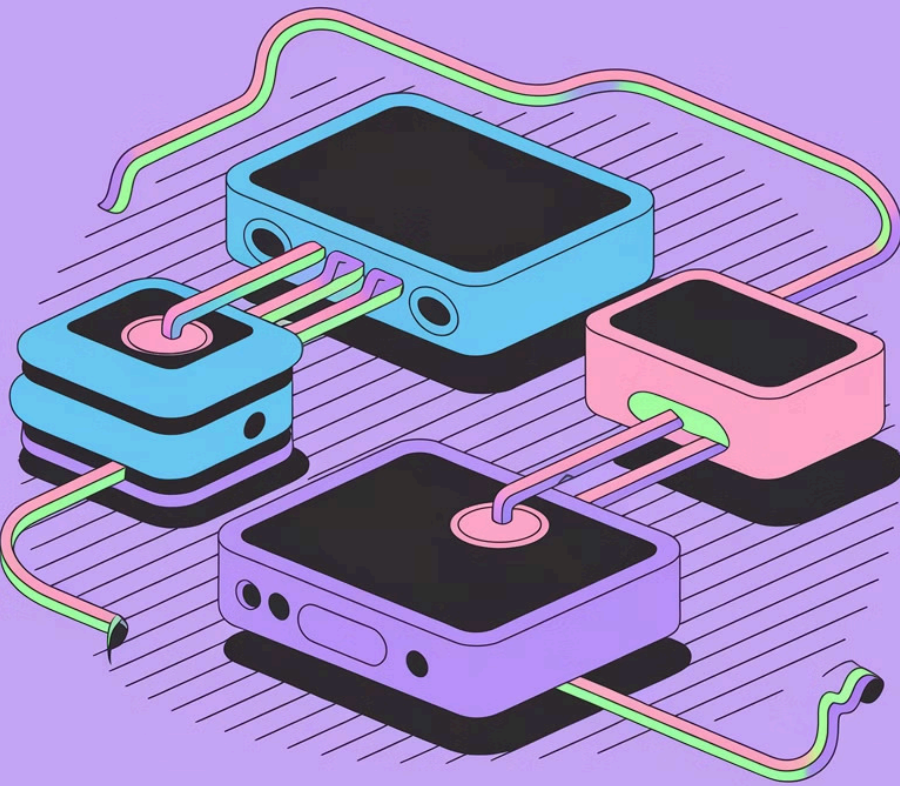




Κεφάλαιο 4ο: Επίπεδο Μεταφοράς

Στα προηγούμενα κεφάλαια, εξετάσαμε πώς μεταφέρονται τα δεδομένα απο διεπαφή σε διεπαφή. Το επίπεδο δικτύου είναι από τη φύση του αναξιόπιστο, με πακέτα που φθάνουν καθυστερημένα ή εκτός σειράς. Χρειαζόμαστε ένα ενδιαμέσο στρώμα για αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων, καλύπτοντας τις ανάγκες αξιοπιστίας.

Αυτό το κεφάλαιο εμβαθύνει στα πρωτόκολλα προσανατολισμένα στη σύνδεση και χωρίς σύνδεση, όπως τα TCP και UDP, που διασφαλίζουν την ομαλή και αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων μεταξύ των δικτυακών εφαρμογών.

Πρωτόκολλα με και χωρίς σύνδεση

Οι δικτυακές εφαρμογές επικοινωνούν ανταλλάσσοντας μηνυμάτα δεδομένων. Το επίπεδο μεταφοράς παρέχει διαφανή μεταφορά μηνυμάτων από τις εφαρμογές. Είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία από-ακρό-σε-ακρό, με ή χωρίς εγκατάσταση σύνδεσης.

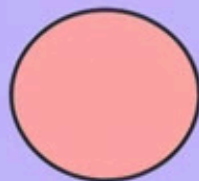
Στην πρώτη περίπτωση, γίνεται εγκατάσταση σύνδεσης και ένα πρόγραμμα συνομιλεί με ένα παρόμοιο πρόγραμμα. Στη δεύτερη, το πρόγραμμα μεταδίδει άμεσα τα δεδομένα χωρίς σύνδεση. Οι πληροφορίες της σύνδεσης αποθηκεύονται στις επικεφαλίδες.

Με Σύνδεση

Εγκατάσταση σύνδεσης πριν τη μεταδοση.

Χωρίς Σύνδεση

Άμεση μεταδοση δεδομένων.



Λειτουργίες Επιπέδου Μεταφοράς

Το επίπεδο μεταφοράς αναλαμβάνει την **εγκατάσταση** και τον **τερματισμό** των συνδέσεων, τον **έλεγχο** της **ροής** της **πληροφορίας** και την **επιβεβαίωση** ότι η **πληροφορία έφτασε** στον προορισμό της. Η οικογένεια πρωτοκόλλων TCP/IP διαθέτει τα πρωτόκολλα TCP (Transmission Control Protocol) και UDP (User Datagram Protocol - Πρωτόκολλο αυτοδυνάμων πακετών χρήστη).

Το TCP είναι προσανατολισμένο σε σύνδεση, ενώ το UDP είναι χωρίς σύνδεση. Τα πρωτόκολλα χωρίς σύνδεση θεωρούνται αναξιόφιστα επειδή δεν εξασφαλίζουν την αφιξη των δεδομένων.

