

# Διαχείριση κίνησης στο επίπεδο δικτύου

Μιλτιάδης Αναγνώστου

1/6/2022

## Διαχείριση κίνησης

### Μέθοδοι διαχείρισης κίνησης

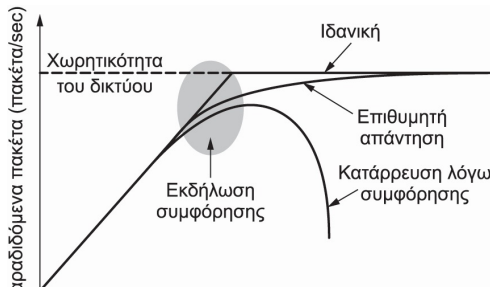
- Μέτρα διαφορετικής χρονικής κλίμακας
- Δρομολόγηση βάσει κίνησης
- Έλεγχος αποδοχής
- Μορφοποίηση κίνησης
- Διάγνωση συμφόρησης και ανάδραση

# Διαχείριση κίνησης

- ▶ Η διαχείριση της συμφόρησης μπορεί να γίνει στα επίπεδα μεταφοράς και δικτύου.
- ▶ Στο επίπεδο δικτύου γίνεται άμεσα αντιληπτή και μπορεί να αντιμετωπισθεί με αλλαγή της δρομολόγησης ή παίρνοντας μέτρα (π.χ. διαγραφές πακέτων) που θα ενθαρρύνουν το επίπεδο μεταφοράς να μειώσει την εισερχόμενη κίνηση.
- ▶ Γενικά ο πιο αποτελεσματικός τρόπος να αποφεύγεται η συμφόρηση είναι να μειώνεται το φορτίο που στέλνει το επίπεδο μεταφοράς.

# Η καμπύλη προσφερόμενης-εξυπηρετούμενης κίνησης

- ▶ Όταν το φορτίο είναι μικρό τα παραδιδόμενα πακέτα (goodput) είναι ίσα με τα προσφερόμενα.
- ▶ Όταν το φορτίο πλησιάζει στον κορεσμό των πόρων, πακέτα διαγράφονται, επαναμεταδίδονται κ.λπ. με αποτέλεσμα η παραδιδόμενη κίνηση να μειώνεται.
- ▶ Η κατάρρευση λόγω συμφόρησης συμβαίνει όταν η αύξηση του φορτίου στο δίκτυο έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της κίνησης που παραδίδεται επιτυχώς.



# Η μνήμη των δρομολογητών

- ▶ Θεραπεύει τη συμφόρηση η αύξηση της μνήμης στους δρομολογητές; Ίσως όχι διότι ...
- ▶ Η παραμονή πακέτων για πολύ στη διαδρομή μπορεί να φέρει κάποια λήξη προθεσμίας ως προς τον αναμενόμενο χρόνο παράδοσης και η πηγή να ξαναστέλλει το πακέτο.
- ▶ Οι αποστολές πακέτων δεν ενημερώνονται ότι υπάρχει πρόβλημα, οπότε δεν μειώνουν την προσφερόμενη κίνηση.

# Ορολογία

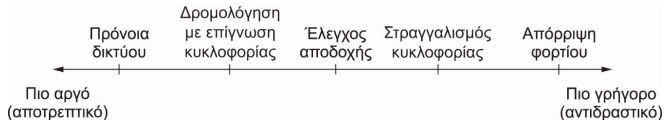
**Διαχείριση κίνησης** (traffic management) είναι ενέργειες που αποσκοπούν στο είναι ικανό το δίκτυο να μεταφέρει την προσφερόμενη κίνηση.

**Διαχείριση/έλεγχος συμφόρησης** (congestion control/management) έχει να κάνει με τη συμπεριφορά δρομολογητών και υπολογιστών στο δίκτυο.

**Έλεγχος ροής** (flow control) είναι μέτρα που λαμβάνονται μεταξύ ενός αποστολέα και ενός παραλήπτη με σκοπό ο πρώτος να μη στέλνει κίνηση πιο γρήγορα από όση μπορεί να παραλάβει ο δεύτερος.

