το D ζητά μια μικρή καθυστέρηση, το T ζητά υψηλή διεκπεραιωτική ικανότητα και το R ζητά υψηλή αξιοπιστία.

Ενθυλάκωση πακέτου

- Η μεταφορά ενός πακέτου μέσα σε ένα πλαίσιο δικτύου ονομάζεται ενθυλάκωση.
- Όταν μια μηχανή στέλνει ένα αυτοδύναμο πακέτο IP σε κάποια άλλη, ολόκληρο το πακέτο μεταφέρεται μέσα στο τμήμα δεδομένων του πλαισίου δικτύου.



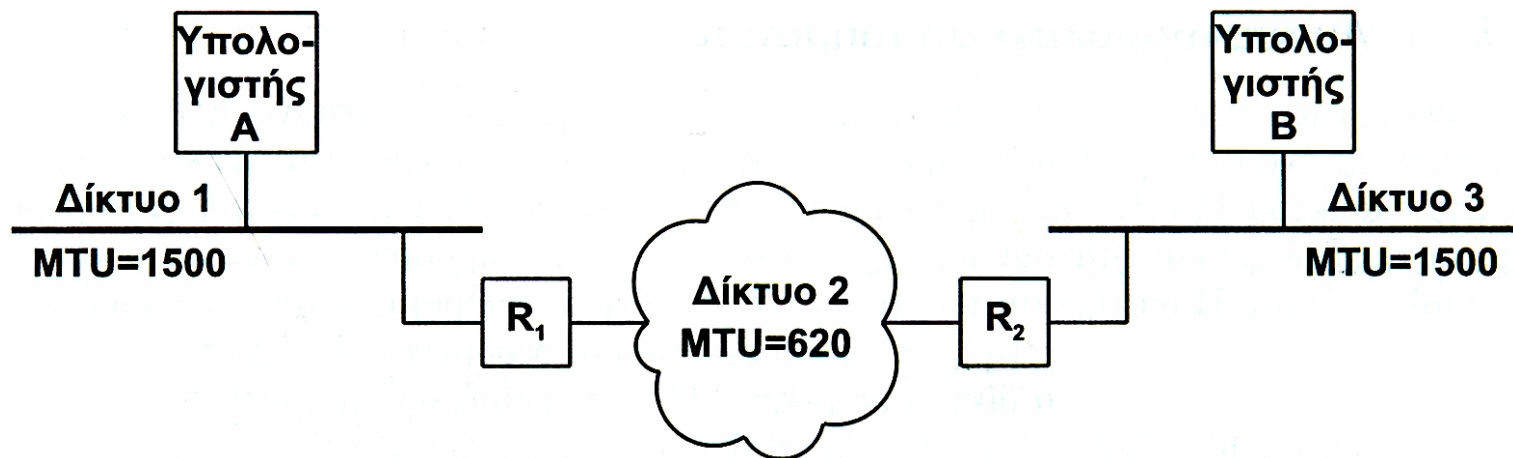
Μέγεθος πακέτου, MTU δικτύου και κατάτμηση

- Κάθε τεχνολογία μεταφοράς πλαισίων θέτει ανώτατο όριο την ποσότητα των δεδομένων που μπορούν να μεταφερθούν σε ένα φυσικό πλαίσιο.
- Τα όρια αυτά ονομάζονται **μέγιστη μονάδα μεταφοράς MTU**.
- Ο περιορισμός του μεγέθους των πακέτων, κάνει αναποτελεσματική τη μεταφορά δεδομένων, όταν περνούν από δίκτυα που μπορούν να μεταφέρουν πλαίσια μεγαλύτερου μεγέθους.

Μέγεθος πακέτου, MTU δικτύου και κατάτμηση

- Το λογισμικό αντί να σχεδιάζει πακέτα ανάλογα με τους περιορισμούς των φυσικών δικτύων, για να λύσει το πρόβλημα κάνει τα εξής:
 - Επιλέγει ένα αρχικό εξυπηρετικό μέγεθος πακέτου
 - Ορίζει έναν τρόπο διάσπασης των μεγάλων πακέτων σε μικρότερα κομμάτια, για τις περιπτώσεις που κάποιο πακέτο θα διασχίσει ένα δίκτυο με μικρή MTU.
- Τα κομμάτια στα οποία χωρίζεται ένα πακέτο ονομάζονται **τμήματα** και η διαδικασία **κατάτμηση**

Κατάτμηση πακέτων



- Η κατάτμηση συντελείται σε ένα δρομολογητή σε κάποιο σημείο μεταξύ προέλευσης και τελικού προορισμού.

Κατάτμηση πακέτων

- Το μέγεθος των τμημάτων είναι τέτοιο ώστε κάθε τμήμα να μπορεί να διατρέξει το εκάστοτε δίκτυο μέσα σε ένα πλαίσιο και επιπλέον να είναι πολλαπλάσιο του 8.
- Παρόλα αυτά τα πακέτα συνήθως δεν κατατέμνονται σε ισομεγέθη τμήματα έτσι πολλές φορές το τελευταίο τμήμα είναι μικρότερο.
- Τα τμήματα πρέπει να επανασυναρμολογηθούν, δημιουργώντας έτσι ένα πλήρες αντίγραφο του πακέτου, πριν/όταν φτάσουν στον προορισμό τους.

Κατάτμηση πακέτων

- Το IP δεν περιορίζει το μέγεθος των πακέτων, ούτε όμως εγγυάται ότι τα μεγάλα πακέτα θα φτάσουν χωρίς να κατατμηθούν.
- Η κατάτμηση και η επανασυναρμολόγηση γίνονται χωρίς τη συμμετοχή της μηχανής προέλευσης.
- Οι δρομολογητές πρέπει να αποδέχονται πακέτα με μέγιστο μέγεθος ίσο με εκείνο των MTU των δικτύων με τα οποία είναι συνδεδεμένοι.

Κατάτμηση πακέτων

- Κάθε επιμέρους τμήμα του πακέτου έχει την ίδια μορφή με το αρχικό αυτοδύναμο πακέτο.

