

# Δικτύωση Υπολογιστών

Προσέγγιση από πάνω προς τα κάτω

4<sup>η</sup> Έκδοση

**James F. Kurose**

*Πανεπιστήμιο Massachusetts, Amherst, ΗΠΑ*

**Keith W. Ross**

*Πανεπιστήμιο Polytechnic, ΗΠΑ*

Απόδοση: **Γιάννης Β. Σαμαράς**

*Ηλεκτρολόγος Μηχανολόγος Ε.Μ.Π.*

*M.Sc. Computer Science*

Επιστημονική επιμέλεια:

**Αθανάσιος Μανισάρης**

*Καθηγητής Τμήματος Εφαρμοσμένης Πληροφορικής*

*Πανεπιστημίου Μακεδονίας*

**Ιωάννης Μαυρίδης**

*Επίκουρος Καθηγητής Τμήματος Εφαρμοσμένης*

*Πληροφορικής Πανεπιστημίου Μακεδονίας*

**Παναγιώτης Φουληράς**

*Λέκτορας Τμήματος Εφαρμοσμένης Πληροφορικής*

*Πανεπιστημίου Μακεδονίας*

 **Εκδόσεις: Μ. Γκιούρδας**

Ζωοδόχου Πηγής 70-74 - Τηλ.: 210 3630219

106 81 Αθήνα, 2009

[www.mgiurdas.gr](http://www.mgiurdas.gr)

**Τίτλος Πρωτοτύπου:**

Computer Networking

A Top-Down Approach

ISBN-13: 978-0-321-49770-3

ISBN-10: 0-321-49770-8

Copyright © 2008 by Pearson Education, Inc.  
75 Arlington Street, Suite 300, Boston, MA 02116

Αποκλειστικότητα για την Ελληνική Γλώσσα

Εκδόσεις: **Μόσχος Γκιούρδας**



Ζωοδόχου Πηγής 70-74 - Τηλ.: 210 3630219

106 81 Αθήνα, 2009

[www.mgiurdas.gr](http://www.mgiurdas.gr)

**ISBN: 978-960-512-552-3**

Επιμέλεια κειμένων: Μιχαήλ Μεταξάς

Desktop Publishing: Κ. Καλαϊτζής, τηλ.: 210 2811662

Εκτύπωση: ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΣ Γραφικές Τέχνες Α.Ε., τηλ.: 210 3300067

Βιβλιοδεσία: Στάμου Κ. & ΣΙΑ Ο.Ε., τηλ.: 210 2821113

Αναδημοσίευση του βιβλίου σε οποιαδήποτε μορφή, ολόκληρου ή μέρους, καθώς και των περιεχομένων προγραμμάτων, δεν επιτρέπεται χωρίς την έγγραφη εξουσιοδότηση του εκδότη.

# Συνέντευξη

## Jim Kurose

Ο Jim Kurose είναι ένας διακεκριμένος καθηγητής της Επιστήμης των Υπολογιστών στο University of Massachusetts, Amherst.

Έχει πάρει πολλές διακρίσεις για τις εκπαιδευτικές του δραστηριότητες, που περιλαμβάνουν το βραβείο Outstanding Teacher από το National Technological University (οκτώ φορές), από το University of Massachusetts και από το Northeast Association of Graduate Schools. Έχει πάρει το μετάλλιο IEEE Taylor Booth Education Medal και έχει αναγνωριστεί για την συμμετοχή του στην πρωτοβουλία Massachusetts Commonwealth Information Technology Initiative. Έχει δεχθεί την GE Fellowship, το βραβείο IBM Faculty Development και μια Lilly Teaching Fellowship.

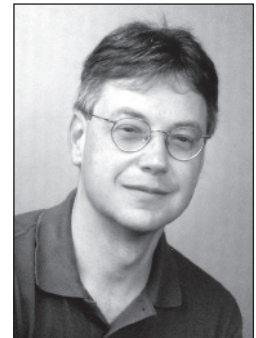
Ο Dr. Kurose ήταν Editor-In-Chief στο IEEE Transactions of Communications και στο IEEE/ACM Transactions on Networking. Είναι ενεργό μέλος των επιτροπών για τα IEEE Infocom, ACM SIGCOMM και ACM SIGMETRICS. Είναι fellow στο IEEE και στην ACM. Τα ερευνητικά του ενδιαφέροντα περιλαμβάνουν τα πρωτόκολλα και την αρχιτεκτονική δικτύων, τις μετρήσεις δικτύων, τα δίκτυα sensor, την επικοινωνία μέσω πολυμέσων και την μοντελοποίηση και αξιολόγηση της απόδοσης. Έχει διδακτορικό στην Επιστήμη των Υπολογιστών από το Columbia University.



## Keith Ross

Ο Keith Ross είναι καθηγητής στο Πανεπιστήμιο Leonard J. Shustek στο Brooklyn. Από το 1985 ως το 1998 ήταν καθηγητής στο University of Pennsylvania, όπου κατείχε θέσεις στο Department of Systems Engineering και στο Wharton School of Business. Από το 1998 ως το 2003 ήταν καθηγητής στο τμήμα Multimedia Communications στο Institute Eurocom στην Γαλλία. Είναι επίσης συνιδρυτής και CEO της εταιρείας Wimba, η οποία αναπτύσσει τεχνολογίες Voice over IP και συστημάτων συνεχούς ροής για αγορές ηλεκτρονικής εκπαίδευσης.

Τα ερευνητικά του ενδιαφέροντα περιλαμβάνονται την δικτύωση ομοτίμων, τις μετρήσεις του Διαδικτύου, την μετάδοση συνεχούς ροής βίντεο, το Web caching, τα δίκτυα διανομής περιεχομένου, την ασφάλεια δικτύων, το Voice over IP και την στοχαστική μοντελοποίηση. Είναι fellow του IEEE και associate editor του IEEE/ACM Transactions on Networking. Έχει εργαστεί ως σύμβουλος στην Εθνική Επιτροπή Εμπορίου των Η.Π.Α. στο θέμα κοινής χρήσης αρχείων P2P. Έχει εργαστεί σε επιτροπές για τα IEEE Infocom, ACM SIGCOMM, ACM Multimedia, ACM Internet Measurement Conference και για το ACM SIGMETRICS. Έχει πάρει το διδακτορικό του από το University of Michigan.



# Πρόλογος

Καλώς ήλθατε στην τέταρτη έκδοση του βιβλίου *Δικτύωση Υπολογιστών: Προσέγγιση από Πάνω προς τα Κάτω με Έμφαση στο Διαδίκτυο*. Μετά από την έκδοση της πρώτης έκδοσης πριν από επτά χρόνια, το βιβλίο μας χρησιμοποιήθηκε σε εκατοντάδες κολέγια και πανεπιστήμια και χρησιμοποιήθηκε από δεκάδες χιλιάδες σπουδαστές και χρήστες σε όλο τον κόσμο. Ακούσαμε απόψεις από πολλούς απ' αυτούς τους αναγνώστες και εκπλαγήκαμε από την θετική τους γνώμη.

## Τι Νέο Περιέχει η Τέταρτη Έκδοση

Θεωρούμε ότι ένας σημαντικός λόγος για την επιτυχία αυτού του βιβλίου είναι η ανανεωμένη προσέγγιση που προσφέρει στα μαθήματα δικτύωσης υπολογιστών. Γιατί χρειάζεται μια ανανεωμένη προσέγγιση; Έχουμε κάνει αλλαγές σ' αυτήν την τέταρτη έκδοση, αλλά έχουμε επίσης αφήσει αναλλοίωτα αυτά που εμείς πιστεύουμε (και οι καθηγητές και οι σπουδαστές έχουν επιβεβαιώσει) ότι είναι τα σημαντικότερα θέματα σ' αυτό το βιβλίο: η δομημένη του προσέγγιση, η εστίαση στο Διαδίκτυο, η προσεκτική προσήλωση στις αρχές και στις πρακτικές και το φιλικό του στυλ για εκμάθηση της δικτύωσης υπολογιστών.

