

# Δίκτυα 2 - Βιβλιογραφική Αναφορά

## Πρωτόκολλο User Datagram Protocol

Το πρωτόκολλο User Datagram Protocol (UDP) είναι ένα από τα βασικά πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται στο Διαδίκτυο. Μία εναλλακτική ονομασία του πρωτοκόλλου είναι Universal Datagram Protocol. Διάφορα προγράμματα χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο UDP για την αποστολή σύντομων μηνυμάτων (γνωστών και ως segments) από τον έναν υπολογιστή στον άλλον μέσα σε ένα δίκτυο υπολογιστών.

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του UDP είναι ότι δεν εγγυάται αξιόπιστη επικοινωνία. Τα πακέτα UDP που αποστέλλονται από έναν υπολογιστή μπορεί να φτάσουν στον παραλήπτη με λάθος σειρά, διπλά ή να μην φτάσουν καθόλου εάν το δίκτυο έχει μεγάλο φόρτο. Χρησιμοποιείται όταν η "γρήγορη" παράδοση των πακέτων είναι πιο σημαντική από την "ακριβή" παράδοση, π.χ στη μετάδοση ομιλίας και βίντεο.. Αντιθέτως, το πρωτόκολλο TCP διαθέτει όλους τους απαραίτητους μηχανισμούς ελέγχου και επιβολής της αξιοπιστίας και συνεπώς μπορεί να εγγυηθεί την αξιόπιστη επικοινωνία μεταξύ των υπολογιστών. Η έλλειψη των μηχανισμών αυτών από το πρωτόκολλο UDP το καθιστά αρκετά πιο γρήγορο και αποτελεσματικό, τουλάχιστον για τις εφαρμογές εκείνες που δεν απαιτούν αξιόπιστη επικοινωνία.

Οι εφαρμογές audio και video streaming χρησιμοποιούν κατά κόρον πακέτα UDP. Για τις εφαρμογές αυτές είναι πολύ σημαντικό τα πακέτα να παραδοθούν στον παραλήπτη σε σύντομο χρονικό διάστημα ούτως ώστε να μην υπάρχει διακοπή στην ροή του ήχου ή της εικόνας. Κατά συνέπεια προτιμάται το πρωτόκολλο UDP διότι είναι αρκετά γρήγορο, παρόλο που υπάρχει η πιθανότητα μερικά πακέτα UDP να χαθούν. Στην περίπτωση που χαθεί κάποιο πακέτο, οι εφαρμογές αυτές διαθέτουν ειδικούς μηχανισμούς διόρθωσης και παρεμβολής ούτως ώστε ο τελικός χρήστης να μην παρατηρεί καμία αλλοίωση ή διακοπή στην ροή του ήχου και της εικόνας λόγω του χαμένου πακέτου. Σε αντίθεση με το πρωτόκολλο TCP, το UDP υποστηρίζει broadcasting, δηλαδή την αποστολή ενός πακέτου σε όλους τους υπολογιστές ενός δικτύου, και multicasting, δηλαδή την αποστολή ενός πακέτου σε κάποιους συγκεκριμένους υπολογιστές ενός δικτύου. Η τελευταία δυνατότητα χρησιμοποιείται πολύ συχνά στις εφαρμογές audio και video streaming ούτως ώστε μία ροή ήχου ή εικόνας να μεταδίδεται ταυτόχρονα σε πολλούς συνδρομητές.

Μερικές σημαντικές εφαρμογές που χρησιμοποιούν πακέτα UDP είναι οι εξής: Domain Name System (DNS), IPTV, Voice over IP (VoIP), Trivial File Transfer Protocol (TFTP) και τα παιχνίδια που παίζονται ζωντανά μέσω του Διαδικτύου.

## Δομή του UDP

Η δομή ενός πακέτου UDP περιγράφεται αναλυτικά στο αντίστοιχο πρότυπο IETF RFC 768. Στην σουίτα πρωτοκόλλων του Διαδικτύου, το UDP βρίσκεται ανάμεσα στο επίπεδο δικτύου (network layer) και στο επίπεδο συνόδου (session layer) ή εφαρμογών (application layer).

Κάθε πακέτο UDP έχει μία κεφαλίδα (header) που αναφέρει τα χαρακτηριστικά του. Η κεφαλίδα περιλαμβάνει μονάχα 4 πεδία, τα οποία είναι πολύ λίγα εάν συγκριθούν με άλλα πρωτόκολλα, όπως το TCP. Δύο από τα τέσσερα πεδία είναι προαιρετικά .