ΚΕΦΑΛΙΔΑ ΠΑΚΕΤΟΥ	δεδομένα ₁ 600 οκτάδες	...	δεδομένα ₂ 600 οκτάδες	...	δεδομένα ₃ 200 οκτάδες
---------------------	--------------------------------------	-----	--------------------------------------	-----	--------------------------------------

(α)

ΚΕΦΑΛΙΔΑ ΤΜΗΜΑΤΟΣ 1	δεδομένα ₁
------------------------	-----------------------

Τμήμα 1 (σχετική απόσταση 0)

ΚΕΦΑΛΙΔΑ ΤΜΗΜΑΤΟΣ 2	δεδομένα ₂
------------------------	-----------------------

Τμήμα 2 (σχετική απόσταση 600)

ΚΕΦΑΛΙΔΑ ΤΜΗΜΑΤΟΣ 3	δεδομένα ₃
------------------------	-----------------------

Τμήμα 3 (σχετική απόσταση 1200)



Ανασυναρμολόγηση τμημάτων

- Από την στιγμή που κάποιο πακέτο κατακερματιστεί, τα επιμέρους τμήματα ταξιδεύουν ως ξεχωριστά πακέτα.
- Η συναρμολόγηση τους γίνεται στον τελικό προορισμό.
- **Τα μειονεκτήματα που παρουσιάζονται από αυτό είναι:**
 - Τμήματα τα οποία είχαν κατακερματιστεί για μικρή MTU μπορεί να διατρέχουν δίκτυα με μεγάλη MTU, οπότε δημιουργούνται προβλήματα απόδοσης.

Ανασυναρμολόγηση τμημάτων

- Σε περίπτωση απώλειας κάποιων τμημάτων, το πακέτο δεν θα μπορεί να επανασυναρμολογηθεί, επειδή ο παραλήπτης ενεργοποιεί ένα χρονιστή επανασυναρμολόγησης τη στιγμή που θα λάβει το πρώτο πακέτο. Αν ο χρόνος λήξει, πριν την παραλαβή των υπολοίπων τμημάτων, η μηχανή απορρίπτει τα τμήματα που έχει ήδη λάβει.

Παρά τα όποια μειονεκτήματα , η διαδικασία της επανασυναρμολόγησης στο σημείο του τελικού προορισμού λειτουργεί αρκετά καλά.

Η μορφή του αυτοδύναμου πακέτου

0	4	8	16	19	24	31
ΕΚΔΟΣΗ	ΚΜΗΚΟΣ	ΤΥΠΟΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ			
ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ			ΣΗΜΑΙΕΣ	ΣΧΕΤΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΜΗΜΑΤΟΣ		
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΙΡ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ						
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΙΡ ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΥ						

Τα πεδία

Αναγνώριση,

Σημαίες και

Σχετική Απόσταση Τμήματος ελέγχουν τις διαδικασίες κατάτμησης και επανασυναρμολόγησης.



Η μορφή του αυτοδύναμου πακέτου

Τα δύο ψηφία του πεδίου **Σημαίες** ελέγχουν τη διαδικασία της κατάτμησης.

Το ψηφίο χαμηλής τάξης ορίζει αν το τμήμα περιέχει δεδομένα από τη μέση ή από το τέλος του αρχικού πακέτου. Το ψηφίο αυτό ονομάζεται **ψηφίο πρόσθετων τμημάτων**. Όταν ο προορισμός λάβει ένα τμήμα στο οποίο το ψηφίο αυτό είναι απενεργοποιημένο καταλαβαίνει ότι το τμήμα αυτό περιλαμβάνει δεδομένα από το τέλος του αρχικού πακέτου.

Το πρώτο ψηφίο προσδιορίζει αν το πακέτο μπορεί να κατατμηθεί. Το ψηφίο αυτό ονομάζεται **ψηφίο μη κατάτμησης**. Όταν πάρει την τιμή 1 σημαίνει ότι το πακέτο δεν πρέπει να κατατμηθεί.

Η μορφή του αυτοδύναμου πακέτου

0	4	8	16	19	24	31			
ΕΚΔΟΣΗ	ΚΜΗΚΟΣ	ΤΥΠΟΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ						
ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ			ΣΗΜΑΙΕΣ	ΣΧΕΤΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΜΗΜΑΤΟΣ					
ΧΡΟΝΟΣ ΖΩΗΣ									
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΙΡ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ									
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΙΡ ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΥ									

Το πεδίο **χρόνος ζωής** προσδιορίζει πόσο χρόνο σε δευτερόλεπτα, μπορεί το πακέτο να μείνει στο διαδίκτυο.

Κάθε Η/Υ που στέλνει ένα πακέτο στο διαδίκτυο, ορίζει ένα χρονικό διάστημα επιβίωσης του. Οι δρομολογητές από τα οποία περνά το πακέτο μειώνουν σταδιακά το πεδίο **χρόνος ζωής** κατά 1 μονάδα, και αφαιρούν το πακέτο από το διαδίκτυο όταν ο χρόνος αυτός εκπνεύσει. Για την αποφυγή των περιπτώσεων υπερφορτωμένων δρομολογητών, κάθε δρομολογητής καταγράφει την τοπική ώρα παραλαβής του πακέτου και μειώνει το πεδίο χρόνος ζωής κατά τόσα δευτερόλεπτα, όσα το πακέτο παρέμεινε στο δρομολογητή.

Τα παραπάνω εγγυώνται ότι τα πακέτα δεν θα κινούνται άσκοπα μέσα σε ένα διαδίκτυο.

Η μορφή του αυτοδύναμου πακέτου

0	4	8	16	19	24	31			
ΕΚΔΟΣΗ	ΚΜΗΚΟΣ	ΤΥΠΟΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ						
ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ			ΣΗΜΑΙΕΣ	ΣΧΕΤΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΜΗΜΑΤΟΣ					
ΧΡΟΝΟΣ ΖΩΗΣ	ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ		ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΕΦΑΛΙΔΑΣ						
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΙΡ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ									
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΙΡ ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΥ									

- Η τιμή αυτή προσδιορίζει ποιο πρωτόκολλο υψηλού επιπέδου χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία του μηνύματος.
- Ουσιαστικά το πεδίο **Πρωτόκολλο** καθορίζει τη μορφή της περιοχής δεδομένα του πακέτου.
- Το πεδίο **Άθροισμα Ελέγχου Κεφαλίδας** διασφαλίζει την ακεραιότητα των τιμών των κεφαλίδων.

Η μορφή του αυτοδύναμου πακέτου

0	4	8	16	19	24	31
ΕΚΔΟΣΗ	ΚΜΗΚΟΣ	ΤΥΠΟΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ			
ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ			ΣΗΜΑΙΕΣ	ΣΧΕΤΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΜΗΜΑΤΟΣ		
ΧΡΟΝΟΣ ΖΩΗΣ	ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ		ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΕΦΑΛΙΔΑΣ			
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ IP ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ						
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ IP ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΥ						
ΕΠΙΛΟΓΕΣ IP (ΑΝ ΥΠΑΡΧΟΥΝ)					ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑ	
ΔΕΔΟΜΕΝΑ						
...						