1

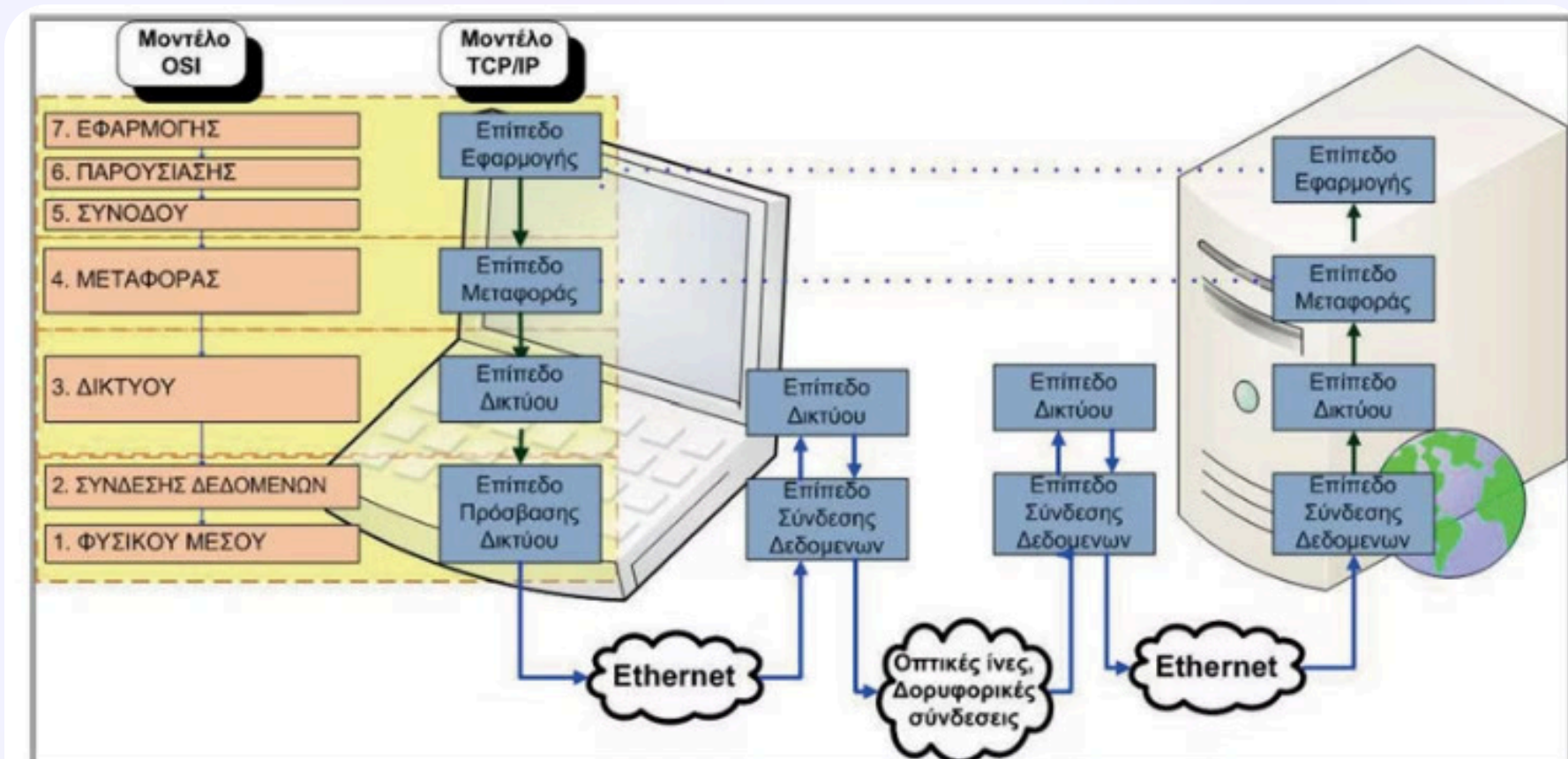
Εγκατάσταση Σύνδεσης

2

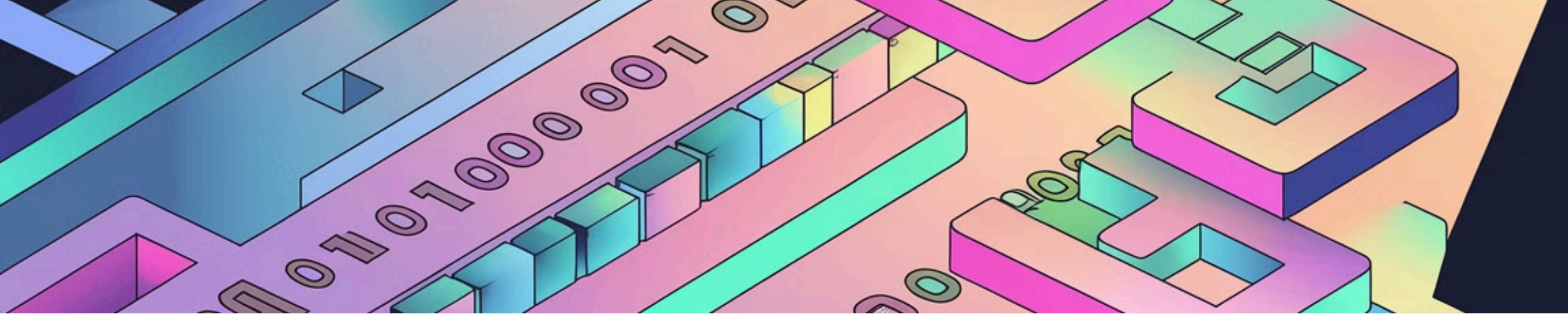
Έλεγχος Ροής

3

Επιβεβαίωση Παραλαβής



Εικόνα 4.1.α: OSI – TCP Διαστρωμάτωση



Datagrams και Octets

Η πληροφορία που μεταφέρεται απο άκρο σε άκρο οργανώνεται σε ακολουθιά απο ομάδες δεδομένων που ονομαζονται **datagrams**. Καθε datagram μετραίται σε **octets**, δηλαδή **όκταδες ψηφίων (byte)**, και αντιμετωπίζεται απολυτως ανεξάρτητα απο το δίκτυο.

Ο ορος byte πρωτοεμφανίστηκε στα μέσα της δεκαετίας του '50 απο την IBM. Στο TCP/IP χρησιμοποιείται ο ορος octet που εξορισμου αντιστοιχει σε μοναδα δεδομένων μήκους 8 bit.

Datagram

Ομαδα δεδομένων.

Octet

Μοναδα δεδομένων 8 bit.

Πρωτόκολλο προσανατολισμένο στη σύνδεση είναι αυτο που αρχικά, πριν ξεκινήσει η μεταδοση των δεδομένων **εγκαθιστά** μια σύνδεση απο άκρο σε άκρο για να εξασφαλιστεί μια διαδρομη (νοητη σύνδεση) για τη μεταδοση των πακετών. **Όλα τα πακέτα μεταδίδονται στην ίδια νοητη σύνδεση**. Αφου ξεκινήσει η μεταδοση εξασφαλίζει οτι τα δεδομένα θα φτάσουν στον παραληήτη χωρις σφαλματα.

Πρωτόκολλο **χωρις σύνδεση** είναι αυτο στο οποιο ξεκινά η μεταδοση των δεδομένων χωρις να έχει προηγηθει επικοινωνια με τον παραληήτη. Τα δεδομένα μεταδίδονται σε **αυτοδύναμα πακέτα (datagrams) χωρις την εγκατάσταση σύνδεσης μέσω νοητών κυκλωμάτων**. Τα πρωτόκολλα αυτα θεωρούνται **αναξιόφιστα** επειδη δεν εξασφαλίζουν οτι τα δεδομένα θα φτάσουν στο προορισμο τους.

Πρωτόκολλο TCP - Παραδειγμα

Για να κατανοηθεί η λειτουργία του πρωτοκόλλου TCP, ας δούμε ένα παραδειγμα: Εστω ότι θελουμε να αποστείλουμε ένα μήνυμα μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Η εφαρμογή παράγει μια σειρά πληροφοριών υπό μορφή δεδομένων. Προϋπόθεση είναι η αξιόπιστη μεταδοση των πληροφοριών.

Η πληροφορία παραλαμβάνεται στο επίπεδο μεταφοράς από το πρωτόκολλο TCP που αναλαμβάνει να μεταφέρει τα δεδομένα – πληροφορίες από το ένα άκρο στο άλλο.

- 1 Αξιόπιστη Μεταδοση
Εξασφάλιση της αξιόπιστης μεταδοσης πληροφοριών.
- 2 Επίπεδο Μεταφοράς
Παραλαβή πληροφοριών από το πρωτόκολλο TCP.



Διασπώντας Datagrams σε Τμήματα

Εόττω ότι το TCP παραλαμβάνει από την εφαρμογή ηλεκτρονικού ταχυδρομείου δεδομένα μεγέθους 6000 octets. Ελέγχει το δίκτυο και διαπιστώνει ότι δεν μπορεί να διαχειριστεί datagram μεγαλύτερα από 600 octets. Τα **δύο άκρα** δηλώνουν το **μεγαλύτερο μέγεθος datagram** που μπορούν να διαχειριστούν. Για να αντιμετωπιστεί η κατάσταση το αρχικό datagram διασπάται σε 10 μικρότερα των 600 octets.

Τα μικρότερα αυτά datagrams συμφωνημένου μεγέθους ονομάζονται Τμήματα (**segments**). Επομένως στο πρωτόκολλο TCP η μονάδα δεδομένων που διαχειρίζεται (PDU) αναφέρεται ως Τμήμα (Segment).



