

## Εργαστηριακή Άσκηση 7

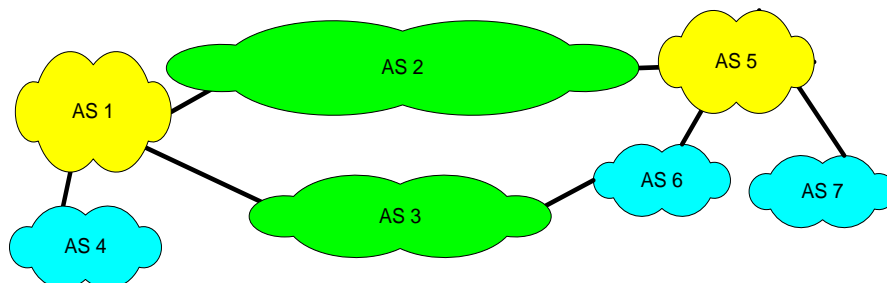
### Δυναμική δρομολόγηση RIP

#### Δυναμική δρομολόγηση

Στη στατική δρομολόγηση, ο διαχειριστής δικτύου ρυθμίζει χειροκίνητα τις εγγραφές στους πίνακες δρομολόγησης. Δεδομένου ότι οι στατικές εντολές δρομολόγησης έχουν ως βασικό στοιχείο αναφοράς το δίκτυο προορισμού (destination network), για κάθε δίκτυο το οποίο αποτελείται από 3 και άνω δρομολογητές, απαιτείται σημαντικός αριθμός εντολών (για κάθε κατεύθυνση ξεχωριστά). Η δουλειά του διαχειριστή μπορεί να γίνει σημαντικά μεγαλύτερη, εάν απαιτούνται και εναλλακτικές διαδρομές για τον ίδιο προορισμό, όπως είδατε στην Εργαστηριακή Άσκηση 6. Προς αντιμετώπιση του παραπάνω προβλήματος χρησιμοποιείται η δυναμική δρομολόγηση. Στη δυναμική δρομολόγηση αξιοποιούνται μαθηματικοί αλγόριθμοι έτσι ώστε να γίνεται με αυτόματο τρόπο η συγκρότηση των πινάκων δρομολόγησης. Τα πρωτόκολλα δρομολόγησης φροντίζουν για τη μεταφορά της πληροφορίας σχετικά με την κατάσταση του δικτύου. Με βάση αυτή, οι αλγόριθμοι δρομολόγησης που εκτελούνται στους δρομολογητές τροποποιούν δυναμικά τις εγγραφές στους πίνακες δρομολόγησης. Έτσι δημιουργούνται δυναμικά, και ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν ανά πάσα στιγμή στο δίκτυο, οι κανόνες που καθορίζουν τη διαδρομή από την πηγή στον προορισμό, επιτυγχάνοντας αυτοματοποιημένη και εν γένει καλύτερη απόκριση του δικτύου σε απρόβλεπτες καταστάσεις, προβλήματα και αυξημένο φορτίο.

#### Δρομολόγηση Intra-AS και Inter-AS

Με τον όρο Internet (Διαδίκτυο) αναφερόμαστε συνολικά σε όλα τα δίκτυα τα οποία είναι δημοσίως προσβάσιμα (δηλαδή υπάρχουν γι' αυτά εγγραφές στους πίνακες δρομολόγησης των δημοσίων δρομολογητών). Για να έχουμε εγγραφές για όλα τα δίκτυα στους πίνακες δρομολόγησης θα έπρεπε όλοι οι δρομολογητές του διαδικτύου να συμμετέχουν σε ένα «παγκόσμιο» δυναμικό αλγόριθμο δρομολόγησης. Ανεξάρτητα από το εάν κάτι τέτοιο είναι εφικτό υπολογιστικά, κανένας διαχειριστής δικτύου δεν θα ήθελε οι πίνακες δρομολόγησης των δρομολογητών του να τροποποιούνται (λόγω του αλγορίθμου δρομολόγησης) από δρομολογητές που δεν είναι στον έλεγχο του. Έτσι στην πράξη έχει υιοθετηθεί ένα ιεραρχικό σχήμα. Το Internet χωρίζεται σε διακριτές περιοχές που ονομάζονται Αυτόνομα Συστήματα (AS - Autonomous Systems). Ο χωρισμός γίνεται σε ένα ανώτερο επίπεδο δόμησης (ομαδοποίησης) των δικτύων, έτσι ώστε να απλοποιηθεί η οργάνωση και να μειωθεί το μέγεθος των πινάκων δρομολόγησης.



Το AS ορίζεται ως μια ομάδα υποδικτύων κάτω από κοινή διαχείριση, π.χ. ένας πάροχος Internet, κάποιος μεγάλος οργανισμός ή μια εταιρία με εκτενές εταιρικό δίκτυο και πολλές διασυνδέσεις με άλλα δίκτυα. Ένα AS μπορεί να έχει μία μόνο σύνδεση με άλλο AS (Stub AS), τα AS4, AS7 στο σχήμα, πολλαπλές συνδέσεις με άλλα AS χωρίς να διαβιβάζει κίνηση άλλων AS (Multihomed AS) π.χ το AS6 στο σχήμα, ή να διαβιβάζει κίνηση πολλών AS (Transit AS). Οι δρομολογητές στο εσωτερικό ενός AS τρέχουν το ίδιο *intra-AS* πρωτόκολλο δρομολόγησης (IGP - Interior Gateway

Protocol) για τη δρομολόγηση **αυστηρά και μόνο εντός** του αυτόνομου συστήματος. Οι εσωτερικοί δρομολογητές διαφορετικών AS μπορεί να τρέχουν τα δικά τους IGP πρωτόκολλα δρομολόγησης, με την έννοια ότι οι εσωτερικοί δρομολογητές σε διαφορετικά AS δεν ανταλλάσσουν πληροφορίες δρομολόγησης μεταξύ τους. Τα AS διασυνδέονται με ειδικούς δρομολογητές πύλες (BR - Border Routers), που είναι υπεύθυνοι για τη δρομολόγηση προς προορισμούς εκτός του AS και τρέχουν πρωτόκολλο δρομολόγησης *inter-AS* με τους άλλους δρομολογητές BR. Έτσι τα πρωτόκολλα δρομολόγησης χωρίζονται σε EGP (Exterior Gateway Protocol), για δρομολογητές μεταξύ των διαφόρων AS, και IGP για δρομολογητές εσωτερικά στα AS. Στη συνέχεια θα ασχοληθείτε με ένα IGP πρωτόκολλο δρομολόγησης, το RIP (Routing Information Protocol).

### **Αλγόριθμος διανύσματος αποστάσεων (Distance vector – routing by rumor – Bellman Ford)**

Σε κάθε αλγόριθμο δυναμικής δρομολόγησης το ζητούμενο είναι η εύρεση της βέλτιστης διαδρομής μεταξύ ενός κόμβου και των απομακρυσμένων δικτύων μέσω των γειτονικών κόμβων που συμμετέχουν στον αλγόριθμο δρομολόγησης. Ο ορισμός της βέλτιστης διαδρομής εξαρτάται κάθε φορά από τον αλγόριθμο δρομολόγησης. Για τον αλγόριθμο διανύσματος αποστάσεων, η βέλτιστη διαδρομή (απόσταση) είναι αυτή που έχει το **ελάχιστο κόστος** μεταξύ αφετηρίας και προορισμού.

Στα πρωτόκολλα που υλοποιούν τον αλγόριθμο διανύσματος αποστάσεων, ο κάθε κόμβος-δρομολογητής μοιράζει τη γνώση του για το δίκτυο, που περιέχεται στον πίνακα δρομολόγησης του, με τους γειτονικούς του δρομολογητές μέσω μηνυμάτων διαφήμισης. Αρχικά διαφημίζει μόνο τα άμεσα συνδεδεμένα σε αυτόν δίκτυα, αφού μόνο αυτά γνωρίζει μέσω των διεπαφών που διαθέτει. Καθώς αυτό το κάνουν όλοι οι δρομολογητές, σε συνδυασμό με την ανα-διαφήμιση νέας γνώσης που μαθαίνουν, σιγά-σιγά εμπλουτίζονται όλοι οι πίνακες δρομολόγησης με τη γνώση όλων των δρομολογητών. Όμως, οι δρομολογητές δεν ξέρουν την τοπολογία του δικτύου. Ο κάθε δρομολογητής μαθαίνει (και εμπιστεύεται) την πληροφορία που του στέλνουν οι άλλοι. Γι' αυτό και λέμε ότι αυτά τα πρωτόκολλα υλοποιούν «δρομολόγηση μέσω φήμης» (routing by rumor).

