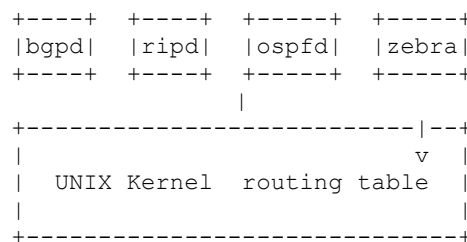


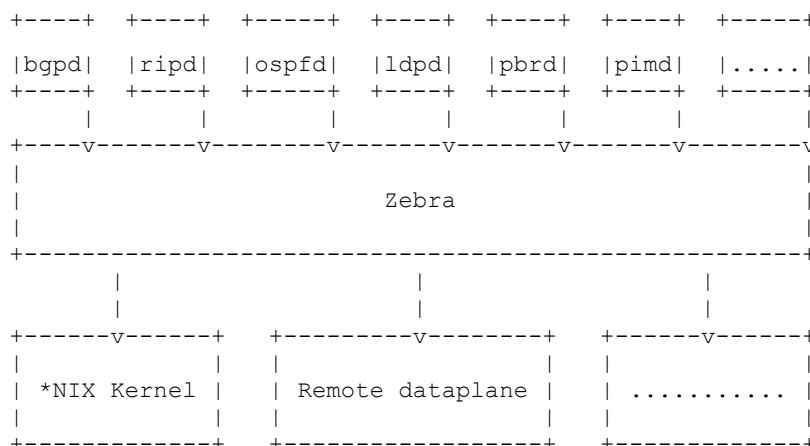
Εργαστηριακή Άσκηση 6

Εισαγωγή στο Quagga και FRRouting (FRR)

Το **Quagga** (<https://www.gnu.org/quagga/>) είναι ένα εξειδικευμένο λογισμικό δρομολόγησης ανοικτού κώδικα, για λειτουργικά συστήματα τύπου UNIX. Περιλαμβάνει υλοποιήσεις διαφόρων δυναμικών πρωτοκόλλων (OSPF, RIP, BGP, IS-IS) δρομολόγησης, καθώς και πολλές δυνατότητες στατικής δρομολόγησης, με περιβάλλον εντολών παρόμοιο με αυτό των δρομολογητών της εταιρίας Cisco. Το Quagga είναι εξέλιξη του παλιότερου Zebra το οποίο έχει σταματήσει να αναπτύσσεται από το 2005. Η ανάπτυξη του Quagga σταμάτησε το 2018 και το Linux Foundation ξεκίνησε μια διακλάδωσή (fork) του, το **FRRouting** (<https://frrouting.org>), εν συντομία FRR. Το FRR έχει γνωρίσει μεγάλη ανάπτυξη και υποστηρίζεται από πολλούς σημαντικούς παίκτες της αγοράς υπολογιστών και τηλεπικοινωνιών. Πέραν των πρωτοκόλλων δρομολόγησης που υποστηρίζει και το Quagga, το FRR περιλαμβάνει υλοποιήσεις των LDP, PIM, EIGRP, NHRP καθώς και πολλές άλλες επεκτάσεις. Η αρχιτεκτονική του Quagga (και του FRR) περιλαμβάνει ως πυρήνα τον δαίμονα zebra (zebra daemon). Τα πρωτόκολλα δρομολόγησης υλοποιούνται και αυτά ως διαφορετικά προγράμματα-δαίμονες. Ο δαίμονας OSPFd υλοποιεί το πρωτόκολλο Open Shortest Path First v2, ο OSPF6d το Open Shortest Path First v3 για IPv6, ο RIPd το Router Information Protocol v1 και v2, ο RIPNGd το Router Information Protocol New Generation για IPv6 και ο BGPd το Border Gateway Protocol v4 (IPv4 και IPv6). Ο δαίμονας zebra μεταφέρει εντολές από τα πρωτόκολλα δρομολόγησης προς το λειτουργικό σύστημα, και αντιστρόφως, όπως παραστατικά φαίνεται στο επόμενο σχήμα για το Quagga.



Μέσω του δαίμονα zebra αλλάζει ο πίνακας δρομολόγησης στον πυρήνα του λειτουργικού συστήματος και αναδιανέμονται μεταξύ διαφορετικών πρωτοκόλλων οι διαδρομές. Με τον τρόπο αυτό είναι εύκολο να προστεθούν νέα πρωτόκολλα χωρίς να επηρεάζονται τα παλιά. Δείτε στο παρακάτω σχήμα πώς το FRR επεκτείνει τη δυνατότητα αυτή.



Παρότι η αρχιτεκτονική με πολλούς δαίμονες επιτρέπει επεκτασιμότητα, ταυτόχρονα εισάγει την ανάγκη για πολλά αρχεία παραμετροποίησης και αντίστοιχα παράθυρα τερματικών για εισαγωγή εντολών. Για την υποστήριξη ενός συγκεκριμένου πρωτοκόλλου απαιτείται να τρέγει ο αντίστοιχος

δαίμονας και το zebra. Κάθε δαίμονας έχει το δικό του αρχείο παραμετροποίησης και αντίστοιχο τερματικό για εντολές. Π.χ. όταν θέλετε να παραμετροποιήσετε το BGP, αυτό πρέπει να γίνει στο αρχείο bgpd.conf και αντίστοιχα για τα άλλα πρωτόκολλα. Για στατικές διαδρομές στο Quagga χρησιμοποιείται το αρχείο παραμετροποίησης του zebra, ενώ στο FRR για υπάρχει χωριστός δαίμονας και το αντίστοιχο αρχείο είναι το staticd.conf. Όμως στην τελευταία έκδοση του FRR μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα μόνο αρχείο παραμετροποίησης, το frr.conf.

Επειδή κάτι τέτοιο είναι κουραστικό, το Quagga και το FRR παρέχουν μια ενοποιημένη διεπαφή φλοιού, περιβάλλον γραμμής εντολών (CLI – Command Line Interface), που αποκαλείται *vttysh*. Μέσω του *vttysh* ο χρήστης μπορεί να συνδεθεί με οποιοδήποτε δαίμονα και να δώσει τις κατάλληλες εντολές παραμετροποίησης. Το *vttysh* καλεί ένα εξωτερικό πρόγραμμα σελιδοποίησης (π.χ. *more* ή *less*) για να εμφανίσει στο τερματικό την πιθανώς μακριά έξοδο εντολών. Όταν ξεκινά το Quagga ή το FRR, οι δαίμονες διαβάζουν τα αντίστοιχα αρχεία παραμετροποίησης. Οι όποιες αλλαγές στη διάρθρωση των πρωτοκόλλων γίνονται στη συνέχεια μέσω του *vttysh* μπορούν αποθηκευτούν στα αρχεία αυτά με εντολή του χρήστη, ώστε να ισχύουν και σε περίπτωση επανεκκίνησης.

Σύνταξη εντολών στο *vttysh*

Το περιβάλλον διαχείρισης ενός τυπικού δρομολογητή της Cisco έχει 3 διακριτά επίπεδα με διαφορετικές δυνατότητες ως προς τον χρήστη. Στο πρώτο επίπεδο (**User EXEC mode**), ο χρήστης μπορεί να εκτελέσει ένα υποσύνολο των διαθέσιμων εντολών της συσκευής, κυρίως εντολές εμφάνισης στατιστικών, καθώς και να δει πληροφορίες σχετικά με την έκδοση του λογισμικού. Στο δεύτερο επίπεδο (**Privileged EXEC mode**), ο χρήστης έχει πλήρη δικαιώματα στη συσκευή και μπορεί να εκτελέσει το σύνολο των εντολών. Στο τελευταίο επίπεδο (**Configuration mode**), ο χρήστης μπορεί να μεταβάλει την παραμετροποίηση του δρομολογητή. Οι μεταβολές μπορούν να γίνουν στα γενικά στοιχεία του δρομολογητή (**Global configuration mode**), στον τρόπο υλοποίησης των αλγορίθμων δρομολόγησης (**router configuration mode**) και στις διεπαφές δικτύου της συσκευής (**interface configuration mode**).