+	Bits 0 - 15	16 - 31
0	Source Port	Destination Port
32	Length	Checksum
64	Data	

Ακολουθεί μία συνοπτική εξήγηση των πεδίων:

### Source port

Η πόρτα του αποστολέα από την οποία προήλθε το πακέτο. Εάν ο παραλήπτης επιθυμεί να στείλει κάποια απάντηση, θα πρέπει να την στείλει στην πόρτα αυτήν. Το συγκεκριμένο πεδίο δεν είναι υποχρεωτικό και στις περιπτώσεις που δεν χρησιμοποιείται θα πρέπει να έχει την τιμή μηδέν.

### Destination port

Η πόρτα του παραλήπτη στην οποία θα πρέπει να παραδοθεί το πακέτο.

### Length

Το πεδίο αυτό έχει μέγεθος 16-bit και περιλαμβάνει το μέγεθος του πακέτου σε bytes. Το μικρότερο δυνατό μέγεθος είναι 8 bytes, αφού η κεφαλίδα αυτή καθ' αυτή καταλαμβάνει τόσο χώρο. Θεωρητικά, το μέγεθος του UDP πακέτου δεν μπορεί να ξεπερνάει τα 65,527 bytes, αλλά πρακτικά το όριο μειώνεται στα 65,507 bytes λόγω διαφόρων περιορισμών που εισάγει το πρωτόκολλο IPv4 στο επίπεδο δικτύου.

### Checksum

Ένα πεδίο 16-bit το οποίο χρησιμοποιείται για επαλήθευση της ορθότητας του πακέτου στο σύνολό του, δηλαδή τόσο της κεφαλίδας όσο και των δεδομένων.

Στην συνέχεια το πακέτο UDP περνάει στο επίπεδο δικτύου, το οποίο αναλαμβάνει να το μεταδώσει στο δίκτυο υπολογιστών. Το επίπεδο αυτό τοποθετεί μία ακόμη κεφαλίδα στο πακέτο, η οποία

διαφέρει ανάλογα με την έκδοση του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιείται στο επίπεδο δικτύου (IPv4 ή IPv6).

Για IPv4, το πακέτο λαμβάνει την ακόλουθη μορφή:

+	Bits 0 - 7	8 - 15	16 - 23	24 - 31
0	Source address			
32	Destination address			
64	Zeros	Protocol	Length	
96	Source Port		Destination Port	
128	Length		Checksum	
160	Data			

### Source Address, Destination Address

Οι διευθύνσεις IP του αποστολέα και του παραλήπτη αντίστοιχα.

### Zeros

Μία ακολουθία μηδενικών, η οποία δεν παίζει κανέναν ρόλο κατά την μετάδοση του πακέτου.

### Protocol

Ένας χαρακτηριστικός αριθμός που αντιστοιχεί στο πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται. Για το UDP η τιμή που παίρνει το πεδίο αυτό είναι 17.

### Length

Το συνολικό μέγεθος του πακέτου. Στην συγκεκριμένη περίπτωση UDP length + IP Header length.

Για IPv6, το πακέτο παίρνει την εξής μορφή:

+	Bits 0 - 7	8 - 15	16 - 23	24 - 31
0	Source address			

32		
64		
96		
128		
160	Destination address	
192		
256		
288	UDP length	
320	Zeros	Next Header
352	Source Port	Destination Port
384	Length	Checksum
416	Data	

### Source Address, Destination Address

Οι διευθύνσεις IP του αποστολέα και του παραλήπτη αντίστοιχα, οι οποίες όμως στην περίπτωση αυτή είναι τύπου IPv6, δηλαδή πολύ μεγαλύτερες (IPv4 - 32bit, IPv6 - 128bit).

### UDP Length

Το συνολικό μέγεθος του πακέτου UDP, όπως και προηγουμένως.

### Zeros

Μία ακολουθία μηδενικών, η οποία δεν παίζει κανέναν ρόλο κατά την μετάδοση του πακέτου.

### Next Header

Το πεδίο αυτό παίρνει μία τιμή που είναι χαρακτηριστική για το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται. Στην περίπτωση του UDP, η τιμή αυτή είναι 17.

Στην περίπτωση IPv6 το πεδίο checksum του UDP πακέτου δεν είναι πλέον προαιρετικό, αλλά θα πρέπει υποχρεωτικά να συμπληρωθεί.

