

ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΙΚΤΥΟΥ– ΔΙΑΔΙΚΤΥΩΣΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - Α μέρος

3.1 Διευθυνσιοδότηση

Internet Protocol Έκδοση 4 (IPv4)

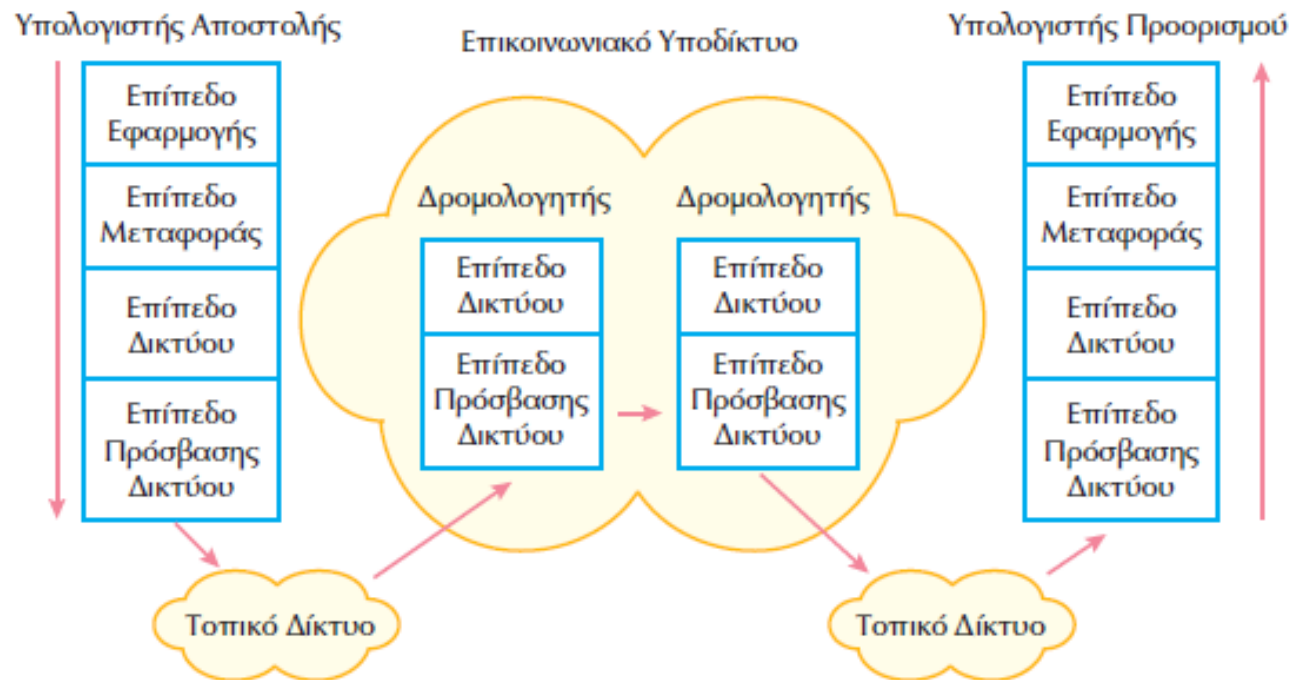
Το επίπεδο Δικτύου στο μοντέλο OSI ή Διαδικτύου του TCP/IP

- παρέχει τη **λογική διευθυνσιοδότηση**
- Βρίσκει τη κατάλληλη διαδρομή και κάνει παράδοση του πακέτου δεδομένων στον τελικό κόμβο, έργο το οποίο χαρακτηρίζεται ως **δρομολόγηση (routing)**
- Έχει βασικό πρωτόκολλο το πρωτόκολλο Διαδικτύου (**Internet Protocol - IP**) το οποίο παρέχει υπηρεσίες αποκλειστικά χωρίς σύνδεση. Χρησιμοποιεί αυτοδύναμα πακέτα IP τα οποία ονομάζονται **datagram**.
- Υπάρχουν και τα πρωτόκολλα Internet Control Message Protocol – (**ICMP**) και Internet Group Management Protocol – (**IGMP**) τα οποία συνήθως δε χρησιμοποιούνται από τους χρήστες και τις εφαρμογές τους αλλά από δικτυακές συσκευές και λογισμικό συστημάτων.
 - Το **ICMP** χρησιμοποιείται κυρίως για την αναφορά σφαλμάτων, μετάδοση ερωτημάτων και αναμετάδοση διαγνωστικών μηνυμάτων. Εξαιρέση αποτελούν οι εντολές **ping** και **traceroute**.
 - Το **IGMP** χρησιμοποιείται για την ομαδοποίηση υπολογιστών και αποστολή μηνυμάτων ταυτόχρονα σε όλους τους υπολογιστές της ομάδας
- Σε έναν υπολογιστή με TCP/IP η υλοποίηση και υποστήριξη του ICMP είναι υποχρεωτική ενώ του IGMP προαιρετική.

