

Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
ΠΜΣ Πληροφοριακά Συστήματα
Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών
και Δικτύων
Καθηγητής: Α. Α. Οικονομίδης

University of Macedonia
Master Information Systems
Networking Technologies
Professor: A. A. Economides

Congestion Control in Broadband Networks
Έλεγχος Συμφόρησης σε Ευρυζωνικά Δίκτυα

10 – 1 – 2008

Παπακώστας Χαρίσιος

mis0516

Περίληψη εργασίας:

Στα πλαίσια της εργασίας θα περιγράψει το πρόβλημα της συμφόρησης πακέτων σε ευρυζωνικά δίκτυα. Θα παρουσιαστούν οι τρόποι ελέγχου της συμφόρησης και θα αναλυθούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του καθενός.

Περιεχόμενα παρουσίασης (1):

- Ορισμοί
- Αιτίες
- Αλήθειες και ψέματα για τη συμφόρηση
- Το πραγματικό πρόβλημα
- Πιθανές λύσεις
- Τεχνικές για τη λύση του προβλήματος
- Ολοκληρωμένος έλεγχος συμφόρησης

Περιεχόμενα παρουσίασης (2):

- Βασική θεωρία
- Τρόποι ταξινόμησης των αλγορίθμων ελέγχου συμφόρησης
 - Μέθοδοι μαύρου κουτιού
 - Μέθοδοι γκρι κουτιού
 - Μέθοδοι πράσινου κουτιού
- Αλγόριθμοι ελέγχου συμφόρησης στο επίπεδο TCP
- Έλεγχος συμφόρησης σε ασύρματα δίκτυα
- Βιβλιογραφία

Συμφόρηση (congestion) είναι η κατάσταση εκείνη κατά την οποία το φορτίο σε μια τηλεπικοινωνιακή ζεύξη ή ένα υποδίκτυο, ξεπερνά τη χωρητικότητά της και οδηγεί σε επιδείνωση της επίδοσης της [1].

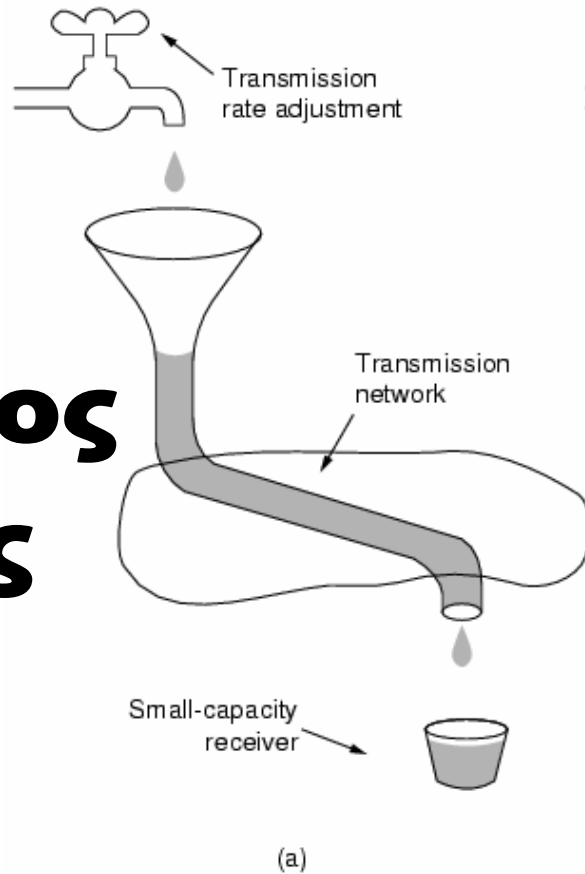
Ορισμός: Έλεγχος Συμφόρησης

Είναι η τεχνική για την παρακολούθηση της εκμετάλλευσης δικτύου και τη διαχείριση ή προώθηση ποσοτήτων πληροφορίας για τη συγκράτηση των επιπέδων κίνησης ώστε να αποτραπεί η υπερφόρτωση και η μη σωστή λειτουργία του δικτύου.