Ο πίνακας δρομολόγησης κάθε δρομολογητή εμπλουτίζεται έτσι με όλους τους πιθανούς προορισμούς (διευθύνσεις δικτύων). Κάθε τέτοια εγγραφή, εκτός από τη διεύθυνση δικτύου προορισμού περιλαμβάνει τη διεπαφή εξόδου και (προαιρετικά) την επόμενη πύλη (δρομολογητή) στην οποία θα αποσταλεί ένα πακέτο προς αυτόν τον προορισμό. Επιπλέον περιλαμβάνει ένα μετρικό (metric), το οποίο τυπικά δείχνει πόσα βήματα (δρομολογητές – hops) μακριά βρίσκεται ο προορισμός. Η ύπαρξη του μετρικού επιτρέπει να συγκρίνονται μεταξύ τους εναλλακτικοί δρόμοι που μπορεί να υπάρχουν για τον ίδιο προορισμό, έτσι ώστε να μπει στον πίνακα δρομολόγησης μόνο ο «καλύτερος» (αυτός με τη *μικρότερη απόσταση*). Ακριβώς επειδή τα πρωτόκολλα αυτά χρησιμοποιούν τις έννοιες της κατεύθυνσης (διεπαφή εξόδου) και της απόστασης (metric) για κάθε προορισμό, ονομάζονται «πρωτόκολλα δρομολόγησης διανύσματος απόστασης» (distance-vector routing protocols).

Κάθε κόμβος ξέρει την απόσταση (εναλλακτικά μπορεί να θεωρείται ως κόστος) για τους άμεσα συνδεδεμένους με αυτόν γείτονες και μπορεί να υπολογίσει την ελάχιστη απόσταση προς όλα τα πιθανά δίκτυα προορισμού προσθέτοντας τη δική του απόσταση σε αυτές που λαμβάνει από τους άλλους κόμβους και επιλέγοντας την ελάχιστη. Συγκεκριμένα, ο πίνακας δρομολόγησης αποτελεί τον πίνακα αποστάσεων στον οποίο υπάρχει μία σειρά για κάθε δυνατό προορισμό και μία στήλη για κάθε άμεσα συνδεδεμένο γειτονικό κόμβο. Ο δρομολογητής στέλνει περιοδικά τα δικά του διανύσματα αποστάσεων (τον πίνακα δρομολόγησης) στους γείτονές του. Όταν λάβει νέο διάνυσμα απόστασης από ένα γείτονα, ενημερώνει το δικό του διάνυσμα ελάχιστων αποστάσεων προς τους γνωστούς προορισμούς. Έτσι, ο κόμβος X, για κάθε προορισμό Y, υπολογίζει την απόσταση ως  $d_X(Y) = \min\{c(X,V) + d_V(Y)\}$ , όπου το  $\min$  λαμβάνεται για όλους τους γείτονες V του X. Ο γειτονικός κόμβος V για τον οποίο ισχύει το  $\min d_X(Y)$  είναι το επόμενο βήμα στον πίνακα προώθησης του X για τον προορισμό Y. Μετά από μερικές αλλαγές οι αποστάσεις συγκλίνουν στις ελαχίστους κόστους.

Κάθε φορά που ένας δρομολογητής ανιχνεύει μια αλλαγή στο δίκτυο, πχ. όταν «πέσει» μια διεπαφή του, ενημερώνει τον πίνακα δρομολόγησής του, τόσο για τη συγκεκριμένη αλλαγή, όσο και για πιθανούς άλλους εναλλακτικούς δρόμους προς τα δίκτυα προορισμού μέσω των υπολοίπων διεπαφών του. Στη συνέχεια διαφημίζει την αλλαγή στους άλλους δρομολογητές και αυτοί με τη σειρά τους ενημερώνουν τον πίνακα δρομολόγησής τους και ανα-διαφημίζουν την αλλαγή (του πίνακά τους) στους άλλους. Με αυτό τον τρόπο οι αλλαγές διαχέονται σταδιακά σε όλο το δίκτυο. Λόγω αυτής της διαδικασίας ενημέρωσης και διάχυσης μπορεί να καθυστερήσει αρκετά η ενημέρωση όλων των δρομολογητών του δικτύου για τη νέα κατάσταση (σύγκλιση – convergence) και γι' αυτό τα πρωτόκολλα αυτά θεωρούνται ότι συγκλίνουν αργά.

## Routing Information Protocol (RIP)

Το πρωτόκολλο δρομολόγησης RIP προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει τον αριθμό βημάτων μεταξύ μιας αφετηρίας και ενός προορισμού (δικτύου προορισμού). Είναι μια απλή υλοποίηση του αλγόριθμου *διανυσμάτων απόστασης* όπου το κόστος (route metric) είναι ο αριθμός βημάτων (hops). Ο μέγιστος αριθμός βημάτων που μπορεί να δεχθεί το RIP είναι 15 (κόστος 16 σημαίνει άπειρο). Υπάρχουν δύο εκδόσεις, η RIP v1 (ορίζεται στο [RFC 1058](#)) και η RIP v2 (ορίζεται στο [RFC 2453](#)). Οι διαφορές τους συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα.

### Διαφορές RIP version 1 και version 2

RIP v1	RIP v2
Ταξικές διευθύνσεις	Αταξικές διευθύνσεις
Εκπομπή	Πολλαπλή διανομή στην 224.0.0.9
Χωρίς υποστήριξη VLSM (Variable Length Subnet Mask)	Υποστηρίζει VLSM
Χωρίς πιστοποίηση αυθεντικότητας	Επιτρέπει MD5 για πιστοποίηση αυθεντικότητας
Δεν υποστηρίζει διακεκομμένα <sup>1</sup> δίκτυα	Υποστηρίζει διακεκομμένα δίκτυα

## Μηνύματα RIP

Υπάρχουν δύο τύποι μηνυμάτων RIP που μεταφέρονται ως δεδομενογράμματα UDP με θύρα προορισμού την 520: το αίτημα RIP (RIP Request), με το οποίο ζητείται πληροφορία για τον πίνακα δρομολόγησης από τους γείτονες, συνήθως όταν εκκινεί ο δρομολογητής, και η απόκριση RIP (RIP Response), που περιέχει την ενημέρωση. Τυπικά, οι δρομολογητές ανταλλάσσουν περιοδικά μέσω (απρόκλητων) μηνυμάτων RIP Response τα διανύσματα απόστασης (πίνακες δρομολόγησης) και σπανιότερα όταν ζητηθεί με RIP Request (για να αποφευχθεί η αναμονή μέχρι το αναμενόμενο περιοδικό μήνυμα). Εκτός και εάν ζητηθεί ρητά χρήση unicast, η διεύθυνση IP προορισμού των μηνυμάτων στο RIP v1 είναι εκπομπή (broadcast), ενώ στο RIP v2 πολλαπλή διανομή (multicast) στη διεύθυνση 224.0.0.9.

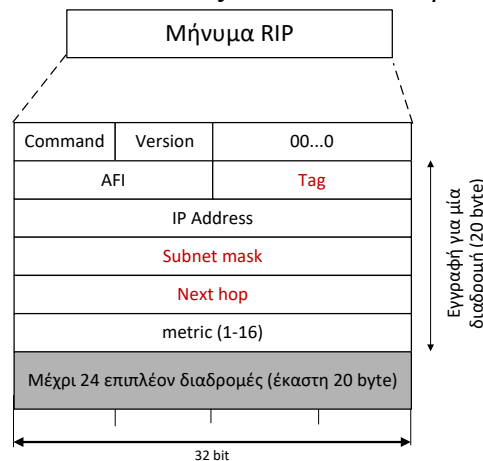
Η δομή του μηνύματος RIP φαίνεται στο επόμενο σχήμα. Περιέχει τα ακόλουθα πεδία:

- *Εντολή (command)* που δείχνει εάν είναι αίτημα (request) ή απόκριση (response),
- *Έκδοση (Version)* του πρωτοκόλλου RIP,

και μέχρι 25 εγγραφές RIP (RIP entries), με τα ακόλουθα πεδία ανά εγγραφή:

<sup>1</sup> Διακεκομμένο (dis- or non-contiguous) είναι ένα (ταξικό) δίκτυο, όταν για να υπάρξει επικοινωνία μεταξύ των υποδικτύων του, η κίνηση θα πρέπει να διέλθει από άλλα ταξικά δίκτυα.

- Προσδιορισμό οικογένειας διευθύνσεων (AFI – Address family identifier) που είναι πάντα IPv4,
- Ετικέτα (Tag) για να διακρίνονται οι εσωτερικές διαδρομές RIP από τις εξωτερικές που εισάγονται από άλλα πρωτόκολλα δρομολόγησης (μόνο για το RIP v2),
- Διεύθυνση IP (IP Address) του προορισμού (δίκτυο ή υπολογιστής),
- Μετρική (Metric), το κόστος που διαφημίζεται για τον προορισμό,
- Μάσκα Υποδικτύου (Subnet mask) του προορισμού (μόνο για το RIP v2),
- Επόμενο βήμα (Next hop), η διεύθυνση IP του επόμενου δρομολογητή (μόνο για το RIP v2), όπου το 0.0.0.0 σημαίνει ότι ο αποστολέας είναι το καλύτερο επόμενο βήμα.