Το πεδίο **Επιλογές IP** δεν έχει σταθερό μήκος.

Το πεδίο **Συμπλήρωμα** εξαρτάται από τις επιλογές που έχουν ενεργοποιηθεί. Εξασφαλίζει ότι το μήκος της κεφαλίδας θα είναι ακριβές πολλαπλάσιο των 32 bit.

Το πεδίο **Δεδομένα** απεικονίζει την αρχή της περιοχής δεδομένων του πακέτου.

Επιλογές των πακέτων Internet

- Οι επιλογές περιλαμβάνονται για τον έλεγχο ή την αποσφαλμάτωση των δικτύων.
- Το μήκος του πεδίου ποικίλει ανάλογα με τις επιλογές.

0	1	2	3	4	5	6	7
ΑΝΤΙΓΡΑΦΗ	ΚΛΑΣΗ ΕΠΙΛΟΓΗΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ					

- Η σημαία **Αντιγραφή** ελέγχει τον τρόπο με τον οποίο οι δρομολογητές θα αντιμετωπίζουν τις επιλογές κατά την κατάτμηση. Αν έχει την τιμή 1 σημαίνει ότι η επιλογή πρέπει να αντιγραφεί σε όλα τα τμήματα, αν έχει την τιμή 0 σημαίνει ότι πρέπει να αντιγραφεί μόνο στο πρώτο τμήμα.

Επιλογή καταγραφής δρομολογίου

- Η επιλογή καταγραφής δρομολογίου δίνει τη δυνατότητα στο μηχάνημα προέλευσης να δημιουργήσει μια κενή λίστα με διευθύνσεις IP.
- Κάθε δρομολογητής που χειρίζεται το πακέτο προσθέτει τη δική του διεύθυνση IP στη λίστα.

0	8	16	24	31
ΚΩΔΙΚΑΣ (7)	ΜΗΚΟΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ		
ΠΡΩΤΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ IP				
ΔΕΥΤΕΡΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ IP				
...				

Επιλογή δρομολογίου προέλευσης

- Παρέχεται η δυνατότητα στον αποστολέα να ορίσει μια διαδρομή στο διαδίκτυο την οποία θα ακολουθήσουν τα πακέτα.
- Υπάρχει η **αυστηρή δρομολόγηση προέλευσης** στην οποία τα πακέτα πρέπει οπωσδήποτε να ακολουθήσουν τις διευθύνσεις IP (διαδρομή) που έχει οριστεί.
- Η **χαλαρή δρομολόγηση προέλευσης** στην οποία τα πακέτα ακολουθούν τη σειρά των διευθύνσεων IP όμως επιτρέπεται και η ύπαρξη αλμάτων ανάμεσα στις διευθύνσεις.

0	8	16	24	31
ΚΩΔΙΚΑΣ (137)	ΜΗΚΟΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ		
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ IP ΠΡΩΤΟΥ ΑΛΜΑΤΟΣ				
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ IP ΔΕΥΤΕΡΟΥ ΑΛΜΑΤΟΣ				
...				

Επιλογή χρονοσφραγίδας

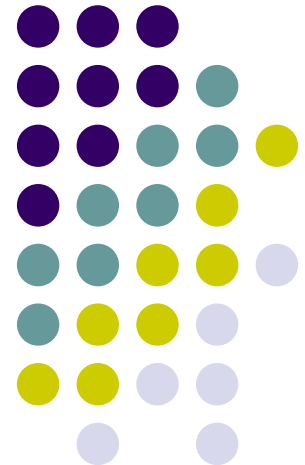
- Περιέχει μια κενή λίστα , η οποία σταδιακά συμπληρώνεται από τους δρομολογητές που παρεμβάλλονται μεταξύ προέλευσης και προορισμού.
- Οι χρονοσφραγίδες δηλώνουν την ώρα και μέρα που ο δρομολογητής χειρίζεται το πακέτο.
- Επίσης καταγράφουν και τις διευθύνσεις IP.

0	8	16	24	31
ΚΩΔΙΚΟΣ(68)	ΜΗΚΟΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ	ΕΚΜΙΚΡΟ	ΣΗΜΑΙΕΣ
ΠΡΩΤΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ IP				
ΠΡΩΤΗ ΧΡΟΝΟΣΦΡΑΓΙΔΑ				
...				

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑ ΜΕ



TCP / IP



Βίτσας
Βασίλειος

Ιδιότητες της αξιόπιστης υπηρεσίας παράδοσης

- **Προσανατολισμός ρεύματος δεδομένων.**
Δυο προγράμματα μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων που έχουν την μορφή ρεύματος ψηφίων ή ρεύματος byte.
- **Σύνδεση εικονικού κυκλώματος.** Πριν από την διαδικασία της μεταφοράς δεδομένων, τα δύο προγράμματα εφαρμογών ενημερώνουν τα λειτουργικά τους συστήματα για την πρόθεσή τους να μεταφέρουν ένα ρεύμα δεδομένων. Μόλις διευθετηθούν οι λεπτομέρειες, οι υπομονάδες των πρωτοκόλλων ενημερώνουν τα προγράμματα εφαρμογών ότι έχει επιτευχθεί η σύνδεση και ότι μπορεί να ξεκινήσει η μεταφορά.
- **Μεταφορά με προσωρινή αποθήκευση.** Τα προγράμματα εφαρμογών στέλνουν ένα ρεύμα δεδομένων σε ένα εικονικό κύκλωμα, μεταβιβάζοντας συνεχώς οκτάδες δεδομένων. Το λογισμικό πρωτοκόλλου συλλέγει αρκετά δεδομένα από κάποιο ρεύμα, έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα μεγάλο πακέτο. Με αυτό τον τρόπο γίνεται πιο αποτελεσματική η μεταφορά στο διαδίκτυο, ακόμη και αν το πρόγραμμα παράγει μία μόνο οκτάδα τη φορά.