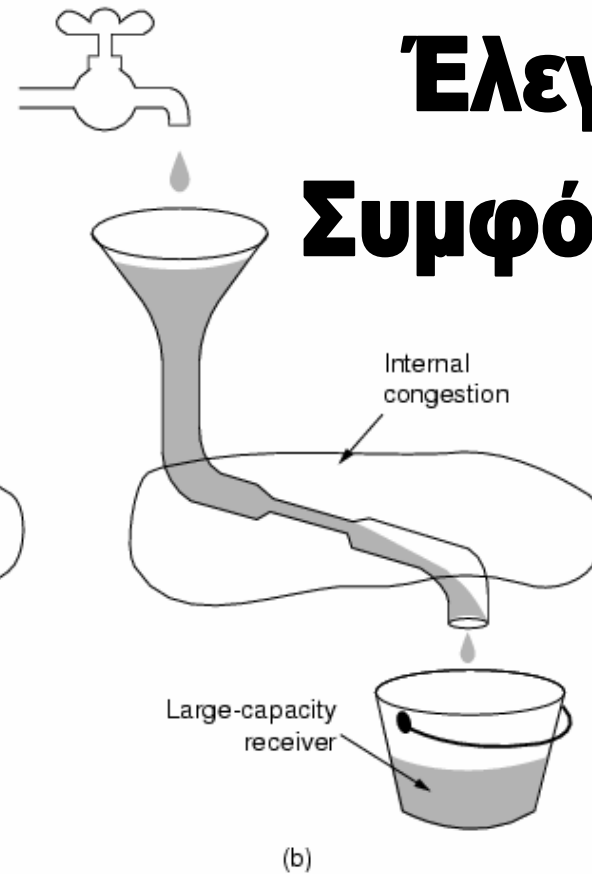
Ορισμός: Έλεγχος Ροής

Ο έλεγχος ροής απαιτεί την επιβεβαίωση λήψης (acknowledgment) κάθε πακέτου από τον απόμακρο host πριν να σταλεί το επόμενο. Προσπαθεί όσο μπορεί να προλάβει τη συμφόρηση και να εγγυηθεί ότι οι χρήστες λαμβάνουν την επιθυμητή ποιότητα υπηρεσιών. [2]

Έλεγχος Ροής



Έλεγχος Συμφόρησης



Τι προκαλεί τη συμφόρηση (1);

Η στατιστική υπόθεση που χρησιμοποιείται στην πολυπλεξία για να βελτιστοποιηθεί η εκμετάλλευση της σύνδεσης είναι ότι οι χρήστες δεν χρησιμοποιούν το εύρος δικτύου που τους αναλογεί ταυτόχρονα.

Τι προκαλεί τη συμφόρηση (2);

Η πραγματικότητα όμως είναι ότι οι απαιτήσεις των χρηστών είναι στοχαστικά μεγέθη και δεν μπορούν πλήρως να προβλεφθούν.

Οπότε η συμφόρηση είναι αναπόφευκτη.[3]

Τι προκαλεί τη συμφόρηση (3);

Κάθε φορά που ο συνολικός ρυθμός εισόδου δεδομένων είναι μεγαλύτερος από τη δυνατότητα μεταγωγής δεδομένων του δικτύου, έχουμε συμφόρηση.

Όταν το δίκτυο έχει υποστεί συμφόρηση τότε το μήκος των ουρών μπορεί να γίνει πολύ μεγάλο σε μικρό χρόνο, με αποτέλεσμα υπερχείλιση μνήμης και απώλεια δεδομένων. Ο έλεγχος συμφόρησης είναι απαραίτητος για να εξασφαλίσει ότι οι χρήστες θα απολαμβάνουν την απαιτούμενη Ποιότητα Υπηρεσιών (Quality of Service, QoS).[4]

Αλήθειες και ψέματα για τις αιτίες και τις λύσεις του ελέγχου συμφόρησης (1):

Ψέμα: Η συμφόρηση προκαλείται από την έλλειψη ενδιάμεσης μνήμης (buffer). Το πρόβλημα θα λυθεί όταν το κόστος της μνήμης θα γίνει αρκετά μικρό ώστε να επιτρέψει πολύ μεγάλη μνήμη.

Αλήθειες και ψέματα για τις αιτίες και τις λύσεις του ελέγχου συμφόρησης (1):

Αλήθεια: Η μεγάλη ενδιαμέση μνήμη είναι χρήσιμη μόνο για συμφορήσεις σύντομες και χωρίς διάρκεια. Αλλιώς η μεγάλη μνήμη εισάγει στο δίκτυο συνωστισμό και μεγάλες καθυστερήσεις, που είναι ανεπιθύμητα.

Αλήθειες και ψέματα για τις αιτίες και τις λύσεις του ελέγχου συμφόρησης (2):

Ψέμα: Η συμφόρηση προκαλείται από αργά δίκτυα. Το πρόβλημα θα λυθεί όταν ακόμα πιο γρήγορες συνδέσεις στα ευρυζωνικά δίκτυα θα είναι διαθέσιμες.

Αλήθειες και ψέματα για τις αιτίες και τις λύσεις του ελέγχου συμφόρησης (2):

Αλήθεια: Μερικές φορές οι πιο γρήγορες συνδέσεις μπορούν να καταστήσουν το δίκτυο πιο ασταθές. Αν δυο πηγές στέλνουν στον ίδιο προορισμό με τη μέγιστη χωρητικότητα των συνδέσεων τους, συμφόρηση θα πραγματοποιηθεί στο διακόπτη. Υψηλότερες ταχύτητες μπορεί να κάνουν το πρόβλημα στο διακόπτη ακόμα πιο έντονο.

Αλήθειες και ψέματα για τις αιτίες και τις λύσεις του ελέγχου συμφόρησης (3):

Ψέμα: Η συμφόρηση προκαλείται από αργούς επεξεργαστές. Το πρόβλημα θα λυθεί όταν αυξηθεί η ταχύτητα των επεξεργαστών.

