

Θέματα Τηλεπικοινωνιακής Κίνησης σε ATM Δίκτυα

Μιχαήλ Δ. Λογοθέτης

Πανεπιστήμιο Πατρών
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Τεχνολογίας Υπολογιστών
Εργαστήριο Ενσύρματης Τηλεπικοινωνίας



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ (1/2)

- Ποιότητα των ATM δικτύων
- Μοντελοποίηση ATM Κόμβου
- Physical Layer Overhead
- Μοντελοποίηση της Διαδικασίας Αφίξεως των ATM πακέτων
- Μοντελοποίηση Πηγών Φωνής



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ (2/2)

- Μοντελοποίηση Πηγών Εικόνας
- Μοντελοποίηση Ετερογενών, Υπερτεθειμένων Πηγών Κίνησης
- Στατιστική Πολύπλεξη στο Επίπεδο των ΑΤΜ πακέτων
- Κέρδος Στατιστικής Πολύπλεξης
- Υπολογισμός της Πιθανότητας Απώλειας ΑΤΜ Πακέτων σε
ΑΤΜ Πολυπλέκτη



Ποιότητα των ATM Δικτύων

Η χειροτέρευση της ποιότητας των ATM δικτύων προκαλείται από:

- Καθυστερήσεις στη δημιουργία των ATM πακέτων
- Καθυστερήσεις διάδοσης σε ένα transmission path
- Απώλειες των ATM πακέτων
- Καθυστερήσεις των cells στους ATM κόμβους
- Λανθασμένη δρομολόγηση των cells εξαιτίας λαθών στο πεδίο της επικεφαλίδας

Οι παραπάνω καθυστερήσεις είναι σταθερές και δεν μεταβάλλονται ως προς την κίνηση

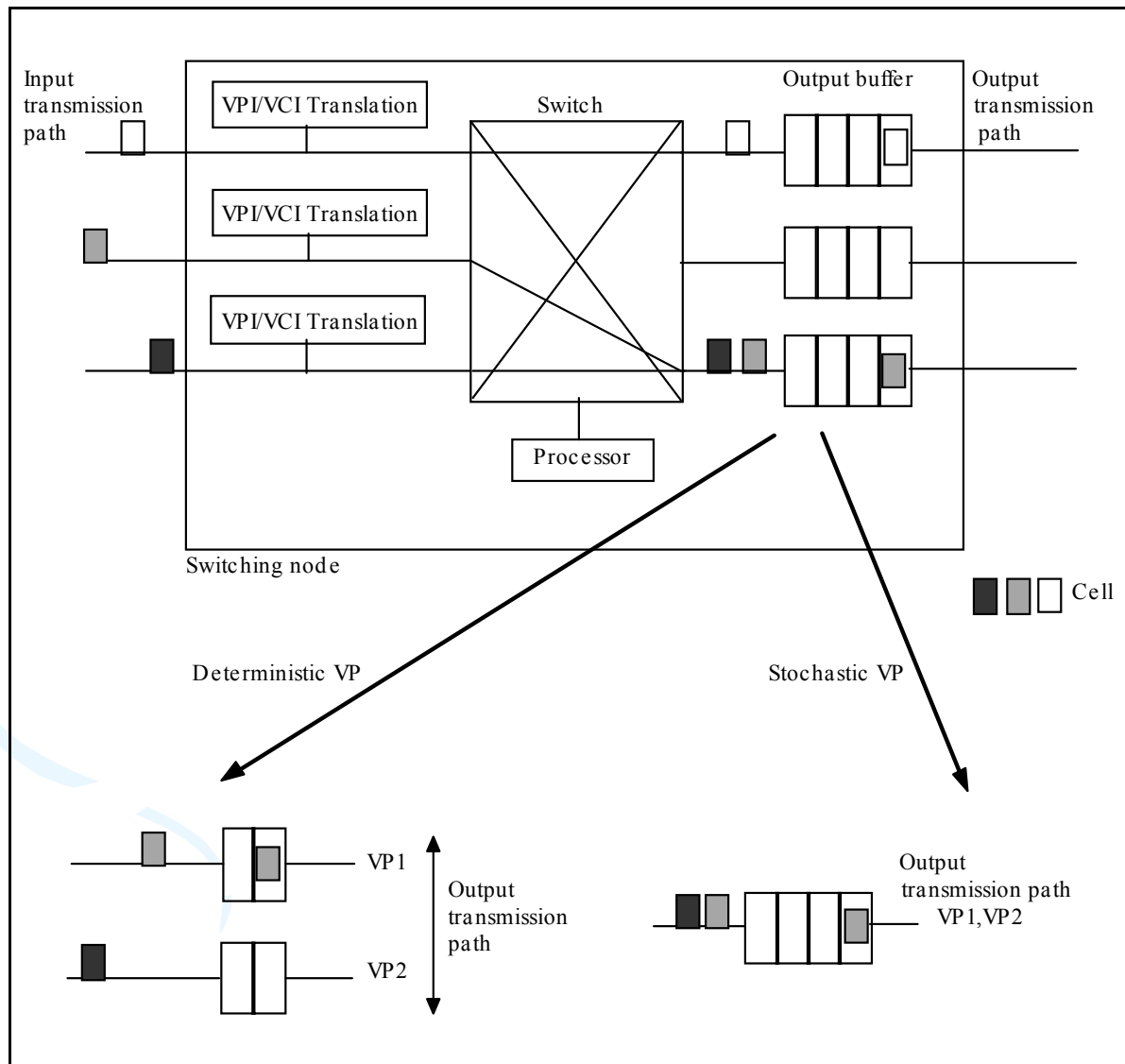
Μοντελοποίηση ATM Κόμβου (1/2)