Ιδιότητες της αξιόπιστης υπηρεσίας παράδοσης

- **Μη δομημένο ρεύμα.**

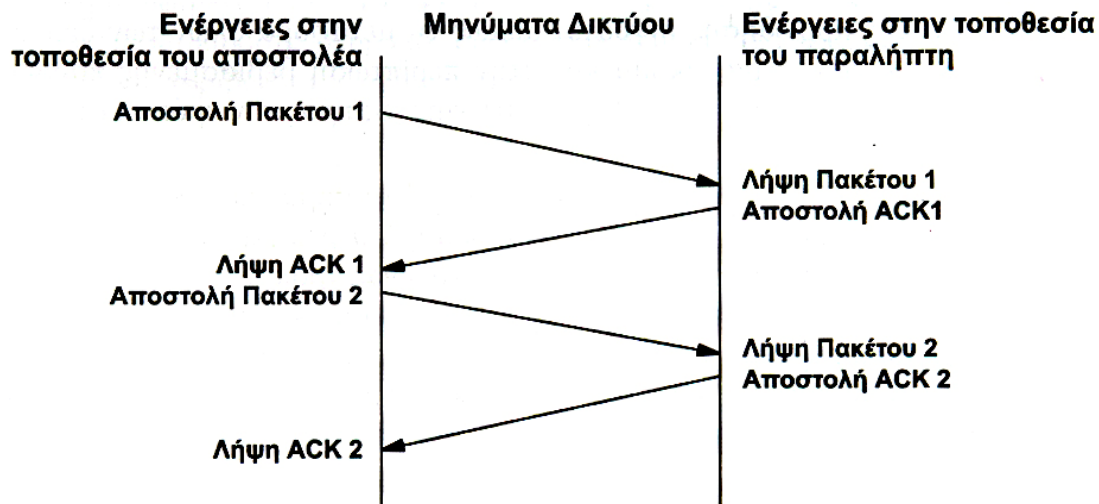
Η υπηρεσία ρεύματος δεδομένων δεν υπακούει σε δομημένα ρεύματα.

- **Πλήρως αμφίδρομη σύνδεση.**

Υπάρχει η δυνατότητα της ταυτόχρονης μεταφοράς δεδομένων και προς τις δύο κατευθύνσεις. Μπορεί επίσης η ροή προς τη μια κατεύθυνση να τερματίσει ενώ τα δεδομένα θα εξακολουθούν να κινούνται προς την αντίθετη κατεύθυνση.

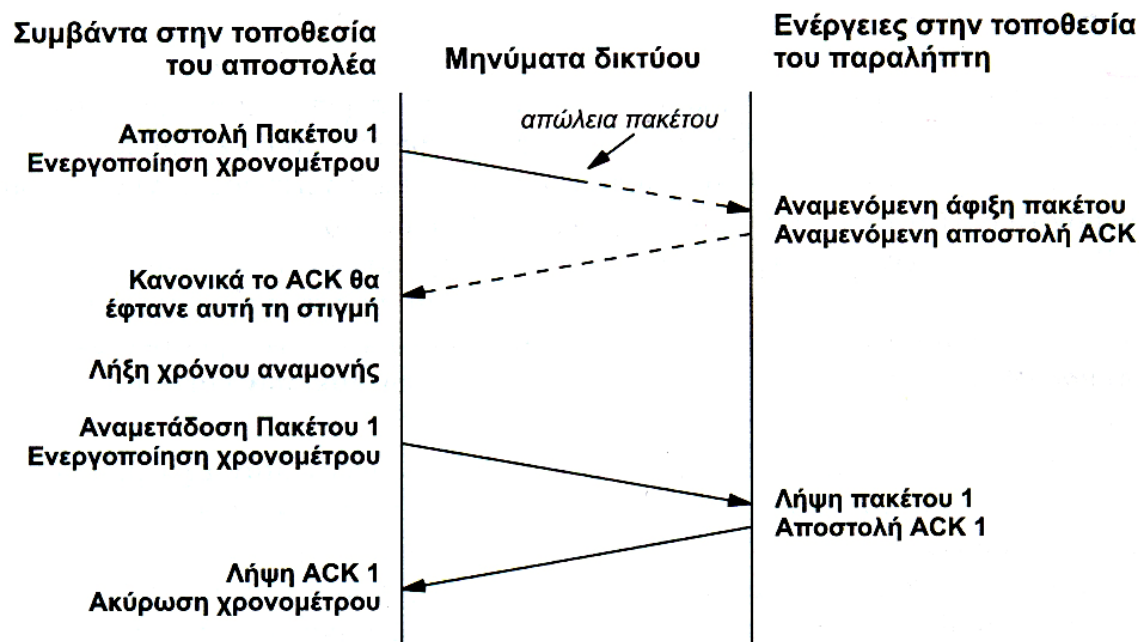
Παροχή αξιοπιστίας

- Για την αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων χρησιμοποιείται η τεχνική γνωστή ως θετική επιβεβαίωση με αναμετάδοση.



- Ο παραλήπτης στέλνει ένα μήνυμα θετικής επιβεβαίωσης ACK στην προέλευση.
- Ο αποστολέας περιμένει να λάβει σήμα θετικής επιβεβαίωσης ACK, και αναμεταδίδει τα δεδομένα αν δεν λάβει το σήμα ACK.

Παροχή αξιοπιστίας



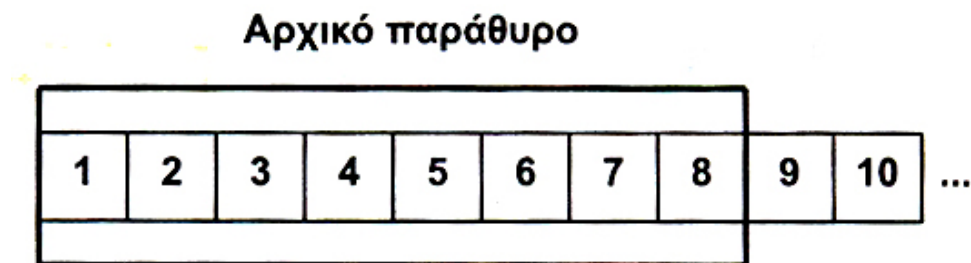
- Ένα πρόβλημα το οποίο προκύπτει είναι ο διπλασιασμός των πακέτων.
- Αντιμετωπίζουν το πρόβλημα αυτό εκχωρώντας σε κάθε πακέτο έναν αριθμό ακολουθίας αναγκάζοντας έτσι τον παραλήπτη να θυμάται ποιους αριθμούς έχει λάβει.