Παρά ταύτα έχουμε κάνει πολλές σημαντικές αλλαγές στην τέταρτη έκδοση. Δεδομένου ότι το θέμα της ασφάλειας δικτύων έχει τρομακτική σημασία, έχουμε δώσει περισσότερη έμφαση στην ασφάλεια δικτύων, έχουμε εισάγει θέματα ασφάλειας δικτύων σε μια νέα ενότητα στο πρώτο κεφάλαιο, έχουμε προσθέσει νέο υλικό που σχετίζεται με την ασφάλεια δικτύων σ' όλα τα κεφάλαια και έχουμε ενημερώσει και επεκτείνει την κάλυψη των ασύρματων δικτύων, με πρόσθετο νέο υλικό για τα θέματα 802.11 (WiFi), 802.16 (WiMAX) και κυψελωτών δικτύων. Η κάλυψη για τα θέματα εφαρμογών συστημάτων ομοτίμων (P2P) – μιας οικογένειας πρωτοκόλλων εφαρμογών με όλο και μεγαλύτερη σπουδαιότητα – περιλαμβάνει, εκτός των πρωτοκόλλων κοινής χρήσης αρχείων, πρωτόκολλα διανομής αρχείων, όπως είναι το BitTorrent και νέες εφαρμογές πολυμέσων σε συστήματα ομοτίμων, όπως είναι το Voice over IP με χρήση του Skype. Τα κεφάλαια για τα τοπικά δίκτυα υπολογιστών και για την δικτύωση και εφαρμογές πολυμέσων έχουν επίσης ενημερωθεί ώστε να περιέχουν τις αλλαγές τόσο σε θέματα θεωρίας, όσο και σε πρακτικά θέματα σε αυτά τα πεδία. Έχουμε ενημερώσει το Κεφάλαιο 1 και έχουμε προσθέσει νέο υλικό για την ανάλυση της διεκπεραιωτικής ικανότητας (throughput) από-άκρο-σε-άκρο. Σ' όλο το βιβλίο έχουμε περιλάβει παραδείγματα από την αιχμή της τεχνολογίας και ενημερωμένες παραπομπές. Στο υλικό στο τέλος κάθε κεφαλαίου έχουμε προσθέσει νέα προβλήματα για το σπίτι, καθώς και πρόσθετες πρακτικές ασκήσεις για το εργαστήριο.

## Το Αναγνωστικό Κοινό

Αυτό το βιβλίο αποτελεί την εισαγωγή στην δικτύωση υπολογιστών. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τμήματα πληροφορικής και ηλεκτρολόγων μηχανικών. Σε ό,τι αφορά τις γλώσσες προγραμματισμού, το βιβλίο υποθέτει ότι ο σπουδαστής έχει γνώσεις C, C++ ή Java. Ένας σπουδαστής που έχει προγραμματίσει σε C ή C++ και όχι σε Java δεν πρέπει να έχει δυσκολία να παρακολουθήσει το υλικό που περιέχει προγραμματισμό, ακόμη κι αν αυτό το υλικό παρουσιάζεται σε περιβάλλον Java. Αν και αυτό το βιβλίο είναι ακριβέστερο και αναλυτικότερο από πολλά άλλα εισαγωγικά βιβλία για δικτύωση υπολογιστών, σπάνια χρησιμοποιεί μαθηματικές αρχές, που δεν έχουν διδαχθεί στο λύκειο. Έχουμε κάνει ηθελημένη προσπάθεια να αποφύγουμε την χρήση προχωρημένων μαθηματικών, θεωριών των πιθανοτήτων ή αρχών στοχαστικής ανάλυσης. Το βιβλίο είναι λοιπόν κατάλληλο για προπτυχιακά τμήματα και για το πρώτο έτος μεταπτυχιακών τμημάτων. Πρέπει επίσης να είναι χρήσιμο σε επαγγελματίες στην βιομηχανία των τηλεπικοινωνιών.

## Τι το Μοναδικό Προσφέρει Αυτό το Βιβλίο

Το θέμα της δικτύωσης υπολογιστών είναι τρομακτικά περίπλοκο, περιλαμβάνει πολλές αρχές, πρωτόκολλα και τεχνολογίες που μπλέκονται μεταξύ τους μ' ένα περίπλοκο τρόπο. Για να ταιριάξουν σ' αυτήν την εμβέλεια και πολυπλοκότητα, πολλά βιβλία για δικτύωση υπολογιστών οργανώνονται συνήθως γύρω από τα "επίπεδα" της αρχιτεκτονικής ενός δικτύου. Με μία οργάνωση σε επίπεδα, οι σπουδαστές μπορούν να δουν μέσα από την πολυπλοκότητα της δικτύωσης υπολογιστών – μαθαίνουν για τις αρχές και τα πρωτόκολλα στο ένα κομμάτι της αρχιτεκτονικής, ενώ ταυτόχρονα βλέπουν την μεγάλη εικόνα του πώς συνεργάζονται όλα τα κομμάτια. Για παράδειγμα, πολλά βιβλία οργανώνονται γύρω από την αρχιτεκτονική OSI των επτά επιπέδων. Από παιδαγωγική πλευρά η προσωπική μας εμπειρία είναι ότι μια τέτοια προσέγγιση εκπαίδευσης είναι πραγματικά άκρως επιθυμητή. Παρά ταύτα, έχουμε δει ότι η παραδοσιακή προσέγγιση διδασκαλίας από επάνω προς τα κάτω – δηλαδή, από το φυσικό επίπεδο προς το επίπεδο εφαρμογής – δεν είναι η καλύτερη προσέγγιση για ένα μοντέρνο τμήμα εκπαίδευσης δικτύωσης υπολογιστών.

## Μια Προσέγγιση από Επάνω προς τα Κάτω

Το βιβλίο μας άνοιξε ένα νέο δρόμο πριν από 7 χρόνια, χρησιμοποιώντας μία οργάνωση από επάνω προς τα κάτω – δηλαδή, αρχίζοντας από το επίπεδο εφαρμογής και προχωρώντας προς τα κάτω, προς το φυσικό επίπεδο. Η προσέγγιση από επάνω προς τα κάτω έχει αρκετά σημαντικά πλεονεκτήματα. Πρώτα δίνει έμφαση στο επίπεδο εφαρμογής, το οποίο είναι το κομμάτι της δικτύωσης υπολογιστών με την μεγαλύτερη εξέλιξη. Πράγματι, πολλές από τις πιο πρόσφατες εξελίξεις στην δικτύωση υπολογιστών – περιλαμβανομένου του Web, της συνεχούς ροής ήχου και βίντεο και της διανομής περιεχομένου – έχουν γίνει στο επίπεδο εφαρμογής. Μια πρώιμη έμφαση στα θέματα του επιπέδου εφαρμογής διαφέρει απ' τις προσεγγίσεις που ακολουθούνται στα περισσότερα άλλα βιβλία, τα οποία αφιερώνουν μία μικρή (ή και καθόλου) ποσότητα ύλης στις εφαρμογές δικτύωσης, στις απαιτήσεις τους, στα παραδείγματα επιπέδου εφαρμογής (π.χ., πελάτη-εξυπηρετή και ομοτίμων) και στις διασυνδέσεις προγραμματισμού εφαρμογών.

Δεύτερο, η εμπειρία μας ως καθηγητές μας λέει ότι η εκπαίδευση των εφαρμογών δικτύωσης στα αρχικά μαθήματα είναι ένα δυνατό κίνητρο. Οι σπουδαστές συγκινούνται

ιδιαίτερα όταν μαθαίνουν πως εργάζεται μια εφαρμογή δικτύωσης – εφαρμογές όπως το e-mail και το Web, τις οποίες χρησιμοποιούν σε καθημερινή βάση. Όταν ένας σπουδαστής κατανοήσει τις εφαρμογές, μπορεί να κατανοήσει τις υπηρεσίες δικτύου που χρειάζονται για υποστήριξη αυτών των εφαρμογών. Ο σπουδαστής μπορεί κατόπιν, με την σειρά του, να εξετάσει τους διάφορους τρόπους με τους οποίους μπορούν να παρέχονται και να υλοποιούνται αυτές οι υπηρεσίες σε χαμηλότερα επίπεδα. Έτσι η κάλυψη σε αρχικά στάδια των εφαρμογών παρέχει ένα κίνητρο για το υπόλοιπο βιβλίο.