### Λειτουργία πρωτοκόλλου RIP

Στο RIP, οι περιοδικές αποκρίσεις είναι μηνύματα ενημέρωσης δρομολόγησης (routing updates). Αποστέλλονται κάθε 30 sec (update timer). Περιέχουν μια λίστα προορισμών (μέχρι 25 εντός του AS) και την απόσταση μέχρι τον κάθε προορισμό. Αν δεν ακουστεί ενημέρωση για μια εγγραφή δρομολόγησης εντός 180 sec (invalid timer), ο προορισμός θεωρείται μη προσβάσιμος (invalid ή non-reachable). Αν περάσουν 240 sec (flush timer) τότε η εγγραφή αφαιρείται τελείως από τον πίνακα δρομολόγησης. Αν μια εγγραφή ενημερωθεί με μεγαλύτερη απόσταση, κλειδώνει (και δεν επιτρέπεται νέα αλλαγή) για 180 sec (hold-down timer). Αν μια διεπαφή πέσει, οι διαδρομές μέσω του γείτονα που βρίσκεται πάνω σε αυτήν ακυρώνονται και, αν υπάρχουν εναλλακτικές, τοποθετούνται αυτές στον πίνακα δρομολόγησης. Η αλλαγή κοινοποιείται στους άλλους γείτονες, οι οποίοι με τη σειρά τους ενημερώνουν τους πίνακες δρομολόγησής τους και στέλνουν νέες ενημερώσεις στους άλλους. Έτσι, η πληροφορία για τη διακοπή της ζεύξης διαδίδεται σε όλο το δίκτυο.

Επειδή στο RIP η διάδοση των μηνυμάτων αργεί, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε σχηματισμό βρόχων (loops) ή στο «μέτρημα ως το άπειρο» (count to infinity), κατά το οποίο οι δρομολογητές αναδιαφημίζουν τον ίδιο δρόμο, με συνεχώς αυξανόμενη απόσταση. Το RIP για να αποφύγει τέτοια προβλήματα χρησιμοποιεί μια σειρά μηχανισμών:

- Triggered Update
- Split-Horizon
- Maximum hop count
- Route Poisoning
- Poison Reverse
- Hold-Down Timer

Ο μηχανισμός του “διαιρεμένου ορίζοντα” (split horizon) αποτρέπει τη δημιουργία βρόχων. Με αυτόν, ένας δρομολογητής δεν διαφημίζει μια διαδρομή στη διεπαφή από όπου την έμαθε (δηλαδή

δεν την στέλνει πίσω στον δρομολογητή που είναι το επόμενο βήμα προς αυτή). Το αποτέλεσμα είναι η εξάλειψη των περισσότερων βρόχων δρομολόγησης πριν αυτοί περάσουν στο υπόλοιπο δίκτυο.

Με τον μηχανισμό της “προκαλούμενης ενημέρωσης” (triggered update), ο δρομολογητής θα αποστέλλει την πληροφορία για μια αλλαγή αμέσως προς τους άλλους, χωρίς να περιμένει τη λήξη του χρονομέτρου (update timer). Επειδή δεν είναι εγγυημένο ότι ένας άλλος δρομολογητής δεν πρόκειται να αποστέλλει τη δική του (λανθασμένη) πληροφορία προτού λάβει την ενημέρωση, ο σχηματισμός βρόχων ή το μέτρημα προς το άπειρο δεν μπορούν να αποκλεισθούν. Κατά συνέπεια ο μηχανισμός αυτός χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τους άλλους.

Ο μηχανισμός της “μέγιστης απόστασης” (maximum hop count), απαγορεύει διαδρομές μεγάλου μήκους. Όταν η απόσταση φτάσει το 16, τότε αυτός ο δρόμος θεωρείται άκυρος και παύει να χρησιμοποιείται. Έτσι, εάν ένας δρομολογητής λάβει ενημέρωση για δίκτυο που απέχει 16 βήματα, το θεωρεί απροσπέλαστο και αποκλείει τον δρομολογητή που το διαφημίζει ως ενδιάμεσο για τον εν λόγω προορισμό.

Με τη “δηλητηρίαση διαδρομής” (route poisoning), όταν ένας δρομολογητής ανιχνεύσει την πτώση ενός συνδεδεμένου δικτύου, ενημερώνει τους γείτονές του για τη μη προσβασιμότητα αυτού του προορισμού θέτοντας την απόσταση στο μέγιστο (16). Αποστέλλει δηλαδή ένα σήμα προς τους άλλους δρομολογητές να θεωρήσουν αυτή τη διαδρομή ως άκυρη. Σε συνδυασμό με τον hold-down timer, αποτρέπει η επανεισαγωγή μη έγκυρων δρόμων που μπορεί να δημιουργήσουν βρόχο δρομολόγησης.

Με τη “δηλητηρίαση αντιστρόφου” (poison reverse), ο δρομολογητής που λαμβάνει ενημέρωση με τη μέγιστη απόσταση (16) για κάποιο υποδίκτυο και δεν έχει εναλλακτική διαδρομή προς αυτό, πληροφορεί τους γείτονές του. Η ενημέρωση αυτή στέλνεται **και προς τον δρομολογητή από όπου ελήφθη** (δείτε διαιρεμένο ορίζοντα), ειδοποιώντας τον έτσι ότι δεν έχει εναλλακτική διαδρομή προς το εν λόγω υποδίκτυο.

### **Βάση πληροφορίας διαδρομών, πίνακας δρομολόγησης, βάση πληροφορίας προώθησης**

Η βάση πληροφορίας διαδρομών RIB (Routing Information Base) είναι το σύνολο των υποψήφιων για εισαγωγή στον πίνακα δρομολόγησης διαδρομών που γνωρίζει ένας δρομολογητής. Περιέχει α) τις συνδεδεμένες (connected) διαδρομές, που υπάρχουν λόγω των διεπαφών που διαθέτει, β) τις στατικές (static) διαδρομές, που έχουν εισαχθεί από τον διαχειριστή, και γ) τις δυναμικές (dynamic), που παράγονται από πρωτόκολλα δρομολόγησης. Κάθε πρωτόκολλο δρομολόγησης συντηρεί τη δική RIB από όπου επιλέγει τις καλύτερες διαδρομές για τη συνολική RIB. Η RIB δεν διαφημίζεται στους γειτονικούς δρομολογητές και δεν χρησιμοποιείται για την προώθηση των πακέτων.

Ο πίνακας δρομολόγησης δημιουργείται από τη RIB επιλέγοντας την καλύτερη διαδρομή βάσει της διαχειριστικής απόστασης. Η βάση πληροφορίας προώθησης FIB (Forwarding Information Base) προκύπτει από τον πίνακα δρομολόγησης και περιέχει την κατάλληλη απερχόμενη διεπαφή για την προώθηση των πακέτων προς το επόμενο βήμα (πύλη προς τον προορισμό). Η υλοποίηση της FIB γίνεται στο υλικό, ενώ της RIB στο λογισμικό του δρομολογητή, αντανakλώντας έτσι τον διαχωρισμό λειτουργιών επιπέδου ελέγχου (control plane) και δεδομένων (data plane).

### **Διαχειριστικές Αποστάσεις – Administrative Distances**

Όπως είδατε στις δύο προηγούμενες Εργαστηριακές Ασκήσεις, ο δρομολογητής χρησιμοποιεί τη διαχειριστική απόσταση (AD – administrative distance), ένα μετρικό που αντανakλά την ποιότητα των εγγραφών στη RIB, έτσι ώστε να διαλέγει την επικρατέστερη. Η διαχειριστική απόσταση χαρακτηρίζει την πηγή (connected, static, dynamic routing protocol) που παρήγαγε την πληροφορία και αντανakλά την εμπιστοσύνη που έχει ο δρομολογητής στην πληροφορία αυτή. Προφανώς την καλύτερη ποιότητα έχουν οι εγγραφές για τα συνδεδεμένα δίκτυα, μετά οι στατικές (αφού έχουν μπει

από τον διαχειριστή χειροκίνητα) και τέλος οι δυναμικές. Το RIP με το οποίο θα ασχοληθείτε σε αυτή την άσκηση έχει διαχειριστική απόσταση 120. Δείτε περισσότερα για τις διαχειριστικές αποστάσεις στην ιστοσελίδα [https://en.wikipedia.org/wiki/Administrative\\_distance](https://en.wikipedia.org/wiki/Administrative_distance). Προσέξτε ότι η τιμή 255 για AD οδηγεί στην αφαίρεση της διαδρομής από τον πίνακα δρομολόγησης.

## Προετοιμασία στο σπίτι

Για τις ανάγκες αυτής της άσκησης, εκτός από τον εικονικό δρομολογητή BSDRP, θα χρησιμοποιήσετε και το FreeBSD 13.2 με το FRR που δημιουργήσατε στην Εργαστηριακή Άσκηση 6, ενεργοποιώντας το πρωτόκολλο δρομολόγησης RIP.

### Οδηγίες εγκατάστασης RIP

Στο FreeBSD με FRR της Εργαστηριακής Άσκησης 6, για να ξεκινήσετε τη διεργασία RIP ακολουθήστε τα επόμενα βήματα:

1. Σταματήστε την υπηρεσία frr με “service frr stop”.
2. Στο αρχείο παραμετροποίησης /etc/rc.conf προσθέστε το ripd στη γραμμή frr\_daemons=“zebra staticd”, ώστε να γίνει frr\_daemons=“zebra staticd ripd”.
3. Ξεκινήστε την υπηρεσία frr με “service frr start”.
4. Κλείστε το εικονικό μηχάνημα με την εντολή poweroff και από τη διαδρομή *File* → *Export Appliance...* στο VirtualBox δημιουργήστε ένα αρχείο οva.
5. Αποθηκεύστε το αρχείο οva για να μπορείτε να δημιουργείτε στο μέλλον εικονικά μηχανήματα δρομολογητές με το RIP ενεργοποιημένο.

