



Μάθημα 8.2: Πρότυπο ALOHA

Το **πρότυπο ALOHA** αποτελεί την απλούστερη αλλά και την παλαιότερη από τις ανταγωνιστικές τεχνικές πρόσβασης στο μέσο που εφαρμόστηκαν στα ραδιοδίκτυα των πακέτων μεταγωγής. Δημιουργήθηκε από την ομάδα του Norman Abramson του Πανεπιστημίου της Χαβάης και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1970 στα επίγεια συστήματα ραδιοεπικοινωνίας, για να επεκταθεί αργότερα σε πολλά παρόμοια συστήματα ανταγωνισμού. Εφαρμόζεται σε οποιοδήποτε μέσο μετάδοσης τη χωρητικότητα του οποίου μοιράζεται ένα πλήθος χρηστών. Σήμερα το πρωτόκολλο ALOHA, με ορισμένες παραλλαγές, έχει ευρεία εφαρμογή στο χώρο της επίγεια ραδιοεπικοινωνίας, στην κινητή (μικροκυβελική - μακροκυβελική) τηλεφωνία, καθώς και στη δορυφορική επικοινωνία.

Υπάρχουν δύο μορφές του πρωτοκόλλου, το ασυγχρόνιστο και το συγχρονισμένο ALOHA. Στην περίπτωση του **ασυγχρόνιστου ALOHA** οι χρήστες δε συντονίζουν τις μεταδόσεις τους, αλλά μεταδίδουν, όποτε διαθέτουν πακέτο. Στην πιο απλή περίπτωση υποθέτουμε ότι κάθε χρήστης δεν μπορεί να αποθηκεύσει πάνω από ένα πακέτο, το οποίο επιχειρεί να μεταδώσει αμέσως. Ο κόμβος παρακολουθεί το κανάλι για χρονικό διάστημα που ισοδυναμεί με το **μέγιστο χρόνο μιας πλήρους περιφοράς** (μετάδοση με επιστροφή) **του πακέτου** (*round-trip packet transmission time*) στο δίκτυο. Αν ο κόμβος πάρει επιβεβαίωση μέσα σ' αυτό το χρονικό διάστημα, θεωρεί ότι το πακέτο πήγε στον προορισμό του, διαφορετικά το επαναμεταδίδει μετά από κάποιο χρονικό διάστημα. Γενικά, δεν υπάρχει περιορισμός στις επαναμεταδόσεις που μπορεί να κάνει ένας κόμβος.

Το πακέτο που λαμβάνεται από το δέκτη ελέγχεται για την ορθότητά του και, αν είναι σωστό, γίνεται αμέσως αποδεκτό, οπότε αποστέλλεται και η επιβεβαίωση. Το πακέτο ενδέχεται να μεταδοθεί, αλλά να μη ληφθεί σωστά λόγω θορύβου ή σύγκρουσής του με κάποιο άλλο πακέτο, οπότε και τα δύο θεωρείται ότι καταστρέφονται. Υπενθυμίζουμε ότι σύγκρουση μεταξύ δύο πακέτων συμβαίνει, όταν το δεύτερο πακέτο αρχίζει τη μετάδοση, ενώ το πρώτο ήδη μεταδίδεται. Επομένως το πρωτόκολλο αποδίδει ικανοποιητικά, μόνο αν οι περιπτώσεις επικάλυψης των πακέτων ελαχιστοποιηθούν.

Παράδειγμα I

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 8.1α, οι τρεις κόμβοι Α, Β και Γ μεταδίδουν το πακέτο τους σε τυχαίους χρόνους. Για ευκολία υποθέτουμε ότι κάθε μετάδοση διαρκεί 1 sec. Επομένως:

- ✓ Τα πακέτα Α1 και Β1, που δημιουργήθηκαν από τους κόμβους Α και Β αντίστοιχα, φθάνουν στον κεντρικό κόμβο μετά από κάποια σταθερή καθυστέρηση διάδοσης του σήματος, χωρίς να συγκρουστούν. Αυτό συμβαίνει, γιατί οι χρόνοι μετάδοσης των πακέτων δεν επικαλύπτονται. Είναι φανερό ότι ο χρόνος επικάλυψης θα είναι το πολύ διπλάσιος του χρόνου μετάδοσης, δηλαδή 2



Η τεχνική που ονομάστηκε ALOHA χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στο Πανεπιστήμιο της Χαβάης προκειμένου να συνδεθεί μια ομάδα υπολογιστών που ήταν καταμεμημένοι σε αρκετά νησιά με τον κεντρικό υπολογιστή που βρισκόταν στο νησί Oahu.