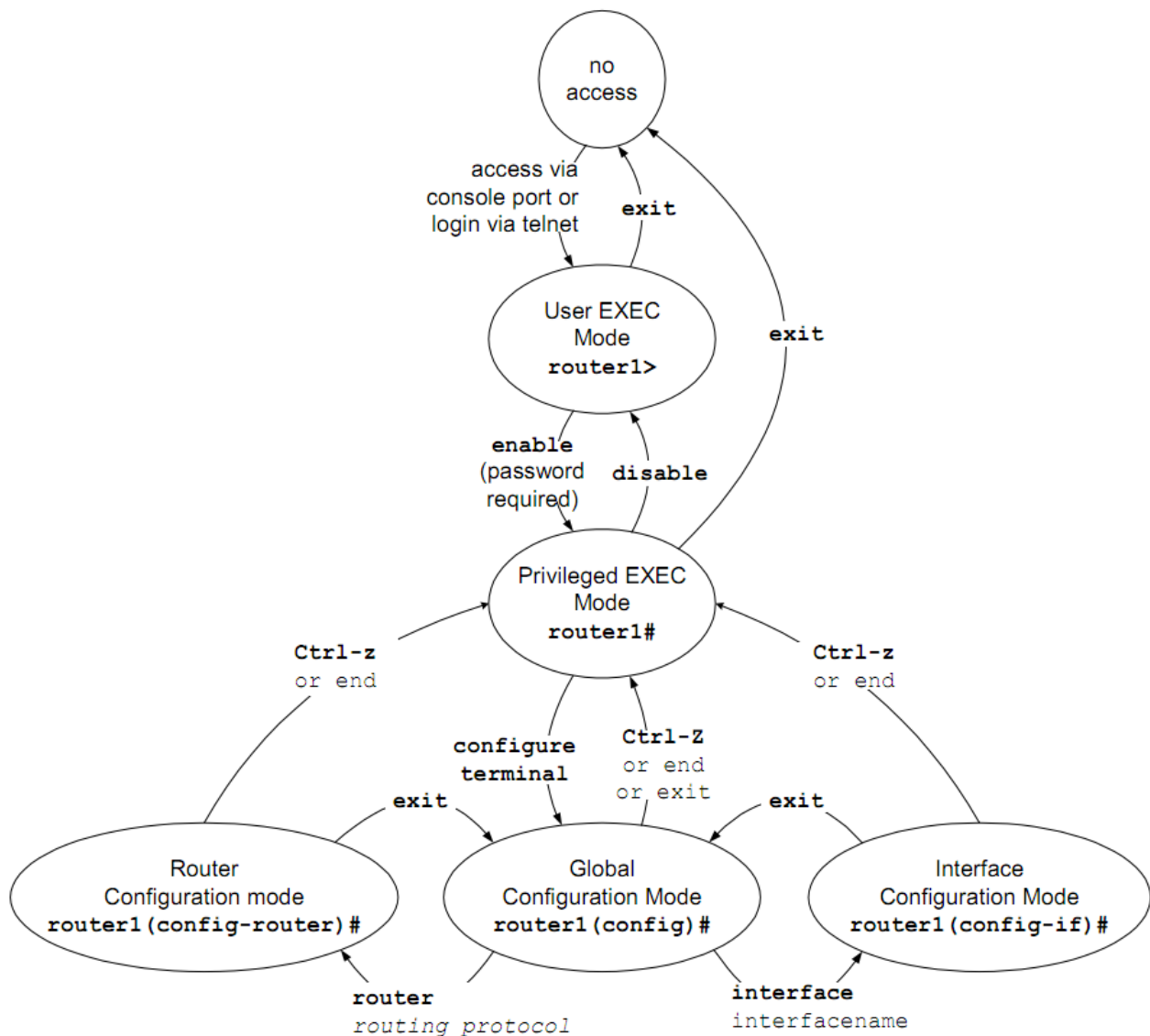
Στο επόμενο σχήμα απεικονίζονται τα επίπεδα λειτουργίας και οι τρόποι μετάβασης μεταξύ αυτών. Το σχήμα είναι φτιαγμένο για δρομολογητές Cisco, αλλά ισχύει και για το Quagga ή FRR, με εξαίρεση την απουσία πρόσβασης μέσω σειριακής θύρας (console port). Αντί αυτής με την εντολή “*vttysh*” αποκτάτε πρόσβαση ως χρήστης *root* απευθείας στο επίπεδο “Privileged EXEC”. Η είσοδος με telnet πρέπει να γίνει από τη θύρα 2601 στη διεύθυνση του βρόχου επιστροφής (127.0.0.1) είτε στη διεπαφή διαχείρισης (δείτε στη συνέχεια άσκηση 6) είτε, εάν έχει οριστεί διεύθυνση IP, σε κάποια άλλη διεπαφή. Μπορείτε εύκολα να καταλάβετε σε ποιο επίπεδο βρίσκεστε από την προτροπή (prompt) που εμφανίζεται στη γραμμή εντολών.

routername>

Βρίσκεστε στο επίπεδο **User EXEC** του δρομολογητή *routername*. Μερικές από τις διαθέσιμες εντολές είναι:

- **?** Εμφανίζει τις δυνατές επιλογές που έχει ο χρήστης στο σημείο που πληκτρολογεί τον χαρακτήρα αυτό, ακόμα και κατά τη σύνταξη της εντολής, καθώς και βοήθεια για τις εντολές.
- **who** εμφανίζει τη λίστα με τους απομακρυσμένους χρήστες.
- **list** εμφανίζει όλους τους δυνατούς τρόπους σύνταξης των διαθέσιμων εντολών.
- **show version** εμφανίζει την έκδοση του λογισμικού που έχει εγκατασταθεί.
- **show interface [iface]** εμφανίζει πληροφορίες και στατιστικά για όλες τις δικτυακές διεπαφές ή τη συγκεκριμένη διεπαφή *iface*, εφόσον οριστεί.

- **terminal length <0-512>** Θέτει το πλήθος γραμμών που εμφανίζονται στην οθόνη κατά το scrolling, δηλαδή, κάθε φορά που πατάτε κάποιο κουμπί για να δείτε τη συνέχεια. Αν η τιμή είναι 0, δεν υπάρχει μέγιστο μήκος.
- **show ip forwarding** εμφανίζει αν είναι ενεργοποιημένη ή όχι η προώθηση πακέτων IPv4.
- **show ip route** εμφανίζει τον πίνακα δρομολόγησης IPv4 (διαδρομές που γνωρίζει το zebra).
- **enable** είσοδος σε Privileged EXEC.



routername

Βρίσκεστε στο επίπεδο **Privileged EXEC** του δρομολογητή routername. Επιπλέον διαθέσιμες εντολές είναι:

- **show running-config / write terminal** εμφανίζει την τρέχουσα παραμετροποίηση του δρομολογητή.
- **write memory / write file** αποθηκεύει το αρχείο με την ενεργή παραμετροποίηση στο αρχείο εκκίνησης.
- **configure terminal** είσοδος σε Global Configuration Mode.

routename(config)#

Βρίσκεστε στο επίπεδο **Global Configuration Mode** του δρομολογητή routename. Μερικές από τις διαθέσιμες εντολές είναι:

- **do command** επιτρέπει την εκτέλεση μιας εντολής *command* του EXEC mode χωρίς να φύγετε από το τρέχον επίπεδο. Ισχύει σε όλα τα configuration modes.
- **hostname host** θέτει το όνομα του δρομολογητή σε *host*.
- **password pass** ενεργοποιεί συνθηματικό πρόσβασης για την πιστοποίηση απομακρυσμένων συνδέσεων.
- **enable password pass** ενεργοποιεί συνθηματικό πρόσβασης για την πιστοποίηση χρηστών που προσπαθούν να εισέλθουν στη λειτουργία Privileged EXEC.
- **service password-encryption** ενεργοποιεί την κρυπτογράφηση των συνθηματικών και αποτρέπει την εμφάνισή τους ως απλό κείμενο στο αρχείο παραμετροποίησης.
- **ip forwarding** ενεργοποιεί την προώθηση πακέτων IPv4.
- **ip route network gateway [distance]** δημιουργία εγγραφής στατικής διαδρομής προώθησης πακέτων IPv4 με προορισμό *network* μέσω *gateway* και διαχειριστική απόσταση *distance*.
- **no command** αφαιρεί από την τρέχουσα παραμετροποίηση την εντολή *command*. Ισχύει σε όλα τα configuration modes.
- **interface ifname** είσοδος σε Interface Configuration Mode για τη διεπαφή με όνομα *ifname*.
- **router protocol** είσοδος σε Router Configuration Mode για το πρωτόκολλο δρομολόγησης *protocol*.

routename(config-if)#

Βρίσκεστε στο επίπεδο **Interface Configuration Mode** του δρομολογητή routename. Μερικές από τις διαθέσιμες εντολές είναι:

- **ip address address/prefix** ανάθεση στατικής διεύθυνσης IPv4 στη διεπαφή.
- **description** καταχώρηση κειμένου περιγραφής για τη διεπαφή.
- **bandwidth** καταχώρηση πληροφορίας για την ταχύτητα της διεπαφής.
- **shutdown** απενεργοποίηση της διεπαφής.
- **link-detect** ενεργοποίηση της επιλογής παρακολούθησης κατάστασης της διεπαφής.

routename(config-router)#

Βρίσκεστε στο επίπεδο **Router Configuration Mode** του δρομολογητή routename. Τα πρωτόκολλα δρομολόγησης είναι αρχικά απενεργοποιημένα. Σε αυτήν την άσκηση θα επικεντρωθείτε στην αρχική παραμετροποίηση και σύνταξη εντολών σε περιβάλλον Quagga ή FRR για την εισαγωγή στατικών διαδρομών δρομολόγησης. Με τη δυναμική δρομολόγηση (πρωτόκολλα RIP, OSPF και BGP) θα ασχοληθείτε στις επόμενες εργαστηριακές ασκήσεις, όπου και θα δείτε πιο αναλυτικά τις σχετικές εντολές. Για περισσότερες πληροφορίες ανατρέξτε στην ιστοθέση <https://www.nongnu.org/quagga/> για το Quagga είτε στην ιστοθέση <https://frrouting.org> για το FRR καθώς και στα αντίστοιχα εγχειρίδια αυτών <https://www.nongnu.org/quagga/docs.html> και <https://docs.frrouting.org/en/latest/>.

