

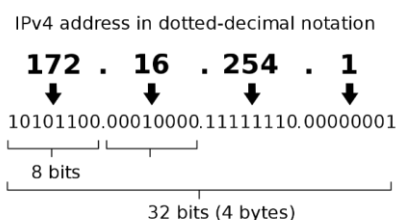
ΕΝΟΤΗΤΑ III

5. ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΩΝ IPv4 ΜΕ ΜΑΣΚΕΣ ΥΠΟΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΚΑΤΑΤΜΗΣΗ ΕΥΡΟΥΣ ΣΕ ΥΠΟΔΙΚΤΥΑ

5.1 Μάσκες υποδικτύου (Subnet Masks)

5.1.1 Το επίπεδο δικτύου (network – L3)

Το επίπεδο δικτύου (L3) δεν εγγυάται την μεταφορά των πακέτων με την σωστή σειρά, ούτε και την ακεραιότητα των πληροφοριών που μεταφέρονται. Υλοποιεί δηλαδή μια **υπηρεσία καλύτερης προσπάθειας (best-effort delivery service)**. Το βασικό χαρακτηριστικό ενός πρωτόκολλου L3 είναι η διευθυνσιοδότηση των δύο μερών της επικοινωνίας, των hosts, που είναι σταθερά υπολογιστικά συστήματα (desktop, server, embedded, κ.α.), φορητές συσκευές (laptop, tablet, smartphone, κ.α.) ή και δρομολογητές (routers). Με αυτό τον τρόπο επιτρέπει την μεταφορά της πληροφορίας που γίνεται στο επίπεδο L4, δηλαδή επιτρέπει στο segment, την PDU στο L4, να παραδοθεί από την προέλευση (source) στον προορισμό (destination). Οι διευθύνσεις αυτές λέγονται Internet Protocol Addresses (Διευθύνσεις IP) και σήμερα χρησιμοποιούνται κυρίως οι IPv4 που έχουν μήκος 32bit και γράφονται ως τέσσερις αριθμοί 8bit στο δεκαδικό σύστημα αρίθμησης, χωρισμένοι με τελείες (dotted-decimal):



Εικόνα 5.1: Διεύθυνση IPv4

Από τους διαθέσιμους $2^{32} - 1$ αριθμούς κάποιοι είναι δεσμευμένοι από τον οργανισμό IANA¹ ώστε να χρησιμοποιηθούν εσωτερικά σε τοπικά δίκτυα (local area networks - LANs), π.χ. 192.168.1.1. Τα τελευταία χρόνια αρχίζει σταδιακά η μετάβαση σε IPv6 με μήκος 128bit, ένα εύρος που επιτρέπει $3,4 \times 10^{38}$ διευθύνσεις στο διαδίκτυο, που είναι κατάλληλο για μοναδικά αναγνωρίσιμη διευθυνσιοδότηση συσκευών. Αυτές αναγράφονται ως οκτώ δεκαεξαδικοί αριθμοί των 16bit που χωρίζονται με άνω-και-κάτω τελεία (colon-hexadecimal), π.χ.: 2001:4860:4860:0000:0000:0000:0000:8888 ή ισοδύναμα στην συντομογραφία που αντικαθιστά διαδοχικά μηδενικά με δύο άνω-και-κάτω τελείες 2001:4860:4860::8888 (η διεύθυνση αντιστοιχεί σε εξυπηρετητή Google Public DNS)².

¹ <https://www.iana.org/assignments/iana-ipv4-special-registry/iana-ipv4-special-registry.xhtml>

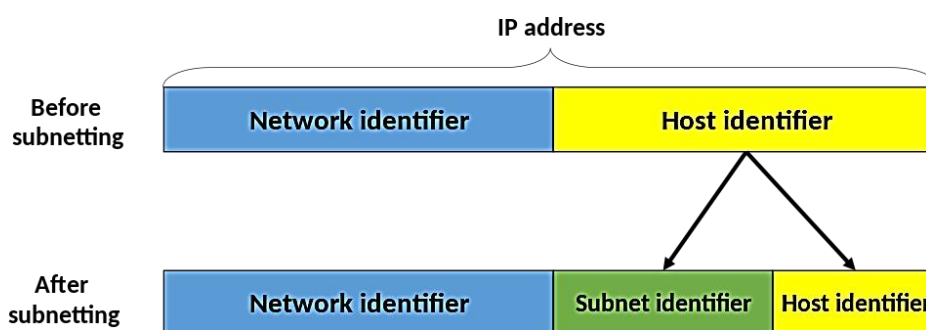
² <https://developers.google.com/speed/public-dns/docs/using>

Σε έναν network interface controller (NIC) που υπάρχει σε έναν host, ανατίθεται συνήθως μόνο μια διεύθυνση IP. Έχοντας αυτόν τον NIC ως προεπιλεγμένο ταυτοποιείται από αυτήν και ο host στο διαδίκτυο. Σε οικιακούς χρήστες η διεύθυνση IP μπορεί να αλλάζει σε τακτά χρονικά διαστήματα και λέγεται **dynamic IP**. Μπορείτε να παρατηρήσετε τις διαφορετικές IP που ανατίθενται στο οικιακό δίκτυο σας σε ένα διάστημα κάποιων ημερών, μέσω της σελίδας <https://whatismyipaddress.com/>. Σήμερα υπάρχουν υπηρεσίες dynamic DNS που μπορούν να dynamic IPs σε ονομασίες, ώστε να υπάρχει πρόσβαση σε host εντός οικιακών δικτύων, π.χ. σε κάμερες ασφαλείας.