Επικοινωνιακό υποδίκτυο

- Όλη η ενδιάμεση υποδομή από τον υπολογιστή αποστολέα μέχρι τον Υπολογιστή προορισμού, η οποία αποτελείται από γραμμές μετάδοσης (αποκαλούνται και ζεύξεις, κυκλώματα ή κανάλια) και συσκευές μεταγωγής-δρομολογητές ονομάζεται **επικοινωνιακό υποδίκτυο**.
- Στα δίκτυα τεχνολογίας TCP/IP, το επικοινωνιακό υποδίκτυο έχει λειτουργικότητα μέχρι και το επίπεδο διαδικτύου (3ο επίπεδο OSI).

Επικοινωνιακό υποδίκτυο



3.1.1 Διευθύνσεις IPv4

- Το πρωτόκολλο IP ορίζει ότι οι υπολογιστές που συμμετέχουν σε ένα δίκτυο, χρησιμοποιώντας το συγκεκριμένο πρωτόκολλο (την έκδοση 4 - IPv4), αναγνωρίζονται με μοναδικό τρόπο από έναν 32μπιτο δυαδικό αριθμό, την διεύθυνση IP (IP Address).

π.χ. 110000001010100000000000100010010

- Διεύθυνση IP έχει κάθε δικτυακή διεπαφή (Network Interface) ενός υπολογιστή. Έτσι ένας υπολογιστής με δυο κάρτες δικτύου Ethernet μπορεί να έχει δυο διευθύνσεις.
- Οι δρομολογητές έχουν πολλαπλές διεπαφές, κάθε μία έχει την δική της διεύθυνση IP.

Τρόπος γραφής μια διεύθυνσης IPv4

- Οι διευθύνσεις IP γράφονται με δεκαδικό συμβολισμό και τελείες (dotted decimal notation)
- Ομαδοποιούνται σε **τέσσερα τμήματα** του ενός byte ή 8 bit και αναγράφονται τα αντίστοιχα δεκαδικά τους ισοδύναμα, διαχωριζόμενα από τα διπλανά τους με τελείες.
- Έτσι ο προηγούμενος δυαδικός αριθμός
11000000 10101000 00000001 00010010 γράφεται ως
192.168.1.18
- Σύμφωνα με αυτόν τον τρόπο γραφής μια διεύθυνση IP για να είναι σωστή θα πρέπει:
 - να αποτελείται από τέσσερις δεκαδικούς αριθμούς διαχωρισμένους με τελείες . Όχι κενό ή κόμμα ή παύλα ή άλλο σύμβολο
 - κάθε αριθμός να είναι μεταξύ του μηδενός **0** και του **255**

Παραδείγματα IP διευθύνσεων

A/A	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	ΣΩΣΤΗ / ΛΑΘΟΣ	ΓΙΑΤΙ;
1	192.168.1.12	ΣΩΣΤΗ	
2	10.0.0.12.3	ΛΑΘΟΣ	Έχει περισσότερα από τέσσερα τμήματα
3	172.16.257.3	ΛΑΘΟΣ	Ένα τμήμα (257) είναι έξω από τα όρια 0 έως 255
4	10.146.0.1	ΣΩΣΤΗ	
5	194.219.227.3	?	
6	127.270.0.1	?	

3.1.2 Κλάσεις (τάξεις) δικτύων - διευθύνσεων

- Όπως και οι διευθύνσεις των σπιτιών αποτελούνται από δύο μέρη: την οδό και τον αριθμό έτσι:
- Κάθε διεύθυνση IP αποτελείται από δυο μέρη: Το πρώτο μέρος είναι το αναγνωριστικό του δικτύου (Network ID) στο οποίο ανήκει ο υπολογιστής και το δεύτερο το αναγνωριστικό του υπολογιστή (Host ID)

ΔΙΚΤΥΟ
Network - id

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ
Host - id

3.1.2 Κλάσεις δικτύων - διευθύνσεων

Τα δύο αυτά τμήματα διαφοροποιούνται σε μέγεθος ανάλογα με τον αριθμό των δικτύων και τον αριθμό των υπολογιστών ανά δίκτυο.