# Διαχείριση κίνησης

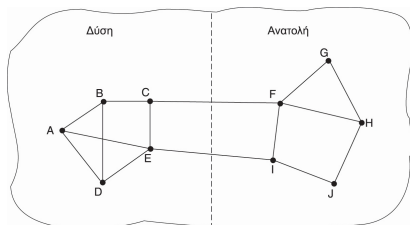
Μια σειρά από μέτρα διαφορετικής χρονικής κλίμακας μπορούν να ληφθούν:



- ▶ Το δίκτυο να είναι σχεδιασμένο με αρκετούς πόρους για την κίνηση που θα μεταφέρει. Βελτιώσεις σε ζεύξεις, κόμβους κ.λπ. μπορούν να γίνουν κατά καιρούς. Με τα Software Defined Networks είναι εφικτή η διάθεση πόρων σε σύντομο χρόνο.
- ▶ Μπορεί να γίνεται δρομολόγηση που λαμβάνει υπόψη την κίνηση, ίσως δυναμική ή και με παράλληλες διαδρομές.
- ▶ Βραχυπρόθεσμα είναι δυνατό να εφαρμόζονται κριτήρια εισόδου για νέα ρεύματα, τα οποία μπορούν να γίνουν δεκτά με χαμηλότερες παραμέτρους ποιότητας ή και να απορριφθούν.
- ▶ Για ρεύματα που ήδη περνούν μέσα από το δίκτυο μπορεί να γίνει σύσταση προς την πηγή τους να μειώσει την προσφερόμενη κίνηση (ανάδραση).
- ▶ Περαιτέρω το δίκτυο μπορεί να απορρίπτει πακέτα (απόρριψη φορτίου - load shedding).

## Δρομολόγηση που λαμβάνει υπόψη την κίνηση

- ▶ Η δυναμική δρομολόγηση μπορεί να λαμβάνει υπόψη την κίνηση αν στο «βάρος» μιας ζεύξης ληφθεί υπόψη η καθυστέρηση λόγω αναμονής ή/και η ουρά προς τη ζεύξη.
- ▶ Στο σχήμα αν η κίνηση που φεύγει από το δυτικό μέρος προς το ανατολικό μέρος είναι αυξημένη πάνω στην CF, η δυναμική δρομολόγηση μπορεί να μεταφέρει κίνηση προς την EI.
- ▶ Αυτό το σχήμα ανάδρασης όμως μπορεί να φέρει κύματα αυξομείωσης πάνω στις δύο ζεύξεις. Το μέγεθος των κυμάτων εξαρτάται από την ένταση της επέμβασης και τη συχνότητα ανανέωσης της δρομολόγησης.





# Έλεγχος αποδοχής

- ▶ Αν ένα δίκτυο χρησιμοποιεί εικονικά κυκλώματα (virtual circuits), η συμφόρηση μπορεί να αποφευχθεί με απόρριψη ενός νέου εικονικού κυκλώματος στη φάση εγκατάστασης.
- ▶ Όμως πώς θα προβλεφθεί αν το υπό εγκατάσταση κύκλωμα θα φέρει συμφόρηση; Ένα ρεύμα κίνησης μπορεί να δημιουργεί ακανόνιστες αφίξεις πακέτων.
- ▶ Η περιγραφή ενός στατιστικά μεταβαλλόμενου ρεύματος απαιτεί
  - (α) ένα μοντέλο περιγραφής με περισσότερες της μιας παραμέτρους και
  - (β) μια μέθοδο υπολογισμού (πρόβλεψης) της συμφόρησης μέσω των παραμέτρων του προηγούμενου μοντέλου.

# Απόρριψη φορτίου

- ▶ Ένας δρομολογητής απορρίπτει πακέτα όταν αυτά εξαντλούν τη χωρητικότητά του
- ▶ Η κρίσιμη επιλογή είναι ποια να απορρίψει. Η απάντηση εξαρτάται από τον τύπο πακέτου, την εφαρμογή, την παλαιότητα κ.λπ.
- ▶ Π.χ. σε μεταφορά φωνής σε πραγματικό χρόνο είναι προτιμότερο να σωθούν τα νέα πακέτα. Σε μεταφορά αρχείων τα παλαιότερα. Τα πακέτα διαχείρισης του δικτύου είναι πιο κρίσιμα από τα απλά πακέτα.
- ▶ Μια λύση είναι να σημειώνονται τα πακέτα από την εφαρμογή που τα δημιουργεί ως περισσότερο ή λιγότερο επείγοντα. Μια τέτοια πολιτική χρειάζεται κίνητρα, π.χ. οικονομικά.