Σε εξυπηρετητές διαδικτύου χρησιμοποιούμε **static IP**, ώστε να μην αλλάζουν οι διευθύνσεις που χρησιμοποιούνται σε εγγραφές DNS και οι χρήστες να τους βρίσκουν από τις ονομασίες τους. Επίσης υπάρχει η περίπτωση που σε μια NIC εξυπηρετητή, ανατίθενται πολλαπλές σταθερές (static) διευθύνσεις IP.

5.1.2 Διευθυνσιοδότηση IPv4

Η μηχανική των διευθύνσεων του IPv4 χωρίζει τα 32 bit της IPv4 διεύθυνσης σε δύο τμήματα: Διαβάζοντας από αριστερά είναι το **πρόθεμα δικτύου (network prefix ή network identifier)** και ακολουθεί το **αναγνωριστικό συστήματος (host identifier)**, περιγράφοντας το **δίκτυο** στο οποίο ανήκει το **σύστημα**. Αρχικά υπήρχε ο διαχωρισμός σε κλάσεις A, B και C, αλλά δεν χρησιμοποιείται πλέον. Για να υποδειχθεί ποια bits από τα 32 ανήκουν στο network και ποια στο host τμήμα υπάρχει μια δυαδική μάσκα (binary mask) που ονομάζεται **μάσκα υποδικτύου - subnet mask** και αναγράφεται σε decimal-dotted μορφή π.χ. 255.255.255.0. Στην ουσία είναι αυτή που χωρίζει την διεύθυνση IPv4 σε δύο μέρη. Επίσης υπάρχει η σημειογραφία της μορφής $\{ \text{Πλήθος bits} \}$, που μετράει από αριστερά το πλήθος των bit που είναι '1' μέσα στην μάσκα, π.χ. /24.



Εικόνα 5.2: Τμήματα διεύθυνσης IPv4

Το πρωτόκολλο IP με την χρήση της μάσκας δίνει την δυνατότητα στους διαχειριστές δικτύων να ορίσουν και μικρότερα υποδίκτυα μέσα σε ένα δίκτυο. Έτσι καθορίζεται που ανήκει ο host, δηλαδή αν είναι στο ίδιο δίκτυο (ή υποδίκτυο) ή αν βρίσκεται σε κάποιο απομακρυσμένο. Το network ID χρησιμοποιείται από δρομολογητές που αναλαμβάνουν να προωθήσουν πακέτα μεταξύ διαφορετικών δικτύων.

Το **network prefix** υπολογίζεται μετά την εφαρμογή της μάσκας που γίνεται με την δυαδική πράξη

{ IP Address } AND { Subnet Mask }

IP (decimal) : **192.168.1.10**
Subnet Mask (decimal) : **255.255.255.0**
Subnet Mask (bits) : **/24** (Το πλήθος των συνεχόμενων bits 1 από αριστερά προς τα δεξιά)

IP (binary) : **11000000 • 10101000 • 00000001 • 00001010**
AND

Subnet Mask (binary) : **11111111 • 11111111 • 11111111 • 00000000**

Network prefix (binary) : **11000000 • 10101000 • 00000001 • 00000000**
Network prefix(decimal) : **192.168.1.0** Host (decimal): **10**

Επειδή υπάρχουν 24 συνεχόμενα bits 1 στην μάσκα από αριστερά προς τα δεξιά καταλαβαίνουμε ότι τα πρώτα 24 bits της διεύθυνσης IPv4 χρησιμοποιούνται για αναγνωριστικό του δικτύου και τα τελευταία 8 bits για αναγνωριστικό του host, εδώ τα **00001010** που στο δεκαδικό είναι 10.

Σε κάθε υποδίκτυο υπάρχει μια ειδική διεύθυνση IPv4 που χρησιμοποιείται για ταυτόχρονη αποστολή προς όλους τους hosts που συνδέονται σε αυτό και δέχονται πακέτα, η **broadcast address**. Αυτή μπορεί να θεωρηθεί ως ένα wildcard που σημαίνει “όλα τα συστήματα”. Υπολογίζεται με την αντιστροφή της μάσκας και κατόπιν OR:

(NOT { Subnet Mask }) OR { IP Address }

IP (decimal) : **192.168.1.10**
Subnet Mask (decimal) : **255.255.255.0**

Subnet Mask (binary) : **11111111 • 11111111 • 11111111 • 00000000**
NOT

Reversed S. Mask(binary) : **00000000 • 00000000 • 00000000 • 11111111**
OR

IP (binary) : **11000000 • 10101000 • 00000001 • 00001010**

Broadcast Addr. (binary) : **11000000 • 10101000 • 00000001 • 11111111**
Broadcast Addr. (decimal) : **192.168.1.255**