Αλήθειες και ψέματα για τις αιτίες και τις λύσεις του ελέγχου συμφόρησης (3):

Αλήθεια: Αυτός ο ισχυρισμός είναι παρόμοιος με τον προηγούμενο. Ισχυρότεροι επεξεργαστές θα μεταδίδουν περισσότερη πληροφορία ανά μονάδα χρόνου.

Αλήθειες και ψέματα για τις αιτίες και τις λύσεις του ελέγχου συμφόρησης (3):

Αλήθεια: Αν διαφορετικοί κόμβοι ξεκινήσουν να μεταδίδουν πληροφορία με τη μέγιστη δυνατότητα τους στον ίδιο προορισμό ταυτόχρονα, τότε ο προορισμός σύντομα θα «βουλιάξει».

Αλήθειες και ψέματα για τις αιτίες και τις λύσεις του ελέγχου συμφόρησης (3):

Αλήθεια: Η συμφόρηση είναι ένα δυναμικό πρόβλημα και οποιαδήποτε στατική ή μοναδική λύση δεν είναι επαρκής για την αντιμετώπιση του. [5]

Αλήθειες και ψέματα για τις αιτίες και τις λύσεις του ελέγχου συμφόρησης (3):

Αλήθεια: Ο,τι παρουσιάστηκε παραπάνω (έλλειψη μνήμης, αργές συνδέσεις και αργοί επεξεργαστές) είναι τα συμπτώματα και όχι οι λύσεις του προβλήματος.

Το πραγματικό πρόβλημα του ελέγχου συμφόρησης (1):

Τα περισσότερα δίκτυα αποτυγχάνουν στο να ενημερώνουν τις εφαρμογές που το χρησιμοποιούν για το πραγματικό εύρος ζώνης που είναι διαθέσιμο κάθε δεδομένη στιγμή.

Το πραγματικό πρόβλημα του ελέγχου συμφόρησης (2):

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι εφαρμογές να μην έχουν κάποιο μέτρο με το οποίο να ελέγχουν την ποσότητα της πληροφορίας που στέλνουν κάθε φορά στο δίκτυο.

Το πραγματικό πρόβλημα του ελέγχου συμφόρησης (3):

Όταν οι εφαρμογές στέλνουν περισσότερη πληροφορία από αυτή που μπορεί να διαχειριστεί το δίκτυο, τότε η μνήμη του δικτύου γεμίζει και μπορεί να ξεχειλίσει.

Το πραγματικό πρόβλημα του ελέγχου συμφόρησης (4):

Οι εφαρμογές τότε θα πρέπει να επαναλάβουν την αποστολή των δεδομένων, κάτι το οποίο προσθέτει ακόμα περισσότερη κίνηση και επιβαρύνει περισσότερο το δίκτυο.

Πιθανές Λύσεις:

Ο αποτελεσματικός έλεγχος συμφόρησης ελαχιστοποιεί την ανάγκη για επαναποστολή δεδομένων εξαιτίας της συμφόρησης. Το πρόβλημα είναι ακόμα υπό συζήτηση αλλά η τελική λύση πιστεύεται ότι θα περιλαμβάνει μια πληθώρα τεχνικών.

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ:

- ❖ Τέλος με τέλος (end-to-end)
- ❖ Σύνδεση με σύνδεση (link-by-link)
- ❖ Έλεγχος ροής με βάση το ρυθμό αποστολής (rate-based flow control)
- έλεγχος ροής με βάση την πίστωση του δικτύου (credit-based flow control) [6]

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Τέλος με τέλος (end-to-end):

Το δίκτυο μετράει το ελάχιστο διαθέσιμο εύρος ζώνης της σύνδεσης και το αναφέρει στην εφαρμογή που το χρησιμοποιεί, και η οποία έπειτα αποστέλλει με τον κατάλληλο ρυθμό.

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Σύνδεση με σύνδεση (link-by-link):

Κάθε σύνδεση κατά μήκος του δικτύου ελέγχει την μεταφορά δεδομένων ανεξάρτητα. Κάθε σύνδεση αποθηκεύει τις πληροφορίες που πρέπει για να ρυθμίσει την εισερχόμενη με την εξερχόμενη ταχύτητα δεδομένων.

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Έλεγχος ροής με βάση το ρυθμό αποστολής
(rate-based flow control) (1):

Αυτή η τεχνική αναφέρει συνεχώς στην εφαρμογή ποιο ρυθμό αποστολής δεδομένων πρέπει να χρησιμοποιεί η συσκευή-αποστολέας.

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Έλεγχος ροής με βάση το ρυθμό αποστολής (rate-based flow control) (2):

Π.χ. το δίκτυο αναφέρει ότι μια εφαρμογή μπορεί να στείλει 1000 κελιά ανά δευτερόλεπτο. Αν το δίκτυο συμφορηθεί, μειώνει αυτό το ρυθμό και ενημερώνει εκ νέου την εφαρμογή. Όταν το δίκτυο αποσυμφορηθεί αυξάνεται ο ρυθμός μεταγωγής.