BSD Router Project (BSDRP)

Το BSD Router Project (<https://bsdrp.net>) είναι μια διανομή του FreeBSD για ενσωματωμένες (embedded) συσκευές δικτύου, οι οποίες τυπικά εκτελούν καθήκοντα δρομολογητή. Στις παλιότερες εκδόσεις (μέχρι την 1.70) η διανομή αυτή περιλάμβανε το Quagga μαζί με μια ελαχιστοποιημένη έκδοση του FreeBSD δοκιμασμένη και ρυθμισμένη για δρομολόγηση υψηλών επιδόσεων. Από την

έκδοση 1.80 και μετά περιλαμβάνει το FRRouting. Επειδή είναι προσαρμοσμένο για ενσωματωμένες συσκευές, ο δίσκος είναι ρυθμισμένος για ανάγνωση μόνο. Σε παλιότερες εκδόσεις, ένας δίσκος 256 MB (Compact Flash, USB stick, κλπ) ήταν αρκετός. Οι νεότερες εκδόσεις χρειάζονται δίσκο 2 GB και κατ' ελάχιστον 512 MB RAM ή δε τελευταία απαιτεί δίσκο 4 GB. Εκτός από το Quagga ή FRR περιλαμβάνει ένα αντίστοιχο λογισμικό δρομολόγησης, το bird (<https://bird.network.cz>), καθώς και πολλά άλλα χρήσιμα για δρομολογητές εργαλεία.

Άσκηση 1 (προετοιμασία): Γνωριμία με το περιβάλλον του FRR

Ως προετοιμασία στο σπίτι και προτού έρθετε στο εργαστήριο, θα δημιουργήσετε ένα εικονικό δρομολογητή, χρησιμοποιώντας ένα μηχάνημα FreeBSD 13.4 όπου θα εγκαταστήσετε το FRR και στη συνέχεια θα εξοικειωθείτε με τις βασικές του εντολές.

Για την εγκατάσταση του FRR σε ένα εικονικό μηχάνημα FreeBSD ακολουθήστε τις παρακάτω οδηγίες.

1. Στις ρυθμίσεις δικτύου του εικονικού μηχανήματος ορίστε την πρώτη διεπαφή σε NAT¹.
2. Ξεκινήστε το εικονικό μηχάνημα, εισέλθετε ως διαχειριστής (root) και ενεργοποιήστε τον πελάτη DHCP στην κάρτα δικτύου em0.
3. Δοκιμάστε εάν μπορείτε να κάνετε ping www.google.com. Εάν όχι, ορίστε στο resolv.conf τον κατάλληλο nameserver (για το οικιακό περιβάλλον είναι η διεύθυνση του δρομολογητή σας).
4. Εκτελέστε την εντολή pkg update ώστε να ενημερωθεί το εργαλείο pkg διαχείρισης πακέτων λογισμικού του FreeBSD, απαντώντας θετικά στις ερωτήσεις που θα εμφανισθούν.
5. Εκτελέστε την εντολή pkg install frr9 για την εγκατάσταση της έκδοσης 9.1 του πακέτου frr, απαντώντας θετικά στις ερωτήσεις που θα εμφανισθούν.
6. Προσθέστε τη γραμμή kern.ipc.maxsockbuf=16777216 στο αρχείο /etc/sysctl.conf προκειμένου να αποφευχθούν τα λάθη που περιγράφει το ενημερωτικό μήνυμα μετά το τέλος της εγκατάστασης.
7. Διορθώστε το αρχείο εκκίνησης /etc/rc.conf ορίζοντας hostname="PC" και προσθέτοντας τις εντολές gateway_enable="YES" για να ενεργοποιηθεί η δρομολόγηση, frr_enable="YES" για να ενεργοποιηθεί το FRR, frr_vtysh_boot="YES" ώστε να χρησιμοποιείται ένα αρχείο παραμετροποίησης για το FRR και frr_daemons=" mgmtd zebra staticd" για να ξεκινούν οι δαίμονες mgmtd, zebra και staticd.
8. Προσθέστε στο αρχείο /etc/csh.cshrc τη γραμμή setenv VTYSH_PAGER "more -EFX"
9. Διαγράψτε το αρχείο /etc/resolv.conf που δημιούργησε ο πελάτης DHCP και κλείστε το εικονικό μηχάνημα με την εντολή poweroff.
10. Στις δικτυακές ρυθμίσεις του μηχανήματος ορίστε για την κάρτα εσωτερική δικτύωση, επιλέξτε Deny στο Promiscuous Mode και δώστε στο εσωτερικό δίκτυο το όνομα LAN1.
11. Κάντε επανεκκίνηση του FreeBSD, βεβαιωθείτε ότι η υπηρεσία sshd και το frr τρέχουν.
12. Διαγράψτε το ιστορικό των εντολών που δώσατε μέχρι το σημείο αυτό, κλείστε το εικονικό μηχάνημα με την εντολή poweroff και από τη διαδρομή *File* → *Export Appliance...* στο VirtualBox δημιουργήστε ένα αρχείο frr.ova.
13. Αποθηκεύστε κάπου το αρχείο frr.ova για να μπορείτε να δημιουργείτε στο μέλλον εικονικά μηχανήματα με ενεργοποιημένο το FRR.

¹ Εναλλακτικά, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε NAT Network.

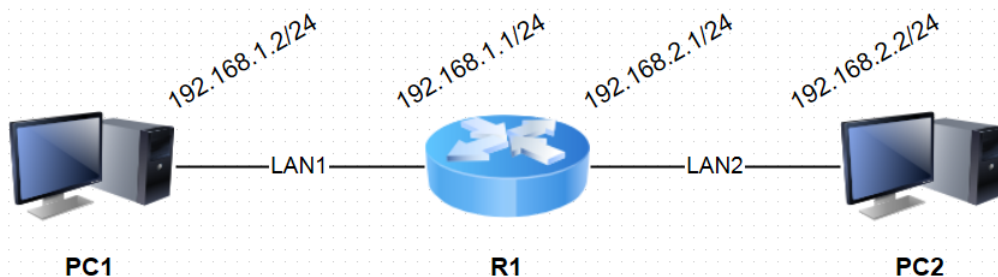
Ξεκινήστε στο VirtualBox έναν εικονικό δρομολογητή, το FreeBSD με εγκατεστημένο το FRR που φτιάξατε, και απαντήστε στις ερωτήσεις καταγράφοντας παράλληλα, όπου απαιτείται, την ακριβή σύνταξη των εντολών που χρησιμοποιήσατε.