Το υποδίκτυο μπορεί να αναπαρασταθεί με την σημειογραφία **Classless Inter-Domain Routing (CIDR)** της μορφή {network ID}/{subnet mask bits} δηλαδή στην παραπάνω περίπτωση 192.168.1.0/24. Επίσης στο παραπάνω παράδειγμα το εύρος των 8 bits δίνει τους αριθμούς 0-255 στο δεκαδικό σύστημα αρίθμησης ως πιθανές τιμές του τμήματος host. Από αυτές δεν μπορούν να ανατεθούν σε συστήματα ο πρώτος του εύρους, δηλαδή το 192.168.1.0 που χρησιμοποιείται ως αναγνωριστικό για το δίκτυο και ο τελευταίος του εύρος το 192.168.1.255 που χρησιμοποιείται στην διεύθυνση broadcast.

Αλλάζοντας την μάσκα αλλάζει το πλήθος των υποδικτύων και των συστημάτων που περιλαμβάνονται μέσα σε αυτά. Για παράδειγμα με διαφορετική μάσκα πάνω στην ίδια διεύθυνση IP έχουμε

IP : **192.168.1.10**
 Subnet Mask : **255.255.255.128**
 Subnet Mask (Bin) : **11111111 • 11111111 • 11111111 • 10000000**
 Subnet Mask (Bits) : **/25** (Το πλήθος των συνεχόμενων bits 1 από αριστερά προς τα δεξιά)
 Subnets : **2** (Με 1 bit έχουμε δύο subnets)
Network Subnet 1 : **192.168.1.0/25** [1 – 126]
Broadcast Addr. Subnet 1: **192.168.1.127**
Network Subnet 2 : **192.168.1.128/25** [129 – 254]
Broadcast Addr. Subnet 2: **192.168.1.255**
Host : 10 → βρίσκεται στο εύρος 1-126 άρα ανήκει στο 1^ο υποδίκτυο.

Παρατηρείστε ότι υπάρχει ένα επιπλέον bit 1 στα συνεχόμενα από αριστερά προς τα δεξιά (με πράσινο χρώμα), αποτελεί το subnet identifier. Στα παλαιότερα χρόνια το παράδειγμα αποτελεί περίπτωση της κλάσης C, στην οποία ανήκει η διεύθυνση IP. Με αυτήν την μάσκα έχουν οριστεί $2^1=2$ υποδίκτυα το κάθε ένα με πλήθος διαφορετικών host $2^7-2=126$ με το 127 να λειτουργεί ως wildcard. Η κλάση C υποστηρίζει από το 24 ως 30 bit της διεύθυνσης IP ως network prefix. Ο πλήρης πίνακας με όλες τις κλάσεις A, B, C για Classfull διευθυνσιοδότηση φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Class A			Class B			Class C		
Bits Μάσας	Μάσκα	Hosts ανά Subnet	Bits Μάσας	Μάσκα	Hosts ανά Subnet	Bits Μάσας	Μάσκα	Hosts ανά Subnet
/8	255.0.0.0	16777214	/16	255.255.0.0	65534	/24	255.255.255.0	254
/9	255.128.0.0	8388606	/17	255.255.128.0	32766	/25	255.255.255.128	126
/10	255.192.0.0	4194302	/18	255.255.192.0	16382	/26	255.255.255.192	62
/11	255.224.0.0	2097150	/19	255.255.224.0	8190	/27	255.255.255.224	30
/12	255.240.0.0	1048574	/20	255.255.240.0	4094	/28	255.255.255.240	14
/13	255.248.0.0	524286	/21	255.255.248.0	2046	/29	255.255.255.248	6
/14	255.252.0.0	262142	/22	255.255.252.0	1022	/30	255.255.255.252	2
/15	255.254.0.0	131070	/23	255.255.254.0	510			

Εικόνα 5.3: Μάσκες υποδικτύου ανά κλάση και μέγιστο πλήθος έγκυρων διευθύνσεων IPv4 για κάθε μάσκα υποδικτύου.

5.2 Διευθυνσιοδότηση IPv4 διευθύνσεων με υποδικτύωση (subnetting)

5.2.1 Παράδειγμα βέλτιστης λύσης subnetting

Έστω ότι πρέπει να μοιραστούν οι διευθύνσεις που μπορεί να υπάρξουν στο 192.168.1.0/24 σε τρία υποδίκτυα που έχουν το κάθε ένα από 23, 50 και 5 hosts. Πρέπει να δημιουργηθεί μια λίστα με τις ανάγκες βάσει του μεγέθους (size) και να βρεθεί η subnet mask της κατάλληλης χωρητικότητας. Θα πρέπει να μοιραστεί ξεκινώντας από τα μεγαλύτερα και μετά θα διαχωριστεί κατάλληλα τον υπόλοιπο χώρο διευθύνσεων για να χωρέσουν τα μικρότερα. Διαφορετικά θα υπάρχουν μεγάλα κενά και πολλές διευθύνσεις αχρησιμοποίητες. Ταξινομούμε τις ανάγκες από το μεγαλύτερο πλήθος προς το μικρότερο και μετά σημειώνουμε το ανάλογο μέγιστο πλήθος διευθύνσεων IP (δείτε ξανά την Εικόνα 5.3).