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Έλεγχος ροής με βάση την πίστωση του δικτύου (credit-based flow control) (1):

Εδώ, το δίκτυο υποδεικνύει στους αποστολείς την πίστωση (credit) της διαθέσιμης ποσότητας μνήμης του δικτύου που τους αναλογεί.

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Έλεγχος ροής με βάση την πίστωση του δικτύου (credit-based flow control) (2):

Π.χ. σε μια εφαρμογή επιτρέπεται να στείλει 100 κελιά και μετά να περιμένει. Το δίκτυο περιοδικά ανανεώνει την επιτρεπόμενη πίστωση για κάθε εφαρμογή.

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Έλεγχος ροής με βάση την πίστωση του δικτύου (credit-based flow control) (3):

Αν το δίκτυο συμφορηθεί, η εφαρμογή λαμβάνει μικρότερη πίστωση, η οποία ανανεώνεται λιγότερο συχνά. Αυτό αναγκάζει την εφαρμογή να επιβραδύνει την αποστολή δεδομένων.

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Έλεγχος ροής με βάση την πίστωση του δικτύου (credit-based flow control) (4):

Όταν σταματήσει ή ελαττωθεί η συμφόρηση, η ποσότητα της πίστωσης αυξάνεται και ανανεώνεται αρκετά συχνά ώστε η εφαρμογή να αποστέλλει στη μέγιστη δυνατή ταχύτητα.

Ολοκληρωμένος Έλεγχος Συμφόρησης (1):

Οι τελευταίες προτάσεις για το πρότυπο ελέγχου συμφόρησης προτείνουν έναν συνδυασμό end-to-end και rate-based τεχνικών για την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση του προβλήματος.

Ολοκληρωμένος Έλεγχος Συμφόρησης (2):

Σε όσες περιπτώσεις είναι επιθυμητός ένας πιο ακριβής έλεγχος της συμφόρησης του δικτύου, τότε στις παραπάνω τεχνικές προστίθεται και η link-by-link.

Ολοκληρωμένος Έλεγχος Συμφόρησης (3):

Επειδή τα περισσότερα υπάρχοντα δίκτυα ασύγχρονου τρόπου μεταφοράς (Asynchronous Transfer Mode, ATM) ήδη χρησιμοποιούν το παραπάνω πρότυπο, σύντομα θα παρουσιαστεί ένα τυποποιημένο πρότυπο ελέγχου συμφόρησης.

Βασική Θεωρία Ελέγχου Συμφόρησης [6] :

Αν εκφράσουμε όλα τα μεγέθη ενός δικτύου ως μεταβλητές μπορούμε με κατάλληλες μαθηματικές πράξεις να μετατρέψουμε το πρόβλημα σε έναν κατανεμημένο αλγόριθμο βελτιστοποίησης χρησιμοποιώντας πολλαπλασιαστές Lagrange.

Τρόποι ταξινόμησης των αλγορίθμων ελέγχου συμφόρησης (1):

◆ Σύμφωνα με τον τύπο και το ποσό της ανάδρασης που στέλνει το δίκτυο: απώλεια, αργοπορία, μοναδικό-bit ή πολλαπλό-bit σήμα.

Τρόποι ταξινόμησης των αλγορίθμων ελέγχου συμφόρησης (2):

◆ Σύμφωνα με τη σταδιακή ανάπτυξη του υπάρχοντος δικτύου: μόνο ο αποστολέας χρειάζεται αλλαγές, αποστολέας και δέκτης χρειάζονται αλλαγές, μόνο ο δρομολογητής χρειάζεται αλλαγή, αποστολέας, δέκτης και δρομολογητής χρειάζονται αλλαγές.

Τρόποι ταξινόμησης των αλγορίθμων ελέγχου συμφόρησης (3):

◆ Σύμφωνα με την απόδοση επιμέρους χαρακτηριστικών του δικτύου που πρέπει να βελτιωθεί: υψηλό εύρος ζώνης, χαμένες συνδέσεις, τιμιότητα (fairness), πλεονέκτημα σε σύντομες ροές, συνδέσεις μεταβλητής τιμής.

Τρόποι ταξινόμησης των αλγορίθμων ελέγχου συμφόρησης (4):

◆ Σύμφωνα με το κριτήριο τιμιότητας που χρησιμοποιεί: μέγιστο-ελάχιστο, αναλογικό, ελάχιστη δυνατή αργοπορία.