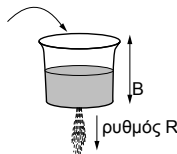
## Μορφοποίηση κίνησης

- ▶ Από πλευράς διαχείρισης κίνησης και συμφόρησης η πιο σημαντική ιδιότητα ενός ρεύματος είναι ο χρονισμός των πακέτων που περιγράφεται με μια διαδικασία αφίξεων. Αυτός είναι μεν περίπλοκο φαινόμενο, σε ένα δίκτυο όμως πρέπει να περιγραφεί με ένα μικρό σύνολο παραμέτρων.
- ▶ Η πιο απλή περιγραφή χρησιμοποιεί τις χρονικές αποστάσεις  $X$  μεταξύ διαδοχικών αφίξεων και απαιτούνται τουλάχιστον η μέση τιμή  $\mu = E\{X\}$  και η διασπορά  $\sigma^2 = E\{[X - \mu]^2\}$  για να περιγραφεί κίνηση που έρχεται σε ριπές.
- ▶ Με τα ίδια όμως  $\mu$  και  $\sigma$  μπορούν να εμφανισθούν πολύ διαφορετικά patterns κίνησης. Ένας τρόπος να απλοποιηθεί το πρόβλημα είναι να επιβληθεί συγκεκριμένο pattern στην κίνηση όπως αυτή εξέρχεται από την πηγή και πριν πέσει στο δίκτυο. Αυτό λέγεται *μορφοποίηση κίνησης*.

# Service Level Agreement (SLA)

- ▶ Ο όρος *συμφωνία στάθμης υπηρεσίας - service level agreement* δηλώνει πως η μεν πηγή ενός ρεύματος αναλαμβάνει την υποχρέωση να ακολουθάει συγκεκριμένο pattern χρονισμού για τα πακέτα που ρίχνει στο δίκτυο (μορφοποίηση), ο δε πάροχος δικτύου να τα διεκπεραιώνει σύμφωνα με κάποιες προδιαγραφές.
- ▶ *Αστυνόμευση κίνησης - traffic policing*: Ο πάροχος μπορεί να ελέγχει την τήρηση των όρων από την πηγή και διαγράφει ή να χαρακτηρίζει χαμηλής προτεραιότητας όσα πακέτα παραβιάζουν το SLA..
- ▶ Στη συνέχεια δίνονται σχήματα μορφοποίησης της κίνησης.

## Ο τρύπιος κουβάς - leaky bucket



- ▶ Ο τρύπιος κουβάς είναι ένας αλγόριθμος που θέτει εντός ορίων τις ριπές πακέτων που στέλνει μια πηγή, όταν αποκλίνει από το μέσο ρυθμό.
- ▶ Σε κάθε πηγή που μεταδίδει σε μια σύνδεση αντιστοιχεί ένας μετρητής. Η τιμή του αυξάνεται κάθε φορά που η πηγή στέλνει ένα πακέτο και μειώνεται με σταθερό ρυθμό  $R$  (μέχρι να φτάσει στο μηδέν).
- ▶ Υπάρχει άνω όριο  $B$  στην τιμή του μετρητή. Αν με την είσοδο ενός πακέτου το όριο παραβιάζεται, το πακέτο είτε διαγράφεται είτε μπαίνει σε αναμονή (και ο μετρητής δεν αυξάνεται). Αν το όριο δεν παραβιάζεται, το πακέτο προωθείται για μετάδοση και ο μετρητής αυξάνεται.