n	Size	Bits	Capacity c_i
1	50	/26	62
2	23	/27	30
3	5	/29	6

Η αρχή γίνεται με το subnet $n = 1$ για το μεγαλύτερο μέγεθος $s_1 = 50$. Με χρήση της μάσκας /26 χωρίζεται στα εξής subnets:

	Network Address	Usable Host Range	Broadcast Address:
1	192.168.1.0	192.168.1.1 - 192.168.1.62	192.168.1.63
2, 3	192.168.1.64	192.168.1.65 - 192.168.1.126	192.168.1.127
	192.168.1.128	192.168.1.129 - 192.168.1.190	192.168.1.191
	192.168.1.192	192.168.1.193 - 192.168.1.254	192.168.1.255

Θα χρησιμοποιηθεί το πρώτο και δεύτερο υποδίκτυο (προσέξτε τα χρώματα των subnet bits).

- 11000000.10101000.00000001.**00 000000** → 192.168.1.**0**
- 11000000.10101000.00000001.**01 000000** → 192.168.1.**64**

Σημειώνουμε το εύρος έγκυρων διευθύνσεων για το $n = 1$

n	Size	Bits	Capacity	SubNet	Usable IP Range
1	50	/26	62	192.168.1.0/26	192.168.1.1 - 192.168.1.62
2	23	/27	30		
3	5	/29	6		

Συνεχίζουμε στην θέση $n = 2$ και χρησιμοποιείται η μάσκα /27 για το δεύτερο υποδίκτυο 192.168.1.64. Έτσι ο διαχωρισμός γίνεται

Subnet address	Netmask	Range of addresses	Useable IPs	Hosts	Divide	Join
192.168.1.0/26	255.255.255.192	192.168.1.0 - 192.168.1.63	192.168.1.1 - 192.168.1.62	62	Divide	/26
192.168.1.64/27	255.255.255.224	192.168.1.64 - 192.168.1.95	192.168.1.65 - 192.168.1.94	30	Divide	/27 /25
192.168.1.96/27	255.255.255.224	192.168.1.96 - 192.168.1.127	192.168.1.97 - 192.168.1.126	30	Divide	/27 /25

- 11000000.10101000.00000001.0100 0000 → 192.168.1.64
- 11000000.10101000.00000001.0110 0000 → 192.168.1.96

Έτσι γίνεται και η ανάθεση του εύρους διευθύνσεων για το $n = 2$

n	Size	Bits	Capacity	SubNet	Usable IP Range
1	50	/26	62	192.168.1.0/26	192.168.1.1 - 192.168.1.62
2	23	/27	30	192.168.1.64/27	192.168.1.65 - 192.168.1.94
3	5	/29	6		

Για την θέση $n = 3$ μπορεί να χρησιμοποιηθεί το υποδίκτυο 192.168.1.96, το οποίο διχοτομείται περαιτέρω με την μάσκα /28 και κατόπιν με την /29.

Subnet address	Netmask	Range of addresses	Useable IPs	Hosts	Divide	Join
192.168.1.0/26	255.255.255.192	192.168.1.0 - 192.168.1.63	192.168.1.1 - 192.168.1.62	62	Divide	/26
192.168.1.64/27	255.255.255.224	192.168.1.64 - 192.168.1.95	192.168.1.65 - 192.168.1.94	30	Divide	/27
192.168.1.96/29	255.255.255.248	192.168.1.96 - 192.168.1.103	192.168.1.97 - 192.168.1.102	6	Divide	/29
192.168.1.104/29	255.255.255.248	192.168.1.104 - 192.168.1.111	192.168.1.105 - 192.168.1.110	6	Divide	/29
192.168.1.112/28	255.255.255.240	192.168.1.112 - 192.168.1.127	192.168.1.113 - 192.168.1.126	14	Divide	/28

n	Size	Bits	Capacity	SubNet	Usable IP Range
1	50	/26	62	192.168.1.0/26	192.168.1.1 - 192.168.1.62
2	23	/27	30	192.168.1.64/27	192.168.1.65 - 192.168.1.94
3	5	/29	6	192.168.1.96/29	192.168.1.97 - 192.168.1.102

Στην περίπτωση που μέσα στους hosts υπολογίζεται και ο δρομολογητής, συνήθως γίνεται ανάθεση του πρώτου IP του εύρους σε αυτόν. Αν υπήρχαν τρεις routers στο παράδειγμα μας τότε οι IP διευθύνσεις τους θα ήταν:

n	Router IP Address
1	192.168.1.1
2	192.168.1.65
3	192.168.1.97

Όπως είναι προφανές ότι περισσεύουν τα υποδίκτυα 192.168.1.104/29 και 192.168.1.112/28 που χωρούν 6 και 14 hosts αντίστοιχα, καθώς και το 192.168.1.128/25 που χωράει 126.