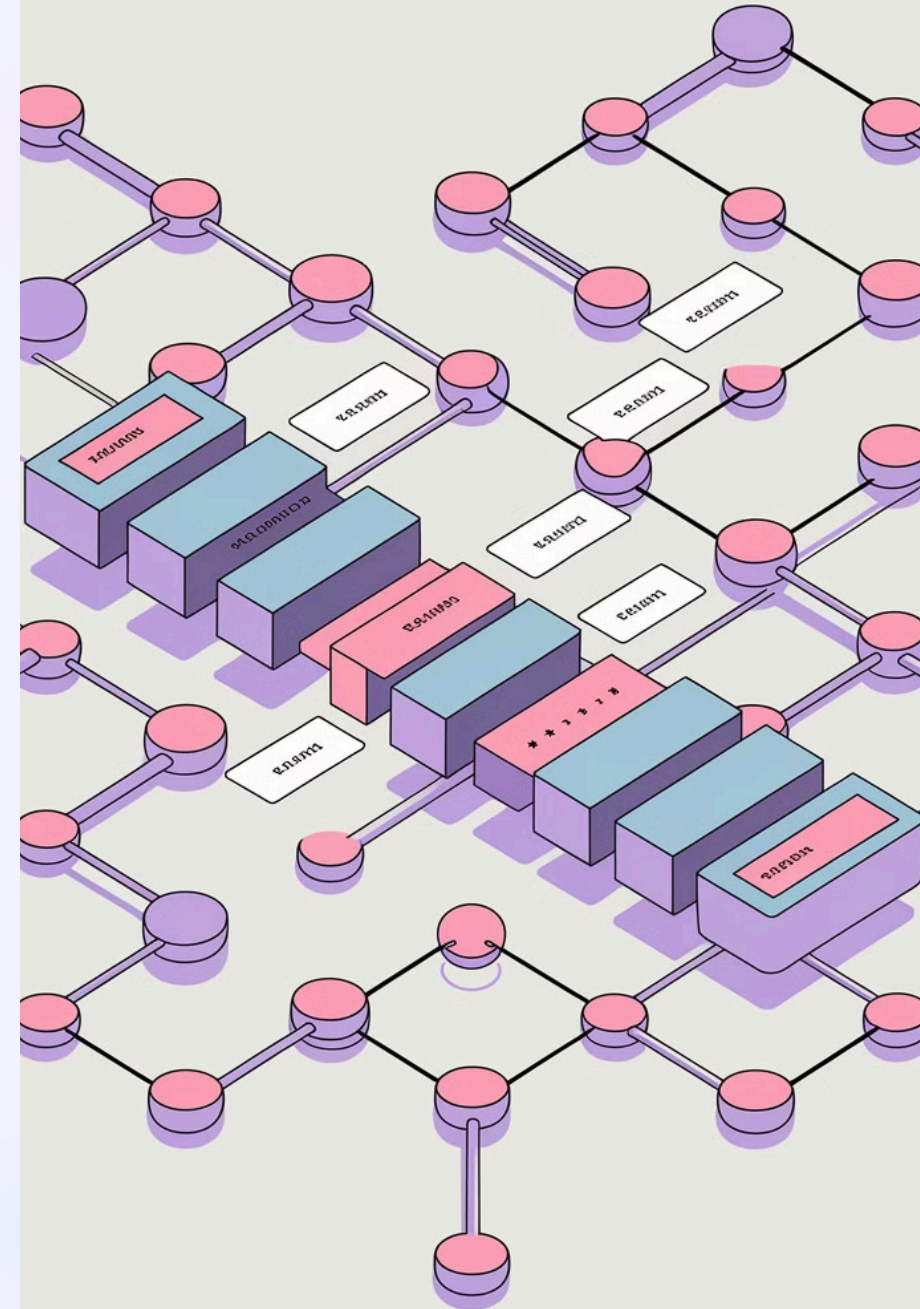
Διαιρέση

Διαιρέση μεγάλων datagrams.



Segments - Τμήματα

Δημιουργία μικρότερων τμημάτων datagrams.

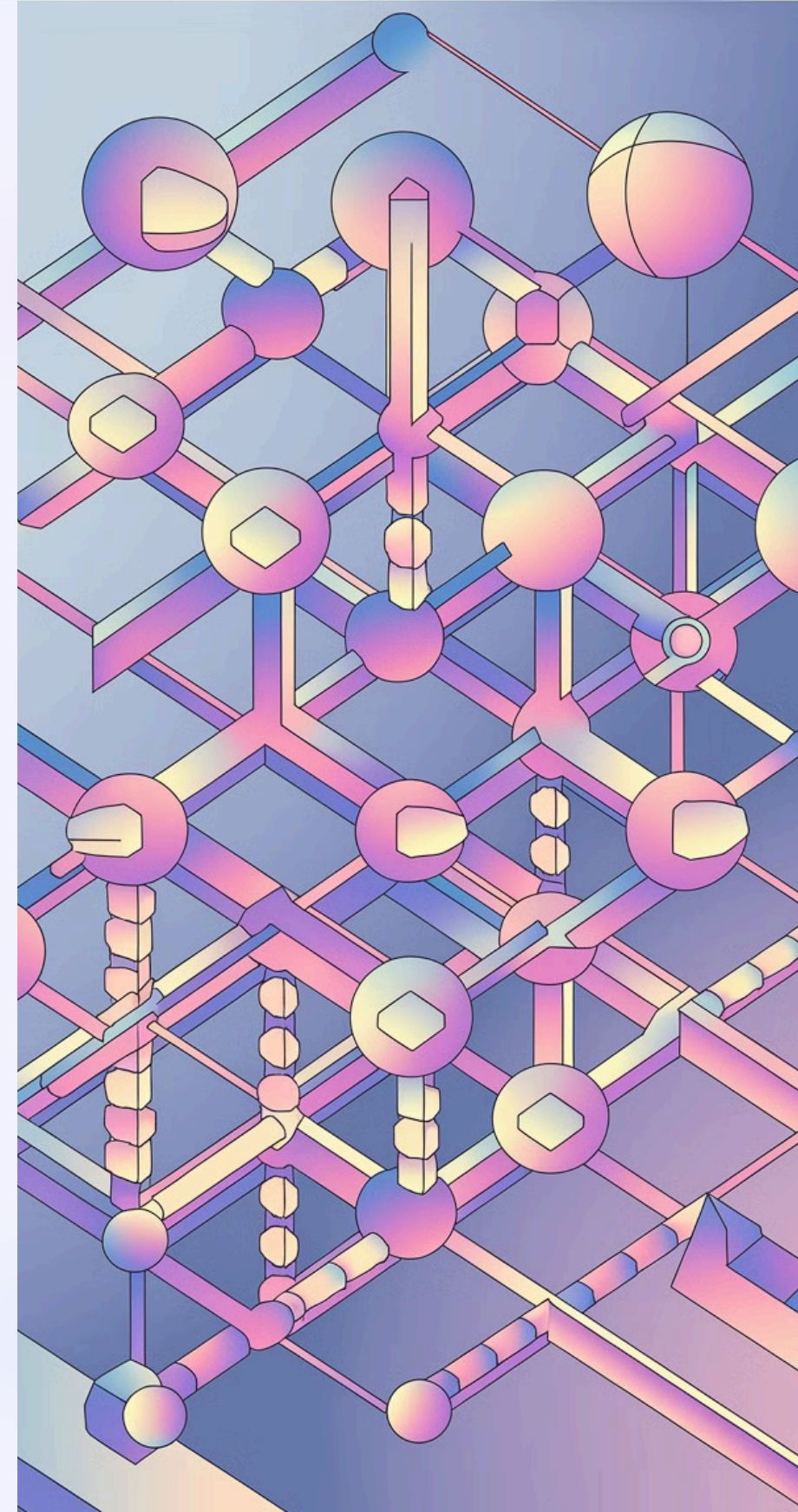


Το Μοντέλο Catenet

Το TCP/IP είναι βασισμένο στο «catenet model». Το μοντέλο “catenet” θεωρεί ότι υπάρχει ένας αρκετά μεγάλος αριθμός ανεξάρτητων δικτύων που διασυνδεούνται με εξωτερικές πυλές δρομολόγησης (Gateways). Τα τμήματα διαπερνούν από πολλά διαφορετικά δίκτυα πριν φτάσουν στο προορισμό τους.