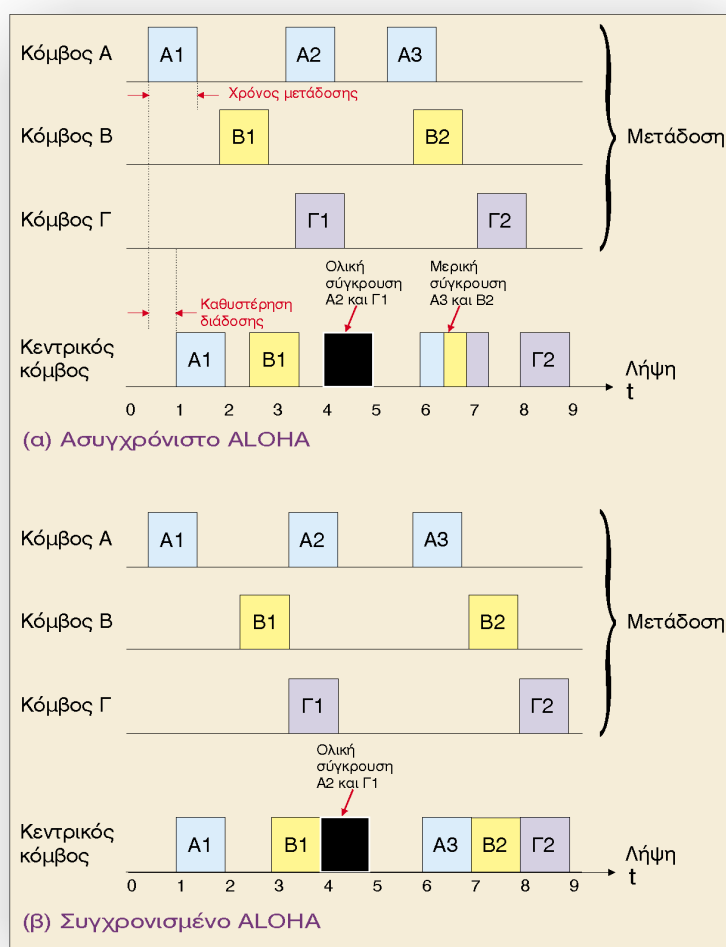


Ο μέγιστος χρόνος μιας πλήρους περιφοράς ενός πακέτου στο δίκτυο είναι διπλάσιος του χρόνου που απαιτείται για τη μεταφορά του πακέτου μεταξύ των δύο πιο απομακρυσμένων σταθμών του δικτύου. Στα τοπικά δίκτυα ο χρόνος αυτός είναι αμελητέος, όμως στα δορυφορικά συστήματα η καθυστέρηση που παρατηρείται ακριβώς πριν ο αποστολέας επιβεβαιώσει ότι η μετάδοση του πακέτου του ήταν επιτυχής φτάνει τα 270 msec.



sec.

- ✓ Τα πακέτα A2 και Γ1, που δημιουργήθηκαν από τους κόμβους Α και Γ αντίστοιχα, μεταδόθηκαν την ίδια χρονική στιγμή, με αποτέλεσμα να συμβεί ολική σύγκρουση.
- ✓ Τα πακέτα A3 και B2, που δημιουργήθηκαν από τους κόμβους Α και Β αντίστοιχα, μεταδόθηκαν σε επικαλυπτόμενο χρονικό διάστημα (μέσα σε 2 sec), με αποτέλεσμα να συμβεί μερική σύγκρουση. Αντίθετα, το πακέτο Γ2, που δημιουργήθηκε από τον κόμβο Γ, μεταδόθηκε σε μη επικαλυπτόμενο χρονικό διάστημα μαζί με τα πακέτα A3 και B2.



Σχήμα 8.1: Παράσταση σύγκρουσης στο ασυγχρόνιστο και στο συγχρονισμένο ALOHA

τους στην αρχή των χρονοθυρίδων. Επομένως σε περίπτωση σύγκρουσης η επικά-

Σημειώνεται ότι, για να μετρηθεί η απόδοση του ασυγχρόνιστου δικτύου ALOHA, είναι αναγκαίο να γίνουν ορισμένες παραδοχές, όπως είναι:

- ✓ Το κανάλι επικοινωνίας δεν παρουσιάζει σφάλματα θορύβου.
- ✓ Ο αριθμός των κόμβων που μεταδίδουν είναι μεγάλος.
- ✓ Το μήκος των πακέτων που μεταδίδονται είναι σταθερό.
- ✓ Ο αριθμός των πακέτων που δημιουργούνται ανά μονάδα χρόνου είναι τυχαίος.
- ✓ Η καθυστέρηση διάδοσης είναι μικρή ($< 10^{-3}$) και δε λαμβάνεται υπόψη. (Η παραδοχή αυτή δεν ισχύει για τα δορυφορικά δίκτυα στα οποία η καθυστέρηση διάδοσης αποτελεί σημαντικό παράγοντα.)

Με την προϋπόθεση ότι οι πιο πάνω παραδοχές ισχύουν, ο μέγιστος ρυθμός διέλευσης που μπορούμε να πετύχουμε από το δίκτυο δεν υπερβαίνει το 18% της συνολικά προσφερόμενης κυκλοφορίας.