Subnet address	Netmask	Range of addresses	Useable IPs	Hosts	Divide	Join
192.168.1.0/26	255.255.255.192	192.168.1.0 - 192.168.1.63	192.168.1.1 - 192.168.1.62	62	Divide	/26
192.168.1.64/27	255.255.255.224	192.168.1.64 - 192.168.1.95	192.168.1.65 - 192.168.1.94	30	Divide	/27
192.168.1.96/29	255.255.255.248	192.168.1.96 - 192.168.1.103	192.168.1.97 - 192.168.1.102	6	Divide	/29
192.168.1.104/29	255.255.255.248	192.168.1.104 - 192.168.1.111	192.168.1.105 - 192.168.1.110	6	Divide	/29
192.168.1.112/28	255.255.255.240	192.168.1.112 - 192.168.1.127	192.168.1.113 - 192.168.1.126	14	Divide	/28
192.168.1.128/25	255.255.255.128	192.168.1.128 - 192.168.1.255	192.168.1.129 - 192.168.1.254	126	Divide	/25

5.2.2 Παράδειγμα Εναλλακτικής Λύσης (διαθέσιμες διευθύνσεις ενδιάμεσα)

Έστω ότι πρέπει να μοιραστούν οι διευθύνσεις που μπορεί να υπάρχουν στο 192.168.1.0/24 σε τρία υποδίκτυα που έχουν το κάθε ένα από 23, 50 και 5 hosts. Πρέπει να δημιουργηθεί μια λίστα με τις ανάγκες βάσει του μεγέθους (size) και να βρεθεί η subnet mask της κατάλληλης χωρητικότητας. Θα πρέπει να μοιραστεί ξεκινώντας από τα μεγαλύτερα και μετά θα πρέπει να αναθέτεται κατάλληλα ο κενός χώρος διευθύνσεων που προκύπτει στα μικρότερα.

n	Size	Bits	Capacity c_i
1	50	/26	62
2	23	/27	30
3	5	/29	6

Η αρχή γίνεται με το subnet $n = 1$ για το μεγαλύτερο μέγεθος $s_1 = 50$. Πριν το εύρος διευθύνσεων που θα ανατεθεί σε αυτό, πρέπει να προβλεφθεί η χωρητικότητα c_r για τα υπόλοιπα subnets $\{n + 1, \dots, k\}$ από τα συνολικά $k = 3$, ώστε να υπάρχει χώρος και για τα δικά τους εύρη διευθύνσεων. Δηλαδή για το άθροισμα $r = \sum_{i=n+1}^k c_i$ πρέπει να ισχύει $c_r \geq r$. Εδώ τα subnets 2,3 αθροίζουν σε $r = 36$ και αρκεί χωρητικότητα $c_r = 62$ που μπορεί να επιτευχθεί με χρήση της μάσκας /26. Αυτή δημιουργεί τα εξής subnets.

Network Address	Usable Host Range	Broadcast Address:
192.168.1.0	192.168.1.1 - 192.168.1.62	192.168.1.63
192.168.1.64	192.168.1.65 - 192.168.1.126	192.168.1.127
192.168.1.128	192.168.1.129 - 192.168.1.190	192.168.1.191
192.168.1.192	192.168.1.193 - 192.168.1.254	192.168.1.255

Θα χρησιμοποιηθούν τα δύο πρώτα subnets (προσοχή στα χρώματα των bits).

- 1100 0000.1010 1000.0000 0001.**00** 000000 → 192.168.1.**0**
- 1100 0000.1010 1000.0000 0001.**01** 000000 → 192.168.1.**64**

Το πρώτο subnet θα δεσμευθεί για τα 2,3 και δίνεται το δεύτερο στο 1:

n	Size	Bits	Capacity	SubNet	Usable IP Range
1	50	/26	62	192.168.1.64/26	192.168.1.65 - 192.168.1.126
2	23	/27	30		
3	5	/29	6		

Με τον ίδιο τρόπο για τη θέση $n = 2$ και έχουμε $r = 5$, $c_r = 6$ και χρησιμοποιείται η μάσκα /27. Με αυτήν την μάσκα θα υπάρχουν τα εξής subnets, αποκλείοντας αυτά που έχουν ήδη ανατεθεί:

Network Address	Usable Host Range	Broadcast Address:
192.168.1.0	192.168.1.1 - 192.168.1.30	192.168.1.31
192.168.1.32	192.168.1.33 - 192.168.1.62	192.168.1.63
192.168.1.64	192.168.1.65 - 192.168.1.94	192.168.1.95
192.168.1.96	192.168.1.97 - 192.168.1.126	192.168.1.127
192.168.1.128	192.168.1.129 - 192.168.1.158	192.168.1.159
192.168.1.160	192.168.1.161 - 192.168.1.190	192.168.1.191
192.168.1.192	192.168.1.193 - 192.168.1.222	192.168.1.223
192.168.1.224	192.168.1.225 - 192.168.1.254	192.168.1.255

Θα χρησιμοποιηθούν τα δύο πρώτα subnets. Εδώ διαφοροποιείται το τρίτο subnet bit και παραμένουν τα δύο πρώτα σταθερά **00**. Αυτό γίνεται επειδή αν τα δύο πρώτα ήταν **01** θα υπήρχε διένεξη IP με το δίκτυο 1 (δείτε τα ίδια χρώματα και παραπάνω).