Η λειτουργία των συρόμενων παραθύρων

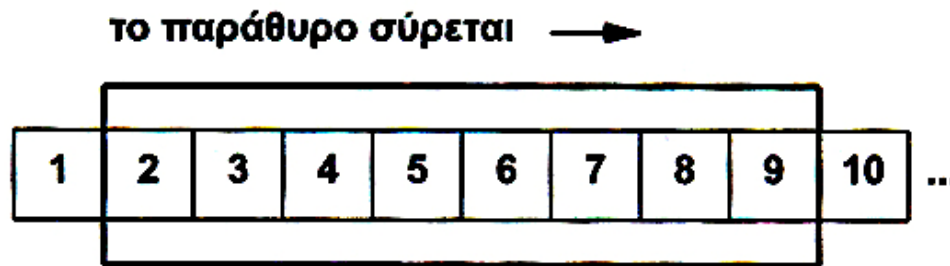
- Τα πρωτόκολλα θετικών επιβεβαιώσεων σπαταλούν μεγάλο εύρος ζώνης, επειδή πριν την αποστολή κάθε πακέτου περιμένουν να λάβουν σήμα επιβεβαίωσης για το προηγούμενο πακέτο.
- Για την επίλυση αυτού του προβλήματος χρησιμοποιείται η τεχνική των συρόμενων παραθύρων.

Η λειτουργία των συρόμενων παραθύρων



- Αξιοποιείται καλύτερα το εύρος ζώνης.
- Ο αποστολέας μπορεί να μεταδώσει πολλά πακέτα χωρίς να χρειάζεται να λάβει πριν επιβεβαίωση.
- Το πρωτόκολλο τοποθετεί ένα μικρό παράθυρο σταθερού μεγέθους στην ακολουθία των πακέτων και μεταδίδει όσα βρίσκονται μέσα στο παράθυρο.

Η λειτουργία των συρόμενων παραθύρων



- Μόλις ο παραλήπτης λάβει σήμα θετικής επιβεβαίωσης για το πρώτο πακέτο του παραθύρου, "σύρει" το παράθυρο και στέλνει το επόμενο πακέτο.
- Η αποδοτικότητα του πρωτοκόλλου εξαρτάται από το μέγεθος του παραθύρου και την ταχύτητα του δικτύου.
- Η τεχνική των συρόμενων παραθύρων διατηρεί το δίκτυο πλήρως "κορεσμένο" και έτσι επιτυγχάνει μεγαλύτερη διεκπεραιωτική ικανότητα.

Το Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης TCP

- Το πρωτόκολλο TCP προσδιορίζει:
 - Τη μορφή των δεδομένων και των επιβεβαιώσεων που ανταλλάσσουν δύο υπολογιστές.
 - Τις διαδικασίες που χρησιμοποιούν οι υπολογιστές για να εξασφαλίσουν τη σωστή λήψη των δεδομένων.
 - Τον τρόπο με τον οποίο το TCP ξεχωρίζει τους διάφορους προορισμούς σε μια συγκεκριμένη μηχανή.
 - Τον τρόπο με τον οποίο οι μηχανές ανακάμπτουν από σφάλματα, όπως διπλά ή χαμένα πακέτα.
 - Τον τρόπο με τον οποίο δύο υπολογιστές ξεκινούν μια μεταφορά ρεύματος δεδομένων TCP και συμφωνούν για την ολοκλήρωση της.

Θύρες, συνδέσεις, και ακραία σημεία

- Το TCP χρησιμοποιεί αριθμούς θύρας πρωτοκόλλου για να προσδιορίσει τον τελικό προορισμό σε μια μηχανή.
- Σε κάθε θύρα εκχωρείται ένας μικρός ακέραιος που την προσδιορίζει

Ιδεατή Διαστρωμάτωση

Εφαρμογή	
Αξιόπιστο Ρεύμα (TCP)	Αυτοδύναμα Πακέτα Χρήστη (UDP)
Internet (IP)	
Διασύνδεση δικτύου	

Θύρες, συνδέσεις, και ακραία σημεία

- Το TCP χρησιμοποιεί ως βασική έννοια τη σύνδεση, και όχι τη θύρα πρωτοκόλλου. Οι συνδέσεις προσδιορίζονται από να ζεύγος ακραίων σημείων.
- Το TCP ορίζει ως ακραίο σημείο ένα ζεύγος ακεραίων (υπολογιστής, θύρα). Ο υπολογιστής είναι μια διεύθυνση IP, και θύρα είναι μια θύρα TCP.
- Για παράδειγμα το ακραίο σημείο (128.10.2.3, 25) προσδιορίζει τη θύρα TCP 25 στη μηχανή με IP διεύθυνση 128.10.2.3
- Επειδή το TCP ορίζει μια σύνδεση από το ζεύγος των ακραίων σημείων της, ένας αριθμός θύρας TCP μπορεί να χρησιμοποιηθεί από πολλές συνδέσεις της ίδιας μηχανής.

Οι λειτουργίες παθητικού και ενεργητικού ανοίγματος

- Στο TCP απαιτείται τα δύο ακραία σημεία να συμφωνήσουν ότι η σύνδεση είναι επιθυμητή.
- Το πρόγραμμα εφαρμογής που βρίσκεται στο ένα άκρο εκτελεί μια λειτουργία «παθητικού ανοίγματος», δηλώνοντας στο λειτουργικό σύστημα ότι θα δεχτεί μια εισερχόμενη σύνδεση.
- Το πρόγραμμα εφαρμογής στο άλλο άκρο της σύνδεσης, επικοινωνεί με το λειτουργικό σύστημα μέσω μιας αίτησης «ενεργητικού ανοίγματος», προκειμένου να εγκαθιδρύσει μια νέα σύνδεση.
- Οι δύο μονάδες λογισμικού TCP επικοινωνούν για να εγκαταστήσουν και να επιβεβαιώσουν μια σύνδεση.
- Μόλις επιτευχθεί ή σύνδεση αρχίζει η μεταβίβαση των δεδομένων.
- Οι μονάδες λογισμικού στα δύο άκρα, ανταλλάσσουν σε όλη την διάρκεια, μηνύματα που εγγυώνται την αξιόπιστη παράδοση των δεδομένων.

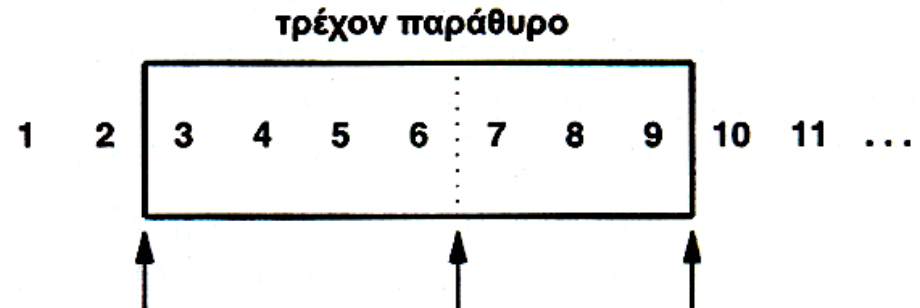


Τμήματα, ρεύματα και αριθμοί ακολουθίας

- Το TCP αντιμετωπίζει το ρεύμα δεδομένων ως μια ακολουθία οκτάδων byte που χωρίζεται σε τμήματα.
- Κάθε τμήμα διατρέχει το δίκτυο μέσα σε ένα αυτοδύναμο πακέτο IP.
- Ο μηχανισμός TCP συρόμενου παραθύρου λειτουργεί σε επίπεδο οκτάδων.
- Οι οκτάδες αριθμούνται με τη σειρά.
- Ο αποστολέας διαθέτει τρεις δείκτες σε κάθε σύνδεση.