Στο FRR η παραμετροποίηση του πρωτοκόλλου RIP γίνεται μέσω του ενιαίου περιβάλλοντος που παρέχει το vtysh. Στο Quagga ο πιο απλός τρόπος είναι μέσω του cli (ισοδύναμο με το vtysh). Εναλλακτικά, στο Quagga μπορείτε να συνδεθείτε με telnet στη θύρα 2602 για το RIP, αφού πρώτα ορίσετε συνθηματικό πρόσβασης.

Για την παραμετροποίηση του RIP, θα πρέπει να δώσετε (όντας σε global configuration mode) την εντολή:

**router rip** ενεργοποιεί το πρωτόκολλο RIP στον δρομολογητή και οδηγεί σε router configuration mode για περαιτέρω παραμετροποίηση. Στο router configuration mode η προτροπή (prompt) αλλάζει σε:

**routename(config-router)#**

Μπορείτε να επιστρέψετε σε global configuration mode δίνοντας την εντολή **exit**.

Παρακάτω περιγράφονται μερικές από τις διαθέσιμες εντολές για την παραμετροποίηση RIP στο επίπεδο Router Configuration Mode.

**network netaddr** ενεργοποιεί το RIP σε όλες τις διεπαφές του δρομολογητή που ανήκουν στο δίκτυο με IPv4 διεύθυνση *netaddr*. Με αυτόν τον τρόπο εισάγονται στη δρομολόγηση RIP τα συνδεδεμένα (connected) στις εν λόγω διεπαφές υποδίκτυα.

**network ifname** ενεργοποιεί το RIP στη διεπαφή με όνομα *ifname*, δηλαδή, ενεργοποιεί την αποστολή και λήψη μηνυμάτων RIP στην εν λόγω διεπαφή.

**version 1 ή 2** θέτει την έκδοση του RIP σε RIPv1 ή RIPv2.

**passive-interface ifname** θέτει τη διεπαφή *ifname* σε παθητική κατάσταση. Όταν η διεπαφή είναι στην παθητική κατάσταση, ο δρομολογητής επεξεργάζεται τα εισερχόμενα πακέτα RIP, αλλά δεν στέλνει ενημερώσεις RIP.



**neighbor IPaddr** προσδιορίζει τη διεύθυνση IPv4 γειτονικού δρομολογητή RIP προς τον οποίο θα αποστέλλονται ενημερώσεις με unicast. Προσοχή: μιας και το RIPv2 εξ ορισμού στέλνει ενημερώσεις μέσω πολλαπλής διανομής από όλες τις διεπαφές, που προσδιορίζονται με την εντολή **network**, για να αποφευχθεί η ταυτόχρονη αποστολή ενημερώσεων με unicast και multicast, η εντολή **neighbor** συνήθως χρησιμοποιείται σε συνδυασμό την **passive-interface**.

**timers basic update timeout garbage** ορίζει τα βασικά χρονόμετρα του πρωτοκόλλου RIP. Η προκαθορισμένη τιμή για το *update* είναι 30 sec. Κάθε *update* sec, το RIP στέλνει προς όλους τους γείτονες, σε ένα απρόκλητο μήνυμα απάντησης (ενημέρωση), τον πλήρη πίνακα δρομολόγησης. Στη λήξη του *timeout* (προκαθορισμένη τιμή 180 sec), μια διαδρομή παύει να ισχύει, πλην όμως διατηρείται στον πίνακα για λίγο ακόμη, ώστε υπάρξει χρόνος να ειδοποιηθούν οι γείτονες για την πτώση της. Η προκαθορισμένη τιμή για το *garbage* (collect) είναι 120 sec. Με τη λήξη αυτού, οι διαδρομές που δεν ισχύουν πια αφαιρούνται.

Για πληροφορίες σχετικές με τη δρομολόγηση RIP μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τις εντολές (σε Privileged EXEC Mode):

**show ip rip** για να δείτε τον πίνακα διαδρομών (RIB) του πρωτοκόλλου RIP.

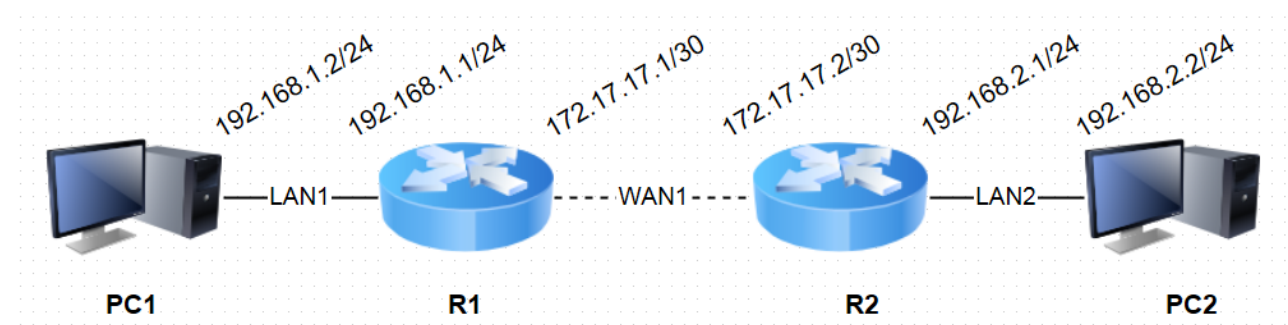
**show ip route rip** για να δείτε τις εγγραφές RIP στον πίνακα δρομολόγησης.

**show ip rip status** για την τρέχουσα κατάσταση του πρωτοκόλλου RIP, δίκτυα και διεπαφές που μετέχουν στη δρομολόγηση RIP, χρονόμετρα, έκδοση, πηγές πληροφορίας δρομολόγησης, κλπ.

Για τον πλήρη κατάλογο εντολών σχετικών με το πρωτόκολλο RIP δείτε τα εγχειρίδια του Quagga ή FRR: <https://www.nongnu.org/quagga/docs.html> και <https://docs.frrouting.org/en/latest/>.

## Άσκηση 1: Εισαγωγή στο RIP

Κατασκευάστε στο VirtualBox την παρακάτω τοπολογία χρησιμοποιώντας για τα R1 και R2 τον εικονικό δρομολογητή BSDRP. Θα βρείτε μια έτοιμη εγκατάσταση του BSDRP στο αρχείο router.ova, φάκελος VMs, δισκός Y των μηχανημάτων του PC Lab ή θα το κατεβάσετε με ανώνυμο ftp από το <ftp://edu-dy.cn.ntua.gr/> επιλέγοντας δυαδικό (bin) τρόπο μεταφοράς. Κατασκευάστε εξ αρχής τους δρομολογητές με 3 διεπαφές και αποσυνδέστε το καλώδιο σε όσες διεπαφές δεν χρησιμοποιείτε. Για τα PC χρησιμοποιήστε το FreeBSD 13.2 με FRR.



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

- 1.1 Μέσω vtysh ορίστε το όνομα, τη διεύθυνση IP και τη σωστή προεπιλεγμένη πύλη στο PC1.  
[Υπόδ.: Στατική διαδρομή για το δίκτυο 0.0.0.0/0]
- 1.2 Μέσω vtysh ορίστε το όνομα, τη διεύθυνση IP και τη σωστή προεπιλεγμένη πύλη στο PC2.
- 1.3 Στον R1 ορίστε μέσω του cli το όνομα και τις διευθύνσεις IP για τις διεπαφές του.
- 1.4 Εμφανίστε τον πίνακα δρομολόγησης IP μέσω του cli και βεβαιωθείτε ότι δεν υπάρχει καμία στατική εγγραφή.