Τρίτο, η προσέγγιση από επάνω προς τα κάτω επιτρέπει στους καθηγητές να εισάγουν την ανάπτυξη εφαρμογών δικτύου σε μια αρχική φάση. Οι σπουδαστές δεν βλέπουν μόνο πώς εργάζονται οι δημοφιλείς εφαρμογές και πρωτόκολλα, αλλά επίσης μαθαίνουν πόσο εύκολο είναι να δημιουργήσουν τις δικές τους εφαρμογές δικτύου και πρωτόκολλα επιπέδου εφαρμογής. Με την προσέγγιση από επάνω προς τα κάτω, οι σπουδαστές καταλαβαίνουν απ' την αρχή τις βασικές αρχές των διεπαφών προγραμματισμού εφαρμογών (application programming interfaces, API), τα μοντέλα υπηρεσιών και τα πρωτόκολλα – που είναι σημαντικές αρχές, οι οποίες επανεμφανίζονται σε όλα τα επόμενα επίπεδα. Παρέχοντας παραδείγματα προγραμματισμού socket σε Java, τονίζουμε τις βασικές ιδέες χωρίς να μπερδεύουμε τους σπουδαστές με περίπλοκο κώδικα. Οι προπτυχιακοί σπουδαστές στα τμήματα ηλεκτρολόγων μηχανικών και πληροφορικής δεν πρέπει να έχουν δυσκολία να παρακολουθήσουν τον κώδικα Java.

## Εστίαση στο Διαδίκτυο

Σ' αυτήν την τέταρτη έκδοση του βιβλίου δεν αναφέρουμε πλέον στον τίτλο τις λέξεις "με έμφαση στο Διαδίκτυο". Μήπως αυτό σημαίνει ότι δεν ασχολούμαστε πλέον με το Διαδίκτυο; Φυσικά και όχι! Επειδή το Διαδίκτυο έχει γίνει τόσο κυρίαρχο, πιστέψαμε ότι κάθε βιβλίο που αναφέρεται στην δικτύωση πρέπει να εστιάζεται ιδιαίτερα στο Διαδίκτυο και ότι αυτή η φράση είναι περιττή. Όπως και στις προηγούμενες εκδόσεις του βιβλίου μας συνεχίζουμε να χρησιμοποιούμε την αρχιτεκτονική και τα πρωτόκολλα του Διαδικτύου, ως βασικά οχήματα για την μελέτη των θεμελιωδών αρχών της δικτύωσης υπολογιστών. Φυσικά περιλαμβάνουμε επίσης αρχές και πρωτόκολλα από άλλες αρχιτεκτονικές δικτύου. Αλλά όμως η έμφαση δίνεται σαφώς στο Διαδίκτυο, ένα γεγονός που εμφανίζεται σαφώς στην οργάνωση του βιβλίου με την αρχιτεκτονική πέντε επιπέδων του Διαδικτύου: τα επίπεδα εφαρμογής, μεταφοράς, δικτύου, ζεύξης και το φυσικό επίπεδο.

Ένα άλλο πλεονέκτημα του να θέσουμε το Διαδίκτυο στο επίκεντρο είναι ότι οι περισσότεροι σπουδαστές των τμημάτων πληροφορικής και ηλεκτρολόγων μηχανικών έχουν ζήλο να μάθουν για το Διαδίκτυο και για τα πρωτόκολλά του. Χρησιμοποιούν το Διαδίκτυο σε καθημερινή βάση (τουλάχιστον για να στέλνουν e-mail και για να κινούνται στο Web) και έχουν ακούσει ότι το Διαδίκτυο είναι μία επαναστατική τεχνολογία, η οποία αλλάζει τον κόσμο εκ βάθρων. Δεδομένης της τεράστιας εφαρμογής που έχει το Διαδίκτυο, οι σπουδαστές είναι περίεργοι για το τι βρίσκεται στο παρασκήνιο. Έτσι, είναι εύκολο ένας καθηγητής να τους κάνει να ενδιαφερθούν για τις βασικές αρχές, όταν χρησιμοποιούν το Διαδίκτυο σαν επίκεντρο.

## Αναφορά στις Αρχές

Δύο από τα μοναδικά χαρακτηριστικά του βιβλίου – η προσέγγισή του από επάνω προς τα κάτω και η εστίαση στο Διαδίκτυο – εμφανίζονται στον υπότιτλο του βιβλίου. Θα μπορούσαμε να εισάγουμε μια *τρίτη* φράση στον υπότιτλο, η οποία θα περιείχε την λέξη αρχές. Το

πεδίο της δικτύωσης είναι τώρα αρκετά ώριμο, και μπορούμε να προσδιορίσουμε αρκετές θεμελιωδώς σημαντικές αρχές. Για παράδειγμα, στο επίπεδο μεταφοράς, τα θεμελιώδη θέματα περιλαμβάνουν αξιόπιστη επικοινωνία επάνω σε ένα αναξιόπιστο επίπεδο δικτύου, καθορισμό/τερματισμό της σύνδεσης και χειραψία, συμφόρηση και έλεγχο ροής, καθώς και πολυπλεξία. Στο επίπεδο δικτύου, δύο ιδιαίτερα σημαντικές αρχές είναι η εύρεση "καλών" διαδρομών ανάμεσα σε δύο δρομολογητές και η διαχείριση της διασύνδεσης ενός μεγάλου αριθμού ετερογενών συστημάτων. Στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων, ένα θεμελιώδες πρόβλημα είναι η κοινή χρήση ενός καναλιού πολλαπλής προσπέλασης. Στην ασφάλεια δικτύων, οι τεχνικές για παροχή εμπιστευτικότητας, αυθεντικοποίησης και για ακεραιότητας μηνυμάτων βασίζονται όλες σε θεμελιώδεις κρυπτογραφικές αρχές. Το βιβλίο αυτό ορίζει βασικά ζητήματα δικτύωσης και μελετά προσεγγίσεις προς την κατεύθυνση της αντιμετώπισης αυτών των ζητημάτων. Πιστεύουμε ότι ο συνδυασμός της χρήσης του Διαδικτύου προκειμένου να εισάγουμε τους σπουδαστές στο θέμα και μετά να δώσουμε έμφαση στις προσεγγίσεις και στην λύση των θεμάτων θα επιτρέψει στους σπουδαστές να κατανοήσουν γρήγορα όλα όσα χρειάζονται για την τεχνολογία δικτύωσης.

## Ο Ιστοτόπος

Αυτό το βιβλίο διαθέτει έναν εκτεταμένο συνοδευτικό ιστοτόπο για όλους τους αναγνώστες, στην διεύθυνση <http://www.aw.com/kurose-ross>, ο οποίος περιλαμβάνει:

- *Υλικό διαδραστικής εκπαίδευσης:* Ο ιστοτόπος περιέχει διαδραστικές μικροεφαρμογές Java, που επιδεικνύουν βασικές αρχές δικτύωσης. Ο ιστοτόπος επίσης διαθέτει διαδραστικές ερωτήσεις εξέτασης, που επιτρέπουν στους σπουδαστές να ελέγξουν αν έχουν κατανοήσει τα διάφορα θέματα. Οι καθηγητές μπορούν να ενσωματώσουν αυτά τα διαδραστικά χαρακτηριστικά στις διαλέξεις τους ή να τα χρησιμοποιήσουν σαν ασκήσεις εργαστηρίου.
- *Πρόσθετο τεχνικό υλικό.* Επειδή έπρεπε να προσθέτουμε νέο υλικό σε κάθε νέο έκδοση του βιβλίου, έπρεπε να αφαιρούμε μερικά από τα υπάρχοντα θέματα, ώστε να κρατήσουμε το βιβλίο σε λογικό όγκο. Για παράδειγμα, για να δημιουργήσουμε χώρο για νέο υλικό περί μεταγωγής LAN έχουμε αφαιρέσει υλικό για τους κεντρικούς σταθμούς (hubs) και τις γέφυρες (bridges). Για να δημιουργήσουμε χώρο για νέο υλικό που αφορά στην ασφάλεια, έχουμε αφαιρέσει υλικό που αφορά σε παλιότερα θέματα ασφάλειας (π.χ., Kerberos και σχήματα διανομής κλειδιού). Υλικό που υπήρχε σε παλαιότερες εκδόσεις του βιβλίου και συνεχίζει να παρουσιάζει ενδιαφέρον μπορείτε να το βρείτε στον ιστοτόπο του βιβλίου.
- *Ασκήσεις προγραμματισμού.* Ο ιστοτόπος περιέχει επίσης πολλές ασκήσεις προγραμματισμού. Οι ασκήσεις προγραμματισμού περιλαμβάνουν την δημιουργία ενός πολυνηματικού εξυπηρετή Web, την δημιουργία ενός προγράμματος πελάτη e-mail με μια διασύνδεση GUI, τον προγραμματισμό των πλευρών αποστολής και λήψης ενός αξιόπιστου πρωτοκόλλου μεταφοράς δεδομένων, τον προγραμματισμό ενός καταμεμημένου αλγορίθμου δρομολόγησης και πολλά περισσότερα.
- *Εργαστήρια Ethereal.* Η κατανόηση των πρωτοκόλλων δικτύων μπορεί να γίνει πληρέστερη, αν τα δείτε πώς εργάζονται. Ο ιστοτόπος περιέχει αρκετές ασκήσεις στο εργαστήριο που επιτρέπουν στους σπουδαστές να παρατηρούν την αλληλουχία των μηνυμάτων που ανταλλάσσονται ανάμεσα σε δύο πρωτόκολλα. Ο ιστοτόπος περιλαμβάνει ασκήσεις για τα πρωτόκολλα HTTP, DNS, UDP, IP, ICMP, Ethernet, ARP, WiFi και SSL.