- 1.1 Από τη γραμμή εντολών του εικονικού μηχανήματος δοκιμάστε να συνδεθείτε με telnet στην πόρτα 2601 του localhost, όπου απαντά η υπηρεσία του zebra προσφέροντας πρόσβαση στο περιβάλλον διαχείρισης του δαίμονα. Τι μήνυμα λάθους βλέπετε;
- 1.2 Ποια είναι η εντολή που θα σας δώσει απευθείας πρόσβαση διαχειριστή στο περιβάλλον του FRR;
- 1.3 Πατώντας το πλήκτρο “?” πόσες διαθέσιμες προς εκτέλεση εντολές βλέπετε;
- 1.4 Δοκιμάστε να πληκτρολογήσετε μία από τις διαθέσιμες εντολές, την traceroute, γράφοντας μόνο τα 2 πρώτα γράμματα και πατώντας το tab. Τι παρατηρείτε;
- 1.5 Δοκιμάστε να πληκτρολογήσετε μια άλλη από τις διαθέσιμες εντολές, π.χ. configure, γράφοντας μόνο τα 2 πρώτα γράμματα και πατώντας το tab. Τι παρατηρείτε; Εάν πατήσετε το ? τι θα εμφανισθεί;
- 1.6 Δοκιμάστε τη εντολή sh ver. Ποια είναι η αντίστοιχη ολοκληρωμένη σύνταξη της εντολής;
- 1.7 Ποιος είναι ο συντομότερος τρόπος για να δώσετε την εντολή write terminal;
- 1.8 Με ποια εντολή μπορείτε να δείτε την τρέχουσα παραμετροποίηση του FRR;
- 1.9 Με ποια εντολή μπορείτε να εισέλθετε σε “Global Configuration Mode”;
- 1.10 Ορίστε συνθηματικό πρόσβασης “ntua” για πιστοποίηση χρηστών κατά την απομακρυσμένη είσοδο.
- 1.11 Πόσες φορές πρέπει να δώσετε την εντολή exit για να βρεθείτε πάλι στο κέλυφος του UNIX;
- 1.12 Δοκιμάστε πάλι να συνδεθείτε με telnet στον δαίμονα zebra του FRR. Τι εμφανίζεται;
- 1.13 Έχοντας εισέλθει στο περιβάλλον διαχείρισης του zebra μέσω telnet, βρίσκεστε σε επίπεδο λειτουργίας User EXEC ή Privileged EXEC;
- 1.14 Πατώντας το πλήκτρο “?” πόσες διαθέσιμες προς εκτέλεση εντολές βλέπετε;
- 1.15 Συγκρίνετε το πλήθος των εντολών με αυτόν της απάντησης στην ερώτηση 1.3.
- 1.16 Με ποια εντολή μπορείτε να δείτε πληροφορίες για όλες τις διεπαφές δικτύου;
- 1.17 Δείτε εάν η λειτουργία προώθησης πακέτων IPv4 είναι ενεργοποιημένη.
- 1.18 Εμφανίστε τον πίνακα δρομολόγησης του συστήματος.
- 1.19 Μπορείτε να δείτε την τρέχουσα παραμετροποίηση του FRR όπως στην ερώτηση 1.8; Αιτιολογήστε.
- 1.20 Με ποια εντολή θα εισέλθετε στο επίπεδο λειτουργίας Privileged EXEC;
- 1.21 Μπορείτε τώρα να δείτε την τρέχουσα παραμετροποίηση του FRR; Εμφανίζεται κάπου το συνθηματικό πρόσβασης που ορίσατε στην ερώτηση 1.10;
- 1.22 Πατώντας το πλήκτρο “?” πόσες διαθέσιμες προς εκτέλεση εντολές βλέπετε;
- 1.23 Εμφανίστε όλους τους δυνατούς τρόπους σύνταξης των διαθέσιμων εντολών.
- 1.24 Με ποιες εντολές θα ορίστε συνθηματικό “ntua” για είσοδο στο επίπεδο λειτουργίας Privileged EXEC.
- 1.25 Με ποια εντολή μπορείτε να αποθηκεύσετε την τρέχουσα παραμετροποίηση του zebra. Ποιο αρχείο ενημερώνεται;
- 1.26 Αφού εξέλθετε, ξανασυνδεθείτε με telnet στον δαίμονα zebra και προσπαθήστε να εισέλθετε σε επίπεδο λειτουργίας Privileged EXEC. Τι διαφορετικό παρατηρείτε;
- 1.27 Δοκιμάστε πάλι να συνδεθείτε στο FRR μέσω του vtysh. Σε ποιο σε επίπεδο λειτουργίας βρεθήκατε; Ζητήθηκε να δώσετε το συνθηματικό που ορίσατε προηγουμένως;

- 1.28 Με ποια εντολή μπορείτε να κρυπτογραφήσετε τα συνθηματικά που εμφανίζονται στην τρέχουσα παραμετροποίηση ώστε, όταν αποθηκεύσετε στο αρχείο εκκίνησης τις αλλαγές που κάνατε, να μην μπορεί κάποιος να τα διαβάσει;
- 1.29 Ονομάστε τον εικονικό δρομολογητή R1 Ποια αλλαγή παρατηρείτε;
- 1.30 Αποθηκεύστε και πάλι την τρέχουσα παραμετροποίηση του FRR. Ποιο αρχείο ενημερώνεται αυτή τη φορά και γιατί; [Υποδ. Δείτε <https://docs.frrouting.org/en/latest/basic.html#config-file>];
- 1.31 Αποσυνδεθείτε και συνδεθείτε πάλι στο FRR μέσω του vtysh. Έχει διατηρηθεί το R1 ως όνομα του εικονικού μηχανήματος; [Υποδ. Δείτε <https://docs.frrouting.org/en/latest/basic.html>.];
- 1.32 Θέλετε να συνδεθείτε απομακρυσμένα μέσω του δημοσίου Internet σε δρομολογητή FRR. Θα προτιμούσατε από πλευράς ασφάλειας να συνδεθείτε άμεσα με telnet στο περιβάλλον διαχείρισης του εκάστοτε δαίμονα ή έμμεσα μέσω ssh στο λειτουργικό σύστημα, αποκτώντας δικαιώματα διαχειριστή και έπειτα εκτελώντας την εντολή vtysh; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

Άσκηση 2: Δρομολόγηση σε ένα βήμα

Κατασκευάστε στο VirtualBox την τοπολογία του σχήματος χρησιμοποιώντας ως εικονικό δρομολογητή το BSDRP. Θα βρείτε μια έτοιμη εγκατάστασή του για VirtualBox στο αρχείο router.ova² που θα κατεβάσετε από τη σελίδα τους μαθήματος ή με ανώνυμο ftp από το edu-dy.cn.ntua.gr επιλέγοντας δυαδικό (bin) τρόπο μεταφοράς. Στη συγκεκριμένη εγκατάσταση BSDRP η λειτουργία δρομολόγησης γίνεται με το Quagga. Για τα PC θα χρησιμοποιήσετε το FreeBSD 13.4 με FRR που κατασκευάσατε. Για διευκόλυνση το PC2 μπορεί να κατασκευαστεί ως κλώνος του PC1. Κάθε φορά που κατασκευάζετε νέο μηχάνημα μην παραλείπετε το Generate new MAC addresses for all network adapters.



Ο λογαριασμός του διαχειριστή (root) στο BSDRP δεν έχει κωδικό πρόσβασης. Αφού εισέλθετε στην κονσόλα, δώστε help για να δείτε ποιες επιπλέον του λειτουργικού συστήματος εντολές προσφέρονται. Εξ αυτών, με την εντολή cli εισέρχεστε στο περιβάλλον διαχείρισης (ισοδυναμεί με την vtysh) και μπορείτε να δώσετε εντολές παραμετροποίησης.

Τα αρχεία παραμετροποίησης του Quagga, ένα για κάθε δαίμονα, φυλάσσονται στον φάκελο /usr/local/etc/quagga. Όμως ο δίσκος του δρομολογητή BSDRP φορτώνεται για ανάγνωση μόνο. Έτσι για να παραμείνουν οι ρυθμίσεις που θα κάνετε και μετά από επανεκκίνηση του BSDRP θα πρέπει να ακολουθήσετε την ακόλουθη διαδικασία. Πρώτα τα αποθηκεύετε προσωρινά με write file και μετά αφού εξέλθετε από το cli εκτελείτε την εντολή config save. Με config help μπορείτε να δείτε τις άλλες διαθέσιμες επιλογές, όπως π.χ. για την επαναφορά σε προηγούμενη κατάσταση εάν κάτι κάνατε λάθος. Για περισσότερες λεπτομέρειες διαβάστε τις οδηγίες χρήσης στην ιστοσελίδα https://bsdrp.net/documentation/end-users_docs.

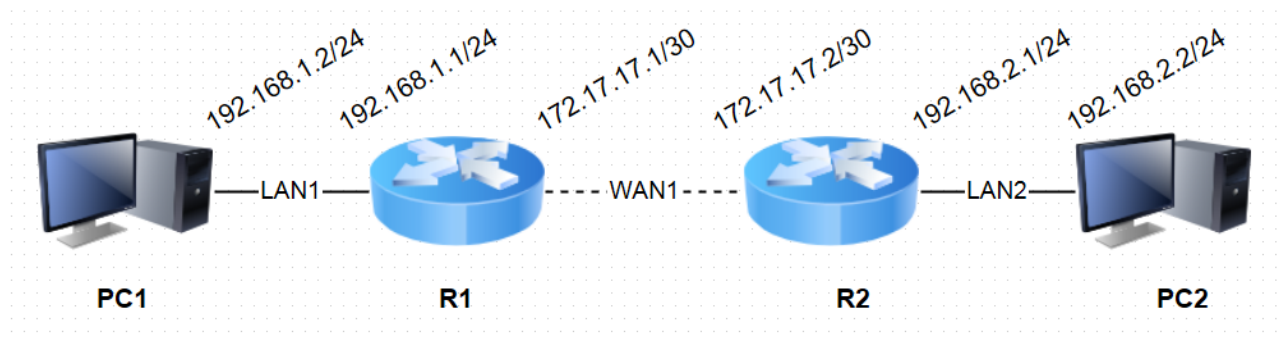
² Στα μηχανήματα PC Lab θα το βρείτε στον φάκελο VMs, δικτυακός δίσκος Υ.