Τμήματα, ρεύματα και αριθμοί ακολουθίας

- Ο πρώτος δείκτης σηματοδοτεί το αριστερό άκρο του παραθύρου, διαχωρίζοντας τις επιβεβαιωμένες οκτάδες που στάλθηκαν.



- Ο δεύτερος δείκτης σηματοδοτεί την δεξιά πλευρά του παραθύρου, που ορίζει την υψηλότερη οκτάδα που μπορεί να σταλεί προτού ληφθεί επιβεβαίωση.
- Ο τρίτος δείκτης σηματοδοτεί το όριο εντός του παραθύρου το οποίο διαχωρίζει τις οκτάδες που έχουν σταλεί, από εκείνες που δεν έχουν σταλεί.

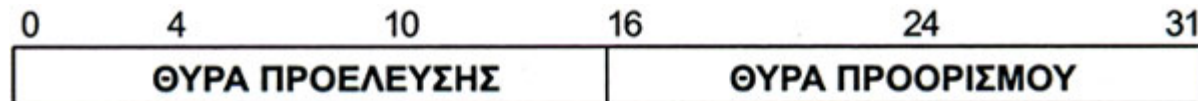
Μεταβλητό μέγεθος παραθύρου και έλεγχος ροής

- Το TCP επιτρέπει τη διαφοροποίηση του μεγέθους του παραθύρου κατά την πάροδο του χρόνου.
- Κάθε επιβεβαίωση, περιέχει μια **κοινοποίηση παραθύρου** που προσδιορίζει πόσες επιπλέον οκτάδες δεδομένων είναι σε θέση να δεχτεί ο παραλήπτης.
- Το πλεονέκτημα του παραθύρου μεταβλητού μεγέθους είναι ότι παρέχει δυνατότητες ελέγχου ροής και αξιόπιστη μεταφορά.
- Ο παραλήπτης ουσιαστικά κοινοποιεί στον αποστολέα το μέγεθος των δεδομένων το οποίο είναι ικανός να δεχτεί και να αποθηκεύσει.
- Σε ακραίες περιπτώσεις ο παραλήπτης κοινοποιεί μηδενικό μέγεθος παραθύρου για να σταματήσει κάθε μετάδοση δεδομένων.

Μορφή τμήματος TCP

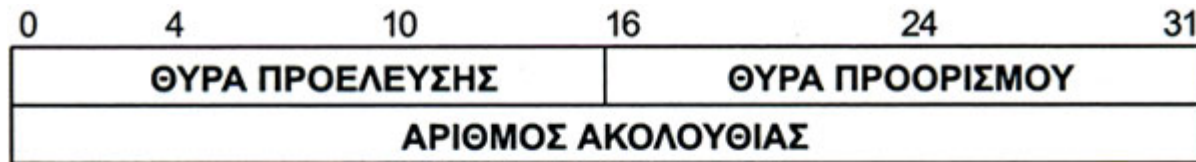
- Η μονάδα δεδομένων που μεταφέρεται μεταξύ λογισμικού TCP δύο μηχανών ονομάζεται τμήμα.
- Τα τμήματα ανταλλάσσονται για να:
 - εγκαταστήσουν συνδέσεις
 - να μεταφέρουν δεδομένα
 - να στείλουν επιβεβαιώσεις
 - να κοινοποιήσουν τα μεγέθη των παραθύρων
 - να κλείσουν συνδέσεις

Μορφή τμήματος TCP



- Τα πεδία **Θύρα Προέλευσης** και **Θύρα Προορισμού** περιέχουν τους αριθμούς θυρών του TCP.
- Οι αριθμοί αυτοί προσδιορίζουν τα προγράμματα εφαρμογών που βρίσκονται στα δύο άκρα της σύνδεσης.

Μορφή τμήματος TCP



- Το πεδίο **Αριθμός Ακολουθίας** προσδιορίζει τη θέση των δεδομένων του τμήματος μέσα στο ρεύμα byte του αποστολέα.
- Ισχύει για το ρεύμα των δεδομένων που κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση με το τμήμα.

Μορφή τμήματος TCP

0	4	10	16	24	31
ΘΥΡΑ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ			ΘΥΡΑ ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΥ		
ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ					
ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗΣ					

- Το πεδίο **Αριθμός Επιβεβαίωσης** προσδιορίζει τον αριθμό της οκτάδας που περιμένει να λάβει στη συνέχεια η προέλευση.
- Ισχύει για το ρεύμα δεδομένων που κινείται σε αντίθετη κατεύθυνση από εκείνη του τμήματος.

Μορφή τμήματος TCP

0	4	10	16	24	31
ΘΥΡΑ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ			ΘΥΡΑ ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΥ		
ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ					
ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗΣ					
ΚΜΗΚΟΣ	ΔΕΣΜΕΥΜΕΝΟ	ΨΗΦΙΑ ΚΩΔΙΚΟΥ	ΠΑΡΑΘΥΡΟ		

- Το πεδίο **ΚΜΗΚΟΣ** περιέχει ένα ακέραιο που προσδιορίζει το μήκος της κεφαλίδας του τμήματος, υπολογισμένο σε πολλαπλάσια των 32 bit.
- Το πεδίο **Δεσμευμένο** μεγέθους 6 bit προορίζεται για μελλοντική χρήση.
- Το πεδίο **Ψηφία Κωδικού** προσδιορίζει το σκοπό και τα περιεχόμενα του τμήματος.
- Στο πεδίο **Παράθυρο** το TCP κοινοποιεί τον όγκο των δεδομένων που διατίθεται να δεχτεί, προσδιορίζοντας έτσι τον διαθέσιμο χώρο αποθήκευσης.