- Αν έχουμε μικρό αριθμό δικτύων με πολύ μεγάλο αριθμό υπολογιστών το κάθε ένα, τότε το κομμάτι δίκτυο (network) μικραίνει και το κομμάτι υπολογιστής (host) μεγαλώνει. Άρα λιγότερα bit για το network και περισσότερα bit για το host.

Network-id

Host-id

- Αντίστοιχα αν έχουμε πολύ μεγάλο αριθμό δικτύων με πολύ μικρό αριθμό υπολογιστών (host) το κάθε ένα, τότε το κομμάτι δίκτυο (network) μεγαλώνει και το κομμάτι υπολογιστής μικραίνει.

Network-id

Host-id

3.1.2 Κλάσεις δικτύων - διευθύνσεων

- Με τον τρόπο αυτό ορίζονται οι κλάσεις των δικτύων ώστε να υπάρχουν δίκτυα διαφόρων μεγεθών ανάλογα με τις ανάγκες που εξυπηρετούν.
- Έτσι ορίζονται τρεις κλάσεις δικτύων **A, B, C**, ανάλογα με το μέγεθός τους οι οποίες φαίνονται στον παρακάτω πίνακα, συν δύο ακόμα **D** και **E** για ειδικές χρήσεις.

ΚΛΑΣΗ	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ IP – 4 οκτάδες					Δίκτυα	Υπολ/στές
A	0	n (7bit)	H	H	H	2 ⁷ = 128	2 ²⁴ -2 = 16 777 214
	Δίκτυο		Υπολογιστής				
B	1 0	n (6bit)	n	H	H	2 ¹⁴ = 16 384	2 ¹⁶ -2 = 65 534
	Δίκτυο			Υπολογιστής			
C	11 0	n (5bit)	n	n	H	2 ²¹ = 2 097 152	2 ⁸ -2 = 254
	Δίκτυο				Υπολογιστής		

Προσδιορισμός κλάσης δικτύου με δοσμένη διεύθυνση IP

Βλέποντας μια διεύθυνση IP, η τάξη του δικτύου στο οποίο ανήκει, **προκαθορίζεται από την πρώτη οκτάδα (byte)** της και ειδικότερα από τη δυαδική της μορφή, ως εξής:

ΤΑΞΗ	1η οκτάδα	Δυαδικό		Δεκαδικό		Παρατηρήσεις
		Από	έως	Από	έως	
A	0xxx xxxx	0000 0000	0111 1111	0	127	x : 0 ή 1
B	10xx xxxx	1000 0000	1011 1111	128	191	
C	110x xxxx	1100 0000	1101 1111	192	223	
D	1110 xxxx	1110 0000	1110 1111	224	239	Multicast (Πολυδιανομή)
E	1111 xxxx	11110 000	1111 1111	240	255	Δεσμευμένες

Από τις παραπάνω κλάσεις, μόνο οι **A, B και C** χρησιμοποιούνται για την απόδοση διευθύνσεων σε υπολογιστές δικτύων για κανονική χρήση. Οι **D** και **E** έχουν ειδικές χρήσεις.

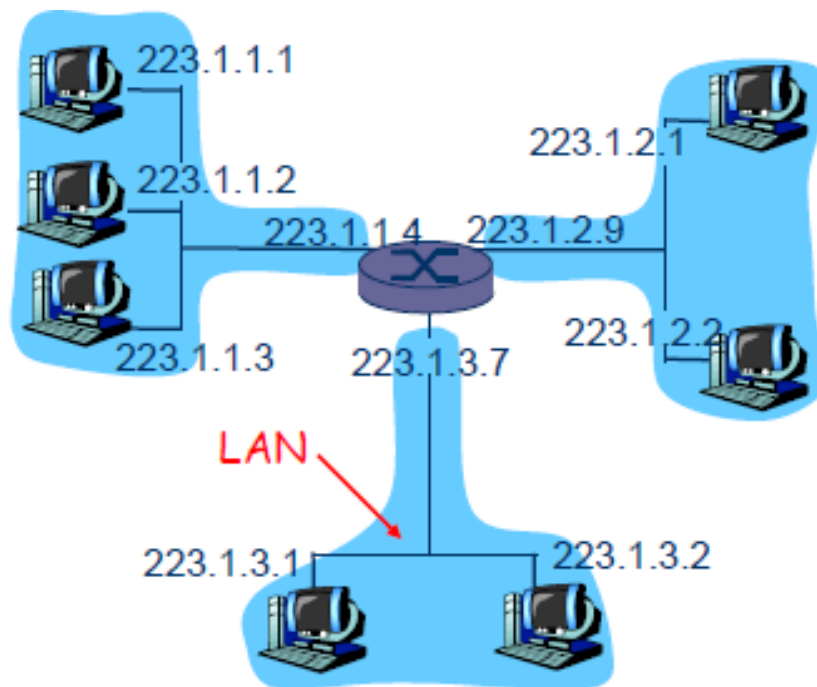
Παραδείγματα διευθύνσεων IP και αντιστοίχων τάξεων δικτύων στα οποία ανήκουν