Απαντήστε τις παρακάτω ερωτήσεις καταγράφοντας παράλληλα, όπου απαιτείται, την ακριβή σύνταξη των εντολών που χρησιμοποιήσατε.

- 2.1 Για τα PC1 και PC2 ορίστε μέσω `vysh` τα ονόματά τους και τις διευθύνσεις IP των καρτών δικτύου τους;
- 2.2 Παρόμοια μέσω `cli` ορίστε το όνομα του δρομολογητή R1 και τις διευθύνσεις IP των διεπαφών του `em0` και `em1`.
- 2.3 Επιβεβαιώστε ότι ο ορισμός των διευθύνσεων IP έγινε σωστά, εμφανίζοντας πληροφορίες για τις δικτυακές διεπαφές των συστημάτων.
- 2.4 Δείτε αν η προώθηση πακέτων στον R1 είναι ενεργοποιημένη και σε περίπτωση που δεν είναι, ενεργοποιήστε την.
- 2.5 Μέσω `vysh` εισάγετε στον πίνακα δρομολόγησης του PC1 στατική εγγραφή για το υποδίκτυο του LAN2 με επόμενο βήμα τον R1.
- 2.6 Παρόμοια εισάγετε στον πίνακα δρομολόγησης του PC2 στατική εγγραφή για το υποδίκτυο του LAN1.
- 2.7 Με ποια εντολή μπορείτε να δείτε τον πίνακα δρομολόγησης στο διαχειριστικό περιβάλλον του FRR; Πόσες διαδρομές εμφανίζονται;
- 2.8 Πώς ξεχωρίζει η στατική διαδρομή που εισαγάγατε για το απομακρυσμένο LAN από αυτήν για το απευθείας συνδεδεμένο δίκτυο;
- 2.9 Βγείτε από το `vysh` και εμφανίστε τον πίνακα δρομολόγησης όπως τον αντιλαμβάνεται το λειτουργικό σύστημα του εικονικού μηχανήματος. Συμφωνούν οι πληροφορίες που εμφανίζονται με αυτές του `cli`;
- 2.10 Μπορείτε να κάνετε `ping` από το PC1 στο PC2. Επικοινωνούν οι δύο υπολογιστές;
- 2.11 Πόσες διαθέσιμες προς εκτέλεση εντολές βλέπετε στο `cli` του R1;
- 2.12 Μέσα από το `cli` του R1 μπορείτε να κάνετε `ping` ή `tracert` προς τα PC1 ή PC2;
- 2.13 Μέσα από το `cli` του R1 μπορείτε να κάνετε `ssh` ή `telnet` στο PC1;
- 2.14 Μέσω `cli` ορίστε στη διεπαφή `em0` του R1 τη διεύθυνση IPv4 192.168.1.200/24 και στη συνέχεια εμφανίστε πληροφορίες μόνο για τη συγκεκριμένη διεπαφή. Τι παρατηρείτε;
- 2.15 Με ποια εντολή μπορείτε να μεταβείτε προσωρινά από το περιβάλλον του `cli` στη γραμμή εντολών του εικονικού μηχανήματος;
- 2.16 Εμφανίστε πληροφορίες για τη διεπαφή `em0` από τη γραμμή εντολών. Συμφωνούν οι πληροφορίες που εμφανίζονται με αυτές του `cli`;
- 2.17 Επιστρέψτε στο `cli`, αφαιρέστε τη διεύθυνση IP που ορίσατε στη διεπαφή `em0` του R1 στο ερώτημα 2.14 και επιβεβαιώστε ότι έχει διαγραφεί.
- 2.18 Με ποια εντολή μπορείτε να αποθηκεύσετε τη διάθροση του R1;
- 2.19 Ποια αρχεία παραμετροποίησης ενημερώνονται;
- 2.20 Τι πρέπει να κάνετε ώστε να παραμείνουν οι ρυθμίσεις και μετά από επανεκκίνηση του δρομολογητή R1;

Άσκηση 3: Δρομολόγηση σε περισσότερα βήματα

Κατασκευάστε στο VirtualBox την τοπολογία του σχήματος. Για τα PC μπορείτε να χρησιμοποιήσετε αυτά της προηγούμενης άσκησης. Για τους δρομολογητές θα κατασκευάσετε νέα εικονικά μηχανήματα βασισμένα στο BSDRP. Για τον δεύτερο δρομολογητή (R2) μπορείτε να κλωνοποιήσετε τον πρώτο (R1). Μην παραλείψετε το `Generate new MAC addresses for all network adapters`.

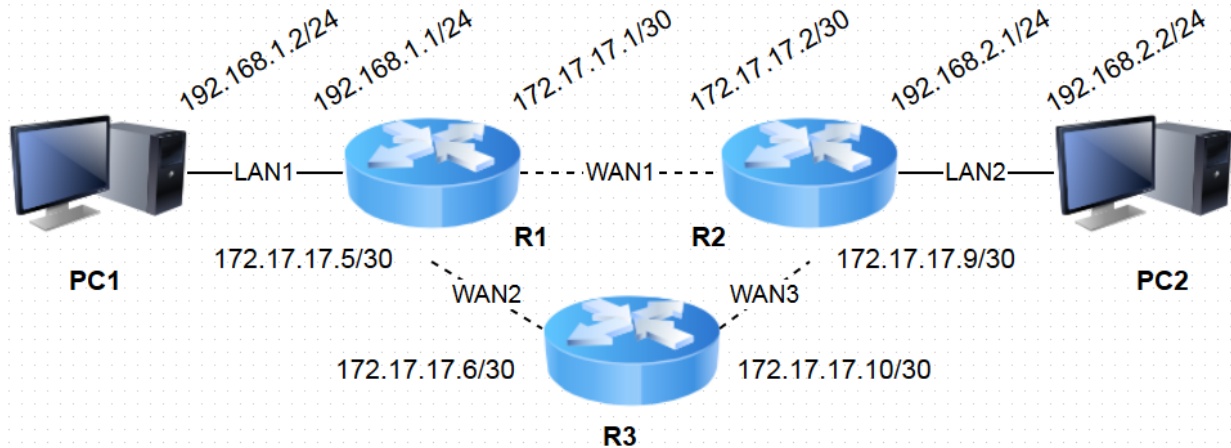


Απαντήστε τις παρακάτω ερωτήσεις καταγράφοντας παράλληλα, όπου απαιτείται, την ακριβή σύνταξη των εντολών που χρησιμοποιήσατε.

- 3.1 Ορίστε ή επιβεβαιώστε τις διευθύνσεις IP και τις στατικές διαδρομές προς LAN1, LAN2 στα PC όπως προηγουμένως.
- 3.2 Μέσω cli ορίστε το όνομα και τις διευθύνσεις IP των διεπαφών em0 και em1 του δρομολογητή R1, όπως εμφανίζονται στο σχήμα.
- 3.3 Μέσω cli ορίστε το όνομα και τις διευθύνσεις IP των διεπαφών em0 και em1 του δρομολογητή R2, όπως εμφανίζονται στο σχήμα.
- 3.4 Μέσω cli εισάγετε στον πίνακα δρομολόγησης του R1 την κατάλληλη στατική εγγραφή για το τοπικό δίκτυο του LAN2.
- 3.5 Μέσω cli εισάγετε στον πίνακα δρομολόγησης του R2 την κατάλληλη στατική εγγραφή για το τοπικό δίκτυο του LAN1.
- 3.6 Μπορείτε να κάνετε ping ή traceroute από το PC1 στο PC2 ή το PC2 στο PC1;
- 3.7 Προσπαθήστε να συνδεθείτε από το PC1 στην υπηρεσία zebra του R1. Τι πρέπει να ορίσετε στον R1 για να μπορεί να γίνει δυνατή η παραπάνω σύνδεση;
- 3.8 Μέσω της σύνδεσης που έχετε επιτύχει (από το PC1 στον R1), μπορείτε να συνδεθείτε στην υπηρεσία zebra του R2, ώστε τελικά να εκτελείτε εντολές από το PC1 στον R2; Εάν όχι, γιατί; [Υποδ. Εμφανίστε τη λίστα με τις διαθέσιμες εντολές].
- 3.9 Αν θέλατε να συνδεθείτε από το PC1 στην υπηρεσία zebra του R2, σε ποια από τις δύο διευθύνσεις IP θα κάνατε telnet και γιατί;
- 3.10 Συνδεθείτε από το PC2 στην υπηρεσία zebra του R1. Με ποια εντολή μπορείτε να δείτε πόσοι χρήστες είναι συνδεδεμένοι;
- 3.11 Εμφανίζεται και ο χρήστης που έχει εισέλθει τοπικά μέσω cli στο περιβάλλον διαχείρισης;
- 3.12 Από την απομακρυσμένη σύνδεση στον R2, μπορείτε να εκτελέσετε ping ή traceroute προς το PC1; Από την τοπική σύνδεση με cli μπορείτε;
- 3.13 Γιατί το ping ή το traceroute από τον R2 προς το PC1 ή R1 προς PC2 δεν ολοκληρώνεται, ενώ τα αντίστοιχα από το PC2 προς το PC1 ή το PC1 προς το PC2 επιτυγχάνει;
- 3.14 Αφαιρέστε από τον πίνακα δρομολόγησης του PC1 τη στατική διαδρομή για το LAN2 και εισάγετε νέα για προκαθορισμένη διαδρομή μέσω του R1.
- 3.15 Αντίστοιχα, στο PC2 αφαιρέστε τη στατική διαδρομή για το LAN1 και εισάγετε νέα για προκαθορισμένη διαδρομή μέσω του R2. .
- 3.16 Είναι επιτυχές τώρα το ping ή το traceroute της ερώτησης 3.13;