Ένας ATM κόμβος μπορεί να μοντελοποιηθεί ως:

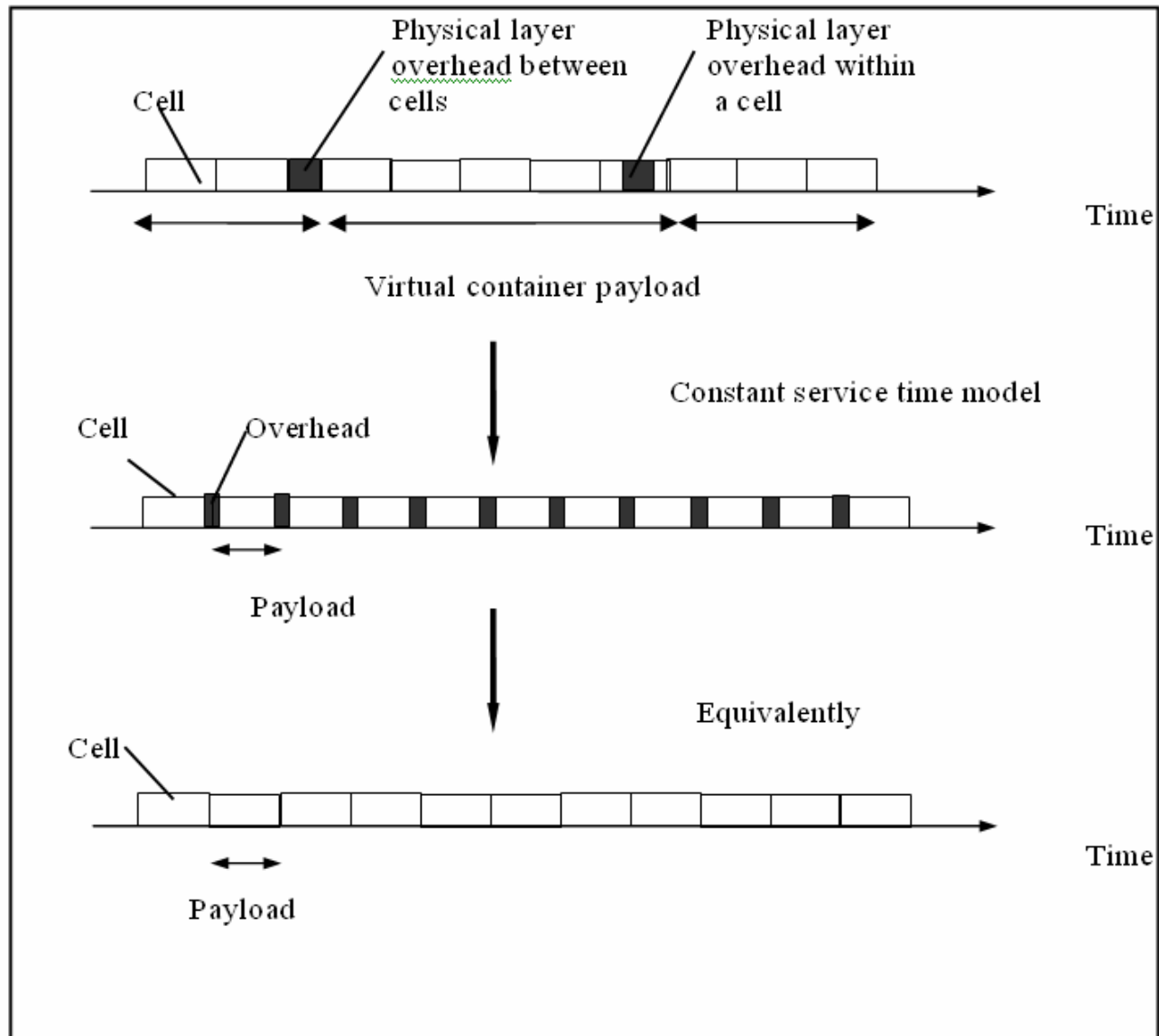
- Ένας απλός εξυπηρετητής ουράς (single server queue)
 - Αντιστοιχεί σε ένα Virtual Path (VP) ή Transmission Path
- Μια υπηρεσία που εκτελείται από τον εξυπηρετητή
 - Αντιστοιχεί στην μετάδοση ενός ATM πακέτου