Διεύθυνση IP	Τάξη	Γιατί;
192.168.1.12	C	το 192 ανήκει στο διάστημα 192 .. 223
10.146.0.1	A	το 10 ανήκει στο διάστημα 0 .. 127
172.16.32.253	B	το 172 ανήκει στο διάστημα 128 .. 191
127.0.0.1	A	το 127 ανήκει στο διάστημα 0 .. 127
194.219.227.1	C	το 194 ανήκει στο διάστημα 192 .. 223

Διεύθυνση IP	ΚΛΑΣΗ
130.233.5.7	?
111.200.244.110	?
200.11.222.28	?
17.221.188.8	?
190.4.4.196	?
212.199.222.244	?

Διευθύνσεις IP: παράδειγμα

 Δρομολογητής



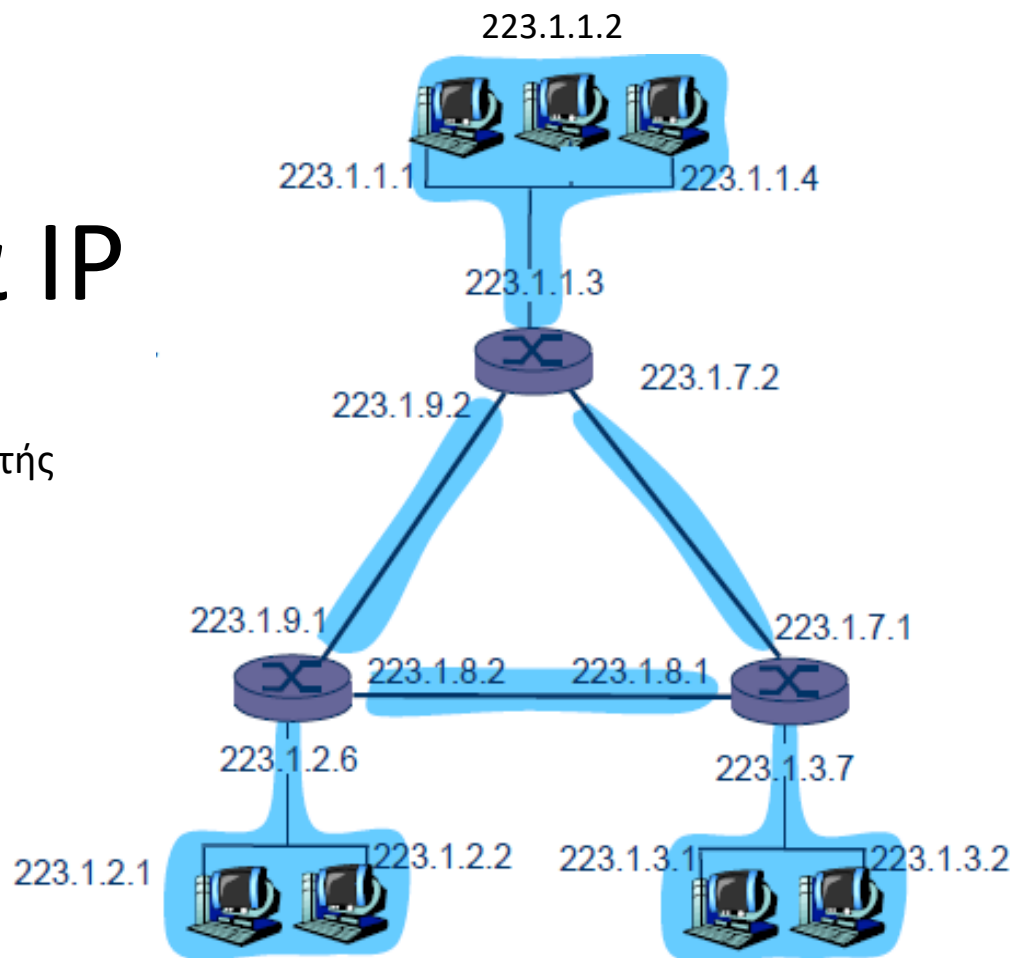
Τρία δίκτυα IP

Διευθύνσεις IP: παράδειγμα

Έξι
δίκτυα IP

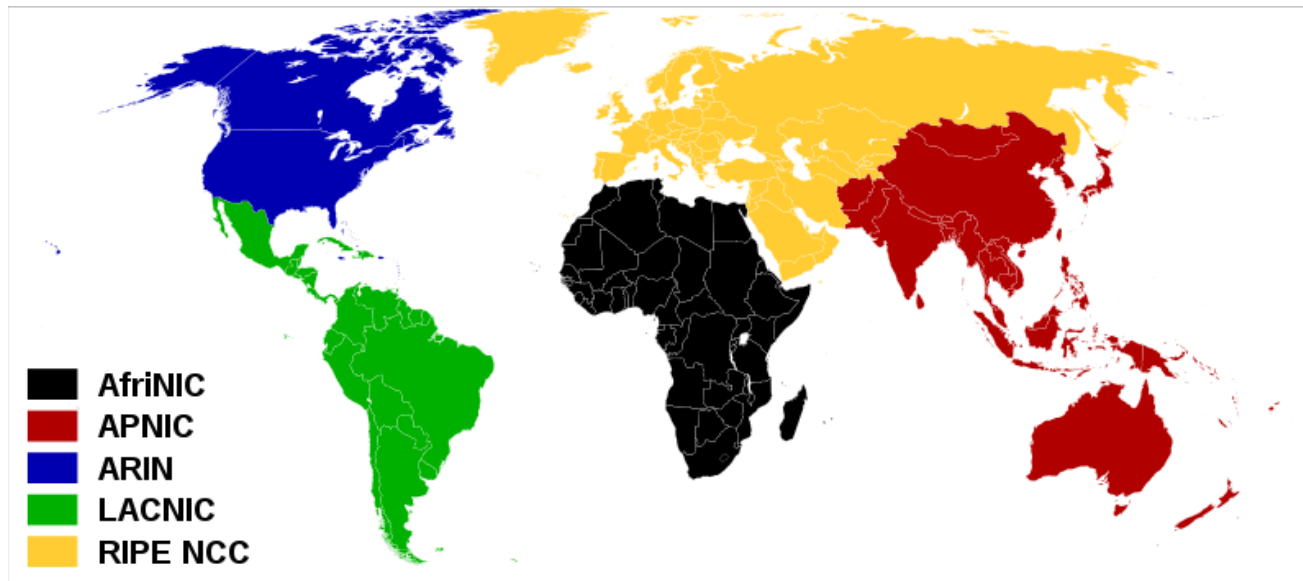


Δρομολογητής



Διαχείριση και απόδοση διευθύνσεων IP

- Οι διευθύνσεις IP είναι μοναδικές στον κόσμο
- κεντρικός φορέας διαχείρισης είναι ο IANA/ICANN ο οποίος μεταβιβάζει τη διαχείριση σε 5 περιφερειακούς καταχωρητές (RIR) και μέσω αυτών
- σε τοπικούς (LIR) ή εθνικούς καταχωρητές (NIR).
- Για την Ευρώπη, Μέση Ανατολή και Κεντρική Ασία περιφερειακός καταχωρητής Internet είναι το RIPE NCC.
- Οι τελικοί απλοί ή και εταιρικοί χρήστες απευθύνονται στον πάροχο υπηρεσιών Διαδικτύου, ISP ο οποίος τους παρέχει πρόσβαση στο Διαδίκτυο μαζί με τις απαιτούμενες διευθύνσεις IP, και κατά κανόνα είναι και τοπικός καταχωρητής.