- 1.5 Στον R1 αφού εισέλθετε στο επίπεδο global configuration mode, χρησιμοποιήστε τη βοήθεια της εντολής router για να βρείτε πόσα είναι τα διαθέσιμα πρωτόκολλα δρομολόγησης στο Quagga.
- 1.6 Εισέλθετε στο router configuration mode για το πρωτόκολλο RIP.
- 1.7 Χρησιμοποιήστε τη βοήθεια ώστε να βρείτε πόσες είναι οι διαθέσιμες εντολές.
- 1.8 Με ποια εντολή θα ενεργοποιήσετε την έκδοση 2 του πρωτοκόλλου;
- 1.9 Εισάγετε στη δρομολόγηση RIP το δίκτυο 192.168.1.0/24.
- 1.10 Εισάγετε στη δρομολόγηση RIP το δίκτυο 172.17.17.0/30.
- 1.11 Βγείτε από το router configuration mode. Έχει αλλάξει κάτι στον πίνακα δρομολόγησης του R1;
- 1.12 Επαναλάβετε τις ερωτήσεις 1.3, 1.6 έως 1.10 για τον R2. [Υποδ. Βάλτε το σωστό δίκτυο για το LAN2]. Επικοινωνεί το PC1 με το PC2;
- 1.13 Με ποια εντολή μπορείτε να δείτε, χωρίς να βγείτε από το router configuration mode, εάν και τι έχει αλλάξει στον πίνακα δρομολόγησης του R1;
- 1.14 Προτού συνεχίσετε επιβεβαιώστε ότι τα PC επικοινωνούν. Στον R1 δείτε τον πίνακα διαδρομών του πρωτοκόλλου RIP την εντολή “show ip rip”. Για ποια δίκτυα υπάρχουν εγγραφές;
- 1.15 Ποιο είναι το νόημα του Next Host 0.0.0.0 ως επόμενου βήματος στον πίνακα διαδρομών RIP; [Υποδ. Δείτε [http://www.tcpipguide.com/free/t\\_IPAddressesWithSpecialMeanings-2.htm](http://www.tcpipguide.com/free/t_IPAddressesWithSpecialMeanings-2.htm) για τη χρήση ειδικών διευθύνσεων IP].
- 1.16 Ποια είναι η πηγή πληροφόρησης για κάθε μια διαδρομή RIP και τι παριστάνει το Metric στον πίνακα διαδρομών;
- 1.17 Εμφανίστε στον R2 τον πίνακα δρομολόγησης με την εντολή “show ip route”. Πόσες εγγραφές βλέπετε;
- 1.18 Πώς ξεχωρίζουν στον παραπάνω πίνακα οι εγγραφές που πρόσθεσε το πρωτόκολλο RIP;
- 1.19 Πώς δηλώνονται οι εγγραφές που έχουν επιλεγεί για κάποιον προορισμό;
- 1.20 Πώς δηλώνονται οι εγγραφές που έχουν εισαχθεί στον πίνακα προώθησης FIB;
- 1.21 Ποια είναι η διαχειριστική απόσταση των διαδρομών RIP; Πώς εμφανίζεται αυτή η πληροφορία μαζί με το μήκος της διαδρομής στον πίνακα δρομολόγησης;
- 1.22 Με ποια εντολή μπορείτε να δείτε τις τιμές των χρονομέτρων του πρωτοκόλλου RIP στον R1; Κάθε πότε αποστέλλονται ενημερώσεις;
- 1.23 Σε ποιες διεπαφές του R1 είναι ενεργοποιημένο το RIP και ποια δίκτυα μετέχουν στη δρομολόγηση;
- 1.24 Από ποιες πηγές λαμβάνει πληροφορία δρομολόγησης ο R1; Τι δηλώνει ο χρόνος τελευταίας ενημέρωσης (Last Update);
- 1.25 Πώς συνδέεται ο χρόνος (Time) ζωής που βλέπετε στον πίνακα διαδρομών RIP με τον χρόνο τελευταίας ενημέρωσης;
- 1.26 Βγείτε από το cli και εμφανίστε τον πίνακα δρομολόγησης όπως τον αντιλαμβάνεται το λειτουργικό σύστημα του εικονικού μηχανήματος. Μπορείτε να καταλάβετε αν κάποια εγγραφή είναι δυναμική; [Υποδ. Δείτε man netstat για τη σύνταξη της εντολής και τη σημασία των flags του πίνακα δρομολόγησης].



## Άσκηση 2: Λειτουργία του RIP

Θα χρησιμοποιήσετε την τοπολογία της προηγούμενης άσκησης για να δείτε πιο αναλυτικά τη λειτουργία του RIP.

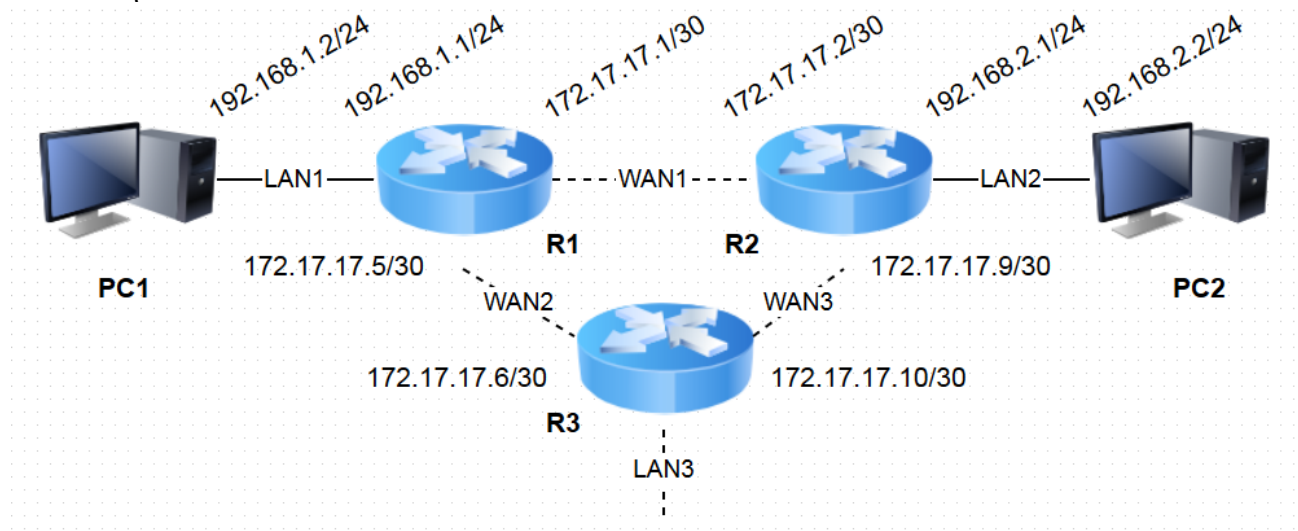
Απαντήστε τις παρακάτω ερωτήσεις καταγράφοντας παράλληλα, όπου απαιτείται, την ακριβή σύνταξη των εντολών που χρησιμοποιήσατε.

- 2.1 Ανοίξτε με Alt+F2 ένα νέο παράθυρο εντολών στον R1 και ξεκινήστε μια καταγραφή πακέτων στη διεπαφή του R1 στο LAN1, εμφανίζοντας λεπτομερείς πληροφορίες για τα πακέτα χωρίς επίλυση ονομάτων, και περιμένετε τουλάχιστον ένα λεπτό.
- 2.2 Τι είδους μηνύματα RIP βλέπετε;
- 2.3 Ποια είναι η πηγή και ποιος είναι ο προορισμός τους; [*Υποδ. Αναζητήστε πληροφορίες στο διαδίκτυο για την IP διεύθυνση προορισμού που βλέπετε*].
- 2.4 Στην καταγραφή στο LAN1 βλέπετε μηνύματα RIP από τον R2;
- 2.5 Τι τιμή έχει το TTL των πακέτων IP που μεταφέρουν τα μηνύματα RIP;
- 2.6 Ποιο πρωτόκολλο στρώματος μεταφοράς και ποια θύρα χρησιμοποιεί το RIP;
- 2.7 Πόσα και ποια δίκτυα βλέπετε ότι διαφημίζονται στο περιεχόμενο των μηνυμάτων RIP που παράγει ο R1; Υπάρχει διαφήμιση για το δίκτυο του LAN1;
- 2.8 Πόσο συχνά βλέπετε τα μηνύματα RIP στην καταγραφή; Συγκρίνετε με το αποτέλεσμα της ερώτησης 1.22.
- 2.9 Ξεκινήστε μια νέα καταγραφή στη διεπαφή του R1 στο WAN1, εμφανίζοντας λεπτομερείς πληροφορίες για τα πακέτα χωρίς επίλυση ονομάτων, και περιμένετε τουλάχιστον ένα λεπτό. Παρατηρείτε μηνύματα RIP από τον R1;
- 2.10 Πόσα δίκτυα βλέπετε ότι διαφημίζονται στο περιεχόμενο των μηνυμάτων RIP που παράγει ο R1; Ποια δίκτυα λείπουν;
- 2.11 Στην προηγούμενη καταγραφή παρατηρείτε μηνύματα RIP από τον R2; Ποια δίκτυα βλέπετε ότι διαφημίζονται στο περιεχόμενο των μηνυμάτων RIP που παράγει ο R2;
- 2.12 Στις προηγούμενες καταγραφές, τι μέγεθος σε byte έχουν τα μηνύματα RIP όταν διαφημίζουν ένα δίκτυο, όταν διαφημίζουν δύο και ποιο είναι το μέγεθος της κάθε εγγραφής RIP;
- 2.13 Ξεκινήστε μια νέα καταγραφή στη διεπαφή του R1 στο LAN1 ώστε να συλλαμβάνετε μόνο πακέτα για το πρωτόκολλο RIP εμφανίζοντας λεπτομερείς πληροφορίες και αφήστε την να τρέχει.
- 2.14 Στον R2 διαγράψτε από τη δρομολόγηση RIP το δίκτυο 192.168.2.0/24. Ποιο μήνυμα RIP εμφανίστηκε στο LAN1 αμέσως μετά τη διαγραφή; Με ποιο κόστος διαφημίζεται η διαδρομή προς το 192.168.2.0/24;
- 2.15 Στον R2 επανεισάγετε στη δρομολόγηση RIP το 192.168.2.0/24. Εμφανίστηκε κάποιο μήνυμα RIP αμέσως μετά την αλλαγή και, εάν ναι, τι διαφημίζει;
- 2.16 Ανοίξτε με Alt+F2 ένα νέο παράθυρο εντολών στον R2, αρχίστε μια καταγραφή εμφανίζοντας λεπτομέρειες στη διεπαφή του στο WAN1 ώστε να συλλαμβάνετε μόνο μηνύματα RIP που στέλνει ο R1 και αφήστε την να τρέχει.
- 2.17 Επιστρέψτε στο αρχικό παράθυρο εντολών cli του R1 και διαγράψτε από τη δρομολόγηση RIP το δίκτυο 192.168.1.0/24. Είδατε να παράγεται αμέσως σχετικό με τη διαγραφή μήνυμα RIP στο WAN1;
- 2.18 Ξαναγυρίστε στο παράθυρο όπου γίνεται η καταγραφή στο LAN1. Παράχθηκε αντίστοιχο μήνυμα RIP για τη διαγραφή; Γιατί;