Θεώρηση: Ο διακόπτης (switch) είναι χωρίς απώλειες (nonblocking) και δεν προκαλεί χειροτέρευση της απόδοσης.

Μοντελοποίηση ΑΤΜ Κόμβου (2/2)



Physical Layer Overhead



Μοντελοποίηση της Διαδικασίας Αφίξεως των ATM πακέτων

Η χρήση ενός μοντέλου διαδικασίας άφιξης ATM πακέτων για την αξιολόγηση της στατιστικής πολύπλεξης, συνεισφέρει:

- Στον καθορισμό της ευαισθησίας που έχει το κέρδος ως προς τις παραμέτρους της διαδικασίας άφιξης ATM πακέτων
- Στην επιλογή των χαρακτηριστικών κίνησης μιας πηγής
- Στην εκτίμηση των δυνατοτήτων του ATM δικτύου

Μοντελοποίηση Πηγών Φωνής (1/3)

- ▶ Στα δίκτυα ATM υπάρχουν δύο τρόποι για την μετάδοση της κίνησης φωνής (voice traffic):
 - Μετάδοση ως CBR κίνηση (σταθερός ρυθμός μετάδοσης)
 - Χρήση του πρωτοκόλλου τύπου 1 της AAL (class-A service)
 - Μετάδοση ως VBR κίνηση (μεταβλητός ρυθμός μετάδοσης)
 - Χρήση του πρωτοκόλλου τύπου 2 (class-B service)

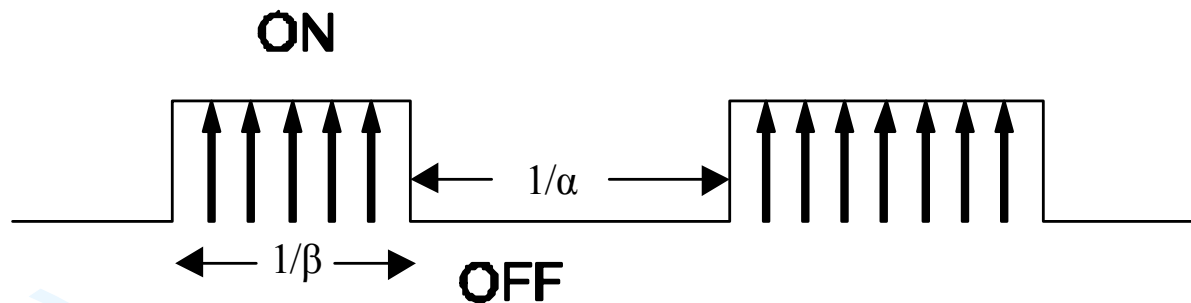
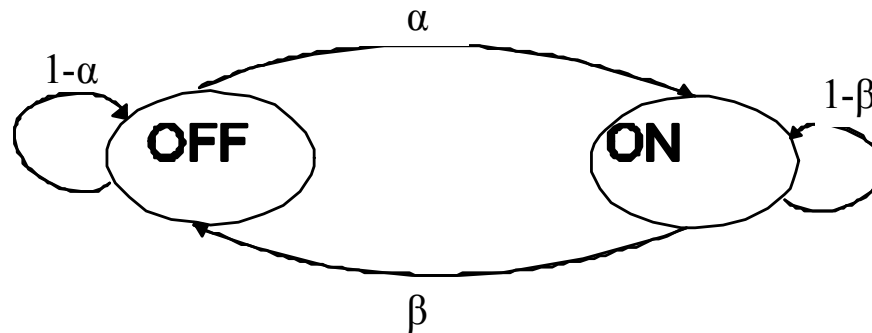
Μοντελοποίηση Πηγών Φωνής (2/3)

Όταν χρησιμοποιούμε μεταβλητό ρυθμός μετάδοσης, η πηγή μοντελοποιείται με το ON-OFF μοντέλο.