Ιδιωτικές διευθύνσεις IP

- Για την δημιουργία ιδιωτικών δικτύων εσωτερικά είτε σε ένα σπίτι είτε σε ένα οργανισμό, στα οποία οι υπολογιστές δεν συνδέονται στο Διαδίκτυο, δεν είναι ανάγκη να βάλουμε επίσημες διευθύνσεις IP από κάποιον πάροχο όπως αναφέρθηκε.
- Έχουν προβλεφθεί περιοχές διευθύνσεων και των τριών κλάσεων οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τέτοια δίκτυα οι οποίες είναι οι εξής:

Τάξη	Από	Έως
A	10.0.0.0	10.255.255.255
B	172.16.0.0	172.31.255.255
C	192.168.0.0	192.168.255.255

Ιδιωτικές διευθύνσεις IPv4

- Για την υλοποίηση ενός ιδιωτικού δικτύου IP, επιλέγονται διευθύνσεις **ΜΟΝΟΝ** από τον προηγούμενο πίνακα και ανάλογα με το μέγεθος του δικτύου. Οι διευθύνσεις αυτές **ΔΕΝ** δρομολογούνται από τους δρομολογητές στο Διαδίκτυο
- Για την επικοινωνία με τον έξω κόσμο παρεμβάλλεται κάποια πύλη (NAT)

3.1.3 Σπατάλη διευθύνσεων IP

- Έστω ότι ένας οργανισμός θέλει να φτιάξει δίκτυο με 55 υπολογιστές. Για τη διευθυνσιοδότησή τους, του παραχωρείται ένα δίκτυο κλάσης C, π.χ. το 194.219.227.0 το οποίο μπορεί να έχει μέχρι και 254 υπολογιστές.
- Χρησιμοποιώντας την περιοχή από 194.219.227.1 – 194.219.227.55 για τους υπολογιστές του, **οι υπόλοιπες διευθύνσεις από 56 έως 254 παραμένουν δεσμευμένες και ανεκμετάλλετες.**
- Έστω ότι ο ίδιος οργανισμός έχει 300 υπολογιστές. Τότε όμως θα πρέπει να του αποδοθεί διεύθυνση δικτύου κλάσης B με **συνέπεια να δεσμευτούν και να παραμείνουν ανεκμετάλλετες πάνω από 65000 διευθύνσεις.**
- Εξάντληση των διαθέσιμων διευθύνσεων IP (ειδικά κλάσης B)
- Δυσχέρειες στη δρομολόγηση των πακέτων δεδομένων και τη διαχείριση των πινάκων δρομολόγησης.
- Λύση με συστηματική και εξειδικευμένη χρήση της μάσκας δικτύου. Κάθε διεύθυνση IP συνοδεύεται από την μάσκα δικτύου, καταργώντας τις τάξεις διευθύνσεων και καθιερώνοντας τον αταξικό τρόπο δρομολόγησης (CIDR)

3.1.4 Μάσκα δικτύου

- Η μάσκα δικτύου είναι ένας **δυαδικός αριθμός 32 ψηφίων**, ο οποίος συνοδεύει μια διεύθυνση IP και διευκρινίζει ποιά ψηφία της διεύθυνσης ανήκουν στο αναγνωριστικό του δικτύου (Net ID) και ποιά στο αναγνωριστικό του υπολογιστή (Host ID) μέσα στο συγκεκριμένο δίκτυο.

Η μάσκα έχει άσους (1) στις θέσεις που τα αντίστοιχα ψηφία της διεύθυνσης ανήκουν στο αναγνωριστικό του δικτύου και μηδενικά (0) στις θέσεις που τα αντίστοιχα ψηφία της διεύθυνσης ανήκουν στο αναγνωριστικό του υπολογιστή

(δεκαδική μορφή)	192.	168.	1.	18
Διεύθυνση IP:	1100 0000	1010 1000	0000 0001	0001 0010
Μάσκα:	1111 1111	1111 1111	1111 1111	0000 0000
(δεκαδική μορφή)	255.	255.	255.	0

Παράδειγμα ζεύγους Διεύθυνσης IP - Μάσκας δικτύου

- Οι άσοι (1) βρίσκονται στο αριστερό μέρος,
- τα μηδενικά (0) στο δεξιό και
- δεν μπορεί να μπλέκονται μεταξύ τους άσοι και μηδενικά. Δηλαδή δε μπορεί ένας άσος να έχει στα αριστερά του μηδενικό ούτε ένα μηδενικό στα δεξιά του έναν άσο.

Μάσκα δικτύου

- Η πράξη του **Λογικού ΚΑΙ (AND)**, ψηφίο προς ψηφίο (bitwise), μεταξύ της διεύθυνσης IP και της μάσκας δικτύου δίνει τη **διεύθυνση του δικτύου** στο οποίο ανήκει ο υπολογιστής με τη συγκεκριμένη διεύθυνση IP.