- 1100 0000.1010 1000.0000 0001.**0000 0000** → 192.168.1.**0**
- 1100 0000.1010 1000.0000 0001.**0010 0000** → 192.168.1.**32**

Το πρώτο subnet δεσμεύεται για το 3 και γίνεται ανάθεση του δεύτερου στο 2:

n	Size	Bits	Capacity	SubNet	Usable IP Range
1	50	/26	62	192.168.1.64/26	192.168.1.65 - 192.168.1.126
2	23	/27	30	192.168.1.32/27	192.168.1.33 - 192.168.1.62
3	5	/29	6		

Το δεσμευμένο subnet που περισσεύει αντιστοιχεί στο τελευταίο δίκτυο 3:

n	Size	Bits	Capacity	SubNet	Usable IP Range
1	50	/26	62	192.168.1.64/26	192.168.1.65 - 192.168.1.126
2	23	/27	30	192.168.1.32/27	192.168.1.33 - 192.168.1.62
3	5	/29	6	192.168.1.32/29	192.168.1.1 - 192.168.1.6

network	IP space allocation	subnet (bits)			host (bits)	hosts	chunk
		/26	/27	/28			
192.168.1.0	5	00	0	0	0000	2^4 - 2	16
192.168.1.32	23	00	1		00000	2^5 - 2	32
192.168.1.64	50	01			000000	2^6 - 2	64

Εικόνα 5.4: Με την χρήση του παραπάνω εύρος διευθύνσεων IP, από την 192.168.1.126 δεν έχουν ανατεθεί σε υποδίκτυα. Μένουν δεσμευμένες για μελλοντική χρήση $(62 - 50) + (30 - 23) + (6 - 5) = 20$ μέσα στα τρία δίκτυα.

Στην περίπτωση που μέσα στους hosts υπολογίζεται και ο δρομολογητής, συνήθως γίνεται ανάθεση του πρώτου IP του εύρους σε αυτόν. Αν υπήρχαν τρεις routers στο παράδειγμα μας τότε οι IP διευθύνσεις τους θα ήταν:

n	Router IP Address
1	192.168.1.65
2	192.168.1.33
3	192.168.1.1

Πολλές φορές το πλήθος των απαιτούμενων IPv4, που σημειώνεται ως μέγεθος (size), θεωρείται και ως πλήθος διαφορετικών **interfaces (ifs)**. Βέβαια σε ένα σύστημα μπορεί να υπάρχουν παραπάνω του ενός NIC όπου το κάθε ένα θα έχει διαφορετική διεύθυνση IP.

Το παραπάνω παράδειγμα που φάνηκε στην εικόνα 5.4, βλέπουμε τον κενό χώρο διευθύνσεων IP που προκύπτει. Σε αυτόν μπορούμε να χωρέσουμε επιπλέον ένα subnet με χωρητικότητα 14 υπολογιστών δηλαδή με subnet mask /28. Η εναλλακτική κατάτμηση σε υποδίκτυα εμφανίζεται και παρακάτω:

Subnet address	Netmask	Range of addresses	Useable IPs	Hosts	Divide	Join
192.168.1.0/29	255.255.255.248	192.168.1.0 - 192.168.1.7	192.168.1.1 - 192.168.1.6	6	Divide	
192.168.1.8/29	255.255.255.248	192.168.1.8 - 192.168.1.15	192.168.1.9 - 192.168.1.14	6	Divide	
192.168.1.16/28	255.255.255.240	192.168.1.16 - 192.168.1.31	192.168.1.17 - 192.168.1.30	14	Divide	
192.168.1.32/27	255.255.255.224	192.168.1.32 - 192.168.1.63	192.168.1.33 - 192.168.1.62	30	Divide	
192.168.1.64/26	255.255.255.192	192.168.1.64 - 192.168.1.127	192.168.1.65 - 192.168.1.126	62	Divide	
192.168.1.128/25	255.255.255.128	192.168.1.128 - 192.168.1.255	192.168.1.129 - 192.168.1.254	126	Divide	

Όπως είναι προφανές περισσεύουν τα υποδίκτυα 192.168.1.8/29 και 192.168.1.16/28 που χωρούν 6 και 14 hosts το κάθε ένα, καθώς και το 192.168.1.128/25.

5.2.3 Online εργαλεία για μάσκες υποδικτύου και υποδικτύωση

Για να κατανοήσετε καλύτερα τις μάσκες υποδικτύου, υποδικτύωση και τις κλάσεις μπορείτε να χρησιμοποιήσετε ένα από τα παρακάτω online εργαλεία.