Σε πολλές περιπτώσεις το μονοπατί είναι διαφορετικό για κάθε τμήμα και η διαδρομή είναι αόρατη στο χρήστη. Όταν φτάσουν στο άλλο άκρο θα επανασυνδεθούν για να διαμορφώσουν το αρχικό μήνυμα των 6000 octets.

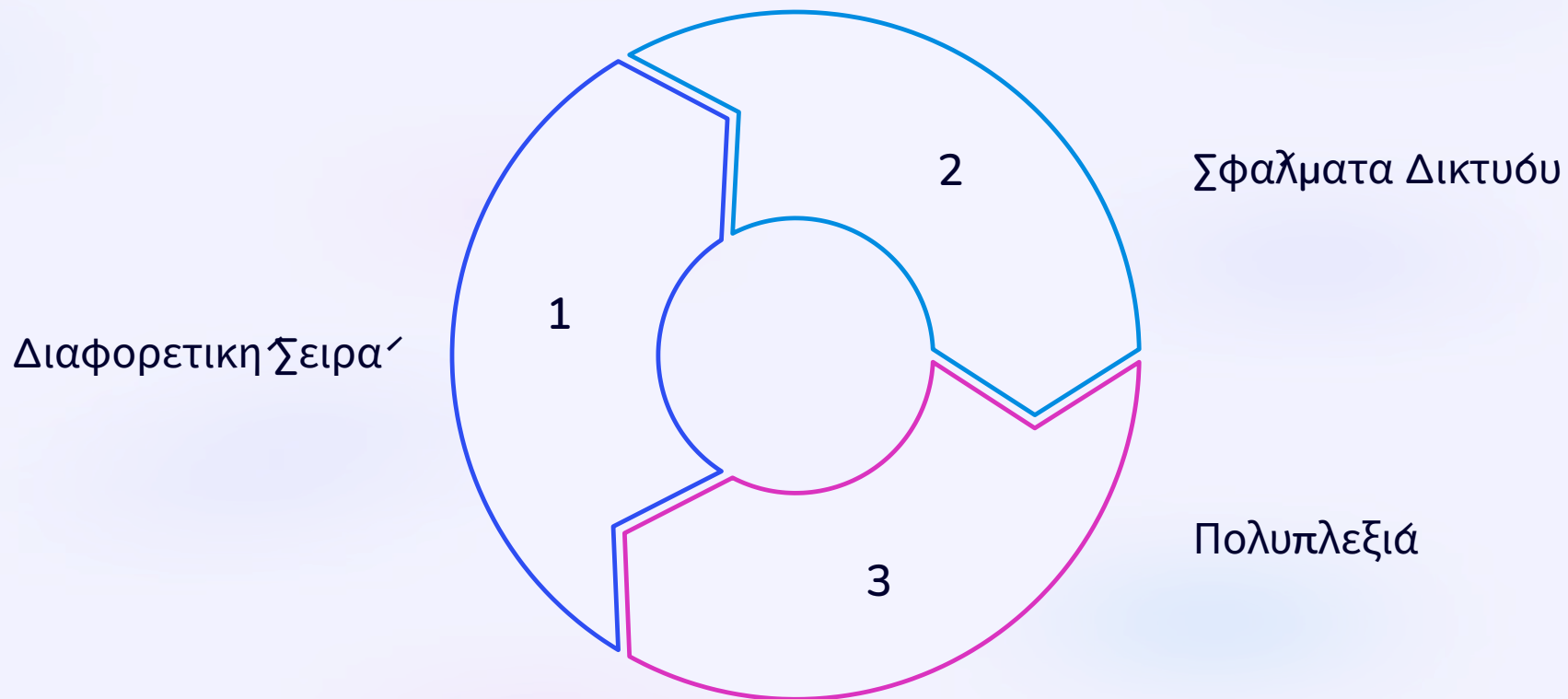
- 1 Διασύνδεση Δικτύων
Ανεξάρτητα δίκτυα διασυνδεούνται.
- 2 Δρομολόγηση
Πυλές δρομολόγησης.
- 3 Επανασύνδεση
Αρχικό μήνυμα επανασυνδεείται.



Αξιοπιστία και Πολυπλεξιά

Τα **ανεξάρτητα τμήματα** είναι πολύ πιθανόν να **φτάσουν** με **διαφορετική σειρά**. Επίσης λόγω σφαλματος δικτύου σε κάποιο σημείο της διαδρομής είναι πιθανό κάποιο τμήμα να **καταστραφεί**. Στην περίπτωση αυτή **το συγκεκριμένο τμήμα πρέπει να σταλεί ξανά**.

Επίσης ένα **θέμα** που πρέπει να **χειριστεί** το **TCP** είναι **σε ποια σύνδεση ανήκει** ένα συγκεκριμένο τμήμα. **Πολυπλεξιά** (Multiplexing) είναι η δυνατότητα **πολλές διεργασίες** μέσα στον **ίδιο τερματικό κόμβο (host)** να χρησιμοποιούν τις **υπηρεσίες επικοινωνίας του TCP ταυτόχρονα**.