Το ON-OFF μοντέλο χαρακτηρίζεται από:

- καταστάσεις ON, όπου παράγονται cells ομιλίας (ενεργείς περίοδοι)
- καταστάσεις OFF, όπου δεν παράγονται cells ομιλίας (ανενεργείς περίοδοι)

Μοντελοποίηση Πηγών Φωνής (3/3)



α : πιθανότητα μετάβασης από την **OFF** στην **ON**

β : πιθανότητα μετάβασης από την **ON** στην **OFF**

Μοντελοποίηση Πηγών Εικόνας (1/3)

Μια πηγή εικόνας παράγει συσχετιζόμενα ΑΤΜ πακέτα τα οποία σχηματίζουν μια διαδικασία αφίξεως με πολύ διαφορετικά χαρακτηριστικά από την διαδικασία αφίξεως των ΑΤΜ πακέτων φωνής.

Υπάρχουν δύο τύποι συσχετίσεων:

- Συσχέτιση μικράς περιόδου.
 - Επίπεδα ομοιόμορφης δραστηριότητας
 - Μικρή χρονική διάρκεια των αποτελεσμάτων
- Συσχέτιση μεγάλης περιόδου
 - Ξαφνικές αλλαγές του τοπίου των εικόνων
 - Μεγάλη χρονική διάρκεια των αποτελεσμάτων

Μοντελοποίηση Πηγών Εικόνας (2/3)

Για συσχέτιση μικράς περιόδου έχουμε το παρακάτω μοντέλο, όπου μια μοναδική πηγή προσεγγίζεται με μια αναδρομική (AR – autoregressive συνάρτηση) :

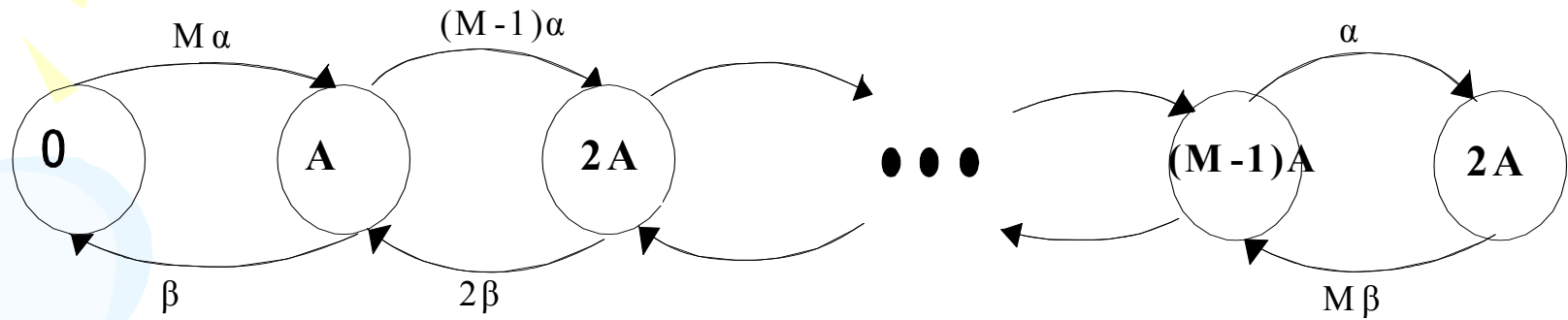
$$\lambda(n) = \sum_{m=1}^M a_m \cdot \lambda(n-m) + b \cdot w(n)$$

Το μοντέλο 1^{ης} τάξης ($M=1$) έχει επίσης καλά αποτελέσματα

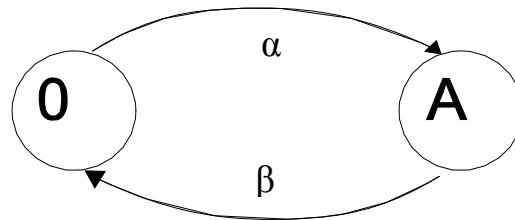
$$\lambda(n) = a_1 \cdot \lambda(n-1) + b \cdot w(n)$$