Πιθανή Ταξινόμηση Μεθόδων Ελέγχου Συμφόρησης (1)

Τύπος Ανάδρασης από το Δίκτυο:

L=Loss (απώλεια)

D=Delay (αργοπορία)

S=Single – bit (Σήμα μονού bit)

M=Multi – bit (Σήμα πολλαπλού bit)

Πιθανή Ταξινόμηση Μεθόδων Ελέγχου Συμφόρησης (2)

Σταδιακή Ανάπτυξη Δικτύου:

S=Sender (Αποστολέας θέλει αλλαγή)

R= Router (Δρομολόγησης θέλει αλλαγή)

G=Gateway (Πύλη θέλει αλλαγή)

Πιθανή Ταξινόμηση Μεθόδων Ελέγχου
Συμφόρησης (3)

Ποιον τομέα θελει να βελτιώσει:

B=Bandwidth (Αργοπορία ευρυζωνικού δικτύου)

L=Lossy links (Χαμένες συνδέσεις)

F=Fairness (Τιμιότητα)

S=Short flows (Σύντομες ροές)

V=Variable-rate links (Συνδέσεις μεταβλητού
ρυθμού)

C=Convergence speed (Ταχύτητα σύγκλισης)

Congestion Control in Broadband Networks-Παπακώστας Χαρίσιος

Πιθανή Ταξινόμηση Μεθόδων Ελέγχου Συμφόρησης (4)

Το κριτήριο τιμιότητας που χρησιμοποιεί:

M=Max-min (Μέγιστο-ελάχιστο)

P=Proportional (Αναλογικό)

D=Minimum potential delay (Ελάχιστη πιθανή αργοπορία)

Ταξινόμηση Μεθόδων Ελέγχου Συμφόρησης (1)

Μέθοδος	Ανάδραση	Αλλαγές	Τομέας Βελτίωσης	Τιμιότητα
Reno	L	–	–	D
Vegas	D	S	Λιγότερες Απώλειες	P
High Speed	L	S	B	O
BIC	L	S	B	O

Ταξινόμηση Μεθόδων Ελέγχου Συμφόρησης (2)

Μέθοδος	Ανάδραση	Αλλαγές	Τομέας Βελτίωσης	Τιμιότητα
CUBIC	L	S	B	O
H-TCP	L	S	B	O
FAST	D	S	B	P
Compound TCP	L/D	S	B	P

Ταξινόμηση Μεθόδων Ελέγχου Συμφόρησης (3)

Μέθοδος	Ανάδραση	Αλλαγές	Τομέας Βελτίωσης	Τιμιότητα
Westwood	L/D	S	L	O
Jersey	L/D	S	L	O
CLAMP	M	G/R	V	M
TFRC	L	S/R	-	D

Ταξινόμηση Μεθόδων Ελέγχου Συμφόρησης (4)

Μέθοδος	Ανάδραση	Αλλαγές	Τομέας Βελτίωσης	Τιμιότητα
XCP	M	S/G/R	BLFC	M
VCP	M	S/G/R	BLF	P
MAXNET	M	S/G/R	B	M
JETMAX	M	S/G/R	B	M

Ταξινόμηση Μεθόδων Ελέγχου Συμφόρησης (5)

Μέθοδος	Ανάδραση	Αλλαγές	Τομέας Βελτίωσης	Τιμιότητα
RED	L	G	?	?
ECN	S	S/G/R	Λιγότερες απώλειες	?

Ταξινόμηση Μεθόδων Σύμφωνα με την ενημέρωση από το δίκτυο (1):

1 – Μαύρο κουτί: Το δίκτυο θεωρείται ένα μαύρο κουτί. Δε γνωρίζουμε τίποτα για την κατάσταση του.

2 – Γκρι κουτί: Χρησιμοποιεί μετρήσεις για να υπολογίσει διαθέσιμο εύρος, επίπεδο και χαρακτηριστικά συμφόρησης.

Ταξινόμηση Μεθόδων Σύμφωνα με την ενημέρωση από το δίκτυο (2):

3 – Πράσινο κουτί: Η μέθοδος ελέγχου της συμφόρησης του δικτύου μπορεί να υπολογίζει επακριβώς όλα τα μεγέθη και τις παραμέτρους του δικτύου, σύμφωνα και με τις πληροφορίες που λαμβάνει από αυτό.

Περιγραφή Μεθόδων Μαύρου Κουτιού (1):

Highspeed: Τροποποιεί την εξίσωση αντίδρασης του TCP σε δίκτυα με υψηλή καθυστέρηση εύρους και αυξάνει το παράθυρο συμφόρησης πιο απότομα λαμβάνοντας επιβεβαίωση ενώ το μειώνει πιο ελαφρά σε περίπτωση απώλειας πακέτων.

Περιγραφή Μεθόδων Μαύρου Κουτιού (2):

BIC: Χρησιμοποιεί βαθμιαία αύξηση του ρυθμού αποστολής μετά από κάθε συμφόρηση μέχρις ότου το παράθυρο ισοδυναμεί με αυτό πριν από τη συμφόρηση, με σκοπό να μεγιστοποιήσει το χρόνο εκμετάλλευσης του δικτύου.

Περιγραφή Μεθόδων Μαύρου Κουτιού (3):

CUBIC: Λιγότερο απότομη και πιο συστηματική υποκατηγορία του BIC, στην οποία το παράθυρο είναι κυβική συνάρτηση του χρόνου μέχρι την τελευταία συμφόρηση.

Περιγραφή Μεθόδων Γκρι Κουτιού:

Το πρότυπο TCP βασίζεται σε απώλειες πακέτων για να καθορίσει τις υπερφορτωμένες συνδέσεις. Αυτό όμως δεν είναι σαφή ένδειξη διότι:

Περιγραφή Μεθόδων Γκρι Κουτιού:

1 – Η απώλεια πακέτων μπορεί να προκαλείται από τυχαία κατάρρευση bit ενώ το εύρος ζώνης είναι ακόμα διαθέσιμο.