Προκειμένου να βελτιωθεί ο ρυθμός διέλευσης του ασυγχρόνιστου ALOHA, αναπτύχθηκε το **συγχρονισμένο ALOHA**, κατά το οποίο ο άξονας του χρόνου χωρίζεται σε ομοιόμορφα διαστήματα, που λέγονται χρονοθυρίδες (time slots), διάρκειας ίσης με το χρόνο μετάδοσης ενός πακέτου. Οι κόμβοι συγχρονίζονται μέσω ενός κοινού ρολογιού, ώστε όλοι να ξεκινούν τις μεταδόσεις



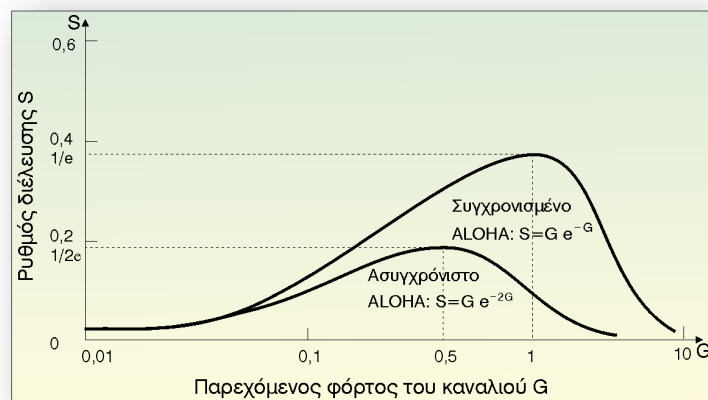
λυψη των πακέτων θα είναι ολική (σχήμα 8.1β) και όχι μερική, όπως στην περίπτωση του ασυγχρόνιστου *ALOHA*. Η τεχνική αυτή διπλασιάζει⁶ το ρυθμό διέλευσης, ο οποίος μπορεί να φτάσει στο 37% περίπου των επιχειρούμενων μεταδόσεων.

Παράδειγμα II

Αν ένα δίκτυο ασυγχρόνιστου *ALOHA* μεταδίδει με ρυθμό 9.600 bps, τότε ο μέγιστος συνολικός ρυθμός διέλευσης, δηλαδή το άθροισμα των δυαδικών ψηφίων που φθάνουν από όλους τους κόμβους ανά δευτερόλεπτο, θα είναι μόνο $0,18 \times 9.600 = 1.728$ bps. Αν όμως χρησιμοποιηθεί το συγχρονισμένο *ALOHA*, τότε το άθροισμα των δυαδικών ψηφίων που φθάνουν από όλους τους κόμβους ανά δευτερόλεπτο θα είναι το διπλάσιο, αφού ο μέγιστος ρυθμός διέλευσης θα είναι $0,37 \times 9.600 = 3.552$ bps. Σημειώνεται ότι και στις δύο περιπτώσεις, του ασυγχρόνιστου και του συγχρονισμένου *ALOHA*, η χωρητικότητα των 1.728 και 3.552 bps αντίστοιχα θα πρέπει να μοιραστεί κατά το δυνατόν ισομερώς σε όλους τους χρήστες του δικτύου.

⁶ Η ανάλυση αυτή μας δίνει την ευκαιρία να εξετάσουμε με παραστατικό τρόπο τη συμπεριφορά των δύο πρωτοκόλλων του *ALOHA*. Όπως έχει αποδειχτεί, κάτω από ορισμένες παραδοχές — οι κυριότερες των οποίων έχουν ήδη αναφερθεί — ο τύπος που συνδέει το **ρυθμό διέλευσης** (*throughput*) με τον παρεχόμενο φόρτο είναι:

- ✓ $S = G e^{-2G}$ για το ασυγχρόνιστο *ALOHA*
- ✓ $S = G e^{-G}$ για το συγχρονισμένο *ALOHA*



Στο σχήμα 8.2 βλέπουμε πώς μεταβάλλεται ο ρυθμός διέλευσης S ως συνάρτηση του παρεχόμενου φόρτου G .

Όπως παρατηρούμε, η μέγιστη τιμή του ρυθμού διέλευσης είναι για το ασυγχρόνιστο *ALOHA* $1/2e$, ενώ για το συγχρονισμένο *ALOHA* $1/e$ και συμβαίνει, όταν ο παρεχόμενος φόρτος G είναι 0,5 και 1 αντίστοιχα.

Σχήμα 8.2: Παρουσίαση της συμπεριφοράς του ασυγχρόνιστου και του συγχρονισμένου *ALOHA*

Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Πρωτόκολλο *ALOHA*, ασυγχρόνιστο *ALOHA*, συγχρονισμένο *ALOHA*, ρυθμός διέλευσης, φόρτος.



Ως **ρυθμός διέλευσης** (*throughput*) S του δικτύου ορίζεται ο συνολικός ρυθμός των δεδομένων που μεταδίδονται ανάμεσα σε δύο σταθμούς, ενώ ο παρεχόμενος **φόρτος** G παριστάνει το συνολικό ρυθμό των δεδομένων που εμφανίζονται για μετάδοση.