Υπολογιστής μάσκας υποδικτύου

- <http://www.subnet-calculator.com/>

Επαλήθευση του εύρους έγκυρων διευθύνσεων IPv4 και διευθύνσεων broadcast

- <https://www.calculator.net/ip-subnet-calculator.html>
- <https://www.tunnelsup.com/subnet-calculator/>

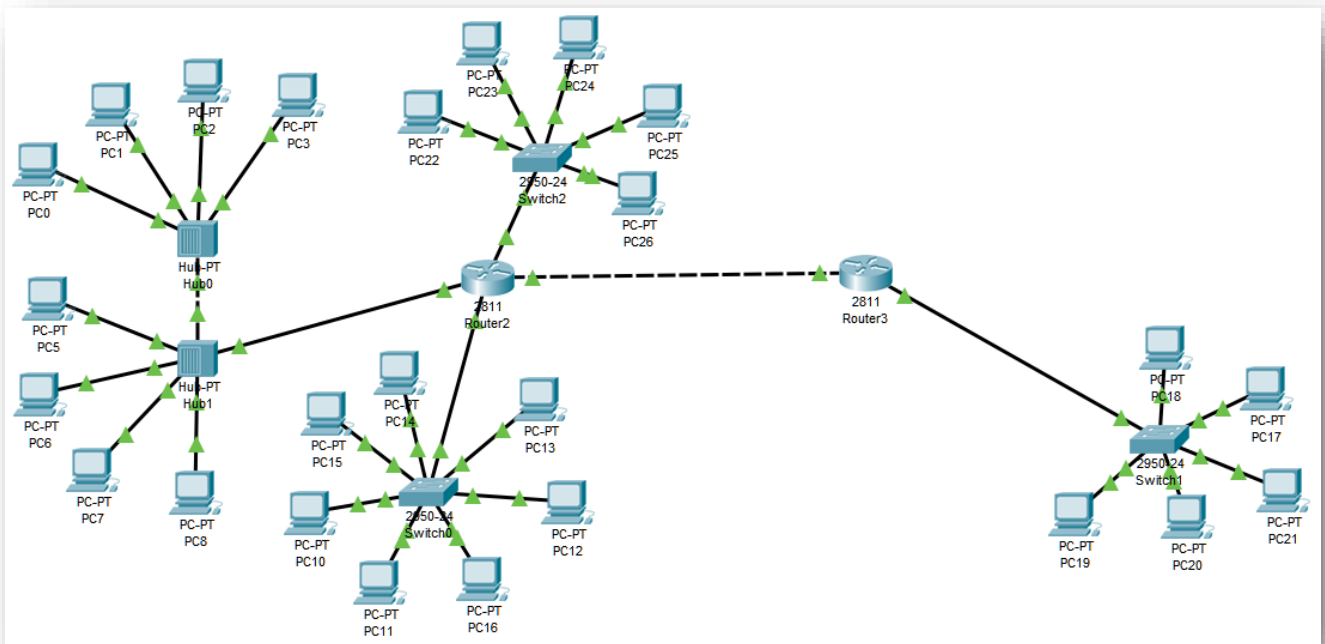
Υποδικτύωση

- <http://www.davidc.net/sites/default/subnets/subnets.html>

ΑΣΚΗΣΗ 5.1: Διευθυνσιοδότηση IPv4

1. Για ποιο λόγο είναι απαραίτητος ο διαχωρισμός των 32bit μιας IP διεύθυνσης σε δύο μέρη; Γιατί στη συνέχεια σε τρία μέρη; Σκεφτείτε τους λόγους κατά την άποψη σας και μετά ελέγξτε τους στο <https://www.networkcomputing.com/data-centers/5-subnetting-benefits>
2. Για IP address: **194.20.0.32** Subnet Mask: **255.255.255.224** (κλάση C) προσπαθήστε να κάνετε τις δυαδικές πράξεις ώστε να βρείτε το network prefix (network ID) και το την broadcast address.
3. Σε συνέχεια της ερώτησης 2, ποιο είναι το πλήθος των υποδικτύων που δημιουργεί η μάσκα, των διαθέσιμων διευθύνσεων ανά υποδίκτυο, η πρώτη και η τελευταία έγκυρη διεύθυνση IPv4 για ανάθεση σε host; Κατόπιν επιβεβαιώστε την ορθότητα με τα online εργαλεία της παραγράφου 5.2.3.
4. Σε συνέχεια του 2, γράψτε το αναγνωριστικό του δικτύου που ανήκει η διεύθυνση IPv4 σε μορφή CIDR.
5. Απαντήστε στα ίδια ερωτήματα 2,3 για IPv4: 195.251.123.0 Subnet Mask: /20 (κλάση B).
6. Απαντήστε στα ίδια ερωτήματα 2,3 για IPv4: 10.0.10.0 Subnet Mask: 255.128.0.0 (κλάση A).
7. Έστω ότι έχουμε 13 υπολογιστές στο τοπικό δίκτυο 192.168.1.0. Γράψτε την κατάλληλη μάσκα υποδικτύου σε μορφή CIDR ώστε αφενός να τους χωράει στο ίδιο υποδίκτυο, αφετέρου να υπάρχουν οι λιγότερες μη χρησιμοποιημένες θέσεις host σε αυτό.
8. Αν θέλουμε να σπάσουμε σε 8 υποδίκτυα μια διεύθυνση IPv4 κλάσης C, πόσα bits πρέπει να υπάρχουν στο τμήμα subnet της μάσκας (δείτε την εικόνα 5.2). Γράψτε την αντίστοιχη μάσκα υποδικτύου και σε δεκαδική μορφή.
9. Στο παράδειγμα βέλτιστης ανάθεσης διευθύνσεων IP ποιο είναι το broadcast address για να στείλουμε ένα πακέτο στην περίπτωση της ομάδας με τους 50 hosts; (και για την βέλτιστή και για την εναλλακτική λύση)
10. Σε ποια κλάση ανήκει το subnet 255.192.0.0 /10
11. Έστω ότι σας δίνεται η IPv4 διεύθυνση 192.168.100.21 με μάσκα υποδικτύου /18. Μπορούμε να είμαστε σίγουροι ότι είναι η αρχική διεύθυνση του δικτύου; Βρείτε την IPv4 διεύθυνση του δικτύου (network ID).
12. Σε συνέχεια της 11, ποια είναι η IPv4 διεύθυνση για αποστολή ενός πακέτου σε όλους τους υπολογιστές του υποδικτύου (διεύθυνση broadcast); Γράψτε την πρώτη και την τελευταία έγκυρη διεύθυνση IPv4 για ανάθεση σε host. Πόσοι είναι συνολικά; Γράψτε την πράξη με την οποία το υπολογίσατε.
13. Έστω ότι σας δίνεται η IPv4 διεύθυνση 104.17.106.109. Μπορούμε να ξέρουμε σε ποιο υποδίκτυο ανήκει έχοντας μόνο την IPv4 διεύθυνση; Αν ο υπολογιστής σας βρίσκεται σε ένα υποδίκτυο με άλλους 29 hosts (PCs, routers, servers), ποια πρέπει να είναι η subnet mask. Γράψτε την και με μορφή prefix. Ποια η IPv4 διεύθυνση του υποδικτύου και ποια η broadcast; Αν χρησιμοποιούσαμε την τελευταία έγκυρη διεύθυνση IPv4 για τον router του δικτύου, ποια θα ήταν αυτή;