- 2.19 Ξαναγυρίστε στο παράθυρο όπου γίνεται η καταγραφή στο WAN1. Αμέσως μετά το μήνυμα για τη διαγραφή του 192.168.1.0/24 θα παρατηρήσετε ένα μήνυμα RIP request από τον R1. Γιατί νομίζετε ότι παράγεται; [Υποδ. Δείτε παρ. 3.9.1 του [RFC 2453](#).]
- 2.20 Στον R2 διαγράψτε πάλι από τη δρομολόγηση RIP το δίκτυο 192.168.2.0/24 και αμέσως στον R1 ελέγξτε εάν διαγράφηκε από τον πίνακα δρομολόγησης;
- 2.21 Ελέγξτε εάν διαγράφηκε το 192.168.2.0/24 και από τον πίνακα διαδρομών RIP του R1; Τι συμβαίνει μετά από δύο περίπου λεπτά; Αιτιολογήστε. [Υποδ. Εν ανάγκη επαναλάβετε τη διαδικασία εισαγωγής-διαγραφής.]
- 2.22 Επανεισάγετε στη δρομολόγηση RIP τα 192.168.1.0/24 και 192.168.2.0/24.
- 2.23 Στα LAN1 και LAN2 δεν υπάρχουν δρομολογητές που να ακούνε τις διαφημίσεις των R1 και R2. Με ποιον τρόπο μπορείτε να υποδείξετε στους δρομολογητές να μην προβαίνουν σε διαφημίσεις εκεί, παρότι τα αντίστοιχα υποδίκτυα μετέχουν στη δρομολόγηση RIP;
- 2.24 Τι παρατηρείτε τώρα στις καταγραφές;
- 2.25 Αποθηκεύσετε την παραμετροποίηση των R1 και R2 ώστε να ισχύει και μετά την επανεκκίνησή τους και κλείστε τους με poweroff.

### Άσκηση 3: Εναλλακτικές διαδρομές

Κατασκευάστε στο VirtualBox την παρακάτω τοπολογία, παρόμοια με την τρίτη της προηγούμενης Εργαστηριακής Άσκησης 6, διατηρώντας τα PC και τις ρυθμίσεις τους και ενεργοποιώντας μία επιπλέον διεπαφή στους R1 και R2. Για τον R3 χρησιμοποιήστε τον εικονικό δρομολογητή BSDRP και βεβαιωθείτε ότι η διεπαφή του προς το LAN3 βρίσκεται σε internal δικτύωση χωρίς ρυθμισμένη διεύθυνση IP.



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

- 3.1 Ορίστε μέσω cli τη διεύθυνση της νέας διεπαφής του R1 στο WAN2 και εισάγετε στη δρομολόγηση RIP το αντίστοιχο υποδίκτυο.
- 3.2 Ορίστε μέσω cli τη διεύθυνση της νέας διεπαφής του R2 στο WAN3 και εισάγετε στη δρομολόγηση RIP το αντίστοιχο υποδίκτυο.
- 3.3 Ορίστε μέσω cli το όνομα, τις διευθύνσεις των διεπαφών του R3 και εισάγετε στη δρομολόγηση RIP τα υποδίκτυα WAN2 και WAN3.
- 3.4 Ποια δίκτυα έχει μάθει ο R1 μέσω RIP;

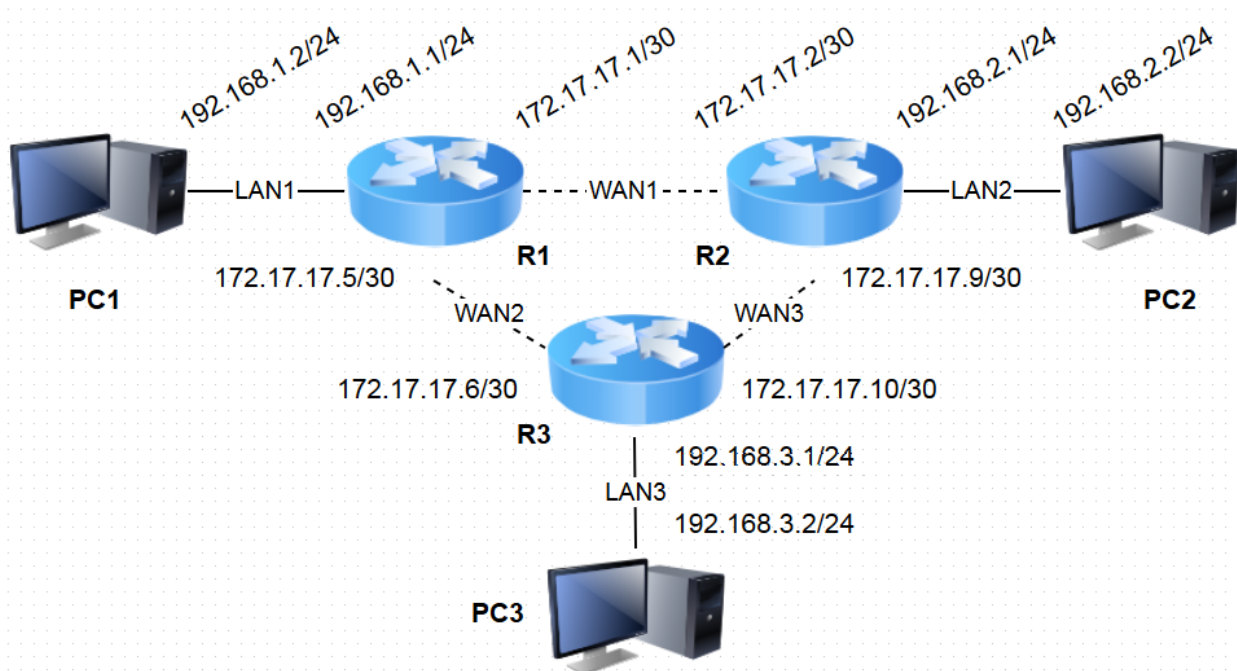
- 3.5 Ποια δίκτυα έχει μάθει ο R2 μέσω RIP;
- 3.6 Ποια δίκτυα έχει μάθει ο R3 μέσω RIP;
- 3.7 Μπορείτε από το PC1 να επικοινωνήσετε με το PC2;
- 3.8 Ορίστε μέσα από το cli στην τρίτη διεπαφή του R3 τη διεύθυνση IP 192.168.3.1/24.
- 3.9 Έχουν αλλάξει οι δυναμικές εγγραφές στους R1 και R2;
- 3.10 Στον R3 εισάγετε το δίκτυο 192.168.3.0/24 στη δρομολόγηση RIP.
- 3.11 Έχουν αλλάξει οι δυναμικές εγγραφές στους R1 και R2;
- 3.12 Είναι η διαδικασία άμεση;
- 3.13 Στον R3 διαγράψτε από το RIP τα τρία υποδίκτυά του και αντί αυτών εισάγετε το δίκτυο 0.0.0.0/0. Τι υποδηλώνει το δίκτυο 0.0.0.0/0;
- 3.14 Σε ποιες διεπαφές του R3 είναι ενεργοποιημένο το RIP και ποια δίκτυα μετέχουν στη δρομολόγηση;
- 3.15 Στους R1 και R2 δείτε τους πίνακες δρομολόγησης. Υπήρξε κάποια αλλαγή;
- 3.16 Ποια υποδίκτυα διαφημίζει ο R3 στα μηνύματα RIP που στέλνει στο WAN2;
- 3.17 Στα προηγούμενα μηνύματα RIP υπάρχει διαφήμιση για το 192.168.1.0/24; Γιατί; [*Υποδ. Δείτε τεχνικές αποφυγής βρόχων στο RIP.*]
- 3.18 Τι συμπεραίνετε σχετικά με τα υποδίκτυα που περιλαμβάνουν τα μηνύματα RIP όταν στην δρομολόγηση εισάγετε το δίκτυο 0.0.0.0/0; [*Υποδ. Δείτε εντολή network.*]
- 3.19 Ξεκινήστε κατάλληλες καταγραφές στους R2 και R3 προκειμένου να βρείτε το κόστος που διαφημίζουν στον R1 για τη διαδρομή προς το WAN3. Ποια εκ των δύο διαδρομών προς το WAN3 έχει επιλέξει ο R1;
- 3.20 Σε ποιο εκ των WAN1 και WAN2 τα μηνύματα RIP του R1 περιλαμβάνουν διαφήμιση για το 172.17.17.8/30; Γιατί; [*Υποδ. Παρότι οι εμπορικές υλοποιήσεις του RIP υποστηρίζουν τη διανομή κίνησης μεταξύ διαδρομών ίσου κόστους (equal cost routing), το σχετικό [RFC 2453](#) επιτάσσει την επιλογή μίας, δείτε τέλος της ενότητας 3.9.2*]

#### **Άσκηση 4: Αλλαγές στην τοπολογία, σφάλμα καλωδίου και RIP**

Προσθέστε στην προηγούμενη τοπολογία το PC3 στο LAN3 όπως στο επόμενο σχήμα. Στη συνέχεια θα εξομοιώσετε βλάβη στις διασυνδέσεις WAN. Θυμηθείτε ότι σε ένα πραγματικό δίκτυο η απώλεια κάποιας φυσικής διασύνδεσης θα σήμαινε αποσύνδεση και στις δυο άκρες του καλωδίου. Για να εξομοιώσουμε αυτό σωστά στο VirtualBox θα πρέπει να αποσυνδέσουμε τα δύο άκρα του καλωδίου και στους δύο δρομολογητές.