Αξιοπιστία της Σύνδεσης

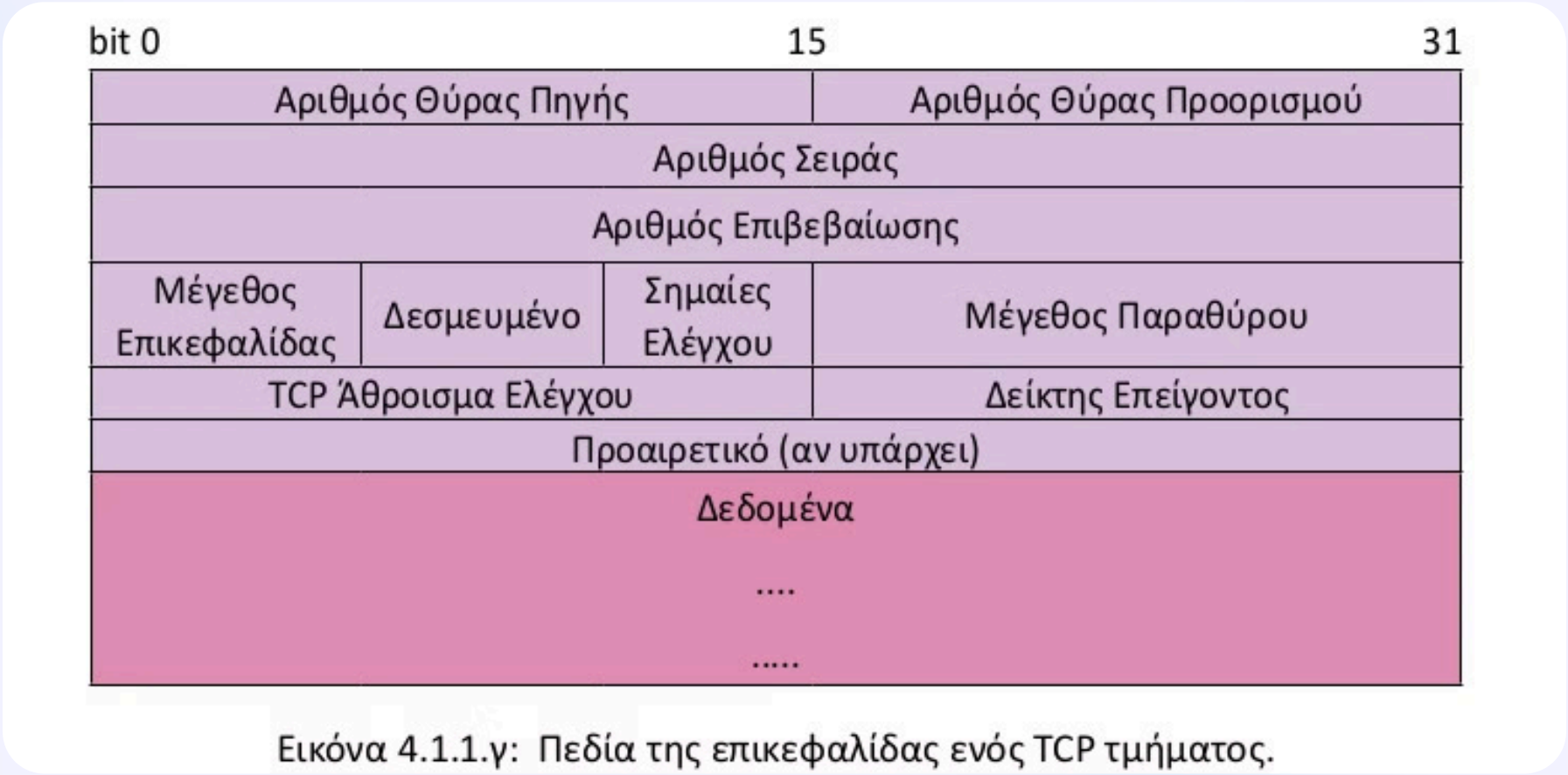
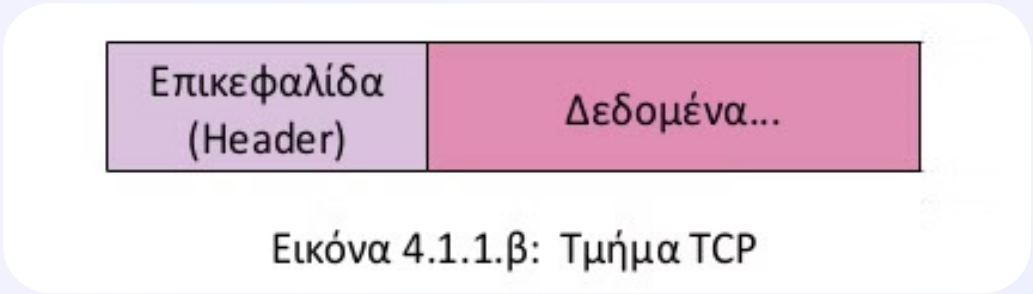
Το TCP στην φάση της επανασύνδεσης του αρχικού μηνυμάτος πρέπει να γνωρίζει ποια είναι η **προέλευση** (source) του μηνυμάτος και ποιος ο **προορισμός** (destination). Έτσι το TCP εξασφαλίζει την Αξιοπιστία της σύνδεσης με: Την Εγκατάσταση Σύνδεσης, Τεμαχίζει τα δεδομένα, Επιβεβαιώνει την παραλαβή δεδομένων, Τοποθετεί στη σειρά τα τμήματα.

- 0 Εγκατάσταση Σύνδεσης
 - 0 Τεμαχισμός Δεδομένων
 - 0 Επιβεβαίωση Παραλαβής
 - 0 Τοποθέτηση στη σειρά των τμημάτων

Επικεφαλίδα TCP

Όλες αυτές οι πληροφορίες που είναι απαραίτητες για τον έλεγχο και την ανασυνθήση του αρχικού μηνυμάτος περιέχονται στην επικεφαλίδα που δημιουργείται κατά τον αρχικό σχηματισμό του τμήματος. Η επικεφαλίδα (header) είναι ένα σύνολο από octets δεδομένων πριν από τα πραγματικά δεδομένα και προστίθεται στην αρχή του τμήματος.

Η επικεφαλίδα έχει ελάχιστο μήκος 20 octets και μέγιστο 60 octets μαζί με το προαιρετικό πεδίο options.



Αριθμός Θύρας

Οι πληροφορίες που εισάγει το TCP στην επικεφαλίδα ώστε να εξασφαλίσει την αξιοπιστία της μεταφοράς του μηνυμάτος είναι: Ο Αριθμός Θύρας Προέλευσης (source port number) και Αριθμός Θύρας Προορισμού (destination port number).

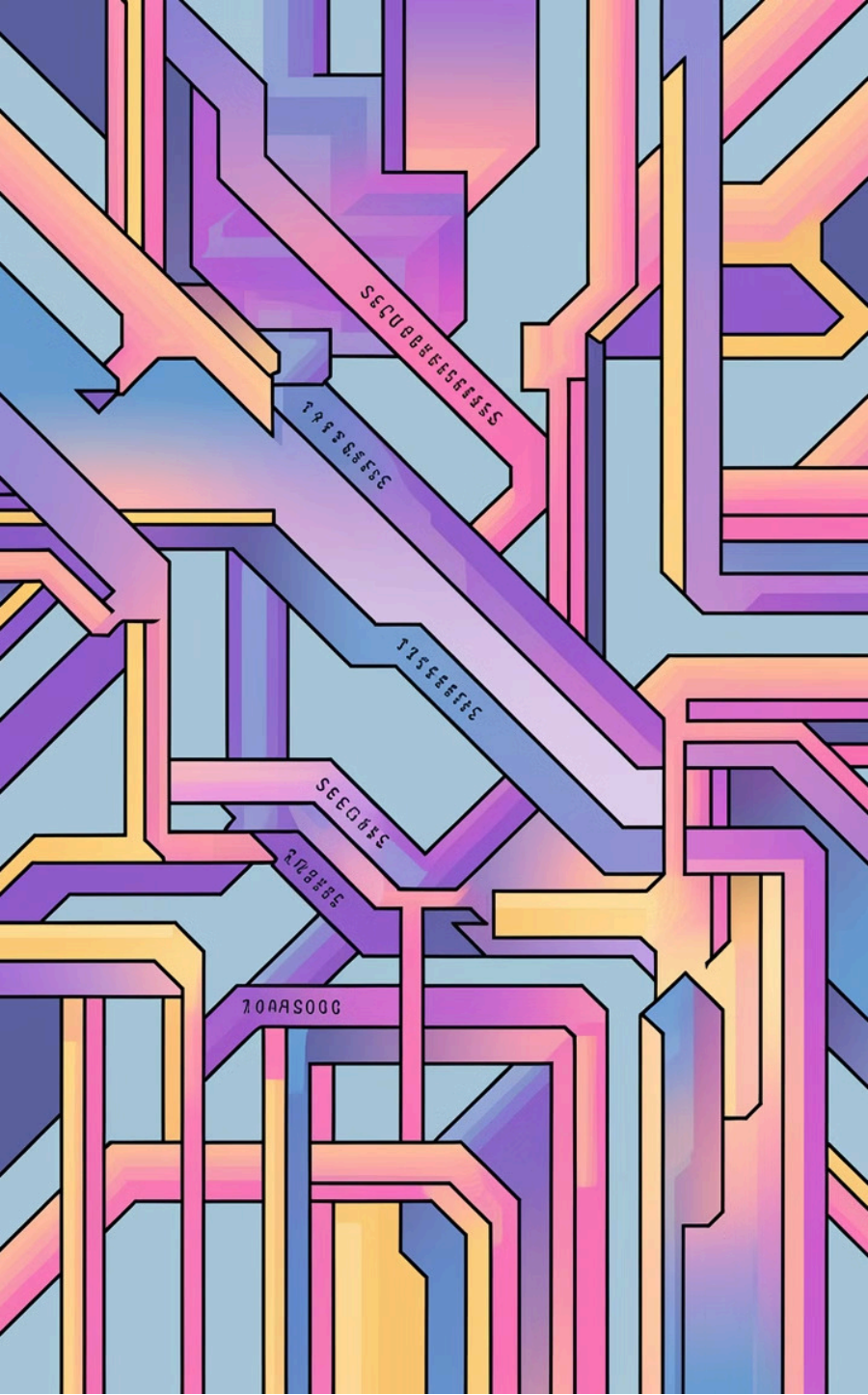
Οι αριθμοί θύρας χρησιμεύουν στην ταυτοποίηση των διαφορετικών συνομιλιών μεταξύ των δύο άκρων. Εύτω ότι δυο διαφορετικοί άνθρωποι στέλνουν από ένα μήνυμα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου προς ένα τρίτο.