Μοντελοποίηση Πηγών Εικόνας (3/3)

Διάγραμμα μεταπτώσεως των καταστάσεων



Mini-source model



Μοντελοποίηση Ετερογενών, Υπερτεθειμένων Πηγών Κίνησης

Δύο μέθοδοι μοντελοποίησης:

- Μέθοδος της στατιστικής υπέρθεσης
- Μέθοδος της υπέρθεσης των επί μέρους μοντέλων

Πλεονεκτήματα της πρώτης μεθόδου:

- Δεν απαιτείται το μοντέλο των επί μέρους διαδικασιών
- Έχει σχετικά εύκολους υπολογισμούς
- Ο χώρος καταστάσεων για τη συνισταμένη διαδικασία δεν αυξάνει πολύ

Στατιστική Πολύπλεξη στο Επίπεδο των ATM πακέτων (1/2)

Κύρια χαρακτηριστικά της στατιστικής πολύπλεξης σε επίπεδο ATM πακέτων στα ATM δίκτυα είναι:

1. Ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης των ATM πακέτων (peak cell rate) έχει μεγάλη επίδραση στο κέρδος στατιστικής πολύπλεξης
2. Το μήκος της ριπής (burst length) επηρεάζει τη στατιστική πολύπλεξη όταν η ριπή είναι μικρότερη από το μέγεθος του buffer στην είσοδο του VP

Στατιστική Πολύπλεξη στο Επίπεδο των ATM πακέτων (2/2)

3. Μέσος ρυθμός μετάδοσης (average bit rate) είναι μια σημαντική παράμετρος για τη στατιστική πολύπλεξη, όταν ο αριθμός των πολυπλεγμένων VC συνδέσεων σε ένα VP είναι μεγάλος ή ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης σε ένα VC είναι μικρός
4. Όταν το VP bandwidth είναι σταθερό, το κέρδος στατιστικής πολύπλεξης γίνεται μεγάλο όταν πολυπλέκονται ομοιογενή VCs

Κέρδος Στατιστικής Πολύπλεξης (1/2)

- Για ένα σταθερό αριθμό χρηστών το δίκτυο μπορεί να χρησιμοποιήσει λιγότερους πόρους από ότι θα χρησιμοποιούσε αν οι πόροι προσδιορίζονταν σύμφωνα με τις μέγιστες τιμές που ζητάει κάθε χρήστης
- ή
- Το δίκτυο μπορεί να αυξήσει τους χρήστες που θα χρησιμοποιήσουν ένα σταθερό ποσό πόρων

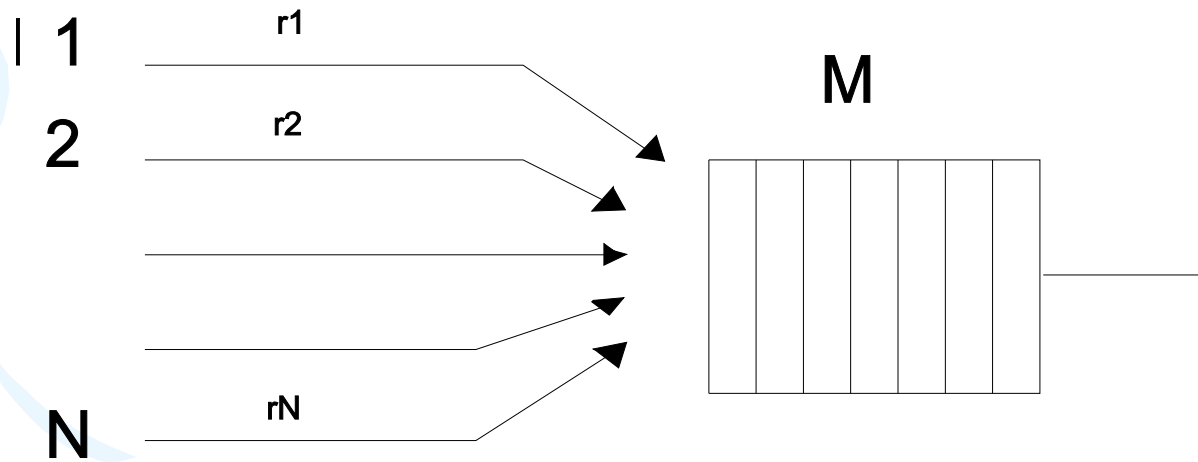
Κέρδος Στατιστικής Πολύπλεξης (2/2)