Περιγραφή Μεθόδων Γκρι Κουτιού:

2 – Η ανίχνευση απωλειών που βασίζεται σε βεβαίωση λήψης από τη μεριά του αποστολέα, μπορεί να επηρεαστεί από την διασταυρούμενη κίνηση στο αντίθετο μέρος.

Περιγραφή Μεθόδων Γκρι Κουτιού:

3 – Η απώλεια πακέτων δεν μπορεί να υποδείξει το επίπεδο φόρτωσης πριν να συμβεί συμφόρηση. Για αυτό μια ευφυή τακτική καθορισμού του παραθύρου θα πρέπει να αντανakλά διαφορετικές κατηγορίες δικτύων. Διάφορες μέθοδοι φαίνονται παρακάτω.

Περιγραφή Μεθόδων Γκρι Κουτιού (1):

Vegas: Υπολογίζει την αργοπορία ουράς και γραμμικά αυξάνει ή ελαττώνει το παράθυρο έτσι ώστε ένας σταθερός αριθμός πακέτων ανά ροή αναμένει στο δίκτυο.

Περιγραφή Μεθόδων Γκρι Κουτιού (2):

Westwood: Μια απώλεια προκαλεί το παράθυρο να μηδενιστεί σύμφωνα με την εκτίμηση του αποστολέα για την αργοπορία του δικτύου, που είναι οι μικρότεροι μετρημένοι χρόνοι RTT επί την συχνότητα που λαμβάνονται οι επιβεβαιώσεις.

Περιγραφή Μεθόδων Γκρι Κουτιού (3):

TFRC: Είναι μια μέθοδος ελέγχου συμφόρησης που στοχεύει να διαγωνιστεί δίκαιως για ένα δίκτυο με TCP ροές.

Περιγραφή Μεθόδων Γκρι Κουτιού (4):

Jersey: Ένας νέος τρόπος που στοχεύει στην ικανότητα του μηχανισμού μεταφοράς να ξεχωρίσει τις απώλειες πακέτων λόγω συμφόρησης.

Περιγραφή Μεθόδων Πράσινου Κουτιού (1):
Random Early Detection (RED): Τυχαία ρίχνει πακέτα σε αναλογία με το μέγεθος ουράς του δρομολόγηση, προκαλώντας ραγδαία μείωση σε μερικές ροές.

Περιγραφή Μεθόδων Πράσινου Κουτιού (2):
Explicit Congestion Notification (ECN): Δίνει τη δυνατότητα στους δρομολόγητες τυχαία να σημαδεύουν ένα bit στην επικεφαλίδα του IP, παρά να ρίχνουν το πακέτο, για να ενημερώσουν τους τελικούς αποδέκτες για αναμένουσα συμφόρηση, όταν το μήκος της ουράς ξεπερνά ένα όριο.

Περιγραφή Μεθόδων Πράσινου Κουτιού (3):

Variable Congestion Protocol (VCP):

Χρησιμοποιεί 2 bit για να ενημερώσει το δίκτυο για την κατάσταση της συμφόρησης.

Περιλαμβάνει επίσης και έναν αλγόριθμο παραλήπτη.

Περιγραφή Μεθόδων Πράσινου Κουτιού (4):

Explicit Control Protocol (XCP): Οι δρομολογητές που χρησιμοποιούν αυτή τη μέθοδο στέλνουν σαφείς ενδείξεις στα παράθυρα συμφόρησης των αποστολέων.

Περιγραφή Μεθόδων Πράσινου Κουτιού (5):

MaxNet: Χρησιμοποιεί ένα μοναδικό πεδίο επικεφαλίδας, το οποίο κουβαλάει το μέγιστο επίπεδο συμφόρησης οποιουδήποτε δρομολογητή για μια διαδρομή. Ο ρυθμός μετάδοσης είναι μια συνάρτηση της μέγιστης συμφόρησης.

Περιγραφή Μεθόδων Πράσινου Κουτιού (6):

JetMax: Όπως και η προηγούμενη μέθοδος επίσης αντιδρά μόνο σε σήματα μέγιστης συμφόρησης αλλά επίσης περιλαμβάνει και άλλα πεδία επικεφαλίδας.

Έλεγχος συμφόρησης στο επίπεδο TCP (1):

Αν και το TCP συνήθως δεν ενδιαφέρεται για όσα συμβαίνουν στο διαδίκτυο (αυτό είναι εργασία που εκτελείται από το IP πρωτόκολλο στο 3ο επίπεδο του μοντέλου OSI) πρέπει να είναι αρκετά "έξυπνο", ώστε να αντιληφθεί και να χειριστεί κατάλληλα μια συμφόρηση στο δίκτυο.

Έλεγχος συμφόρησης στο επίπεδο TCP (2):

Το TCP δεν μπορεί να αγνοήσει τι συμβαίνει στο διαδίκτυο μεταξύ των δύο συνδεδεμένων άκρων.