	Δυαδική				Δεκαδική	
Διεύθυνση IP:	1100 0000	1010 1000	0000 0001	0001 0010	192.168. 1.18	Λογικό AND
Μάσκα:	1111 1111	1111 1111	1111 1111	0000 0000	255.255.255. 0	
Διεύθυνση Δικτύου:	1100 0000	1010 1000	0000 0001	0000 0000	192.168. 1. 0	Αποτε- λεσμα

(Διεύθυνση IP) **AND** (Μάσκα δικτύου) = **Διεύθυνση Δικτύου** που ανήκει η IP

Πίνακας Λογικού AND

A	B	A AND B
0	1	0
1	0	0
1	1	1
0	0	0

Προκαθορισμένες μάσκες δικτύων τάξης A, B, C

- Με βάση τον ορισμό και την περιγραφή της μάσκας δικτύου, οι προκαθορισμένες μάσκες για τις τρεις κλάσεις δικτύων με βάση τα τμήματα (Net ID και Host ID), είναι αυτές που συνοψίζονται στον παρακάτω Πίνακα.

ΚΛΑΣΗ	ΠΡΟΚΑΘΟΡΙΣΜΕΝΗ ΜΑΣΚΑ	
	Δεκαδική με τελείες	Μορφή CIDR
A	255.0.0.0	/8
B	255.255.0.0	/16
C	255.255.255.0	/24

Εναλλακτικός τρόπος γραφής μιας μάσκας είναι η **μορφή CIDR**. Μετά τη διεύθυνση IP ακολουθεί πλάγια κάθετος / και ένας αριθμός ο οποίος δηλώνει τους άσους της μάσκας ή αλλιώς τα ψηφία της διεύθυνσης που προσδιορίζουν το αναγνωριστικό δικτύου (prefix), π.χ. **192.168.1.12 / 24**

3.1.5 Ειδικές διευθύνσεις

- **Διεύθυνση Δικτύου:** Προσδιορίζει το δίκτυο στο οποίο ανήκει μια διεύθυνση. Για μια δεδομένη διεύθυνση IP, η διεύθυνση δικτύου είναι ο αριθμός ο οποίος είναι ίδιος με τη διεύθυνση στο τμήμα που αντιπροσωπεύει το αναγνωριστικό δικτύου ενώ **στο τμήμα που προσδιορίζει τον υπολογιστή έχει μηδενικά** (στο δυαδικό του ισοδύναμο). Πρόκειται για το αποτέλεσμα του λογικού AND μεταξύ της διεύθυνσης IP και της μάσκας δικτύου.
π.χ. Για την διεύθυνση IP **192.168.1.18** με μάσκα **255.255.255.0** ή **192.168.1.18/24**, η διεύθυνση δικτύου είναι **192.168.1.0** $[(192.168.1.18) \text{ AND } (255.255.255.0)]$

Network ID (αναγνωρ.δικτύου)	00000000
------------------------------	----------

Παράδειγμα εύρεσης Διεύθυνσης δικτύου

- Δίνεται η διεύθυνση IP 192.168.3.124 με μάσκα 255.255.255.0. Να υπολογιστεί η Διεύθυνση Δικτύου.

Απάντηση

- Θα πρέπει να γράψουμε τη μάσκα και τη διεύθυνση IP στις αντίστοιχες δυαδικές μορφές κάνοντας τη μετατροπή. Για τη μάσκα είναι εύκολο να θυμάστε φυσικά ότι το 255 είναι απλά οκτώ άσοι: 11111111.

Φτιάχνουμε το παρακάτω πίνακάκι:

IP (Δεκαδικό):	192.	168.	3.	124
IP (Δυαδικό):	11000000	10101000	00000011	01111100
Μάσκα (Δυαδικό)	11111111	11111111	11111111	00000000
Διεύθυνση Δικτύου:	11000000	10101000	00000011	00000000
Διεύθυνση Δικτύου (Δεκαδικό)	192	168	3	0

Η διεύθυνση δικτύου προκύπτει από το λογικό **ΚΑΙ (AND)** της μάσκας και της διεύθυνσης IP.