Υπολογίζοντας το κέρδος στατιστικής πολύπλεξης απαντάμε στα παρακάτω ερωτήματα:

- Ποια στρατηγική των VPs μπορεί να μας δώσει ένα μεγάλο κέδρος
- Πόσο μπορούμε να μειώσουμε το κόστος επικοινωνίας χρησιμοποιώντας την κωδικοποίηση μεταβλητού ρυθμού
- Ποιες παράμετροι κίνησης είναι κατάλληλες ως τα χαρακτηριστικά κίνησης μιας πηγής

Υπολογισμός της Πιθανότητας Απώλειας ΑΤΜ Πακέτων σε ΑΤΜ Πολυπλέκτη (1/8)

ΑΤΜ πολυπλέκτης



Υπολογισμός της Πιθανότητας Απώλειας ATM Πακέτων σε ATM Πολυπλέκτη (2/8)

N : πλήθος των κλήσεων

r_n : ρυθμός μετάδοσης ATM πακέτων από μια κλήση

K : πλήθος των διαφορετικών τύπων πηγών

C : Χωρητικότητα γραμμής εξόδου

M : Χωρητικότητα του buffer

Κάθε τύπος πηγής χαρακτηρίζεται από:

1. Μέγιστο ρυθμό μετάδοσης MAX
2. Μέσο ρυθμό μετάδοσης AVG

Υπολογισμός της Πιθανότητας Απώλειας ΑΤΜ Πακέτων σε ΑΤΜ Πολυπλέκτη (3/8)

Συνολική κίνηση των υπαρχόντων N κλήσεων:

$$R \equiv \sum_{n=1}^N r_n$$

Θεώρηση: ο μόνος λόγος για την απώλεια των ΑΤΜ πακέτων
είναι η υπερφόρτωση της γραμμής εξόδου, δηλ. $R > C$

Υπολογισμός της Πιθανότητας Απώλειας ΑΤΜ Πακέτων σε ΑΤΜ Πολυπλέκτη (4/8)

Υπάρχουν οι ακόλουθες πιθανές καταστάσεις:

1. Εάν $R=X<C$ και
 - a) Ο buffer είναι άδειος, τότε παραμένει άδειος
 - b) Ο buffer δεν είναι άδειος, τότε το περιεχόμενό του ελαττώνεται με ένα σταθερό ρυθμό $C-X$
2. Εάν $R=X=C$ τότε το περιεχόμενο του buffer δεν θα αλλάξει
3. Εάν $R=X>C$ και
 - a) Ο buffer δεν είναι γεμάτος, τότε το περιεχόμενο του buffer θα αυξηθεί με ένα σταθερό ρυθμό $X-C$
 - b) Ο buffer είναι γεμάτος, τότε τα ΑΤΜ πακέτα θα χάνονται με ένα σταθερό ρυθμό $X-C$

Υπολογισμός της Πιθανότητας Απώλειας ΑΤΜ Πακέτων σε ΑΤΜ Πολυπλέκτη (5/8)

Ο αναμενόμενος ρυθμός απωλειών ΑΤΜ πακέτων
δίνεται από:

$$L = \sum_{X > C} (X - C) \cdot \Pr(R = X) \cdot [1 - \Pr(m > 0 \mid R = X)]$$

Όπου m είναι το μέγεθος του buffer

Υπολογισμός της Πιθανότητας Απώλειας ΑΤΜ Πακέτων σε ΑΤΜ Πολυπλέκτη (6/8)

Όταν το μήκος των burst (καταιγισμός από συνεχόμενα ΑΤΜ πακέτα) των πηγών αυξάνει ενώ διατηρείται σταθερός ο μέσος και μέγιστος ρυθμός εκπομπής ΑΤΜ πακέτων η χρονική αυτή υστέρηση μειώνεται έτσι ώστε να μπορεί να ισχύει η παρακάτω σχέση:

$$\lim_{X \rightarrow \infty} \Pr(m > 0 \mid R = X) = 0$$

Το OF ορίζεται ως:

$$OF \equiv \sum_{X > C} (X - C) \cdot \Pr(R = X)$$

Υπολογισμός της Πιθανότητας Απώλειας ΑΤΜ Πακέτων σε ΑΤΜ Πολυπλέκτη (7/8)