## Παιδαγωγικά Χαρακτηριστικά

Διδάσκουμε ο καθένας μας το θέμα της δικτύωσης υπολογιστών για σχεδόν 20 χρόνια. Μεταφέρουμε μέσα σ' αυτό το βιβλίο μια συνδυασμένη εμπειρία εκπαίδευσης 30 χρόνων σε πάνω από 3000 σπουδαστές. Είμαστε επίσης ενεργοί ερευνητές σε θέματα δικτύωσης υπολογιστών μέχρι σήμερα. (Στην πραγματικότητα, ο Jim και ο Keith συναντήθηκαν για πρώτη φορά ως σπουδαστές masters σε ένα τμήμα δικτύωσης υπολογιστών που διδασκόταν από τον Mischa Schwartz το 1979, στο Columbia University). Θεωρούμε ότι όλα αυτά μας δίνουν μια σωστή αίσθηση του πού βρισκόταν η δικτύωση και του πού θα κατευθυνθεί στο μέλλον. Παρά ταύτα, έχουμε καταικήσει την επιθυμία μας να βασίσουμε το υλικό του βιβλίου στα ερευνητικά μας ενδιαφέροντα. Έτσι, αυτό το βιβλίο αναφέρεται στην μοντέρνα δικτύωση υπολογιστών – αναφέρεται σε σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνολογίες, όπως και στις βασικές αρχές πίσω από αυτά τα πρωτόκολλα και τις τεχνολογίες. Επίσης πιστεύουμε ότι η εκμάθηση (και η εκπαίδευση;) της δικτύωσης μπορεί να είναι διασκεδαστική. Μία αίσθηση χιούμορ, χρήση παρομοιώσεων και πραγματικά παραδείγματα σ' αυτό το βιβλίο θα κάνουν ελπίζουμε το υλικό περισσότερο διασκεδαστικό.

## Πλαίσια Ιστορικών Αναφορών και Αρχών στην Πράξη

Το πεδίο της δικτύωσης υπολογιστών, που αρχίζει από τα τέλη της δεκαετίας του '60, έχει μια πλούσια και εντυπωσιακή ιστορία. Έχουμε καταβάλει ιδιαίτερη προσπάθεια να διηγηθούμε την ιστορία της δικτύωσης υπολογιστών. Αυτό γίνεται με μια ειδική ενότητα ιστορίας στο Κεφάλαιο 1 και με περίπου δέκα πλαίσια ιστορικών αναφορών μέσα στα υπόλοιπα κεφάλαια. Σ' αυτά τα ιστορικά κομμάτια, καλύπτουμε την εφεύρεση της μεταγωγής πακέτου, την εξέλιξη του Διαδικτύου, την γέννηση των βασικών γιγάντων της δικτύωσης, όπως είναι οι Cisco και 3Com και πολλά άλλα σημαντικά γεγονότα. Οι σπουδαστές θα παρακινήθουν απ' αυτά τα ιστορικά κομμάτια. Περιλαμβάνουμε ειδικά πλαίσια, που δίνουν έμφαση σε σημαντικές αρχές της δικτύωσης υπολογιστών. Αυτά τα πλαίσια θα βοηθήσουν τους σπουδαστές να κατανοήσουν πώς εφαρμόζονται ορισμένες θεμελιώδεις αρχές στην μοντέρνα δικτύωση. Η επιπλέον κάλυψη του θέματος της ασφάλειας δικτύων εμφανίζεται σε μια νέα σειρά πλαισίων με τίτλο "Εστίαση στην Ασφάλεια" σε καθένα από τα κεφάλαια του βιβλίου.

## Συνεντεύξεις

Έχουμε περιλάβει ένα ακόμη πρωτότυπο χαρακτηριστικό που πρέπει να εμπνεύσει και να παρακινήσει τους σπουδαστές – συνεντεύξεις με διάσημους νεοτεριστές στο πεδίο της δικτύωσης. Περιλαμβάνουμε συνεντεύξεις με τους Len Kleinrock, Bram Cohen, Sally Floyd, Vint Cerf, Simon Lam, Charlie Perkins, Henning Schulzrinne, Steven Bellovin και Jeff Case.



## Συμπληρώματα για Καθηγητές

Προσφέρουμε ένα πλήρες συμπληρωματικό πακέτο προκειμένου να βοηθήσουμε τους καθηγητές να διδάξουν αυτό το μάθημα. Αυτό το υλικό μπορείτε να προσπελάσετε στο Addison-Wesley Instructor's Resource Center (<http://www.aw.com/irc>). Επισκεφθείτε το κέντρο πόρων καθηγητών ή στείλτε e-mail στο [computing@aw.com](mailto:computing@aw.com) για πληροφορίες περί της προσπέλασης των συμπληρωμάτων για καθηγητές.

- *Διαφάνειες PowerPoint*. Ο ιστοτόπος του βιβλίου περιλαμβάνει διαφάνειες PowerPoint και για τα οκτώ κεφάλαια του βιβλίου. Οι διαφάνειες καλύπτουν κάθε κεφάλαιο με λεπτομέρειες. Χρησιμοποιούμε γραφικά και κίνηση (αντί να βασίζονται σε μονότονο κείμενο με κουκκίδες) ώστε να κάνουμε τις διαφάνειες ενδιαφέρουσες και οπτικά ελκυστικές. Προσφέρουμε τις πρωτότυπες διαφάνειες PowerPoint στους καθηγητές, για να μπορέσουν να τις προσαρμόσουν, ώστε να ικανοποιούν τις δικές τους ανάγκες εκπαίδευσης. Αρκετές απ' αυτές τις διαφάνειες μας έχουν προσφερθεί από άλλους καθηγητές, που έχουν διδάξει από αυτό το βιβλίο.
- *Λύσεις Προβλημάτων για το Σπίτι*. Ο ιστοτόπος παρέχει ένα εγχειρίδιο λύσεων για τα προβλήματα για το σπίτι αυτού του βιβλίου. Αυτές οι λύσεις είναι μόνο για τους καθηγητές.

## Συσχετίσεις των Κεφαλαίων

Το πρώτο κεφάλαιο αυτού του βιβλίου παρουσιάζει μια αυτόνομη επισκόπηση της δικτύωσης υπολογιστών. Εισάγοντας πολλές βασικές αρχές και ορολογία, αυτό το κεφάλαιο θέτει την σκηνή για το υπόλοιπο βιβλίο. Όλα τα υπόλοιπα κεφάλαια εξαρτώνται απευθείας απ' αυτό το πρώτο κεφάλαιο. Συνιστούμε, αφού ολοκληρώσετε το Κεφάλαιο 1, οι καθηγητές να καλύψουν τα Κεφάλαια 2 ως 5 με την σειρά, διδάσκοντας με την φιλοσοφία εκπαίδευσης από επάνω προς τα κάτω. Καθένα από αυτά τα πέντε κεφάλαια χρησιμοποιεί υλικό από τα προηγούμενα κεφάλαια.

Αφού ολοκληρώσει τα πρώτα πέντε κεφάλαια, ο καθηγητής έχει μεγάλη ευελιξία. Δεν υπάρχουν συσχετίσεις ανάμεσα στα τέσσερα τελευταία κεφάλαια, οπότε μπορεί να τα διδάξει με οποιαδήποτε σειρά επιθυμεί. Αλλά όμως, καθένα απ' αυτά τα τέσσερα τελευταία κεφάλαια εξαρτάται από το υλικό των πέντε πρώτων κεφαλαίων. Πολλοί καθηγητές διδάσκουν τα πέντε πρώτα κεφάλαια και μετά διδάσκουν ένα από τα τελευταία τέσσερα κεφάλαια.