Άσκηση 4: Εναλλακτικές διαδρομές

Κατασκευάστε στο VirtualBox την τοπολογία του σχήματος. Για τους δρομολογητές R1, R2 και R3 θα κατασκευάσετε νέα εικονικά μηχανήματα BSDRP με τρεις κάρτες δικτύου με βάση το router.ova. Για τον δεύτερο και τον τρίτο δρομολογητή μπορείτε να κλωνοποιήσετε τον πρώτο (R1). Μην παραλείψετε το Generate new MAC addresses for all network adapters. Για τα PC μπορείτε να χρησιμοποιήσετε αυτά της προηγούμενης άσκησης.



Απαντήστε τις παρακάτω ερωτήσεις καταγράφοντας παράλληλα, όπου απαιτείται, την ακριβή σύνταξη των εντολών που χρησιμοποιήσατε.

- 4.1 Ορίστε ή επιβεβαιώστε τις διευθύνσεις IP και τις προκαθορισμένες διαδρομές στα PC.
- 4.2 Μέσω cli ορίστε το όνομα και τις διευθύνσεις IP των διεπαφών em0, em1 και em2 του δρομολογητή R1, όπως στο σχήμα.
- 4.3 Εισάγετε μέσω cli στον πίνακα δρομολόγησης του R1 τη στατική εγγραφή που απαιτείται, ώστε η κίνηση από το LAN1 προς το LAN2 να δρομολογείται μέσω του WAN1.
- 4.4 Μέσω cli εμφανίστε τον πίνακα δρομολόγησης. Ποιες διαδρομές εμφανίζονται;
- 4.5 Από τη γραμμή εντολών του εικονικού μηχανήματος εμφανίστε με την εντολή netstat τον πίνακα δρομολόγησης. Συμφωνούν οι πληροφορίες που εμφανίζονται με αυτές της cli;
- 4.6 Ποιες σημαίες (flags) έχουν δηλωθεί για τη διαδρομή προς το LAN2 στην έξοδο της netstat και ποιο το νόημά τους; [Υποδ. Δείτε σελίδα man για την εντολή netstat.]
- 4.7 Μέσω cli ορίστε το όνομα και τις διευθύνσεις IP των διεπαφών em0, em1 και em2 του δρομολογητή R2, όπως στο σχήμα.
- 4.8 Εισάγετε μέσω cli στον πίνακα δρομολόγησης του R2 τη στατική εγγραφή που απαιτείται, ώστε η κίνηση από το LAN2 προς το LAN1 να δρομολογείται μέσω του WAN1.
- 4.9 Μέσω cli ορίστε το όνομα και τις διευθύνσεις IP των διεπαφών em1 και em2 του δρομολογητή R3, όπως στο σχήμα.
- 4.10 Εισάγετε μέσω cli στον πίνακα δρομολόγησης του R3 τις κατάλληλες στατικές εγγραφές, ώστε να μπορεί αυτός να επικοινωνήσει (μέσω των συντομότερων διαδρομών) με τα LAN1 και LAN2.
- 4.11 Από το PC1 μπορείτε να κάνετε ping στη διεπαφή του R3 στο WAN2. Είναι επιτυχής;
- 4.12 Από το PC2 μπορείτε να κάνετε ping στη διεπαφή του R3 στο WAN2. Εάν όχι, γιατί;
- 4.13 Από το PC1 εκτελέστε traceroute προς το PC2. Ποια διαδρομή ακολουθούν τα πακέτα;

Άσκηση 5: Σφάλμα καλωδίου και αυτόματη αλλαγή στη δρομολόγηση

Στην προηγούμενη Εργαστηριακή Άσκηση 5 εξομοιώσατε βλάβη στο καλώδιο και είδατε ότι για να συνεχίσει η λειτουργία του δικτύου θα πρέπει να γίνουν χειροκίνητες αλλαγές. Σε ένα δρομολογητή όμως μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την τεχνική του “Floating Static Route” για να γίνει κάτι τέτοιο αυτόματα (δείτε λεπτομέρειες στην περιγραφή της παραγράφου 2.4.3 της ιστοσελίδας <https://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=2180209&seqNum=7>). Για να λειτουργήσει το παραπάνω θα πρέπει να τοποθετήσετε μια δευτερεύουσα εγγραφή στους πίνακες δρομολόγησης με χαμηλότερη βαρύτητα (μεγαλύτερη διαχειριστική απόσταση – administrative distance), η οποία θα χρησιμοποιηθεί μόνο σε περίπτωση πτώσης της πρωτεύουσας διαδρομής. Όπως αναφέρθηκε στην Εργαστηριακή Άσκηση 5, η διαχειριστική απόσταση δείχνει βαθμό εμπιστοσύνης. Όσο πιο μικρή είναι η τιμή της, τόσο πιο έμπιστη είναι η πηγή πληροφόρησης. Υπενθυμίζεται ότι οι απευθείας συνδεδεμένες σε ένα δίκτυο διεπαφές έχουν διαχειριστική απόσταση 0, ενώ οι στατικές εγγραφές έχουν διαχειριστική απόσταση 1. Τέλος, η τιμή 255 δείχνει ότι δεν υπάρχει καμία εμπιστοσύνη σε αυτή τη διαδρομή και ο δρομολογητής δεν την εισάγει στον πίνακα.

Σε ένα πραγματικό δίκτυο η πτώση της φυσικής διασύνδεσης WAN1 θα σήμαινε αποσύνδεση και στις δυο άκρες του καλωδίου. Για να εξομοιώσουμε αυτό σωστά στο VirtualBox θα πρέπει να αποσυνδέσουμε τα άκρα του καλωδίου και στους δύο δρομολογητές. Επιπλέον για να μπορέσει το Quagga να αντιληφθεί το σφάλμα αυτό θα πρέπει να έχει ενεργοποιηθεί προηγουμένως η λειτουργία link-detect στις συγκεκριμένες διεπαφές. Στο FRR η λειτουργία link-detect είναι ενεργοποιημένη εξ αρχής.

Απαντήστε τις παρακάτω ερωτήσεις καταγράφοντας παράλληλα, όπου απαιτείται, την ακριβή σύνταξη των εντολών που χρησιμοποιήσατε.

- 5.1 Μέσω cli προσθέστε στον R1 την κατάλληλη δευτερεύουσα στατική εγγραφή για να δρομολογείται εναλλακτικά η κίνηση προς το LAN2 μέσω του R3.
- 5.2 Ποια τιμή δώσατε στην παράμετρο *distance* της εντολής και γιατί;
- 5.3 Μέσω cli προσθέσετε στον R2 την κατάλληλη δευτερεύουσα στατική εγγραφή για να δρομολογείται εναλλακτικά η κίνηση προς το LAN1 μέσω του R3;
- 5.4 Ποιες εγγραφές για τα LAN2 και LAN1 υπάρχουν στον πίνακα δρομολόγησης των R1 και R2, αντίστοιχα;
- 5.5 Στον R1, ποια από τις διαθέσιμες διαδρομές προς το LAN2 είναι ενεργοποιημένη; Με ποιον τρόπο καταδεικνύεται αυτό στον πίνακα δρομολόγησης;
- 5.6 Σε ποιο σημείο του πίνακα δρομολόγησης φαίνεται η διαχειριστική απόσταση;
- 5.7 Στον R2, ποια από τις διαθέσιμες διαδρομές προς το LAN1 είναι ενεργοποιημένη;
- 5.8 Ενεργοποιήστε τη λειτουργία link-detect στις κατάλληλες διεπαφές των R1 και R2, ώστε το Quagga να μπορέσει να ανιχνεύσει πτώση της ζεύξης WAN1.
- 5.9 Πώς θα αποσυνδέσετε μέσω του VirtualBox το καλώδιο μόνο από τη διεπαφή του R1 ώστε να χαθεί η ζεύξη του με το WAN1;
- 5.10 Ποια διαδρομή προς το LAN2 είναι τώρα ενεργοποιημένη στον R1;
- 5.11 Υπάρχει ένδειξη για την κατάσταση της άλλης διαδρομής προς το LAN2;
- 5.12 Έχει περάσει η αλλαγή στον πίνακα δρομολόγησης του εικονικού μηχανήματος για το LAN2 όπως τον εμφανίζει η εντολή netstat;
- 5.13 Ποια διαδρομή προς το LAN1 είναι ενεργοποιημένη στον R2; Γιατί;
- 5.14 Αποσυνδέστε μέσω του VirtualBox το καλώδιο στη διεπαφή του R2 ώστε να χαθεί η ζεύξη του με το WAN1. Έγινε σωστά η μετάβαση στην εναλλακτική διαδρομή μετά την απώλεια της ζεύξης;