Ο αναμενόμενος ρυθμός άφιξης των πακέτων δίνεται από:

$$A \equiv E[R]$$

Η πιθανότητα απωλειών ΑΤΜ πακέτων δίνεται από:

$$P = \frac{L}{A}$$

Η virtual Cell Loss Probability (CLP) ορίζεται σαν:

$$PV \equiv \frac{OF}{A}$$

Υπολογισμός της Πιθανότητας Απώλειας ΑΤΜ Πακέτων σε ΑΤΜ Πολυπλέκτη (8/8)

Υπολογισμός του αναμενόμενου ρυθμού άφιξης των πακέτων:

$$A = \sum_{n=1}^N E[r_n] = \sum_{i=1}^K N_i \cdot AVG_i$$

Το OF υπολογίζεται από:

$$OF = \sum_{n_1 + \dots + n_k \in \Omega} \left[\left(\sum_{i=1}^K n_i \cdot MAX_i - C \right) \cdot \prod_{j=1}^K \binom{N_j}{n_j} \cdot \left(\frac{AVG_j}{MAX_j} \right)^{n_j} \cdot \left(1 - \frac{AVG_j}{MAX_j} \right)^{N_j - n_j} \right]$$

Όπου Ω είναι το σύνολο των ακεραίων παραγόντων (n_1, \dots, n_k)
που ικανοποιούν στις σχέσεις:

$$0 \leq n_1 \leq N_1, \dots, 0 \leq n_k \leq N_k, \quad \sum_{i=1}^K n_i \cdot MAX_i > C$$

Έλεγχος Συμφόρησης της Κίνησης σε ΑΤΜ Δίκτυα

Μιχαήλ Δ. Λογοθέτης

Πανεπιστήμιο Πατρών
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Τεχνολογίας Υπολογιστών
Εργαστήριο Ενσύρματης Τηλεπικοινωνίας



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- Εισαγωγή
- Βασικές Λειτουργίες Ελέγχου της ΑΤΜ Κίνησης
- Έλεγχος Αποδοχής Κλήσεων
- Ο Αλγόριθμος του Ελέγχου Αποδοχής Κλήσεων
- Usage Parameter Control



Εισαγωγή (1/3)

Συμφόρηση προκαλείται:

- Όταν υπάρχει κάποια βλάβη στο δίκτυο
 - Ελαττωματικός κόμβος
 - Σπασμένη σύνδεση μεταξύ δύο οπτικών ινών
- Από μια απρόβλεπτη στατιστική διακύμανση της κίνησης
 - Η πηγή δεν εκπέμπει πάντα με το μέγιστο ρυθμό μετάδοσης που μπορεί

Υπάρχει η ανάγκη ύπαρξης αλγορίθμου για τον έλεγχο της συμφόρησης.



Εισαγωγή (2/3)

Στα τωρινά δίκτυα δεδομένων (X.25) για τον έλεγχο της συμφόρησης χρησιμοποιούνται οι μηχανισμοί που ενεργούν αφού πρώτα διαπιστωθεί συμφόρηση (Reactive control).

Οι μηχανισμοί αυτοί δεν είναι κατάλληλοι για το περιβάλλον ATM για τους παρακάτω λόγους:

1. Οι περισσότερες υπηρεσίες δεν μπορούν να ελεγχθούν
2. Η ανάδραση είναι αργή λόγω της δραστηκής μείωσης του χρόνου μετάδοσης των ATM πακέτων.
3. Δυσκολία υλοποίησης link-by-link συστημάτων ελέγχου συμφόρησης.



Εισαγωγή (3/3)

Ο μηχανισμός ελέγχου συμφόρησης ενός ATM δικτύου θα πρέπει να μπορεί να εκτελεί τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Να ελέγχει την προσπέλαση των συνδρομητών στους πόρους του δικτύου (admission control)
- Να προστατεύει την QoS των συνδρομητών έναντι των στοχαστικών διακυμάνσεων του φορτίου κίνησης
- Να εξασφαλίζει ότι μια κλήση δεν θα ξεπερνά τις προσυμφωνημένες παραμέτρους κίνησης και τους αντίστοιχους καταναεμημένους πόρους του δικτύου (π.χ. εύρος ζώνης, μνήμη)

Βασικές Λειτουργίες Ελέγχου της ATM Κίνησης (1/2)

Οι σκοποί του ATM επιπέδου traffic control για B-ISDN:

- Ευελιξία: θα πρέπει να υποστηρίζει μια σειρά από ATM επιπέδου QoS τάξεις συγκεκριμένες για όλες τις υπάρχουσες και μελλοντικές υπηρεσίες
- Απλότητα: ο στόχος είναι να σχεδιάζουμε απλά traffic controls επιπέδου ATM, που ελαχιστοποιούν την πολυπλοκότητα του δικτυακού εξοπλισμού, ενώ μεγιστοποιούν το βαθμό χρήσης του δικτύου
- Ευρωστία: η απαίτηση να επιτύχουμε υψηλή εκμετάλλευση των πηγών σε οποιοσδήποτε συνθήκες κίνησης, ενώ θα συνυπάρχουν οι απλές συναρτήσεις ελέγχου



Βασικές Λειτουργίες Ελέγχου της ATM Κίνησης (2/2)

Για τη διαχείριση και έλεγχο της κίνησης στα ATM δίκτυα ορίζονται οι παρακάτω δύο συναρτήσεις:

- Έλεγχος Αποδοχής Κλήσεων (Connection Admission Control - CAC)
- Μηχανισμοί Επιτήρησης της Κίνησης του Χρήστη (Usage Parameter Control - UPC)



Έλεγχος Αποδοχής Κλήσεων

Ο έλεγχος αποδοχής κλήσεων αποφασίζει κατά πόσο θα δεχθεί ή θα απορρίψει μια νέα σύνδεση (Virtual Channel - VC).

Κατά τη διαδικασία αποκατάστασης της σύνδεσης ο «χρήστης» και το «δίκτυο» διαπραγματεύονται τα παρακάτω:

- Συγκεκριμένα όρια για το συνολικό όγκο κίνησης
- Το απαιτούμενο QoS
- Την ανοχή ώστε να συμβιβάζεται η διαφορετική καθυστέρηση των πακέτων ATM



Ο Αλγόριθμος του Ελέγχου Αποδοχής Κλήσεων (1/2)

Ο αλγόριθμος του Ελέγχου Αποδοχής Κλήσεων έχει τις ακόλουθες ιδιότητες:

- Σύνδεση κατά απαίτηση
- Σύνδεση από σημείο σε σημείο (point to point)
- Σύνδεση από σημείο σε πολλαπλό σημείο (point to multipoint)
- Λειτουργίες πολυεκπομπής (multicasting)

A decorative graphic on the left side of the slide featuring a large green balloon at the top, a blue balloon in the middle, and a purple balloon at the bottom, all connected by a green streamer. Yellow triangular confetti is scattered around the balloons.

Ο Αλγόριθμος του Ελέγχου Αποδοχής Κλήσεων (2/2)

- Διαπραγματεύσεις παραμέτρων QoS
- Λεπτομερής καθορισμός του εύρους των VPI/VCI
- Μηχανισμοί αποκατάστασης σφαλμάτων
- Διαδικασίες εγγραφής πελατών
- Αναγνώριση παραμέτρων από άκρο σε άκρο (end to end)

Usage Parameter Control (1/3)

Η λειτουργία της επιτήρησης της κίνησης του χρήστη (Usage Parameter Control) θα πρέπει να ικανοποιεί τις παρακάτω απαιτήσεις:

- Να μην υπάρχει περιορισμός των πηγών που ακολουθούν τις προσυμφωνημένες παραμέτρους κίνησης
- Να υπάρχει άμεση ανίχνευση και επέμβαση στις παραβιάσεις των προσυμφωνημένων παραμέτρων κίνησης
- Πρέπει να είναι οικονομικά αποτελεσματική άρα θα πρέπει να είναι απλή και εύκολα εφαρμόσιμη

Usage Parameter Control (2/3)

Usage Parameter και Network Parameter (UPC/NPC) λέγονται οι έλεγχοι επιτήρησης του χρήστη που παρουσιάζονται στη Διασύνδεση Χρήστη-Δικτύου (UNI) και Δίκτυο Κόμβου (NNI).

Βασικά χαρακτηριστικά ιδανικού UPC/NPC αλγορίθμου:

- Ικανότητα ανίχνευσης οποιασδήποτε κατάστασης παράνομης κίνησης
- Άμεση απόκριση χρόνου σε παραβιάσεις των παραμέτρων
- Ευκολία βελτίωσης

Usage Parameter Control (3/3)

Η αρχή λειτουργίας του Leaky Bucket, ενός γνωστού μηχανισμού επιτήρησης της κίνησης στα ATM δίκτυα