## Μία Τελευταία Σημείωση

Ενθαρρύνουμε τους καθηγητές και τους σπουδαστές να δημιουργήσουν μικροεφαρμογές Java που επιδεικνύουν τις αρχές και τα πρωτόκολλα του βιβλίου. Αν έχετε μια μικροεφαρμογή που θεωρείτε ότι είναι κατάλληλη γι' αυτό το βιβλίο, μπορείτε να την στείλετε στους συγγραφείς. Αν η μικροεφαρμογή (περιλαμβανομένων του συμβολισμού και της ορολογίας) είναι κατάλληλη, με χαρά μας θα την περιλάβουμε στον ιστοτόπο του βιβλίου, με μία αναφορά στους συγγραφείς της μικροεφαρμογής. Επίσης ενθαρρύνουμε τους καθηγητές να

μας στείλουν νέα προβλήματα για το σπίτι (και τις λύσεις τους), τα οποία θα μπορούσαν να συμπληρώσουν τα υπάρχοντα προβλήματα για το σπίτι. Θα δημοσιεύσουμε και αυτά τα προβλήματα στο τμήμα μόνο για καθηγητές του ιστοτόπου.

Επίσης ενθαρρύνουμε τους σπουδαστές και τους καθηγητές να μας στείλουν e-mail με τα σχόλια που ίσως έχουν για το βιβλίο μας. Ήταν σπουδαίο για μας που λάβαμε τόσα πολλά σχόλια από τόσους πολλούς καθηγητές και σπουδαστές από όλο τον κόσμο για την πρώτη μας έκδοση. Μπορείτε να μας στείλετε ενδιαφέροντα URL, να μας υποδείξετε τυπογραφικά μας λάθη, να διαφωνήσετε με τους ισχυρισμούς μας και να μας πείτε τι δουλεύει και τι δεν δουλεύει. Πείτε μας τι πιστεύετε ότι πρέπει να περιληφθεί ή να μην περιληφθεί στην επόμενη έκδοση. Στείλτε μας e-mail στις διευθύνσεις [kurose@cs.umass.edu](mailto:kurose@cs.umass.edu) και [ross@poly.edu](mailto:ross@poly.edu).

## Ευχαριστίες

Από την εποχή που αρχίσαμε να γράφουμε αυτό το βιβλίο, το 1996, πολλοί άνθρωποι μας πρόσφεραν ανεκτίμητη βοήθεια και μας επηρέασαν στο πώς να διαμορφώσουμε τις σκέψεις μας για το πώς να οργανώσουμε και να διδάξουμε καλύτερα ένα τμήμα περί δικτύωσης. Θέλουμε να πούμε ένα ΜΕΓΑΛΟ ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ σε όλους όσους μας βοήθησαν. Επίσης θέλουμε να ευχαριστήσουμε τους εκατοντάδες αναγνώστες από όλο τον κόσμο – σπουδαστές, καθηγητές, επαγγελματίες – που μας έστειλαν τις σκέψεις και τα σχόλιά τους για προηγούμενες εκδόσεις του βιβλίου και συστάσεις για μελλοντικές εκδόσεις του βιβλίου. Ειδικές ευχαριστίες οφείλονται στους:

Al Aho (Columbia University)  
Hisham Al-Mubaid (University of Houston-Clear Lake)  
Pratima Akkunoor (Arizona State University)  
Paul Amer (University of Delaware)  
Shamiul Azom (Arizona State University)  
Paul Barford (University of Wisconsin)  
Bobby Bhattacharjee (University of Maryland)  
Steven Bellovin (Columbia University)  
Pravin Bhagwat (Wibhu)  
Supratik Bhattacharyya (previously at Sprint)  
Ernst Biersack (Euricom Institute)  
Shahid Bokhari (University of Engineering & Technology, Lahore)  
Jean Bolot (Sprint)  
Daniel Brushteyn (former University of Pennsylvania student)  
Ken Calvert (University of Kentucky)  
Evandro Cantu (Federal University of Santa Catarina)  
Jeff Case (SNMP Research International)  
Jeff Chaltas (Sprint)  
Vinton Cerf (Google)  
Byung Kyu Choi (Michigan Technological University)  
Bram Cohen (BitTorrent, Inc.)  
Constantine Coutras (Pace University)  
John Daigle (University of Mississippi)

Edmundo A. de Souza e Silva (Federal University of Rio de Janeiro)  
Philippe Decuetos (Euricom Institute)  
Christophe Diot (Thomson Research)  
Michalis Faloutsos (University of California at Riverside)  
Wu-chi Feng (Oregon Graduate Institute)  
Sally Floyd (ICIR, University of California at Berkeley)  
Paul Francis (Cornell)  
Lixin Gao (University of Massachusetts)  
JJ Garcia-Luna-Aceves (University of California at Santa Cruz)  
Mario Gerla (University of California at Los Angeles)  
David Goodman (Polytechnic University)  
Tim Griffin (Cambridge University)  
Max Hailperin (Gustavus Adolphus College)  
Bruce Harvey (Florida A&M University, Florida State University)  
Carl Hauser (Washington State University)  
Rachelle Heller (George Washington University)  
Phillipp Hoschka (INRIA/W3C)  
Wen Hsin (Park University)  
Albert Huang (former University of Pennsylvania student)  
Esther A. Hughes (Virginia Commonwealth University)  
Jobin James (University of California at Riverside)  
Sugih Jamin (University of Michigan)  
Shivkumar Kalyanaraman (Rensselaer Polytechnic Institute)  
Jussi Kangasharju (University of Darmstadt)  
Sneha Kasera (University of Utah)  
Hyojin Kim (former University of Pennsylvania student)  
Leonard Kleinrock (University of California at Los Angeles)  
David Kotz (Dartmouth College)  
Beshan Kulapala (Arizona State University)  
Rakesh Kumar (Polytechnic University)  
Miguel A. Labrador (University of South Florida)  
Steve Lai (Ohio State University)  
Tim-Berners Lee (World Wide Web Consortium)  
Lee Leitner (Drexel University)  
Brian Levine (University of Massachusetts)  
William Liang (former University of Pennsylvania student)  
Willis Marti (Texas A&M University)  
Nick McKeown (Stanford University)  
Josh McKinzie (Park University)  
Deep Medhi (University of Missouri, Kansas City)  
Bob Metcalfe (International Data Group)  
Sue Moon (KAIST)  
Erich Nahum (IBM Research)  
Christos Papadopoulos (Colorado State University)

Craig Partridge (BBN Technologies)  
 Radia Perlman (Sun Microsystems)  
 Jitendra Padhye (Microsoft Research)  
 Kevin Phillips (Sprint)  
 George Polyzos (Athens University of Economics and Business)  
 Sriram Rajagopalan (Arizona State University)  
 Ramachandran Ramjee (Microsoft Research)  
 Ken Reek (Rochester Institute of Technology)  
 Martin Reisslein (Arizona State University)  
 Jennifer Rexford (Princeton University)  
 Leon Reznik (Rochester Institute of Technology)  
 Sumit Roy (University of Washington)  
 Avi Rubin (Johns Hopkins University)  
 Dan Rubenstein (Columbia University)  
 Douglas Salane (John Jay College)  
 Despina Saporilla (Lucent Bell Labs)  
 Henning Schulzrinne (Columbia University)  
 Mischa Schwartz (Columbia University)  
 Harish Sethu (Drexel University)  
 K. Sam Shanmugan (University of Kansas)  
 Prashant Shenoy (University of Massachusetts)  
 Clay Shields (Georgetown University)  
 Subin Shrestha (University of Pennsylvania)  
 Mihail L. Sichitiu (NC State University)  
 Peter Steenkiste (Carnegie Mellon University)  
 Tatsuya Suda (University of California at Irvine)  
 Kin Sun Tam (State University of New York at Albany)  
 Don Towsley (University of Massachusetts)  
 David Turner (California State University, San Bernardino)  
 Nitin Vaidya (University of Illinois)  
 Michele Weigle (Clemson University)  
 David Wetherall (University of Washington)  
 Ira Winston (University of Pennsylvania)  
 Raj Yavatkar (Intel)  
 Yechiam Yemini (Columbia University)  
 Ming Yu (State University of New York at Binghamton)  
 Ellen Zegura (Georgia Institute of Technology)  
 Hui Zhang (Carnegie Mellon University)  
 Lixia Zhang (University of California at Los Angeles)  
 Shuchun Zhang (former University of Pennsylvania student)  
 Xiaodong Zhang (Ohio State University)  
 ZhiLi Zhang (University of Minnesota)  
 Phil Zimmermann (independent consultant)  
 Cliff C. Zou (University of Central Florida)