- 5.15 Επιβεβαιώστε τα παραπάνω κάνοντας traceroute από το PC1 στο PC2.
- 5.16 Συνδεθείτε με SSH από το PC2 στο PC1. Επανασυνδέοντας τα καλώδια των δύο διεπαφών, χάνεται η σύνδεση SSH;
- 5.17 Ποια διαδρομή ακολουθείται τώρα για τη διασύνδεση LAN1-LAN2; Πώς το εξακριβώσατε;

Άσκηση 6: Διευθύνσεις διαχείρισης (loopback)

Στους δικτυακούς εξοπλισμούς συνηθίζεται να χρησιμοποιείται ο όρος βρόχος επιστροφής (loopback) για την εικονική διεπαφή που διαθέτει ο εξοπλισμός ώστε να είναι δυνατή η διαχείρισή του μέσω του δικτύου. Σε αντίθεση με τον βρόχο επιστροφής στα υπολογιστικά συστήματα, αυτή η διεπαφή δεν χρησιμοποιείται για την εσωτερική επικοινωνία. Σε αυτή την εικονική διεπαφή αντιστοιχίζουμε μια διεύθυνση IP η οποία δεν ανήκει σε κάποια από τις πραγματικές/φυσικές διεπαφές της συσκευής.

Η διεύθυνση loopback χρησιμοποιείται συνήθως από τα διάφορα λογισμικά διαχείρισης δικτύων. Μέσω του βρόχου επιστροφής, ακόμα και μετά από βλάβη κάποιας φυσικής διασύνδεσης της συσκευής, η διαχείριση του δρομολογητή είναι εφικτή, αρκεί αυτός να παραμένει προσβάσιμος μέσω άλλης φυσικής διεπαφής. Από αυτήν μπορεί να παράγονται και μηνύματα διαχείρισης, όπως συναγερμοί. Αυτό που την κάνει ξεχωριστή είναι το γεγονός ότι οι εφαρμογές που τη χρησιμοποιούν στέλνουν ή λαμβάνουν κίνηση χρησιμοποιώντας τη διεύθυνση αυτής, αντί της φυσικής διεπαφής μέσω της οποίας διέρχεται η κίνηση.

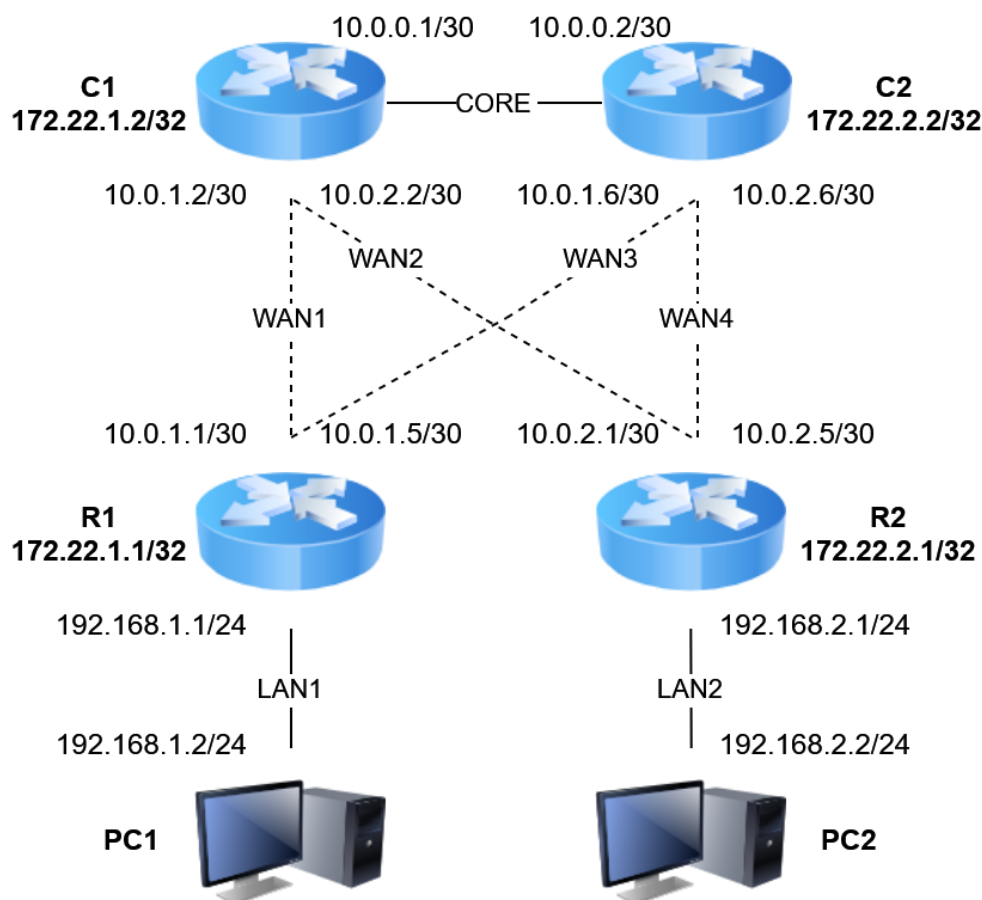
Απαντήστε τις παρακάτω ερωτήσεις καταγράφοντας παράλληλα, όπου απαιτείται, την ακριβή σύνταξη των εντολών που χρησιμοποιήσατε.

- 6.1 Ορίστε μέσω cli τη διεύθυνση διαχείρισης στη διεπαφή lo0 (loopback) των R1, R2 και R3 ως 172.22.22.1/32, 172.22.22.2/32 και 172.22.22.3/32, αντίστοιχα.
- 6.2 Μπορείτε από τα PC1 και PC2 να κάνετε ping στις διευθύνσεις loopback των R1, R2 και R3; Γιατί;
- 6.3 Προσθέστε μέσω cli στον R1 στατικές εγγραφές για τη διεύθυνση loopback των R2 και R3 μέσω της απευθείας διαδρομής.
- 6.4 Προσθέστε παρομοίως στον R2 στατικές εγγραφές για τη διεύθυνση loopback των R1 και R3.
- 6.5 Προσθέστε παρομοίως στον R3 στατικές εγγραφές για τη διεύθυνση loopback των R1 και R2.
- 6.6 Μπορείτε τώρα από τα PC1 και PC2 να κάνετε ping στις διευθύνσεις loopback των R1, R2 και R3;
- 6.7 Ξεκινήστε καταγραφές στα PC1, PC2 και κάντε ping από το R3 εναλλάξ προς αυτά. Με ποια διεύθυνση πηγής IP φτάνουν τα πακέτα ICMP στα PC1 και PC2, αντίστοιχα;
- 6.8 Πώς θα κάνετε το ping να ξεκινά από τη διεύθυνση loopback του R3; [Υποδ. man ping.]
- 6.9 Ποια δυσκολία θα αντιμετωπίζατε κατά τη διερεύνηση (debugging) προβλημάτων δρομολόγησης από τα PC, εάν στα PC είχατε μόνο στατικές εγγραφές, σε σχέση με τον ορισμό προεπιλεγμένης διαδρομής;
- 6.10 Εάν είχατε βλάβη της σύνδεσης στο WAN1, όπως στην προηγούμενη άσκηση, ποια από τα ping της ερώτησης 6.6 θα ήταν επιτυχή και ποια όχι;
- 6.11 Προσθέστε μέσω cli στον R1 δευτερεύουσες στατικές εγγραφές για τη διεύθυνση loopback των R2 και R3 μέσω της μακρινότερης διαδρομής.
- 6.12 Παρομοίως στον R2 για τη διεύθυνση loopback των R1 και R3.
- 6.13 Παρομοίως στον R3 για τη διεύθυνση loopback των R1 και R2.
- 6.14 Ποια από τις δύο διαδρομές προς τη διεύθυνση loopback του R2, έχει επιλεγθεί στον R1;