Προέλευση

Αριθμός θύρας προέλευσης.

Προορισμός

Αριθμός θύρας προορισμού.



Αριθμός Σειράς

Ο αριθμός σειράς χρησιμεύει ώστε ο παραληψίτης στο άλλο άκρο να τοποθετεί τα τμήματα στη σωστή σειρά καθώς συνθέτει το αρχικό τμήμα, επειδή ή σειρά που έχουν παραληφθεί μπορεί να είναι διαφορετική από τη σειρά που έχουν, αποσταλεί.

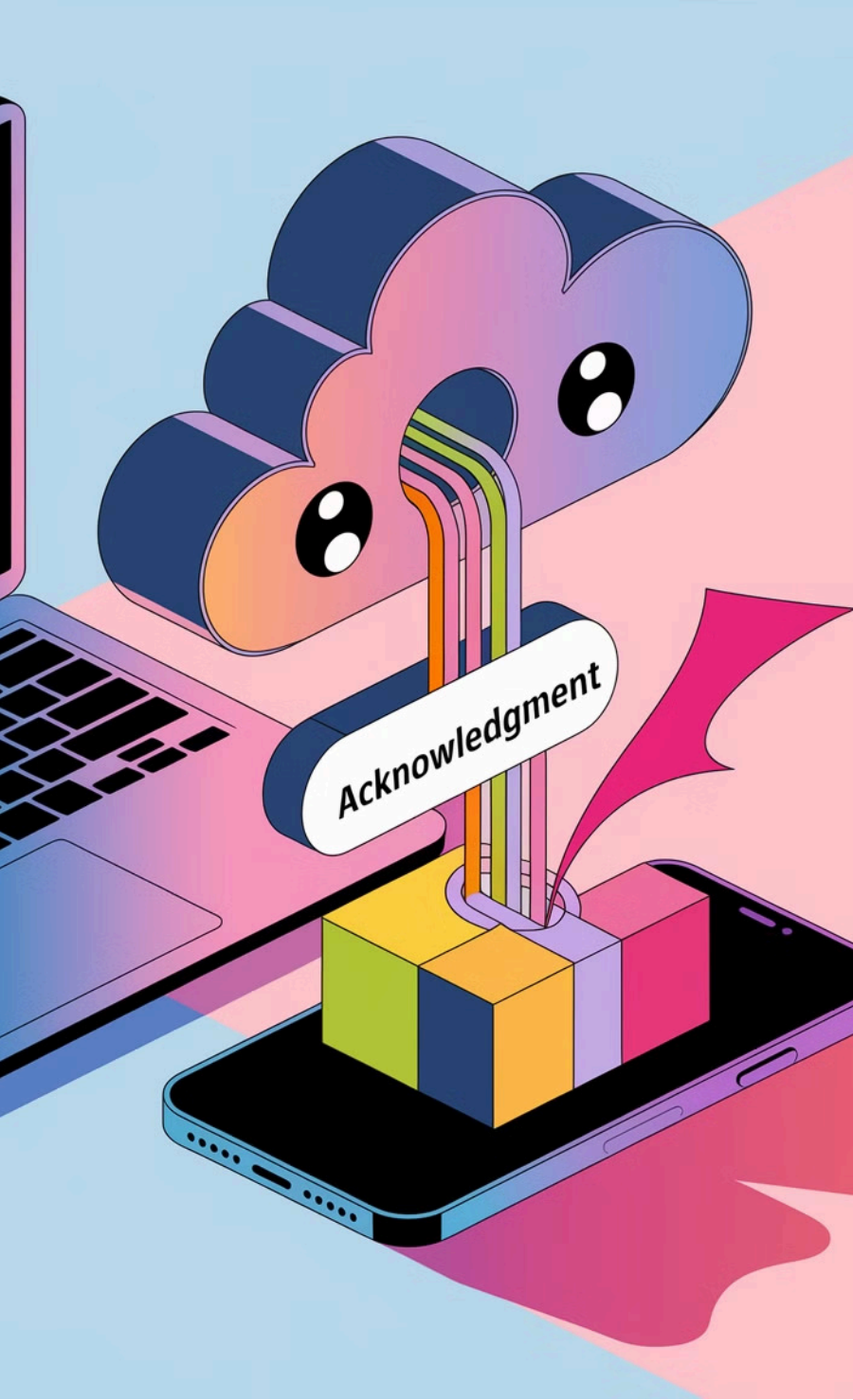
Το TCP αριθμεί τα τμήματα με βάση τα octets, έτσι αν κάθε τμήμα αποτελείται από 600 octets, τότε ο αριθμός σειράς στην επικεφαλίδα του πρώτου τμήματος θα έχει τον αριθμό 0, του δεύτερου 600, του τρίτου 1200 κ.ο.κ.

Σωστή Σειρά

Τοποθέτηση τμημάτων στη σωστή σειρά.

Αριθμηση

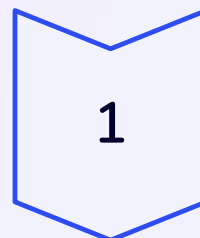
Αριθμηση τμημάτων με βάση τα octets.



Αριθμός Επιβεβαιώσης

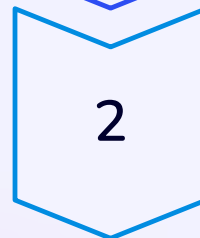
Ο αριθμός επιβεβαιώσης χρησιμοποιείται για να διασφαλιστεί ότι κάθε τμήμα έχει φτάσει στον προορισμό του. Όταν ο παραληήτης στο άλλο άκρο παραλάβει το τμήμα στέλνει ένα νέο τμήμα (ACK-επιβεβαιώσης) του οποίου το πεδίο Αριθμός επιβεβαιώσης, είναι συμπληρωμένο.

Για παραδειγμα, στέλνοντας ένα τμήμα με επιβεβαιώση τον αριθμό 1201, σημαίνει ότι έχουν φτάσει όλα τα δεδομένα μέχρι και το octet με αριθμό 1200. Αν η επιβεβαιώση δεν παραληφθεί μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, αποστέλλονται ξανά τα δεδομένα.