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

- 4.1 Στο PC3 ορίστε μέσω vtysh το όνομα, τη διεύθυνση IP και τη σωστή προεπιλεγμένη πύλη.
- 4.2 Επικοινωνούν τα PC1, PC2 και PC3 μεταξύ τους;
- 4.3 Εμφανίστε μέσω cli και καταγράψτε τους πίνακες δρομολόγησης των R1, R2 και R3.
- 4.4 Ενεργοποιήστε τη λειτουργία link-detect στις κατάλληλες διεπαφές ώστε το Quagga να μπορεί να αντιληφθεί την αλλαγή κατάστασης οποιασδήποτε WAN διασύνδεσης.
- 4.5 Αποσυνδέστε τα άκρα του καλωδίου WAN1 και περιμένετε λίγο. Ποιες αλλαγές έγιναν στους πίνακες δρομολόγησης των R1, R2 και R3;
- 4.6 Επικοινωνούν τα PC1, PC2 και PC3 μεταξύ τους;

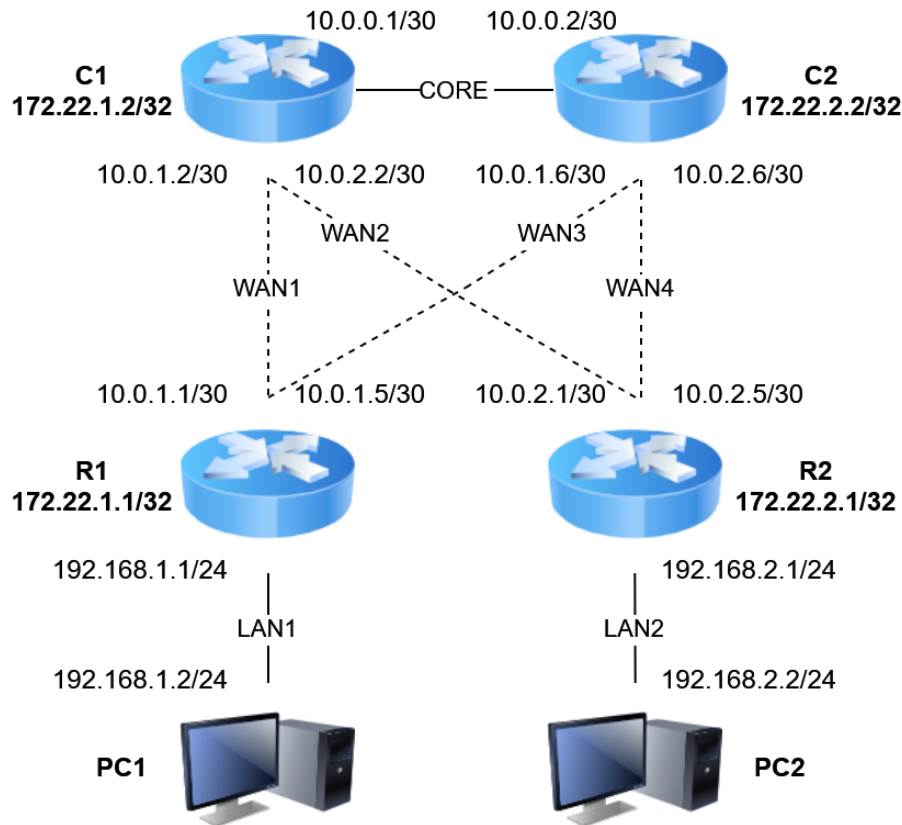


- 4.7 Συνδέστε τα άκρα του καλωδίου WAN1 και αποσυνδέστε τα άκρα του WAN2 και περιμένετε λίγο. Ποιες αλλαγές έγιναν στους πίνακες δρομολόγησης;
- 4.8 Επικοινωνούν τα PC1, PC2 και PC3 μεταξύ τους;
- 4.9 Συνδέστε τα άκρα του καλωδίου WAN2 και αποσυνδέστε τα άκρα του WAN3 και περιμένετε λίγο. Ποιες αλλαγές έγιναν στους πίνακες δρομολόγησης;
- 4.10 Επικοινωνούν τα PC1, PC2 και PC3 μεταξύ τους;
- 4.11 Συνδέστε τα άκρα του καλωδίου WAN3, ξεκινήστε ένα ping από το PC1 στο PC2 και μην το διακόψετε. Αποσυνδέστε τα άκρα του καλωδίου WAN1. Η έξοδος του ping θα σταματήσει για λίγο και θα ξαναρχίσει. Υπολογίστε κατά προσέγγιση πόση ώρα πέρασε για να εγκατασταθεί η νέα διαδρομή στους πίνακες δρομολόγησης. [Υποδ. Παρατηρήστε τις τιμές του `icmp_seq`].
- 4.12 Συνδέστε τα άκρα του καλωδίου WAN1. Πώς θα καταλάβετε από την έξοδο της εντολής ping ότι επανήλθε η παλαιά διαδρομή;
- 4.13 Στον R1 δείτε τον πίνακα διαδρομών του πρωτοκόλλου RIP και καταγράψτε την απόσταση (μετρική) των δικτύων 172.17.17.0/30 και 192.168.2.0/24.
- 4.14 Τι παριστάνει η τιμή για τον χρόνο στην εγγραφή για το 192.168.2.0/24;
- 4.15 Αποσυνδέστε πάλι τα άκρα του καλωδίου WAN1 και αμέσως μετά καταγράψτε την απόσταση καθώς και τη διάρκεια ζωής των εγγραφών για τα παραπάνω δίκτυα.
- 4.16 Τι συμβαίνει μετά από λίγο με τη διαδρομή προς το 192.168.2.0/24;
- 4.17 Τι συμβαίνει μετά από δύο περίπου λεπτά με τη διαδρομή προς το 172.17.17.0/30;
- 4.18 Τι παριστάνει ο χρόνος ζωής για τη διαδρομή προς το 172.17.17.0/30 που παρατηρήσατε στο προηγούμενο ερώτημα 4.15;
- 4.19 Συνδέστε τα άκρα του καλωδίου WAN1. Σε ποιο εκ των WAN1 και WAN2 τα μηνύματα RIP του R1 περιλαμβάνουν διαφήμιση για το 172.17.17.8/30 και γιατί;

### Άσκηση 5: Τοπολογία με πολλαπλές WAN διασυνδέσεις

Στην Εργαστηριακή Άσκηση 6 είδατε ότι η διαχείριση των στατικών εγγραφών είναι περίπλοκη. Χρησιμοποιώντας το δυναμικό πρωτόκολλο RIP, η διαχείριση μπορεί να γίνει αρκετά πιο εύκολη.

Προς τούτο κατασκευάστε το δίκτυο του σχήματος που ακολουθεί χρησιμοποιώντας ως δρομολογητές εικονικά μηχανήματα BSDRP και για τα PC το FreeBSD 13.2 με το FRR εγκατεστημένο και το πρωτόκολλο RIP ενεργοποιημένο. Ορίστε τα ονόματα, τις διευθύνσεις IP των διεπαφών και του βρόχου επιστροφής των εικονικών μηχανημάτων με τη βοήθεια του cli. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τα PC από την προηγούμενη άσκηση έχοντας όμως διαγράψει την προκαθορισμένη διαδρομή.



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

- 5.1 Διαφημίστε και στους 4 δρομολογητές όλα τα δίκτυα εισάγοντας στη δρομολόγηση RIP το δίκτυο 0.0.0.0/0.
- 5.2 Πόσες δυναμικές εγγραφές περιέχει ο πίνακας δρομολόγησης του R1;
- 5.3 Πόσες δυναμικές εγγραφές περιέχει ο πίνακας δρομολόγησης του R2;
- 5.4 Πόσες δυναμικές εγγραφές περιέχει ο πίνακας δρομολόγησης του C1;
- 5.5 Πόσες δυναμικές εγγραφές περιέχει ο πίνακας δρομολόγησης του C2;
- 5.6 Με ποια δίκτυα βλέπετε να συμμετέχει ο R1 στο RIP μέσω της εντολής “show ip rip status”;
- 5.7 Αρχίστε μια καταγραφή στη διεπαφή του R1 στο LAN1 ώστε να συλλαμβάνετε μόνο μηνύματα RIP εμφανίζοντας λεπτομερείς πληροφορίες για τα πακέτα χωρίς επίλυση ονομάτων. Ποια δίκτυα διαφημίζει ο R1;
- 5.8 Υπάρχουν αντίστοιχες δυναμικές εγγραφές στον πίνακα δρομολόγησης του PC1;
- 5.9 Αφού βεβαιωθείτε ότι δεν υπάρχει προκαθορισμένη διαδρομή στο PC1, ενεργοποιήστε το RIP στη διεπαφή του em0 στο LAN1 με την εντολή “network ifname”.
- 5.10 Πόσες δυναμικές εγγραφές περιέχει τώρα ο πίνακας δρομολόγησης του PC1;
- 5.11 Αφού βεβαιωθείτε ότι δεν υπάρχει προκαθορισμένη διαδρομή στο PC2, ενεργοποιήστε όπως πριν το RIP στη διεπαφή του em0 στο LAN2.