Θέλουμε επίσης να ευχαριστήσουμε όλη την ομάδα του οίκου Addison-Wesley, που έκανε σπουδαία δουλειά (και κατάφερε να συνεργαστεί μ' εμάς τους δύο λεπτολόγους συγγραφείς!): Michael Hirsch, Marilyn Lloyd και Lindsey Triebel. Ευχαριστούμε επίσης τις γραφίστριες Janet Theurer και Patrice Rossi Calkin, για την δουλειά τους με τις εξαιρετες εικόνες της δεύτερης, τρίτης και τέταρτης έκδοσης και τις Nancy Kotary, Alicia Williams και Scott Harris για την εξαιρετη παραγωγή αυτής της έκδοσης. Τέλος, ευχαριστούμε ιδιαίτερα τον Michael Hirsch, τον εκδότη μας του Addison-Wesley και την Susan Hartman, την προηγούμενή μας εκδότρια στον οίκο Addison-Wesley. Το βιβλίο αυτό δεν θα ήταν αυτό που είναι (και ίσως να μην είχε εκδοθεί καθόλου), χωρίς την διαχείριση, την συνεχή τους ενθάρρυνση, υπομονή και εμμονή.

# Πίνακας Περιεχομένων

<b>Κεφάλαιο 1</b>	<b>Δίκτυα Υπολογιστών και το Διαδίκτυο</b>	<b>1</b>
1.1	Τι Είναι το Διαδίκτυο;	2
1.1.1	Αναλυτική Περιγραφή	2
1.1.2	Περιγραφή μιας Υπηρεσίας	5
1.1.3	Τι Είναι ένα Πρωτόκολλο;	7
1.2	Τα Τερματικά Σημεία των Δικτύων	9
1.2.1	Προγράμματα Πελάτες και Εξυπηρετές	12
1.2.2	Προσπέλαση Δικτύου και Φυσικά Μέσα	12
1.2.3	Φυσικά Μέσα	19
1.3	Ο Πυρήνας του Δικτύου	22
1.3.1	Μεταγωγή Κυκλώματος και Μεταγωγή Πακέτου	22
1.3.2	Πώς Ταξιδεύουν τα Πακέτα Μέσα σε Δίκτυα Μεταγωγής Πακέτου	30
1.3.3	Πάροχοι Υπηρεσιών Διαδικτύου και Δικτυακοί Κορμοί Διαδικτύου	31
1.4	Καθυστέρηση, Απώλεια και Ρυθμοαπόδοση σε Δίκτυα Μεταγωγής Πακέτου	33
1.4.1	Επισκόπηση της Καθυστέρησης σε Δίκτυα Μεταγωγής Πακέτου	33
1.4.2	Καθυστέρηση Αναμονής και Απώλεια Πακέτου	37
1.4.3	Καθυστέρηση από Άκρο σε Άκρο	40
1.4.4	Διεκπεραιωτική Ικανότητα σε Δίκτυα Υπολογιστών	42
1.5	Επίπεδα Πρωτοκόλλων και τα Μοντέλα Υπηρεσιών τους	45
1.5.1	Αρχιτεκτονική με Διαδοχικά Επίπεδα	45
1.5.2	Μηνύματα, Τμήματα, Δεδομενογράμματα και Πλαίσια	51
1.6	Τα Δίκτυα Δέχονται Επιθέσεις	53
1.7	Ιστορία Δικτύων Υπολογιστών και το Διαδίκτυο	58
1.7.1	Η Ανάπτυξη της Μεταγωγής Πακέτου: 1961-1972	58
1.7.2	Ιδιοταγή Δίκτυα και Διαδικτύωση: 1972-1980	60
1.7.3	Εξάπλωση των Δικτύων: 1980-1990	62
1.7.4	Η Έκρηξη του Διαδικτύου: Η Δεκαετία του 1990	63
1.7.5	Πρόσφατες Εξελίξεις	64
1.8	Ανασκόπηση	65
	Οδικός Χάρτης για Αυτό το Βιβλίο	66
	Προβλήματα και Ερωτήσεις για το Σπίτι	67

Προβλήματα	69
Ερωτήσεις για Συζήτηση	75
Εργαστήριο Ethereum	76
Συνέντευξη: Leonard Kleinrock	78

<b>Κεφάλαιο 2</b>	<b>Επίπεδο Εφαρμογής</b>	<b>81</b>
2.1	Αρχές Πρωτοκόλλων Επίπεδου Εφαρμογής	82
2.1.1	Αρχιτεκτονικές Εφαρμογών Δικτύου	82
2.1.2	Επικοινωνία Διεργασιών	85
2.1.3	Υπηρεσίες Μεταφοράς που Διατίθενται σε Εφαρμογές	88
2.1.4	Υπηρεσίες Μεταφοράς που Παρέχονται από το Διαδίκτυο	90
2.1.5	Πρωτόκολλο Επίπεδου Εφαρμογής	94
2.1.6	Δικτυακές Εφαρμογές που Καλύπτονται σε Αυτό το Βιβλίο	95
2.2	Το Web και το HTTP	96
2.2.1	Επισκόπηση του HTTP	96
2.2.2	Μη Παραμένουσες και Παραμένουσες Συνδέσεις	98
2.2.3	Μορφοποίηση Μηνύματος HTTP	101
2.2.4	Αλληλεπίδραση Χρήστη-Εξυπηρετή: Cookies	106
2.2.5	Web Caching	108
2.2.6	Το GET Υπό Συνθήκη	112
2.3	Μεταφορά Αρχείων: FTP	114
2.3.1	Εντολές και Αποκρίσεις FTP	116
2.4	Ηλεκτρονικό Ταχυδρομείο στο Διαδίκτυο	116
2.4.1	SMTP	119
2.4.2	Σύγκριση με το HTTP	122
2.4.3	Μορφοποιήσεις Μηνυμάτων Ταχυδρομείου και MIME	123
2.4.4	Πρωτόκολλα Προσπέλασης Ταχυδρομείου	126
2.5	DNS – Η Υπηρεσία Καταλόγου Διαδικτύου	130
2.5.1	Υπηρεσίες που Παρέχονται από το DNS	131
2.5.2	Επισκόπηση του Τρόπου Εργασίας του DNS	133
2.5.3	Εγγραφές και Μηνύματα του DNS	139
2.6	Εφαρμογές Συστημάτων Ομοτίμων (P2P)	144
2.6.1	Διανομή Αρχείων P2P	145
2.6.2	Αναζήτηση για Πληροφορίες σε μια Κοινότητα Ομοτίμων	151
2.6.3	Μελέτη Περίπτωσης: Τηλεφωνία Μέσω Διαδικτύου Μεταξύ Ομοτίμων με το Skype	157
2.7	Προγραμματισμός Socket με TCP	159
2.7.1	Προγραμματισμός Socket με TCP	160
2.7.2	Παράδειγμα Εφαρμογής Πελάτη-εξυπηρετή σε Java	162
2.8	Προγραμματισμός Socket με UDP	169
2.9	Ανασκόπηση	177
	Προβλήματα και Ερωτήσεις για το Σπίτι	178



Προβλήματα	180
Ερωτήσεις για Συζήτηση	187
Ασκήσεις Προγραμματισμού Socket	188
Εργαστήριο Ethereal	190
Συνέντευξη: Bram Cohen	192