# Ενεργή διαχείριση ουράς

- ▶ Όταν πλησιάζει η συμφόρηση το δίκτυο μπορεί να στείλει ένα σήμα στις πηγές να δίνουν λιγότερο φορτίο.
- ▶ Πώς θα διαγνώσει ένας δρομολογητής την επερχόμενη συμφόρηση; Μετρώντας
  1. τη χρήση των εξερχόμενων συνδέσμων,
  2. τις ουρές μέσα στο δρομολογητή,
  3. τον αριθμό των πακέτων που αναγκάζεται να διαγράψει.
- ▶ Εφόσον ένας δρομολογητής εντοπίσει πηγές με υπερβολική κίνηση μπορεί να τις ειδοποιήσει μέσα από κάποιο σχήμα ανάδρασης, όπως τα επόμενα.

## Τυχαία πρώιμη ανίχνευση

- ▶ Ο χειρισμός της συμφόρησης είναι πιο εύκολος όσο είναι στην αρχή της.
- ▶ Με αυτήν την λογική ο δρομολογητής θα μπορούσε να διαγράφει πακέτα πριν από τη συμφόρηση.
- ▶ Επί πλέον οι διαγραφές δρουν ως «σήμα» προς τις πηγές, οι οποίες βλέπουν τις απώλειες πακέτων να αυξάνονται. Το TCP (στην πηγή) αντιδρά στις απώλειες ρίχνοντας την προσφερόμενη κίνηση.
- ▶ Σύμφωνα με τον αλγόριθμο *Random Early Detection - RED* ο δρομολογητής που διαπιστώνει αύξηση στο μέσο μήκος ουράς πέραν ενός ορίου, καταστρέφει μερικά πακέτα στην τύχη (χωρίς να εξετάζει ποιο ακριβώς ρεύμα είναι πιο υπεύθυνο για τη συμφόρηση). Το TCP στις πηγές των αντίστοιχων ρευμάτων εκλαμβάνει τις απώλειες ως ένδειξη συμφόρησης και μειώνει ταχύτητα.
- ▶ Ο αλγ. RED είναι μια καλή προσέγγιση όταν δεν υπάρχει πιο ακριβής μηχανισμός ανάδρασης.

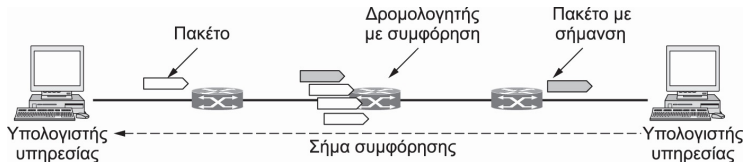


## Πακέτα αποπνιγμού (choke packets)

- ▶ Η πιο άμεση ειδοποίηση είναι να στείλει απ' ευθείας ο δρομολογητής ένα *πακέτο αποπνιγμού* (choke packet) στην πηγή ενός ρεύματος που συμβάλλει στη συμφόρηση.
- ▶ Τέτοια πακέτα χρησιμοποιούνται με φειδώ για να χειροτερέψουν τη συμφόρηση.
- ▶ Η πηγή του ρεύματος που θα λάβει ένα τέτοιο πακέτο μειώνει την ταχύτητά της.

## Ρητή ειδοποίηση συμφόρησης (explicit congestion notification - ECN)

- ▶ Το πρωτόκολλο αυτό χρησιμοποιείται στο Internet.
- ▶ Η ειδοποίηση μπαίνει σε ένα πεδίο των 2 bits στην επικεφαλίδα του IP σε κανονικά πακέτα που περνούν από ένα δρομολογητή που διαπιστώνει συμφόρηση.
- ▶ Ο παραλήπτης του πακέτου στέλνει το ίδιο σήμα στην πηγή στο πρώτο πακέτο απάντησης.



# Αντίστροφη πίεση ανά άλμα

- ▶ Το πρωτόκολλο αυτό στέλνει πακέτα αποπνιγμού που πρέπει να υλοποιηθούν αμέσως από κάθε προηγούμενο δρομολογητή πάνω στη διαδρομή.
- ▶ Προσωρινά η διευθέτηση αυτή βάζει πάνω στον τρέχοντα δρομολογητή αυξημένες απαιτήσεις αποθήκευσης αφού η ταχύτητα εξόδου μειώνεται ως προς την ταχύτητα εισόδου.
- ▶ Η κανονικότητα αποκαθίσταται όταν το πακέτο αποπνιγμού φτάσει στην αρχή της διαδρομής.