- 5.12 Πόσες και ποιες διαδρομές ελάχιστου κόστους υπάρχουν μεταξύ των LAN1 και LAN2;
- 5.13 Ποια διαδρομή ακολουθούν τα πακέτα από το PC1 στο PC2;
- 5.14 Ποια διαδρομή ακολουθούν τα πακέτα από το PC2 στο PC1;
- 5.15 Χρησιμοποιείται η ίδια διαδρομή και κατά τις δύο κατευθύνσεις;
- 5.16 Μπορείτε από το PC1 να επικοινωνήσετε με όλες τις loopback διαχείρισης;
- 5.17 Μπορείτε από το PC2 να επικοινωνήσετε με όλες τις loopback διαχείρισης;

Για τα παρακάτω δίκτυα ή συνδυασμούς δικτύων προσδιορίστε το κατά πόσον μπορούν να αποκοπούν χωρίς να χαθεί η επικοινωνία μεταξύ των PC1 και PC2 (δεν χρειάζεται να το δοκιμάσετε).

- 5.18 WAN1 ή WAN2 ή WAN3 ή WAN4 ή CORE.
- 5.19 Όλα τα δίκτυα του C1 (WAN1, WAN2 και CORE).
- 5.20 WAN1 και WAN3.
- 5.21 WAN2 και WAN3.
- 5.22 WAN2 και WAN4.
- 5.23 Όλα τα δίκτυα του C2 (WAN3, WAN4 και CORE).
- 5.24 WAN1 και WAN4.
- 5.25 Αφού ενεργοποιήσετε τη λειτουργία link-detect σε όλες τις διεπαφές των δρομολογητών, ξεκινήστε ένα ring από PC1 στην lo0 του C2. Αποσυνδέστε το CORE και μετά WAN3. Τι παρατηρείτε στην έξοδο του ring; Γιατί;
- 5.26 Πόση ώρα περνά μέχρι να επανέλθει η επικοινωνία;

### **Άσκηση 6: RIP και αναδιανομή διαδρομών**

Στη συνέχεια αφού επαναφέρετε τα CORE και WAN3 θα δείτε δύο βασικούς μηχανισμούς αναδιανομής διαδρομών στο RIP, δηλαδή, διανομής πληροφοριών δρομολόγησης που προέρχονται από άλλες πηγές. Χρησιμοποιήστε την τοπολογία της προηγούμενης άσκησης και απαντήστε τις παρακάτω ερωτήσεις καταγράφοντας παράλληλα, όπου απαιτείται, την ακριβή σύνταξη των εντολών που χρησιμοποιήσατε.

- 6.1 Εισάγετε από το cli του C1 στατική διαδρομή για το 4.0.0.0/8 μέσω της loopback 172.22.1.2.
- 6.2 Έχει τοποθετηθεί η εγγραφή στον πίνακα δρομολόγησης του C1;
- 6.3 Έχει τοποθετηθεί η εγγραφή στον πίνακα δρομολόγησης των άλλων δρομολογητών και των PC;
- 6.4 Στον C1, σε rip router configuration mode, δώστε την εντολή “redistribute static”. Έχει αλλάξει κάτι στον πίνακα δρομολόγησης του C1;
- 6.5 Προστέθηκε τώρα η διαδρομή για το 4.0.0.0/8 στον πίνακα δρομολόγησης των άλλων μηχανημάτων; Εάν ναι, τι είδους εγγραφή (στατική, δυναμική) είναι;
- 6.6 Εισάγετε από το cli του C2 προεπιλεγμένη διαδρομή μέσω της loopback 172.22.2.2.
- 6.7 Έχει τοποθετηθεί η εγγραφή στον πίνακα δρομολόγησης του C2;
- 6.8 Έχει τοποθετηθεί η εγγραφή στον πίνακα δρομολόγησης των άλλων δρομολογητών και των PC;
- 6.9 Στον C2, σε rip router configuration mode, δώστε την εντολή “default-information originate”. Έχει αλλάξει κάτι στον πίνακα δρομολόγησης του C2;
- 6.10 Έχει εισαχθεί εγγραφή για την προκαθορισμένη διαδρομή στον πίνακα δρομολόγησης των άλλων δρομολογητών και των PC
- 6.11 Ακυρώστε τη διαφήμιση του C2 ως προεπιλεγμένη διαδρομή.



- 6.12 Εισάγετε από το cli του C1 προεπιλεγμένη διαδρομή μέσω του C2 και διαφημίστε τον C1 ως την προεπιλεγμένη διαδρομή.
- 6.13 Τι αλλάζει στον πίνακα δρομολόγησης του C2 όσον αφορά τις εγγραφές για την προκαθορισμένη διαδρομή; Γιατί;
- 6.14 Αφαιρέστε στον C2 την προεπιλεγμένη διαδρομή μέσω της loopback; Τι αλλάζει στον πίνακα δρομολόγησης του;
- 6.15 Τι μέγεθος έχει ο πίνακας δρομολόγησης στα PC;
- 6.16 Ξεκινήστε μια καταγραφή στη διεπαφή του C1 στο WAN1 εμφανίζοντας λεπτομέρειες. Εάν από το PC1 κάνετε ping -c 1 4.4.4.4, τι θα συμβεί; Γιατί;
- 6.17 Ξεκινήστε μια καταγραφή στη διεπαφή του C1 στο CORE εμφανίζοντας λεπτομέρειες. Εάν από το PC1 κάνετε ping -c 1 5.5.5.5, τι θα συμβεί; Γιατί;
- 6.18 Αφαιρέστε στον C1 την προεπιλεγμένη διαδρομή. Τι αλλάζει στον πίνακα δρομολόγησης των άλλων δρομολογητών και των PC;

Στο εταιρικό δίκτυο του παραδείγματος απαιτείται τα PC να έχουν πρόσβαση μόνο σε μηχανήματα εντός των LAN, οπότε θα πρέπει σταματήσετε τις διαφημίσεις διαδρομών προς τα υποδίκτυα μεταξύ των δρομολογητών. Αυτό μπορεί να γίνει ορίζοντας σε Global Configuration mode λίστες πρόσβασης με τη βοήθεια της εντολής access-list και στη συνέχεια εφαρμόζοντάς τις στη δρομολόγηση RIP.

- 6.19 Στον R1 ορίστε μια λίστα πρόσβασης με όνομα private όπου επιτρέπει τα δίκτυα 192.168.0.0/16 και απαγορεύει όλα τα άλλα. [Υποδ. Δείτε εγχειρίδιο Quagga κεφάλαιο [Filtering για τη σύνταξή της](#).]
- 6.20 Μπορείτε να εφαρμόσετε τη λίστα στη δρομολόγηση RIP με την εντολή distribute-list. Όμως στο Quagga το cli δεν την εμφανίζει και θα πρέπει να συνδεθείτε στον δαίμονα ripd μέσω telnet. Προς τούτο ορίστε συνθηματικό πρόσβασης “ntua” στον R1 και βγείτε από το cli.
- 6.21 Από το PC2 συνδεθείτε στον δαίμονα ripd του R1 μέσω telnet. Ποια διεύθυνση IP χρησιμοποιήσατε;
- 6.22 Αφού εισέλθετε στο rip router configuration mode του R1, εφαρμόστε τη λίστα private στην κατεύθυνση εξόδου (out) στη διεπαφή του R1 στο LAN1. [Υποδ. Δείτε εγχειρίδιο Quagga παράγραφο *Filtering RIP routes*.]
- 6.23 Στο PC1 δείτε διαδοχικά τον πίνακα δρομολόγησης και τον πίνακα διαδρομών (RIB) του RIP. Παρατηρείτε αλλαγή στον πίνακα δρομολόγησης του PC1; Τι συμβαίνει μετά από τρία περίπου λεπτά;
- 6.24 Παραμένουν οι εγγραφές για τα άλλα δίκτυα στον πίνακα διαδρομών RIP; Τι συμβαίνει στη συνέχεια μετά από δύο λεπτά;

Όνοματεπώνυμο:		Όνομα PC:
Ομάδα:	Ημερομηνία:	

## Εργαστηριακή Άσκηση 7

### Δυναμική δρομολόγηση RIP

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	.....
	.....
<b>2</b>	
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	.....
	.....
2.21	.....
	.....
2.22	.....
	.....
2.23	.....
2.24	.....
2.25	.....
<b>3</b>	
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 .....
- .....
- 3.17 .....
- .....
- 3.18 .....
- .....
- 3.19 .....
- .....
- 3.20 .....
- .....
- .....
- 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 .....  
.....  
4.14 .....  
.....  
4.15 .....  
.....  
4.16 .....  
4.17 .....  
4.18 .....  
4.19 .....  
.....  
.....  
.....
- 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	.....
5.18	.....
5.19	.....
5.20	.....
5.21	.....
5.22	.....
5.23	.....
5.24	.....
5.25	.....
	.....
5.26	.....
<b>6</b>	
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	.....
	.....
	.....
6.17	.....
	.....
6.18	.....
6.19	.....
	.....
6.20	.....
6.21	.....
	.....
6.22	.....
	.....
	.....
6.23	.....
	.....
6.24	.....
	.....