## Κεφάλαιο 3      Επίπεδο Μεταφοράς      195

3.1	Εισαγωγή και Υπηρεσίες Επιπέδου Μεταφοράς	196
3.1.1	Σχέση Ανάμεσα στα Επίπεδα Μεταφοράς και Δικτύου	196
3.1.2	Επισκόπηση του Επιπέδου Μεταφοράς στο Διαδίκτυο	199
3.2	Πολύπλεξη και Αποπολύπλεξη	201
3.3	Ασυνδεσμική Μεταφορά: UDP	208
3.3.1	Δομή Τμήματος UDP	212
3.3.2	Άθροισμα Ελέγχου UDP	212
3.4	Αρχές Αξιόπιστης Μεταφοράς Δεδομένων	214
3.4.1	Δημιουργία ενός Πρωτοκόλλου Αξιόπιστης Μεταφοράς Δεδομένων	216
3.4.2	Πρωτόκολλα για Αξιόπιστη Μεταφορά Δεδομένων σε Διοχέτευση	225
3.4.3	Go-Back-N (GBN)	228
3.4.4	Επιλεκτική Επανάληψη (SR)	233
3.5	Συνδεσμική Μεταφορά: TCP	240
3.5.1	Η Σύνδεση TCP	241
3.5.2	Δομή Τμήματος TCP	243
3.5.3	Εκτίμηση και Λήξη Χρόνου Διαδρομής Μετ' Επιστροφής	248
3.5.4	Αξιόπιστη Μεταφορά Δεδομένων	252
3.5.5	Έλεγχος Ροής	260
3.5.6	Διαχείριση Σύνδεσης TCP	262
3.6	Αρχές Ελέγχου Συμφόρησης	269
3.6.1	Λόγοι και Κόστος Συμφόρησης	270
3.6.2	Προσεγγίσεις στον Έλεγχο Συμφόρησης	276
3.6.3	Παράδειγμα Ελέγχου Επιβοηθούμενου Ελέγχου Συμφόρησης: Έλεγχος Συμφόρησης ATM ABR	277
3.7	Έλεγχος Συμφόρησης TCP	279
3.7.1	Δικαιοσύνη	287
3.8	Ανασκόπηση	290
	Προβλήματα και Ερωτήσεις για το Σπίτι	293
	Προβλήματα	295
	Ερωτήσεις για Συζήτηση	304
	Ασκήσεις Προγραμματισμού	305
	Εργαστήριο Ethereal	305
	Συνέντευξη: Sally Floyd	307

<b>Κεφάλαιο 4</b>	<b>Επίπεδο Δικτύου</b>	<b>309</b>
4.1	Εισαγωγή	310
4.1.1	Προώθηση και Δρομολόγηση	312
4.1.2	Μοντέλα Υπηρεσιών Δικτύου	314
4.2	Εικονικό Κύκλωμα και Δίκτυα Δεδομενογράμματος	317
4.2.1	Δίκτυα Εικονικού Κυκλώματος	318
4.2.2	Δίκτυα Δεδομενογράμματος	321
4.2.3	Η Προέλευση των Δικτύων Εικονικού Κυκλώματος και Δεδομενογράμματος	323
4.3	Τι Βρίσκεται μέσα σε ένα Δρομολογητή	324
4.3.1	Θύρες Εισόδου	326
4.3.2	Δόμημα Μεταγωγής	328
4.3.3	Θύρες Εξόδου	331
4.3.4	Πού Δημιουργείται Ουρά Αναμονής	331
4.4	Το Πρωτόκολλο Διαδικτύου (IP): Προώθηση και Διευθυνσιοδότηση στο Διαδίκτυο	334
4.4.1	Μορφή Δεδομενογράμματος	336
4.4.2	Διευθυνσιοδότηση IPv4	342
4.4.3	ICMP: Πρωτόκολλο Ελέγχου Μηνυμάτων Διαδικτύου	357
4.4.4	IPv6	360
4.4.5	Συνοπτική Εξέταση της Ασφάλειας IP	366
4.5	Αλγόριθμοι Δρομολόγησης	368
4.5.1	Ο Αλγόριθμος Δρομολόγησης Κατάστασης Ζεύξης	371
4.5.2	Ο Αλγόριθμος Δρομολόγησης Διανύσματος Απόστασης	375
4.5.3	Ιεραρχική Δρομολόγηση	383
4.6	Δρομολόγηση στο Διαδίκτυο	387
4.6.1	Δρομολόγηση Ενδοαυτόνομου Συστήματος στο Διαδίκτυο: RIP	388
4.6.2	Δρομολόγηση Ενδοαυτόνομου Συστήματος στο Διαδίκτυο: OSPF	392
4.6.3	Δρομολόγηση Διαυτόνομου Συστήματος: BGP	395
4.7	Δρομολόγηση Εκπομπής και Δρομολόγηση Πολυεκπομπής	402
4.7.1	Αλγόριθμοι Δρομολόγησης Εκπομπής	403
4.7.2	Πολυεκπομπή	408
4.8	Ανασκόπηση	415
	Προβλήματα και Ερωτήσεις για το Σπίτι	416
	Προβλήματα	419
	Ερωτήσεις για Συζήτηση	429
	Άσκηση Προγραμματισμού	430
	Εργαστήρια Ethereal	431
	Συνέντευξη: Vinton G. Cerf	432

<b>Κεφάλαιο 5</b>	<b>Επίπεδο Ζεύξης και Δίκτυα Τοπικής Περιοχής</b>	<b>435</b>
5.1	Επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων: Εισαγωγή και Υπηρεσίες	437
5.1.1	Οι Υπηρεσίες που Παρέχονται από το Επίπεδο Ζεύξης	437
5.1.2	Πού Υλοποιείται το Επίπεδο Ζεύξης;	440
5.2	Τεχνικές Ανίχνευσης και Διόρθωσης Σφαλμάτων	442
5.2.1	Έλεγχος Ισοτιμίας	444
5.2.2	Μέθοδοι Αθροίσματος Ελέγχου	446
5.2.3	Κυκλικός Έλεγχος Πλεονασμού (CRC)	446
5.3	Πρωτόκολλα Πολλαπλής Πρόσβασης	449
5.3.1	Πρωτόκολλα Διαμέρισης Καναλιού	451
5.3.2	Πρωτόκολλα Τυχαίας Πρόσβασης	453
5.3.3	Πρωτόκολλα Λειτουργίας Εκ Περιτροπής	460
5.3.4	Δίκτυα Τοπικής Περιοχής (ΔΤΠ)	461
5.4	Διευθυνσιοδότηση Επιπέδου Ζεύξης	463
5.4.1	Διευθύνσεις MAC	463
5.4.2	Πρωτόκολλο Διευθέτησης Διευθύνσεων	465
5.5	Ethernet	469
5.5.1	Δομή Πλαισίου Ethernet	471
5.5.2	CSMA/CD: Πρωτόκολλο Πολλαπλής Πρόσβασης Ethernet	475
5.5.3	Τεχνολογίες Ethernet	477
5.6	Μεταγωγείς Επιπέδου Ζεύξης	480
5.6.1	Προώθηση και Φιλτράρισμα	481
5.6.2	Αυτοεκμάθηση	483
5.6.3	Ιδιότητες της Μεταγωγής Επιπέδου Ζεύξης	484
5.6.4	Μεταγωγείς και Δρομολογητές	485
5.7	PPP: Το Πρωτόκολλο Σημείου προς Σημείο	487
5.7.1	Πλαίσια Δεδομένων PPP	489
5.8	Εικονικές Ζεύξεις: Ένα Δίκτυο σαν Επίπεδο Ζεύξης	491
5.8.1	Ασύγχρονος Τρόπος Μεταφοράς (ATM)	492
5.8.2	Μεταγωγή Ετικέτας Πολλαπλών Πρωτοκόλλων (MPLS)	497
5.9	Ανασκόπηση	500
	Προβλήματα και Ερωτήσεις για το Σπίτι	501
	Προβλήματα	503
	Ερωτήσεις για Συζήτηση	508
	Εργαστήρια Ethereal	509
	Συνέντευξη: Simon S. Lam	510
<b>Κεφάλαιο 6</b>	<b>Ασύρματα Δίκτυα και Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών</b>	<b>513</b>
6.1	Εισαγωγή	514
6.2	Ασύρματες Ζεύξεις και Χαρακτηριστικά Δικτύου	519
6.2.1	Πολλαπλή Πρόσβαση Διαίρεσης Κώδικα (CDMA)	522
6.3	WiFi: Ασύρματα Δίκτυα 802.11	526