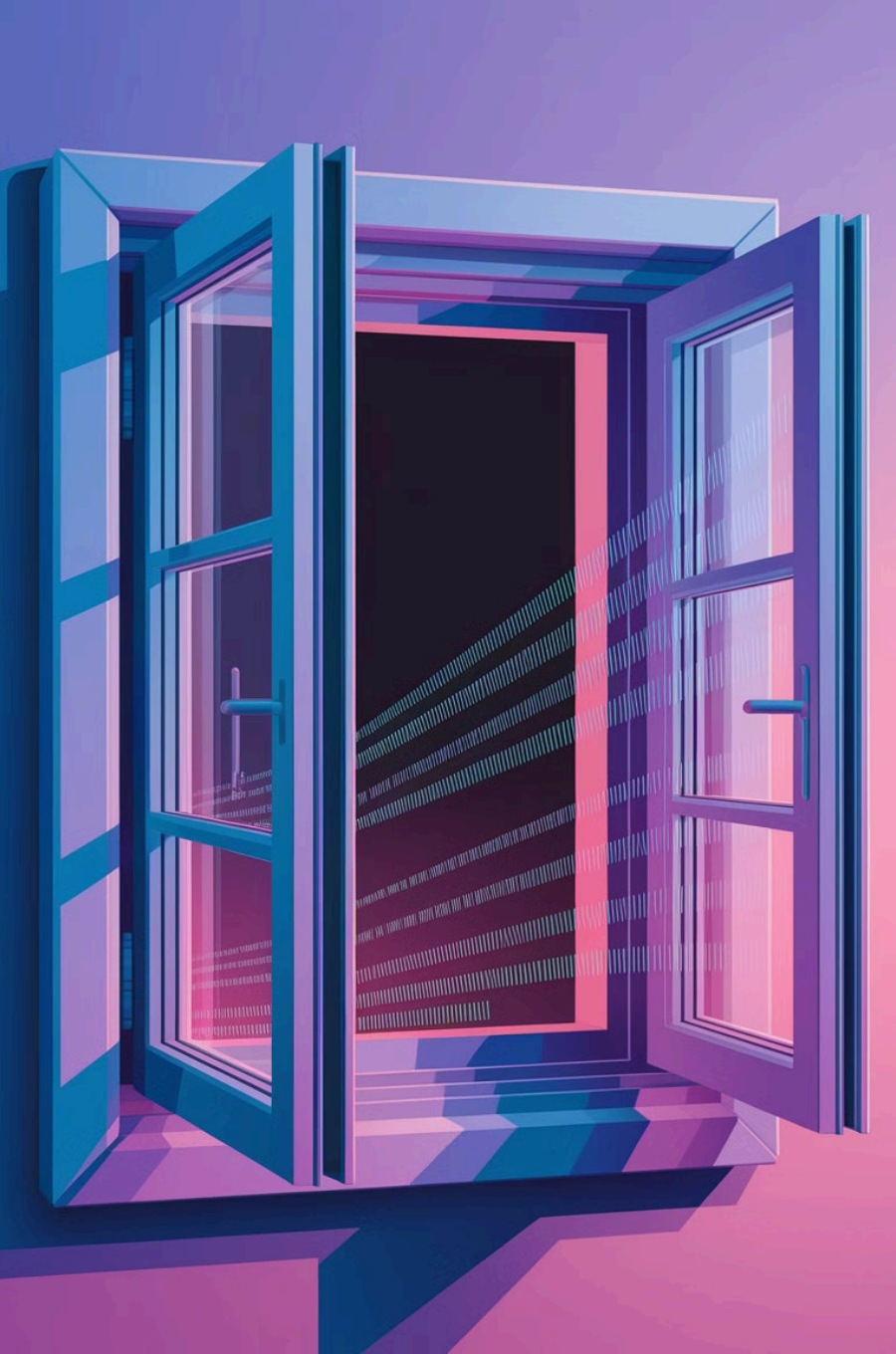
Επιβεβαιώση

Εξασφάλιση αφίξης κάθε τμήματος.



Αναμεταδοση

Αποστολή ξανά δεδομένων αν χρειαστεί.



Μέγεθος Παραθυρο

Για λόγους επιτάχυνσης της επικοινωνιάς το TCP δεν περιμένει την παραλαβή της επιβεβαιώσης για να στείλει το επόμενο τμήμα. Έτσι με το πεδίο Window κάθε άκρο δηλώνει ποσα νεά δεδομένα μπορεί να απορροφησει τοποθετώντας σ' αυτο το πεδίο τον αριθμο από octets που διαθετει ελευθερα ο ενταμιευτης εισοδου (buffer).

Ομως το μέγεθος του προσωρινου χώρου που μένει ελευθερο μειώνεται όσο ο υπολογιστης λαμβάνει δεδομένα αναλογα με τις δυνατοτητες επεξεργασιάς του παραληήτη.

- 1 **Επιτάχυνση**
Αποστολη χωρίς αναμονη επιβεβαιώσης.
- 2 **Έλεγχος Ροής**
Δηλωση χωρητικοτητας απορροφησης.



Αθροισμα Ελεγχου

Ο αριθμός στο πεδίο αυτό της επικεφαλίδας τοποθετείται από τον αποστολέα αφού υπολογίσει το αθροισμα απ' όλα τα octets σε ένα datagram. Το TCP στο άλλο άκρο υπολογίζει ξανά το αθροισμα και το συγκρίνει με αυτό που έλαβε. Αν τα δύο αποτελέσματα δεν είναι ίδια, τότε κάτι συνέβη κατά τη μεταφορά και το datagram απορρίπτεται.

Υπολογισμός

Υπολογισμός αθροίσματος από τον αποστολέα.

Σύγκριση

Σύγκριση αθροισμάτων στον προορισμό.

Απορρίψη

Απορρίψη datagram σε περίπτωση σφαλματος.

Σημαιές Ελεγχου

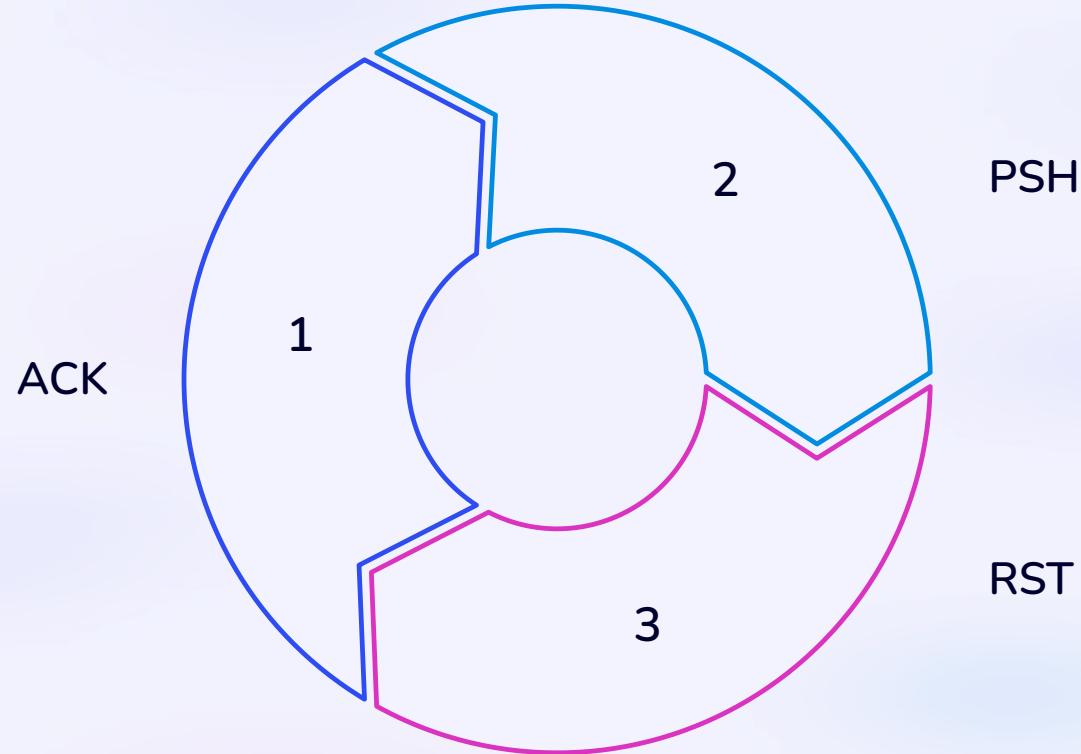
Τα πεδιά Σημαιές Ελεγχου (Flags) χρησιμεύουν για τον χειρισμό των συνδέσεων και αντιστοιχούν σε 9 bit όπου τα σημαντικότερα από αυτά είναι: URG, ACK, PSH, RST, SYN, FIN. Το πεδίο URG επιτρέπει στο ένα άκρο να πληροφορηθεί το άλλο για κάτι σημαντικό.

- 1 — URG
Επείγουσα πληροφορία.
- 2 — ACK
Επιβεβαίωση λήψης.
- 3 — SYN
Συγχρονισμός σύνδεσης.