## Εφαρμογές

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο UDP θα πρέπει να μπορούν να δεχτούν κάποια απώλεια πακετων ή διάφορα σφάλματα στα πακέτα τα οποία στέλνουν. Μερικές εφαρμογές, όπως για παράδειγμα το Trivial File Transfer Protocol (TFTP) υλοποιούν δικούς τους μηχανισμούς διασφάλισης της αξιοπιστίας της επικοινωνίας. Πάντως, τις περισσότερες φορές οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν το UDP δεν επιβάλλουν επιπρόσθετους μηχανισμούς αξιοπιστίας διότι θα παρεμποδίζονται από αυτούς και χειροτερεύει η απόδοσή τους. Κλασικό παράδειγμα τέτοιων προγραμμάτων είναι οι εφαρμογές πραγματικού χρόνου (π.χ. media streaming, παιχνίδια στο διαδίκτυο, VoIP κτλ). Στην περίπτωση πάντως που μία εφαρμογή χρειάζεται αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων, δηλαδή η πλειοψηφία των εφαρμογών του διαδικτύου, θα προτιμήσει να χρησιμοποιήσει το πρωτόκολλο TCP αντί του UDP.

Σε ένα τυπικό δίκτυο υπολογιστών, η κίνηση που προέρχεται από την μετάδοση UDP πακέτων ανέρχεται σε ένα αρκετά μικρό ποσοστό. Παρόλα αυτά όμως, το πρωτόκολλο αυτό το χρησιμοποιούν πολύ σημαντικές εφαρμογές, στην σωστή λειτουργία των οποίων βασίζεται το διαδίκτυο. Τέτοιες εφαρμογές είναι για παράδειγμα οι εξής: Domain Name System (DNS), Simple Network Management Protocol (SNMP), Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) και το Routing Information Protocol (RIP)

## Διαφορές UDP TCP

Το πρωτόκολλο TCP λειτουργεί εγκαθιδρύοντας συνδέσεις μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη των πακέτων. Από την στιγμή που μία σύνδεση εγκαθιδρυθεί με επιτυχία, όλα τα δεδομένα αποστέλλονται από τον έναν υπολογιστή στον άλλο με την μορφή πακέτων χρησιμοποιώντας την σύνδεση αυτή. Τα κύρια χαρακτηριστικά του TCP είναι τα εξής:

**Αξιοπιστία** - Το TCP χρησιμοποιεί διάφορους μηχανισμούς ούτως ώστε να διασφαλιστεί ότι τα πακέτα που μεταδίδονται από τον αποστολέα θα φτάσουν σίγουρα στον παραλήπτη και στην σωστή σειρά. Οι μηχανισμοί αυτοί περιλαμβάνουν την επιβεβαίωση λήψης πακέτου από τον παραλήπτη, την επαναποστολή πακέτων που χάθηκαν και τον καθορισμό ενός ελάχιστου χρονικού διαστήματος μέσα στο οποίο κάθε αποστελλόμενο πακέτο θα πρέπει να έχει παραληφθεί (timeout). Στην περίπτωση που χαθεί κάποιο πακέτο, ο αποστολέας προσπαθεί και πάλι να το ξαναστείλει. Επίσης, εάν ο παραλήπτης διαπιστώσει ότι ένα πακέτο δεν του έχει έρθει, τότε θα ζητήσει από τον αποστολέα να του το ξαναστείλει.

**Σειρά πακέτων** - Εάν δύο πακέτα αποσταλούν σε μία σύνδεση το ένα μετά το άλλο, τότε το πρωτόκολλο TCP εγγυάται ότι θα φτάσουν στον παραλήπτη με την ίδια σειρά με την οποία στάλθηκαν. Στην περίπτωση που λείπει ένα πακέτο και έρθουν μελλοντικά πακέτα, τότε αυτά κατακρατούνται στην προσωρινή μνήμη (buffer) μέχρις ότου φτάσει το πακέτο που λείπει. Τότε αναδιατάσσονται και εμφανίζονται με την σωστή σειρά στον παραλήπτη.

**Βαρύτητα** - Το πρωτόκολλο TCP θεωρείται ιδιαίτερα βαρύ, δεδομένου του γεγονότος ότι χρειάζονται τουλάχιστον 3 πακέτα για την εγκαθίδρυση της σύνδεσης, πριν ακόμη μεταδοθεί οποιοδήποτε πακέτο δεδομένων. Επίσης, οι μηχανισμοί αξιοπιστίας που υλοποιεί το κάνουν ακόμη πιο βαρύ, πράγμα που έχει φυσικά σημαντικό αντίκτυπο στην ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων.