6.3.1	Η Αρχιτεκτονική 802.11	527
6.3.2	Το Πρωτόκολλο MAC 802.11	531
6.3.3	Το Πλαίσιο IEEE 802.11	537
6.3.4	Κινητικότητα μέσα στο Ίδιο Υποδίκτυο IP	541
6.3.5	Προχωρημένα Χαρακτηριστικά του 802.11	542
6.3.6	Πέρα από το 802.11: Bluetooth και WiMAX	544
6.4	Πρόσβαση στο Διαδίκτυο μέσω Κυψελωτών Δικτύων	548
6.4.1	Επισκόπηση της Κυψελωτής Αρχιτεκτονικής	548
6.4.2	Πρότυπα και Τεχνολογίες Κυψελωτών Συστημάτων: Συνοπτική Μελέτη	551
6.5	Διαχείριση Κινητικότητας: Αρχές	555
6.5.1	Διευθυνσιοδότηση	557
6.5.2	Δρομολόγηση προς έναν Κινητό Κόμβο	559
6.6	Mobile IP	564
6.7	Διαχείριση Κινητικότητας σε Κυψελωτά Δίκτυα	570
6.7.1	Δρομολόγηση Κλήσεων προς ένα Κινητό Χρήστη	571
6.7.2	Μεταπομπές στο GSM	572
6.8	Ασύρματες Επικοινωνίες και Κινητικότητα: Επίπτωση σε Πρωτόκολλα Υψηλότερων Επιπέδων	575
6.9	Ανασκόπηση	578
	Προβλήματα και Ερωτήσεις για το Σπίτι	579
	Προβλήματα	580
	Ερωτήσεις για Συζήτηση	584
	Εργαστήρια Ethereal	584
	Συνέντευξη: Charlie Perkins	585

<b>Κεφάλαιο 7</b>	<b>Δικτύωση και Εφαρμογές Πολυμέσων</b>	<b>589</b>
7.1	Δικτυακές Εφαρμογές Πολυμέσων	590
7.1.1	Παραδείγματα Εφαρμογών Πολυμέσων	590
7.1.2	Τα Προβλήματα των Πολυμέσων στο Σημερινό Διαδίκτυο	593
7.1.3	Πώς θα Έπρεπε να Εξελιχθεί το Διαδίκτυο ώστε να Υποστηρίξει τα Πολυμέσα Καλύτερα;	594
7.1.4	Συμπίεση Ήχου και Βίντεο	596
7.2	Συνεχής Ροή Αποθηκευμένου Ήχου/Βίντεο	600
7.2.1	Προσπέλαση Ήχου και Βίντεο Μέσω ενός Εξυπηρέτη Web	600
7.2.2	Αποστολή Πολυμέσων από έναν Εξυπηρέτη Συνεχούς Μετάδοσης σε μία Βοηθητική Εφαρμογή	602
7.2.3	Το Πρωτόκολλο RTSP (Real-Time Streaming Protocol)	604
7.3	Εκμεταλλεύομενοι με τον Καλύτερο Δυνατό Τρόπο την Υπηρεσία Βέλτιστης Προσπάθειας	608
7.3.1	Οι Περιορισμοί της Υπηρεσίας Βέλτιστης Προσπάθειας	608
7.3.2	Εξάλειψη της Διακύμανσης της Καθυστέρησης στον Παραλήπτη για Ήχο	611

7.3.3	Επαναφορά από την Απώλεια Πακέτων	614
7.3.4	Διανομή Πολυμέσων στο Σημερινό Διαδίκτυο: Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου	618
7.3.5	Διαστασιολόγηση Δικτύων Βέλτιστης Προσπάθειας για Παροχή Ποιότητας Υπηρεσίας	621
7.4	Πρωτόκολλα για Διαδραστικές Εφαρμογές Μετάδοσης Πολυμέσων σε Πραγματικό Χρόνο	623
7.4.1	RTP	623
7.4.2	Το Πρωτόκολλο RTCP (RTP Control Protocol)	628
7.4.3	Το Πρωτόκολλο SIP	631
7.4.4	Το Πρότυπο H.323	637
7.5	Παροχή Πολλαπλών Κατηγοριών Υπηρεσίας	639
7.5.1	Σενάρια	640
7.5.2	Μηχανισμοί Προγραμματισμού και Αστυνόμευσης	645
7.5.3	Διαφοροποιημένες Υπηρεσίες (Diffserv)	652
7.6	Παροχή Εγγυήσεων Ποιότητας Υπηρεσίας	657
7.6.1	Ένα Παράδειγμα	657
7.6.2	Δέσμευση Πόρων, Αποδοχή Κλήσεων, Αποκατάσταση Κλήσης	659
7.6.3	Εγγυημένη Ποιότητα Υπηρεσίας στο Διαδίκτυο: Intserv και RSVP	661
7.7	Ανασκόπηση	664
	Προβλήματα και Ερωτήσεις για το Σπίτι	665
	Προβλήματα	666
	Ερωτήσεις για Συζήτηση	673
	Άσκηση Προγραμματισμού	674
	<a href="#">Συνέντευξη: Henning Schulzrinne</a>	<a href="#">676</a>

**Κεφάλαιο 8      Ασφάλεια σε Δίκτυα Υπολογιστών      679**

8.1	Τι Είναι Ασφάλεια Δικτύου	680
8.2	Αρχές Κρυπτογραφίας	683
8.2.1	Κρυπτογραφία Συμμετρικού Κλειδιού	685
8.2.2	Κρυπτογράφηση Δημόσιου Κλειδιού	691
8.3	Ακεραιότητα Μηνύματος	696
8.3.1	Κρυπτογραφικές Συναρτήσεις Κατακερματισμού	697
8.3.2	Κώδικας Αυθεντικοποίησης Μηνύματος	699
8.3.3	Ψηφιακές Υπογραφές	701
8.4	Αυθεντικοποίηση	707
8.4.1	Πρωτόκολλο Αυθεντικοποίησης ap1.0	708
8.4.2	Πρωτόκολλο Αυθεντικοποίησης ap2.0	709
8.4.3	Πρωτόκολλο Αυθεντικοποίησης ap3.0	710
8.4.4	Πρωτόκολλο Αυθεντικοποίησης ap3.1	711
8.4.5	Πρωτόκολλο Αυθεντικοποίησης ap4.0	711
8.4.6	Πρωτόκολλο Αυθεντικοποίησης ap5.0	713

8.5	Ασφάλεια σε Πολλά Επίπεδα: Μελέτες Περιπτώσεων	716
8.5.1	Ασφάλεια E-mail	717
8.5.2	PGP	720
8.6	Διασφάλιση Συνδέσεων TCP: SSL	722
8.6.1	Η Μεγάλη Εικόνα	724
8.6.2	Μια Πληρέστερη Εικόνα	727
8.7	Ασφάλεια Επιπέδου Δικτύου: Ipsec	728
8.7.1	Πρωτόκολλο Κεφαλίδας Αυθεντικοποίησης (AH)	729
8.7.2	Το Πρωτόκολλο ESP	731
8.7.3	Διαχείριση SA και Κλειδιού	731
8.8	Διασφάλιση Ασύρματων LAN	732
8.8.1	Wired Equivalent Privacy (WEP)	732
8.8.2	IEEE 802.11i	735
8.9	Λειτουργική Ασφάλεια: Firewalls και Συστήματα Ανίχνευσης Παρείσφρησης	737
8.9.1	Firewalls	737
8.9.2	Συστήματα Ανίχνευσης Παρείσφρησης	744
8.10	Ανασκόπηση	748
	Προβλήματα και Ερωτήσεις για το Σπίτι	749
	Προβλήματα	750
	Ερωτήσεις για Συζήτηση	753
	Εργαστήρια Ethereal	754
	<a href="#">Συνέντευξη: Steven M. Bellovin</a>	<a href="#">755</a>

## Κεφάλαιο 9

### Διαχείριση Δικτύου

**757**

9.1	Τι Είναι Διαχείριση Δικτύου	758
9.2	Η Υποδομή για Διαχείριση Δικτύου	762
9.3	Το Πρότυπο Πλαίσιο Διαχείρισης για το Διαδίκτυο	766
9.3.1	Δομή της Πληροφορίας Διαχείρισης: SMI	768
9.3.2	Βάση Πληροφοριών Διαχείρισης: MIB	772
9.3.3	Λειτουργίες Πρωτοκόλλου SNMP και Αντιστοιχίσεις Μεταφοράς	775
9.3.4	Ασφάλεια και Διαχείριση	777
9.4	ASN.1	781
9.5	Συμπέρασμα	786
	Προβλήματα και Ερωτήσεις για το Σπίτι	787
	Προβλήματα	787
	Ερωτήσεις για Συζήτηση	788
	<a href="#">Συνέντευξη: Jeff Case</a>	<a href="#">789</a>

### Παραπομπές

**791**

### Ευρετήριο

**821**