ΑΣΚΗΣΗ 5.2: Διευθυνσιοδότηση IPv4 και ανάθεση στο Cisco Packet Tracer



Εικόνα 5.5: Δίκτυο του CPT_Lab5.pkt

Κατεβάστε το αρχείο **CPT_Lab5.pkt** από το site του μαθήματος που όταν ανοίξει στο Cisco Packet Tracer (CPT) θα εμφανιστεί το παραπάνω δίκτυο. Μπορείτε να αρχίσετε την άσκηση από την εικόνα. Από το ερώτημα 5 και κάτω μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το CPT και τις γνώσεις που αποκτήσατε κατά την εισαγωγή, που βρίσκονται στην παράγραφο 2.2.4, σελίδα 24 της 1^{ης} ενότητας.

1. Αναγνωρίστε 5 διαφορετικά υποδίκτυα στα οποία μπορεί να χωριστεί το δίκτυο.
2. Χρησιμοποιήστε διευθύνσεις της μορφής 192.168.x.x και δουλέψτε ώστε να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα:
 - Με τις απαιτήσεις για έγκυρες διευθύνσεις (size), ταξινομώντας τα δίκτυα από το μεγαλύτερο προς το μικρότερο
 - Επιλέξτε τις κατάλληλες subnet mask (Bits), σημειώστε τις όπως και την αντίστοιχη χωρητικότητα (Capacity)

n	Size	Bits	Capacity	SubNet	Usable IP Range
1					
2					
3					
4					
5	2				

3. Για ποιον λόγο επιλέξατε τις συγκεκριμένες subnet mask;
4. Προχωρήστε και με χρήση κάποιου online εργαλείου βρείτε το εύρος των έγκυρων διευθύνσεων IP (Usable IP Range) ώστε να συμπληρώσετε τον πίνακα.

5. Ανοίξτε το **CPT_Lab5.pkt** στο Cisco Packet Tracer. Θυμηθείτε ότι στις συσκευές επιπέδων ζεύξης (L2) και φυσικού (L1) δεν λειτουργεί το πρωτόκολλο IP. Για κάθε interface (NIC) ενός router, αναθέστε την πρώτη διαθέσιμη διεύθυνση IPv4 σε συνδυασμό με την αντίστοιχη μάσκα υποδικτύου. Για το υποδίκτυο μεταξύ των routers βάλτε την πρώτη IPv4 σε όποιον από τους δύο θέλετε.
6. Επιλέξτε δύο υπολογιστές σε κάθε υποδίκτυο για να αναθέσετε έγκυρες διευθύνσεις IPv4 και σε συνδυασμό με τις αντίστοιχες μάσκες υποδικτύου.
7. Επιλέξτε το έναν υπολογιστή στο υποδίκτυο και προσπαθήστε να κάνετε ping στον άλλο υπολογιστή και στον router του ίδιου υποδικτύου. Τι παρατηρείτε;
8. Προσπαθήστε να κάνετε ping σε υπολογιστές σε ένα άλλο υποδίκτυο. Τι παρατηρείτε;
9. Αν τυχόν υπάρχει πρόβλημα στην επικοινωνία και εμφανίζονται μηνύματα Request timed out σε ποιο επίπεδο εντοπίζεται;
10. Αν αλλάξετε μια IP Address εκτός του εύρους των έγκυρων host του subnet, κρατώντας το subnet mask που επιλέξατε, υπάρχει επικοινωνία με τους υπόλοιπους host στο υποδίκτυο; Σε ποιο επίπεδο δικτύου εντοπίζεται και αυτό το πρόβλημα;