- 6.15 Προσομοιώστε όπως πριν βλάβη της σύνδεσης στο WAN1. Τι παρατηρείτε στον πίνακα δρομολόγησης του R1 όσον αφορά τις διαδρομές που διέρχονται μέσω του WAN1;
- 6.16 Αφού επαναφέρετε τη σύνδεση στο WAN1, προσομοιώστε βλάβη στο WAN2. Τι διαφορετικό παρατηρείτε στον πίνακα δρομολόγησης και γιατί;

Άσκηση 7: Ένα εταιρικό δίκτυο

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται μια τοπολογία που συναντάται συχνά σε οργανισμούς και εταιρίες. Τοπικοί δρομολογητές (π.χ. ο R1 στο σχήμα) εξυπηρετούν υπολογιστές που βρίσκονται σε διαφορετικά κτήρια ή διαφορετικούς ορόφους κτηρίων, με διπλές διαδρομές προς δύο δρομολογητές κορμού. Για παράδειγμα το υποδίκτυο 192.168.1.0/24 μπορεί να ανήκει στο κτήριο 1, το 192.168.2.0/24 στο κτήριο 2, κλπ. Οι δρομολογητές κορμού (π.χ. ο C1 στο σχήμα) συνηθίζεται να τοποθετούνται σε ζευγάρια ώστε σε περίπτωση βλάβης να μην υπάρχει κατάρρευση όλου του δικτύου.



Οι διπλές διαδρομές σε περίπτωση σφάλματος καλωδίου εξασφαλίζουν ότι δεν θα υπάρξει απώλεια διασύνδεσης. Συνηθίζεται επίσης οι τοπικοί δρομολογητές να μην είναι διπλοί μιας και οι υπολογιστές έχουν κατά πλειοψηφία μια κάρτα δικτύου, οπότε μια δευτερεύουσα διαδρομή δεν θα είχε νόημα. Στην τοπολογία του σχήματος εάν υπάρξει βλάβη σε μία σύνδεση WAN ή σε έναν από τους δρομολογητές κορμού, η κίνηση μεταξύ των LAN1 και LAN2 μπορεί να δρομολογηθεί μέσω της εναλλακτικής διαδρομής. Για να γίνει αυτό αυτόματα μπορείτε να ορίσετε εναλλακτικές δευτερεύουσες (floating) στατικές διαδρομές. Όπως θα δείτε στη συνέχεια αυτό δεν είναι ιδιαίτερα εύκολο από διαχειριστικής πλευράς. Στην επόμενη εργαστηριακή άσκηση θα δείτε πώς μπορείτε να ορίσετε πιο αποδοτικά (δυναμικά) τους πίνακες δρομολόγησης.

Υλοποιήστε στο VirtualBox τη συνδεσμολογία του παραπάνω σχήματος χρησιμοποιώντας τον δρομολογητή BSDRP. Ορίστε τα ονόματα, τις διευθύνσεις IP των διεπαφών και loopback των δρομολογητών R1, R2, C1 και C2 όπως το σχήμα μέσω του αντίστοιχου cli. Ενεργοποιήστε σε όλες τις διεπαφές WAN1,2,3,4 και CORE τη λειτουργία link-detect, ώστε το Quagga να μπορεί να ανιχνεύει πτώση της ζεύξης. Για τα PC μπορείτε να χρησιμοποιήσετε αυτά της προηγούμενης άσκησης. Απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις καταγράφοντας παράλληλα, όπου απαιτείται, την ακριβή σύνταξη των εντολών μέσω cli που χρησιμοποιήσατε.

- 7.1 Προσθέστε στον C1 κύρια στατική εγγραφή για το δίκτυο 192.168.1.0/24 μέσω της συντομότερης διαδρομής και δευτερεύουσα στατική εγγραφή μέσω του C2. Παρομοίως, για το δίκτυο 192.168.2.0/24.
- 7.2 Προσθέστε στον C2 κύρια στατική εγγραφή για το δίκτυο 192.168.1.0/24 μέσω της συντομότερης διαδρομής και δευτερεύουσα στατική εγγραφή μέσω του C1. Παρομοίως, για το δίκτυο 192.168.2.0/24.
- 7.3 Προσθέστε στον R1 κύρια και δευτερεύουσα στατική εγγραφή για το δίκτυο 192.168.2.0/24 μέσω των C1 και C2, αντίστοιχα.
- 7.4 Προσθέστε στον R2 κύρια και δευτερεύουσα στατική εγγραφή για το δίκτυο 192.168.1.0/24 μέσω των C1 και C2, αντίστοιχα.
- 7.5 Επιβεβαιώστε ότι το PC1 επικοινωνεί με το PC2. Εάν όχι, ελέγξτε ότι η τοπολογία και οι στατικές εγγραφές δρομολόγησης έχουν ορισθεί σωστά.
- 7.6 Αποσυνδέστε τη ζεύξη WAN2. Επικοινωνεί το PC1 με το PC2;
- 7.7 Ποια διαδρομή ακολουθούν τα πακέτα IP από το PC1 προς το PC2 και ποια από το PC2 προς το PC1;
- 7.8 Κάντε traceroute από το PC1 προς το PC2 και καταγράψτε τις διευθύνσεις IP της διαδρομής. Αντιστοιχούν αυτές στις διευθύνσεις IP των διεπαφών από τις οποίες διέρχονται τα πακέτα IP με προορισμό το PC2; Γιατί;
- 7.9 Κάντε ping από το PC2 προς το PC1. Πόσα βήματα βλέπετε να απέχει το PC1; Γιατί;
- 7.10 Εάν έχουμε ταυτόχρονη βλάβη στις ζεύξεις WAN2 και WAN3, επικοινωνεί το PC1 με το PC2 και ποια διαδρομή ακολουθούν τώρα τα πακέτα IP.
- 7.11 Τι θα συμβεί με το ping από το PC1 στο PC2 εάν έχουμε ταυτόχρονη βλάβη στις ζεύξεις WAN2 και WAN4.
- 7.12 Ποιο είναι κατά τη γνώμη σας το σημαντικότερο μειονέκτημα μιας τέτοιας τοπολογίας εταιρικού δικτύου;

Όνοματεπώνυμο:	Όνομα PC:
Ομάδα:	Ημερομηνία:

Εργαστηριακή Άσκηση 6

Εισαγωγή στο Quagga και FRRouting (FRR)

Απαντήστε στα ερωτήματα στον χώρο που σας δίνεται παρακάτω και στην πίσω σελίδα εάν δεν επαρκεί. Το φυλλάδιο αυτό θα παραδοθεί στον επιβλέποντα.

1

1.1

1.2

1.3

1.4

1.5

.....

1.6

1.7

1.8

1.9

1.10

1.11

1.12

1.13

1.14

1.15

1.16

1.17

1.18

1.19

.....

1.20

1.21

1.22

1.23

1.24

1.25

1.26

1.27	.....
1.28	.....
1.29	.....

1.30	.....
1.31	.....
1.32	.....

2	
2.1	.....

2.2	.....

2.3	.....
2.4	.....
2.5	.....
2.6	.....
2.7	.....
2.8	.....
2.9	.....

2.10	.....
2.11	.....
2.12	.....
2.13	.....
2.14	.....

2.15	.....
2.16	.....
2.17	.....
2.18	.....
2.19	.....

2.20	.....

3

- 3.1
.....
- 3.2
.....
- 3.3
.....
- 3.4
- 3.5
- 3.6
.....
- 3.7
.....
- 3.8
- 3.9
.....
- 3.10
.....
- 3.11
- 3.12
.....
- 3.13
.....
- 3.14
.....
- 3.15
.....
- 3.16

4

- 4.1
- 4.2
.....
.....
- 4.3
- 4.4
.....
- 4.5

4.6	.....

4.7	.....

4.8	.....
4.9	.....

4.10	.....

4.11	.....
4.12	.....
4.13	.....

5	
5.1	.....
5.2	.....
5.3	.....
5.4	.....

5.5	.....
5.6	.....
5.7	.....
5.8	.....

5.9	.....

5.10	.....
5.11	.....
5.12	.....
5.13	.....

5.14	.....

5.15

5.16

.....

5.17

.....

6

6.1

.....

6.2

.....

.....

6.3

.....

6.4

.....

6.5

.....

6.6

6.7

.....

6.8

6.9

.....

6.10

.....

6.11

.....

6.12

.....

6.13

.....

6.14

6.15

.....

6.16

.....

7

- 7.1
.....
.....
.....
- 7.2
.....
.....
.....
- 7.3
.....
.....
.....
- 7.4
.....
.....
.....
- 7.5
- 7.6
- 7.7
.....
.....
- 7.8
.....
.....
.....
.....
- 7.9
.....
.....
.....
- 7.10
.....
.....
.....
- 7.11
.....
- 7.12
.....
.....