Σημαιές Ελεγχου (Συνεχεία)

Το πεδίο ACK δηλώνει ότι ο κόμβος που στέλνει το bit με τιμή 1 (On) επιβεβαιώνει τη λήψη δεδομένων. Το πεδίο PSH ενημερώνει το παραλήπτη ότι πρέπει όσο το δυνατό γρηγορότερα να προωθηθεί τα δεδομένα στο επίπεδο εφαρμογής. Το πεδίο RST κάνει επισημαίνει επανεκκίνηση /καθαρισμό της σύνδεσης.



Σημαιές Ελεγχου (Τελος)

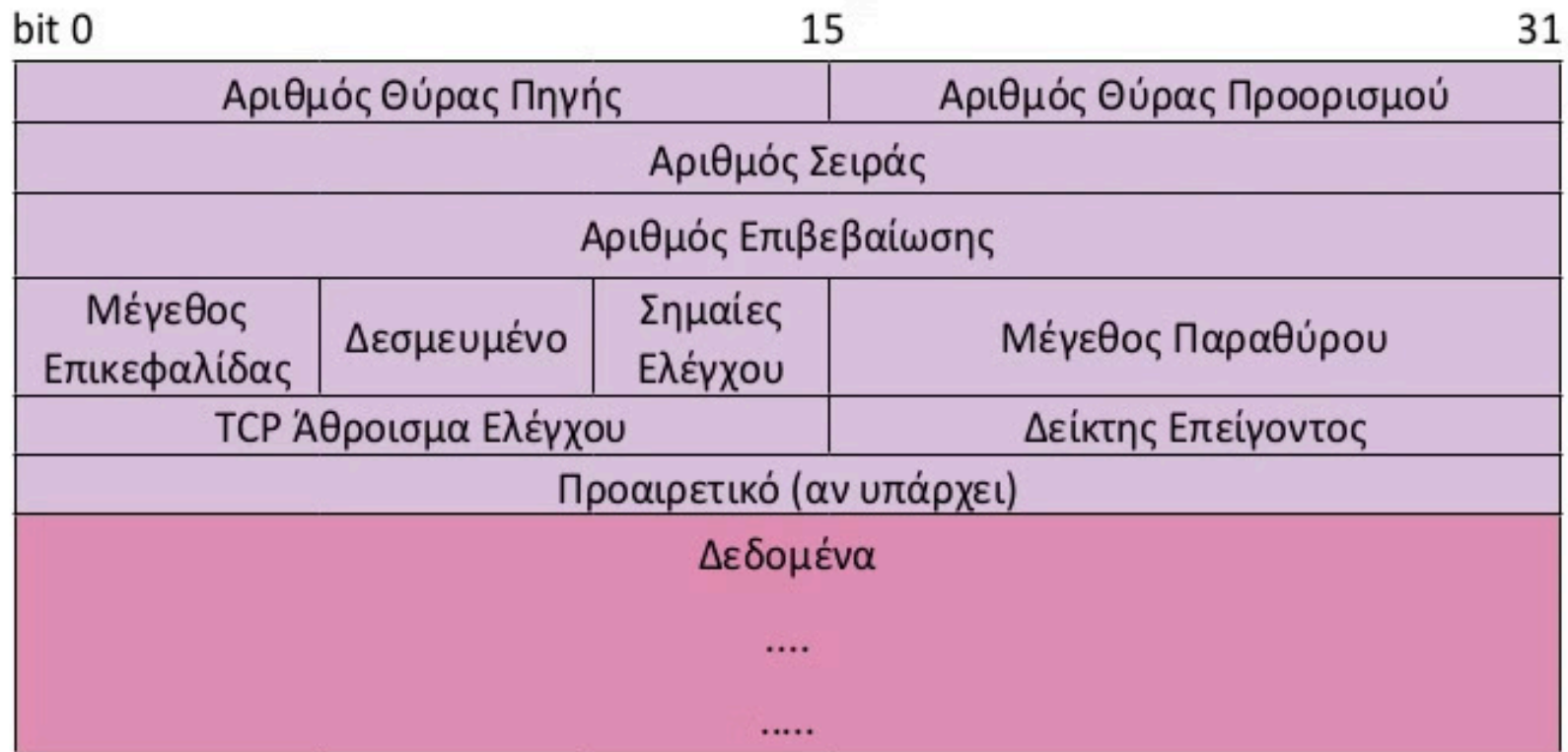
Το πεδίο SYN χρησιμευεί για το συγχρονισμό της εγκατάστασης μιας νέας σύνδεσης χρησιμοποιώντας τα πεδία Αριθμός Σειράς έτσι ώστε να ξεκινήσει μιά σύνδεση. Το πεδίο FIN ενημερώνει ότι ο αποστολεάς έχει τελειώσει την μεταφορά δεδομένων.

SYN

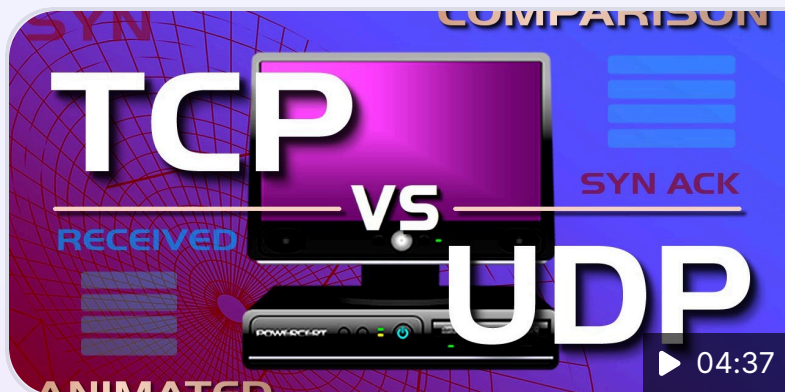
Συγχρονισμός νέας σύνδεσης.

FIN

Τερματισμός μεταφοράς δεδομένων.



Εικόνα 4.1.1.γ: Πεδία της επικεφαλίδας ενός TCP τμήματος.



YouTube

TCP vs UDP Comparison

This is an animated video explaining the difference between TCP and UDP protocols. What is TCP? What is UDP? Transmission control protocol vs use...



Ασκήσεις Κεφαλαίου

1. Ποιες υπηρεσίες παρέχει το επίπεδο μεταφοράς;
2. Γιατί είναι πιθανό ο παραλήπτης να απορρίψει ένα τμήμα TCP θεωρώντας το αναξιόπιστο;
3. Ποιους ελέγχους λαμβάνει υπόψη του το TCP για να αποφασίσει για το μέγεθος τμήματος που πρέπει να μεταδώσει;
4. Σε ποια ζητήματα διαφέρει το TCP από το UDP;
5. Σε ποιες εφαρμογές εφαρμόζεται το πρωτόκολλο UDP.

Βασικά Στοιχεία TCP

Το πρωτόκολλο TCP παρέχει υπηρεσίες με σύνδεση, εξασφαλίζοντας την αξιοπιστία στη μεταδοση των δεδομένων. Επιπλέον, αναλαμβάνει τον έλεγχο ροής δεδομένων, αποτρεπόντας την υπερφόρτωση του παραλήπτη, καθώς και τον έλεγχο συμφόρησης δεδομένων, αποφευγόντας την κατάρρευση λόγω αργών καναλιών επικοινωνίας.

- 1 **Αξιοπιστία**
Εξασφαλιση αξιοπίστης μεταδοσης δεδομένων.
- 2 **Έλεγχος Ροής**
Αποφυγη υπερφόρτωσης παραλήπτη.
- 3 **Έλεγχος Συμφόρησης**
Αποφυγη κατάρρευσης λόγω αργών καναλιών.