3.1.5 Ειδικές διευθύνσεις

- **Διεύθυνση Εκπομπής (Broadcast):** Αφορά σε όλους τους υπολογιστές που ανήκουν στο ίδιο δίκτυο. Πακέτο με διεύθυνση προορισμού τη διεύθυνση εκπομπής λαμβάνεται από όλους τους υπολογιστές που ανήκουν στο ίδιο δίκτυο ή υποδίκτυο, όπως αυτό προσδιορίζεται από την αντίστοιχη μάσκα. Για μια δεδομένη διεύθυνση IP, η διεύθυνση εκπομπής είναι ο αριθμός ο οποίος είναι ίδιος με τη διεύθυνση στο τμήμα που αντιπροσωπεύει το αναγνωριστικό δικτύου ενώ **στο τμήμα που προσδιορίζει τον υπολογιστή έχει άσους (στο δυαδικό του ισοδύναμο)**.
π.χ. Για την διεύθυνση IP **192.168.1.18** με μάσκα **255.255.255.0** ή **192.168.1.18/24**, η διεύθυνση εκπομπής είναι **192.168.1.11111111** ή **192.168.1.255**

Network ID (αναγνωρ.δικτύου)

11111111

Παράδειγμα εύρεσης Διεύθυνσης δικτύου και διεύθυνσης εκπομπής

- Δίνεται η διεύθυνση IP 192.168.10.24 με μάσκα 255.255.255.0. Να υπολογιστεί η Διεύθυνση Δικτύου και η διεύθυνση εκπομπής.

Απάντηση

- Θα πρέπει να γράψουμε τη μάσκα και τη διεύθυνση IP στις αντίστοιχες δυαδικές μορφές κάνοντας τη μετατροπή. Για τη μάσκα είναι εύκολο να θυμάστε φυσικά ότι το 255 είναι απλά οκτώ άσοι: 11111111.

Φτιάχνουμε το παρακάτω πινακάκι:

IP (Δεκαδικό):	192.	168.	10.	24
IP (Δυαδικό):	11000000	10101000	00001010	00011000
Μάσκα (Δυαδικό)	11111111	11111111	11111111	00000000
Διεύθυνση Δικτύου:	11000000	10101000	00001010	00000000
Διεύθυνση Δικτύου (Δεκαδικό)	192	168	10	0
Διεύθυνση Εκπομπής:	11000000	10101000	00001010	11111111
Διεύθυνση Εκπομπής (Δεκαδ.):	192	168	10	255

Η διεύθυνση δικτύου προκύπτει από το λογικό **ΚΑΙ (AND)** της μάσκας και της διεύθυνσης IP. Για να υπολογίσουμε τη **διεύθυνση εκπομπής**, θα πρέπει να πάρουμε τη **διεύθυνση δικτύου** και να βάλουμε **1 (ένα)** σε όλα τα bit που ανήκουν στο τμήμα του υπολογιστή.

3.1.5 Ειδικές διευθύνσεις

- **Διεύθυνση Πολυδιανομής (Multicast):** Διευθύνσεις κλάσης D οι οποίες προσδιορίζουν μια ομάδα υπολογιστών/κόμβων. Για παράδειγμα στη διεύθυνση 224.0.0.2 “ακούνε” όλοι οι δρομολογητές του υποδικτύου
- **Διεύθυνση επανατροφοδότησης (Loopback), 127.0.0.0/8 .**
Αναφέρεται στον ίδιο τον τοπικό υπολογιστή. Ένας υπολογιστής, ακόμη κι αν δεν έχει καμιά δικτυακή διασύνδεση στέλνοντας πακέτα με **προορισμό** (destination) τη διεύθυνση 127.0.0.1 (ή και οποιαδήποτε άλλη διεύθυνση του δικτύου 127.0.0.0/8) αυτά διεκπεραιώνονται πίσω (επανατροφοδοτούνται) στον ίδιο του τον εαυτό.

3.1.5 Ειδικές διευθύνσεις

- **0.0.0.0/8 (Limited source):** Συναντάται μόνον ως διεύθυνση **προέλευσης (source)** και δηλώνει πακέτα από υπολογιστές του “ίδιου” του δικτύου στο οποίο ανήκει και ο συγκεκριμένος υπολογιστής ενώ 0.0.0.0/32 δηλώνει πακέτα του “ίδιου” του υπολογιστή.
- **169.254.0.0/16 (Link local):** Υπολογιστές που είναι ρυθμισμένοι να παίρνουν αυτόματες δικτυακές ρυθμίσεις από διακομιστή DHCP, όταν δεν λάβουν απόκριση, είτε επειδή δεν υπάρχει τέτοιος διακομιστής είτε επειδή υπάρχει κάποιο άλλο πρόβλημα, παίρνουν μια τυχαία διεύθυνση από αυτήν την περιοχή. Για τις διευθύνσεις αυτές γίνεται αναφορά στο RFC3927.