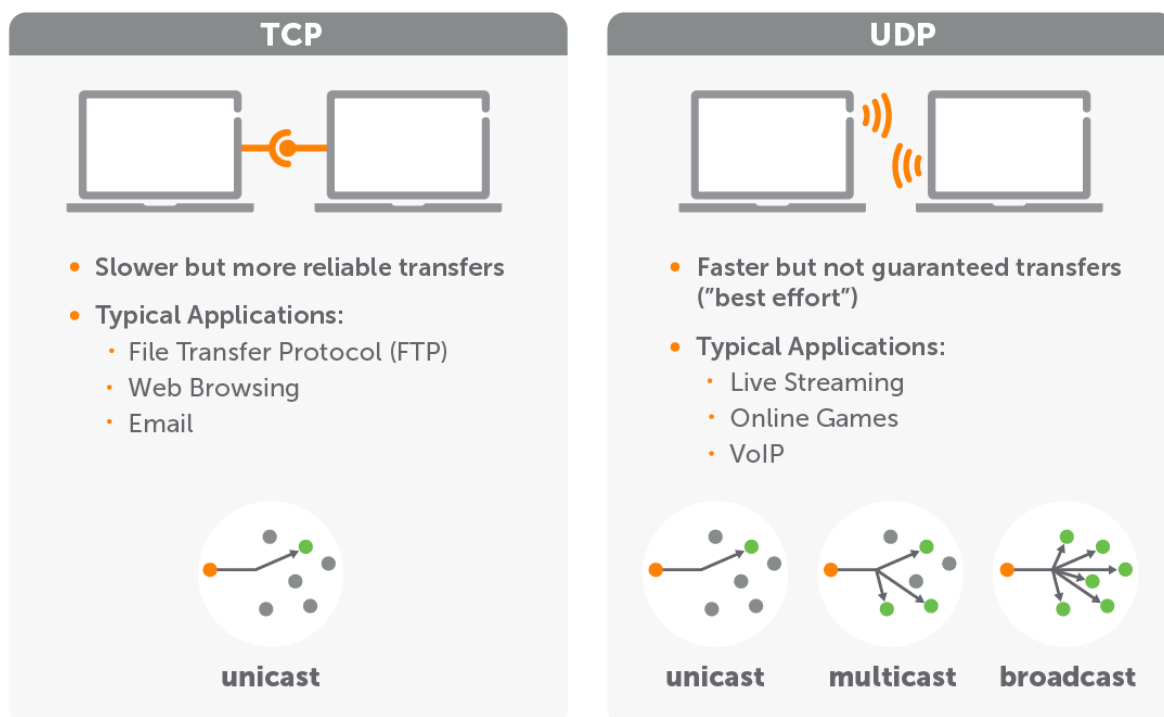
Το UDP είναι ένα πιο απλό και ελαφρύ πρωτόκολλο, στο οποίο δεν υπάρχει η έννοια της σύνδεσης. Κάθε πακέτο UDP διανύει το δίκτυο ως μία ξεχωριστή αυτόνομη μονάδα και όχι ως μία σειρά πακέτων σε μία σύνδεση, όπως στο TCP. Τα κύρια χαρακτηριστικά του UDP είναι τα εξής:

**Αναξιόπιστο** - Κατά την αποστολή ενός πακέτου, ο αποστολέας δεν είναι σε θέση να γνωρίζει εάν το πακέτο θα φτάσει σωστά στον προορισμό του ή εάν θα χαθεί μέσα στο δίκτυο. Δεν έχει προβλεφθεί η δυνατότητα επιβεβαίωσης λήψης πακέτου από τον παραλήπτη, ούτε η επαναμετάδοση ενός χαμένου πακέτου.

**Δεν υπάρχει σειρά** - Τα πακέτα UDP, σε αντίθεση με το TCP, δεν αριθμούνται και κατά συνέπεια δεν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη σειρά με την οποία θα πρέπει να φτάσουν στον παραλήπτη.

**Ελαφρύ** - Το πρωτόκολλο αυτό καθ' αυτό είναι πολύ ελαφρύ σε σύγκριση με το TCP διότι δεν εφαρμόζει όλους τους μηχανισμούς αξιοπιστίας επικοινωνίας που υπάρχουν στο δεύτερο. Αυτό έχει ως συνέπεια να είναι αρκετά πιο γρήγορο.

**Datagrams** - Κάθε πακέτο UDP ονομάζεται επίσης και "datagram", θεωρείται δε ως μεμονωμένη οντότητα που θα πρέπει να μεταδοθεί ολόκληρη. Κατά συνέπεια δεν υφίσταται η έννοια της διοχέτευσης πακέτων μέσα σε ένα κανάλι/σύνδεση.