Για αυτόν τον λόγο, το TCP περιλαμβάνει διάφορους συγκεκριμένους αλγορίθμους που έχουν ως σκοπό είτε να αποφύγουν εξ αρχής τη συμφόρηση, είτε να αποκριθούν σε αυτή. [7]

Έλεγχος συμφόρησης στο επίπεδο TCP (3):

Χρησιμοποιούνται διάφοροι μηχανισμοί για να επιτευχθεί υψηλή απόδοση και να μην υπερφορτωθεί το δίκτυο [8], [9], [10]. Αυτοί οι μηχανισμοί περιλαμβάνουν:

- ◆ τον αλγόριθμο slow-start,
- ◆ τον αλγόριθμο congestion avoidance,
- ◆ τον αλγόριθμο fast retransmit και
- ◆ τον αλγόριθμο fast recovery

Αλγόριθμος slow-start (1) [11]:

Παλαιότερα TCP ξεκινούσαν μια σύνδεση με τον αποστολέα να στέλνει πολλαπλά πακέτα στο δίκτυο. Αν υπάρχουν όμως αργές συνδέσεις μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη μπορούμε να έχουμε προβλήματα. Κάποιοι ενδιάμεσοι δρομολογητές μπορεί να προξενήσουν ουρές ή να εξαντληθεί η μνήμη τους.

Αλγόριθμος slow-start (2):

Ο αλγόριθμος αυτός παρατηρεί το ρυθμό μεταγωγής πακέτων στο δίκτυο και ορίζει ως ρυθμό αποστολής το ρυθμό με τον οποίο λαμβάνονται οι επιβεβαιώσεις από το άλλο άκρο.

Αλγόριθμος slow-start (3):

Παλαιότερες εφαρμογές εκτελούσαν αυτόν τον αλγόριθμο μόνο όταν ο παραλήπτης ήταν σε διαφορετικό δίκτυο. Τώρα όλες οι εφαρμογές πραγματοποιούν slow start.

Αλγόριθμος congestion avoidance (1) [12]:

Συμφόρηση μπορούμε να έχουμε όταν δεδομένα φτάνουν σε ένα μεγάλο σωλήνα (γρήγορο δίκτυο) και στέλνονται σε ένα μικρότερο σωλήνα (αργό δίκτυο).

Αλγόριθμος congestion avoidance (2):

Συμφόρηση μπορούμε επίσης να έχουμε όταν πολλαπλές εισόδους φτάνουν σε ένα δρομολογητή που η έξοδος του είναι μικρότερη από το άθροισμα των εισόδων. Αυτός ο αλγόριθμος χρησιμοποιείται για να ελέγξουμε τα χαμένα πακέτα.

Αλγόριθμος congestion avoidance (3):

Η απώλεια δεδομένων σημαίνει συμφόρηση κάπου στο δίκτυο. Υπάρχουν δυο ενδείξεις για αυτό.

1 – Να συμβεί timeout (λήξη αναμονής)

2 – Να δεχτεί ο αποστολέας διπλά σήματα αναφορών.

Αλγόριθμος congestion avoidance (4):

Οι δυο παραπάνω αλγόριθμοι είναι ανεξάρτητοι με διαφορετικούς στόχους. Αλλά στην πρακτική χρησιμοποιούνται και οι δυο για να επαναφέρουν το δίκτυο σε λειτουργική κατάσταση.

Αλγόριθμος fast retransmit (1) [13]:

Το TCP παράγει αναφορές όταν λαμβάνεται μια ανώμαλη σειρά δεδομένων. Αυτή η αναφορά ενημερώνει το άλλο μέρος ότι παραλήφθηκε κάτι εκτός σειράς και τι περίμενε να λάβει.

Αλγόριθμος fast retransmit (2):

Επειδή το TCP δεν γνωρίζει αν οι αναφορές προέρχονται από χαμένα πακέτα ή από αναδιοργάνωση τους περιμένει να λάβει έναν αριθμό αναφορών. Αν λάβει μερικές αναφορές μόνο, τότε έχουμε αναδιοργάνωση που επαναφέρει το δίκτυο σε λειτουργία.

Αλγόριθμος fast recovery (1) [13]:

Αφού πραγματοποιηθεί fast retransmit στο χαμένο κομμάτι, πραγματοποιείται congestion avoidance και όχι slow start. Αυτός είναι ο αλγόριθμος fast recovery. Είναι μια βελτίωση που επιτρέπει υψηλούς ρυθμούς με μέτριες συμφορήσεις.

Αλγόριθμος fast recovery (2):

Η λήψη διπλών αναφορών σημαίνει ότι ο παραλήπτης έχει λάβει το ίδιο πακέτο δυο φορές, που σημαίνει ότι υπάρχουν ακόμα δεδομένα που κυκλοφορούν μεταξύ των δυο κόμβων.