Μορφή τμήματος TCP

0	4	10	16	24	31
ΘΥΡΑ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ			ΘΥΡΑ ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΥ		
ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ					
ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗΣ					
ΚΜΗΚΟΣ	ΔΕΣΜΕΥΜΕΝΟ	ΨΗΦΙΑ ΚΩΔΙΚΟΥ	ΠΑΡΑΘΥΡΟ		
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ			ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΠΕΙΓΟΝΤΟΣ		
ΕΠΙΛΟΓΕΣ (ΑΝ ΥΠΑΡΧΟΥΝ)				ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑ	
ΔΕΔΟΜΕΝΑ					
...					

Δεδομένα εκτός ζώνης

- Κάποιες φορές συμβαίνει ένα πρόγραμμα να στείλει δεδομένα εκτός ζώνης, χωρίς να περιμένει να καταναλωθούν οι οκτάδες που βρίσκονται ήδη στο ρεύμα.
- Το TCP υποστηρίζει την εκπομπή δεδομένων εκτός ζώνης, δίνοντας τη δυνατότητα στον αποστολέα να τα ορίσει ως επείγοντα.
- Ο παραλήπτης αναφέρει στο πρόγραμμα εφαρμογής να τεθεί σε «επείγουσα κατάσταση».
- Αφού διαβαστούν όλα τα επείγοντα δεδομένα, το πρόγραμμα εφαρμογής επανέρχεται στην κανονική του λειτουργία.

Η επιλογή μέγιστου μεγέθους τμήματος

- Τα τμήματα που διακινούνται μέσω μιας σύνδεσης δεν έχουν το ίδιο μέγεθος.
- Αν δύο ακραία σημεία βρίσκονται στο ίδιο φυσικό δίκτυο, το μέγιστο μέγεθος τμήματος είναι τέτοιο ώστε τα πακέτα να ταιριάζουν με την MTU του δικτύου.
- Αν τα δύο ακραία σημεία δεν βρίσκονται στο ίδιο δίκτυο, βρίσκουν την ελάχιστη MTU ή επιλέγουν το μέγιστο μέγεθος τμήματος 536.

Υπολογισμός του αθροίσματος ελέγχου TCP

- Το πεδίο άθροισμα ελέγχου που υπάρχει στην κεφαλίδα του TCP, περιέχει ένα 16μπίτο ακέραιο άθροισμα ελέγχου, το οποίο επαληθεύει την ακεραιότητα των δεδομένων της κεφαλίδας.
- Το TCP κάνει χρήση της ψευδοκεφαλίδας με την οποία δίνει τη δυνατότητα στον παραλήπτη να βεβαιωθεί ότι το τμήμα έφτασε στον σωστό προορισμό
- Στην ψευδοκεφαλίδα περιλαμβάνονται και η διεύθυνση IP του υπολογιστή και ο αριθμός θύρας πρωτοκόλλου.



Επιβεβαιώσεις και αναμετάδοση

- Οι επιβεβαιώσεις αναφέρονται σε μια θέση μέσα στο ρεύμα των δεδομένων, χρησιμοποιώντας του αριθμούς ακολουθίας του ρεύματος.
- Ο παραλήπτης πάντα επιβεβαιώνει το μεγαλύτερο συνεχόμενο πρόθεμα του ρεύματος που έχει παραληφθεί σωστά.
- Μια επιβεβαίωση TCP προσδιορίζει τον αριθμό ακολουθίας της επόμενης οκτάδας που αναμένει να λάβει ο αποστολέας.
- Ο αποστολέας παίρνει συνεχώς πληροφορίες από τον παραλήπτη καθώς προχωρά στην αποστολή των δεδομένων.



Επιβεβαιώσεις και αναμετάδοση

- Το μοντέλο επιβεβαιώσεων TCP ονομάζεται αθροιστικό, επειδή αναφέρει τον όγκο του ρεύματος που έχει συγκεντρωθεί.
- Οι επιβεβαιώσεις έχουν τα εξής πλεονεκτήματα:
 - είναι εύκολες
 - ξεκάθαρες
 - και οι χαμένες επιβεβαιώσεις δεν αποτελούν οπωσδήποτε αιτία για αναμετάδοση.

Το μειονέκτημα της είναι ότι ο αποστολέας δεν ενημερώνεται για όλες τις επιτυχημένες μεταδόσεις, αλλά μόνο για μια θέση του ρεύματος.



Αντίδραση σε περιπτώσεις συμφόρησης

- Η **συμφόρηση** είναι μια κατάσταση σοβαρής καθυστέρησης που προκαλείται από μεγάλο όγκο πακέτων σε ένα ή περισσότερα σημεία μεταγωγής.
- Όταν προκύπτει συμφόρηση ο δρομολογητής τοποθετεί τα πακέτα σε μια ουρά, ώσπου να μπορέσει να τα δρομολογήσει.
- Ο χώρος αποθήκευσης κάθε δρομολογητή είναι πεπερασμένος, οπότε όταν εξαντληθεί, ο δρομολογητής απορρίπτει τα επιπλέον πακέτα.