## Πρωτόκολλα ροής

Η μεγάλη ανακάλυψη που επέτρεψε την επανάσταση ροής ήταν η υιοθέτηση ενός νέου πρωτοκόλλου Διαδικτύου που ονομάζεται User Datagram Protocol (UDP) και νέων τεχνικών κωδικοποίησης που συμπίεζαν αρχεία ήχου σε εξαιρετικά μικρά πακέτα δεδομένων. Το UDP κατέστησε εφικτή τη ροή των μέσων μετάδοσης δεδομένων πιο αποτελεσματικά από τα προηγούμενα πρωτόκολλα από τον κεντρικό διακομιστή μέσω του Διαδικτύου στη συσκευή αναπαραγωγής πελάτη ή στην τελική συσκευή ακρόασης. Πιο πρόσφατα πρωτόκολλα όπως το RealTime Streaming Protocol (RTSP) κάνουν τη μετάδοση δεδομένων ακόμα πιο αποτελεσματική. Το UDP και το RTSP είναι ιδανικά για μετάδοση ήχου, καθώς δίνουν υψηλή προτεραιότητα στη συνεχή ροή και όχι στην απόλυτη ασφάλεια των εγγράφων. Σε αντίθεση με τη μετάδοση TCP και HTTP, όταν ένα πακέτο ήχου UDP πέφτει, ο διακομιστής συνεχίζει να στέλνει πληροφορίες, προκαλώντας μόνο ένα σύντομο σφάλμα αντί για ένα τεράστιο κενό σιωπής. Το TCP, από την άλλη πλευρά, συνεχίζει να προσπαθεί να ξαναστείλει το χαμένο πακέτο πριν στείλει οτιδήποτε περαιτέρω, προκαλώντας μεγαλύτερες καθυστερήσεις και διακοπές στην ηχητική μετάδοση. Πριν από τη μετάδοση UDP και RTSP, τα δεδομένα αποστέλλονταν μέσω του Ιστού κυρίως μέσω TCP και HTTP. Η μετάδοση TCP, σε αντίθεση με τη μετάδοση UDP και RTSP, έχει σχεδιαστεί για να μεταφέρει αξιόπιστα έγγραφα κειμένου, email και ιστοσελίδες HTML μέσω του Διαδικτύου, ενώ παράλληλα επιβάλλει τη μέγιστη αξιοπιστία και ακεραιότητα δεδομένων και όχι επικαιρότητα. Δεδομένου ότι η μετάδοση HTTP βασίζεται στο TCP, δεν είναι επίσης κατάλληλη για τη μετάδοση παρουσιάσεων πολυμέσων που βασίζονται σε λειτουργία βάσει χρόνου ή για εκπομπές μεγάλης κλίμακας. Αργότερα στο κεφάλαιο, θα μάθετε γιατί τα πρωτόκολλα είναι σημαντικά.

Ορισμένες τεχνολογίες ροής, όπως το RealAudio και το Windows Media, χρησιμοποιούν αποκλειστικούς διακομιστές που υποστηρίζουν ανώτερη μετάδοση UDP και RTSP. Άλλες μορφές όπως το Shockwave, το Flash, το MIDI, το QuickTime και το Beatnik έχουν σχεδιαστεί κυρίως για ροή από έναν τυπικό διακομιστή ιστού HTTP. Αν και αυτές οι μορφές είναι φθηνότερες και συχνά πιο εύχρηστες, καθώς δεν απαιτούν την εγκατάσταση νέου διακομιστή, συνήθως δεν χρησιμοποιούνται σε καταστάσεις επαγγελματικής μετάδοσης που απαιτούν την παράδοση εκατοντάδων ή χιλιάδων ταυτόχρονων ροών. Η ροή HTTP αναφέρεται επομένως ως ψευδο-ροή, καθώς τεχνικά είναι δυνατή η ροή μέσω HTTP. Αλλά είναι πολύ πιο πιθανό να προκαλέσει μεγάλες διαρροές πακέτων και δεν μπορεί να παραδώσει σχεδόν την ίδια ποσότητα ροών με τη μετάδοση UDP και RTSP. Εδώ βρίσκεται η διαφορά μεταξύ των περισσότερων λύσεων χαμηλού επιπέδου και των πιο επαγγελματικών λύσεων μετάδοσης που απαιτούν αποκλειστικούς διακομιστές και επιπλέον εύρος ζώνης και χωρητικότητα διακομιστή.

STREAMING LATENCY AND INTERACTIVITY CONTINUUM