Αλγόριθμος fast recovery (3):

Το TCP δε θέλει να διακόψει απότομα αυτή τη μεταφορά πηγαίνοντας σε slow start για αυτό χρησιμοποιεί αυτόν τον αλγόριθμο. Συνήθως οι αλγόριθμοι fast retransmit και fast recovery χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα.

Έλεγχος συμφόρησης σε ασύρματα δίκτυα (1)

[14]:

Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLANs) θα συνεχίσουν να αποτελούν πρωτεύοντα παράγοντα ανάπτυξης των τηλεπικοινωνιακών δικτύων, στα επερχόμενα έτη. Δεδομένου ότι το κυρίως χρησιμοποιούμενο πρότυπο αυτήν τη στιγμή, το IEEE 802.11, γίνεται όλο και πιο δημοφιλές, είναι σημαντικό να διασφαλιστεί ότι τα ασύρματα δίκτυα παρέχουν δίκαιη πρόσβαση στους χρήστες.

Congestion Control in Broadband Networks-Παπακώστας Χαρίσιος

Έλεγχος συμφόρησης σε ασύρματα δίκτυα (2):

Ωστόσο, η φύση του ασύρματου καναλιού δεν εγγυάται ούτε την αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων, ούτε το δίκαιο διαμοιρασμό των πόρων. Το μοντέλο διαμοίρασης πόρων που ορίζει το υπό-επίπεδο MAC του 802.11, εξαναγκάζει τους σταθμούς που επιθυμούν να μεταδώσουν σε ανταγωνισμό για την πρόσβαση στο κανάλι.

Έλεγχος συμφόρησης σε ασύρματα δίκτυα (3):

Επειδή ο ανταγωνισμός καθορίζεται από τις σχετικές θέσεις των κόμβων, διαφορετικοί χρήστες αντιλαμβάνονται διαφορετικό επίπεδο συμφόρησης. Υπό αυτές τις συνθήκες, κάποιες ροές μπορεί να αυξήσουν το ρυθμό τους εις βάρος άλλων, οι οποίες θα καταλάβουν πολύ μικρό ποσοστό της χωρητικότητας, σε σχέση με τις πρώτες.

Προτεινόμενες Λύσεις για Έλεγχο συμφόρησης σε ασύρματα δίκτυα (1):

Αλγόριθμος ECN: Αυτός ο μηχανισμός μεταβιβάζει πληροφορία για τη συμφόρηση των κόμβων προς τους TCP αποστολείς.

Προτεινόμενες Λύσεις για Έλεγχο συμφόρησης σε ασύρματα δίκτυα (2):

Αλγόριθμος εκτίμησης φορτίου (LBM): Τα πακέτα μαρκάρονται και η πιθανότητα μαρκαρίσματος είναι συνάρτηση του ποσοστού χρησιμοποίησης του καναλιού στην περιοχή του κόμβου, συναρτήσει των συγκρουόμενων μεταδόσεων άλλων κόμβων.

Βιβλιογραφία:

[1] Σημειώσεις ΔΙΚΤΥΑ Η/Υ 2, ΤΕΙ Σερρών

[2] [http://en.wikipedia.org/wiki/Teletraffic
engineering_in_broadband_networks](http://en.wikipedia.org/wiki/Teletraffic_engineering_in_broadband_networks)

[3] <http://cnx.org/content/m13361/latest/>

[4] [http://www.cse.ohio-state.edu/~jain/
cis788-95/ftp/atm_cong/index.htm,](http://www.cse.ohio-state.edu/~jain/cis788-95/ftp/atm_cong/index.htm)

Fang Lu, ATM Congestion Control

Βιβλιογραφία:

[5] *F.P. Kelly, S. Zachary and I.B. Ziedins, Stochastic Networks: Theory and Applications, Royal Statistical Society Lecture Notes Series, Oxford University Press, 1996*

[6] Issues and Trends. (1990). Congestion Control in Computer Networks. *IEEE Network Magazine*, 24-30,

[7] W. Stevens, RFC2001, Proposed Internet Standards Track Protocol, Jan. 1997

Congestion Control in Broadband Networks-Παπακώστας Χαρίσιος

Βιβλιογραφία:

- [8] Mark Juliano. ATM Traffic Control. , <http://www.byte.com/art/9412/sec10/art5.htm>
- [9] W. R. Stevens, "TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols", Addison-Wesley, 1994.
- [10] G. R. Wright, W. R. Stevens, "TCP/IP Illustrated, Volume 2: The Implementation", Addison-Wesley, 1995.

Βιβλιογραφία:

[11] B. Braden, "Requirements for Internet Hosts – Communication Layers," [RFC 1122](#),

Oct. 1989.

[12] V. Jacobson, "Congestion Avoidance and Control," *Computer Communication Review*,

vol. 18, no. 4, pp. 314-329, Aug. 1988.

[13] V. Jacobson, "Modified TCP Congestion Avoidance Algorithm," [end2end-interest mailing list](#), April 30, 1990.

Βιβλιογραφία:

[14] Despina Triantafyllidou, Congestion Control in IEEE 802.11 Wireless Networks using Explicit Congestion Notification and Load-Based Marking, Master's Thesis