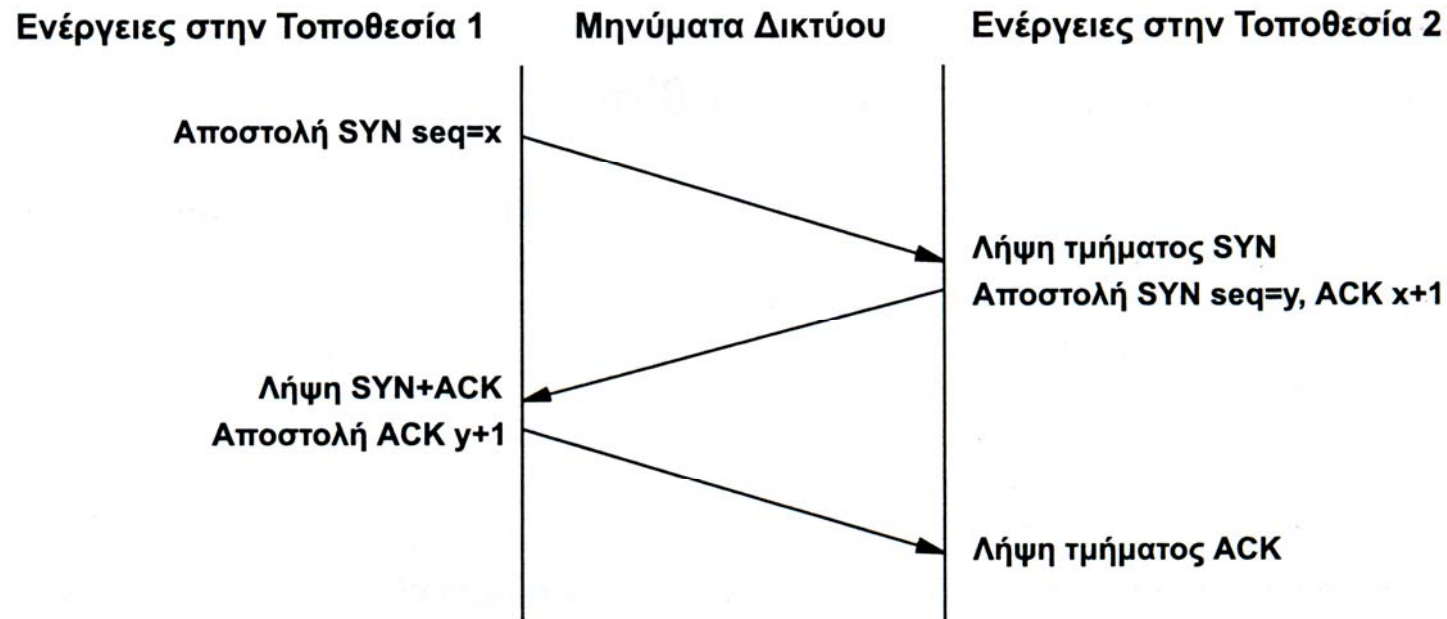
Αντίδραση σε περιπτώσεις συμφόρησης

- Τα ακραία σημεία, λόγω αυξημένης καθυστέρησης, όπως ερμηνεύουν την συμφόρηση, αναμεταδίδουν τα πακέτα τους προκαλώντας έτσι την κατάρρευση του δικτύου γνωστή ως «κατάρρευση λόγω συμφόρησης».
- Το TCP για την αποφυγή της συμφόρησης χρησιμοποιεί δύο τεχνικές:
 - την αργή εκκίνηση και
 - την πολλαπλασιαστική μείωση

Αντίδραση σε περιπτώσεις συμφόρησης

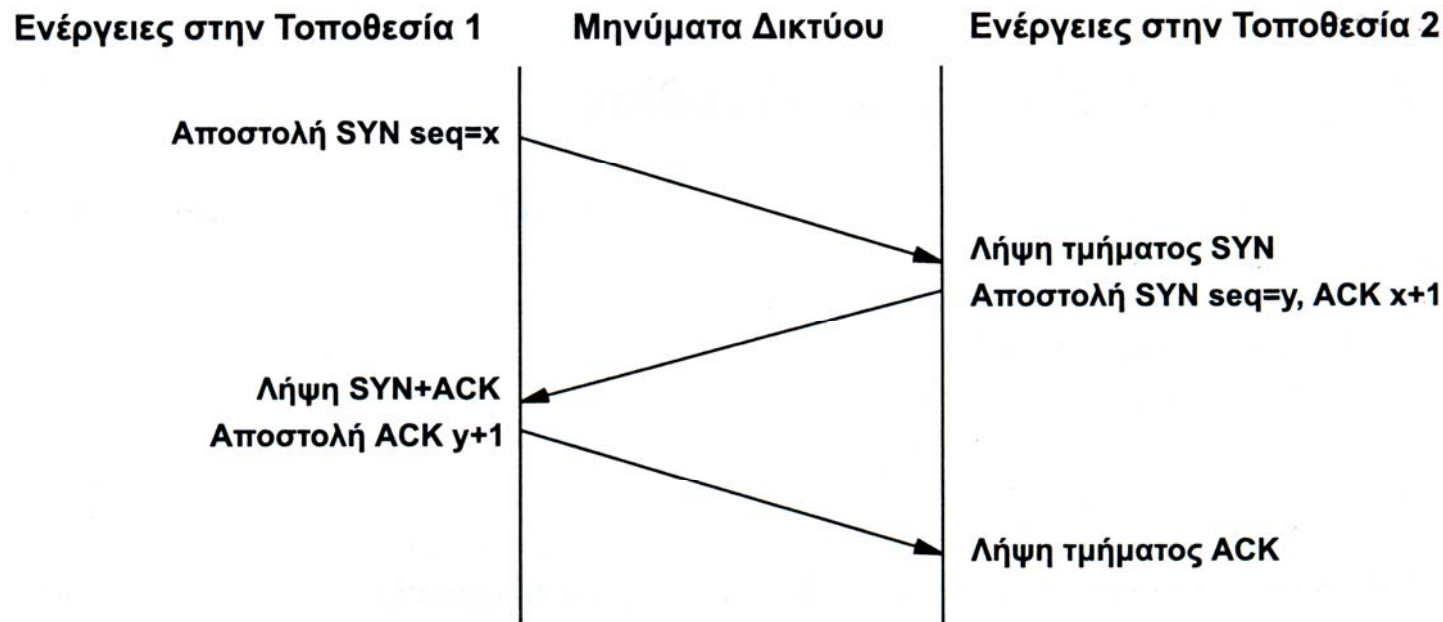
- **Αποφυγή Συμφόρησης με Πολλαπλασιαστική Μείωση:** Κατά την απώλεια ενός τμήματος, μείωσε το παράθυρο συμφόρησης στο μισό (με ελάχιστο όριο το ένα τμήμα). Για τα τμήματα εκείνα που παραμένουν στο παράθυρο, ρύθμισε αναλόγως με οπισθοχώρηση το χρονοστή αναμετάδοσης.
- **Ανάκαμψη Αργής Εκκίνησης (Αθροιστική):** Κατά την εκκίνηση της κυκλοφορίας σε μια καινούργια σύνδεση ή κατά την αύξηση της κίνησης έπειτα από περίοδο συμφόρησης, ρύθμισε το παράθυρο συμφόρησης στο μέγεθος ενός τμήματος και αύξανε το κατά ένα τμήμα κάθε φορά που καταφθάνει μια επιβεβαίωση.

Εγκαθίδρυση μιας σύνδεσης TCP



- Για την εγκαθίδρυση μιας νέας σύνδεσης το TCP χρησιμοποιεί την τριμερή χειραψία.
- Το λογισμικό TCP μιας μηχανής περιμένει παθητικά τη χειραψία, ενώ το άλλο την ξεκινά.
- Το TCP επιτρέπει τη ταυτόχρονη ενεργοποίηση και από τις δύο μηχανές.

Εγκαθίδρυση μιας σύνδεσης TCP



- Τα δεδομένα κινούνται και προς τις δύο κατευθύνσεις.
- Δεν υπάρχει master και slave.
- Η τριμερής χειραψία είναι απαραίτητη και επαρκής για τον σωστό συγχρονισμό των δύο άκρων της σύνδεσης.