

Δικτύωση Υπολογιστών

Προσέγγιση από πάνω προς τα κάτω

6^η 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:

Ιωάννης Μαυρίδης

Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήματος Εφαρμοσμένης

Πληροφορικής Πανεπιστημίου Μακεδονίας

Παναγιώτης Φουληράς

Επίκουρος Καθηγητής Τμήματος Εφαρμοσμένης

Πληροφορικής Πανεπιστημίου Μακεδονίας

 **Εκδόσεις: Μ. Γκιούρδας**

Ζωοδόχου Πηγής 70-74 - Τηλ.: 210 3630219

106 81 Αθήνα, 2013

www.mgiurdas.gr

Τίτλος Πρωτοτύπου:

Computer Networking

A Top-Down Approach - Sixth Edition

ISBN-13: 978-0-13-285620-1

ISBN-10: 0-13-285620-4

Copyright © 2013, 2010, 2008, 2005, 2003 by Pearson Education, Inc.
One Lake Street, Upper Saddle River, New Jersey 07458, USA

Αποκλειστικότητα για την Ελληνική Γλώσσα

Εκδόσεις: **Μόσχος Γκιούρδας**

Ζωοδόχου Πηγής 70-74 - Τηλ.: 210 3630219

106 81 Αθήνα, 2013

www.mgiurdas.gr**ISBN: 978-960-512-657-5**

Επιμέλεια κειμένων: Μιχαήλ Μεταξάς

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

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

Βιβλιοδεσία: ΣΤΑΜΟΥ Γραφικές Τέχνες - Εκδόσεις, τηλ.: 210 5596790

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

Σχετικά με τους Συγγραφείς

Jim Kurose

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

Έχει λάβη 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 αναγνωρισθεί για την συμμετοχή του στην πρωτοβουλία Massachusetts Commonwealth Information Technology Initiative. Του έχει απονεμηθεί μία GE Fellowship, ένα βραβείο IBM Faculty Development και μια Lilly Teaching Fellowship.

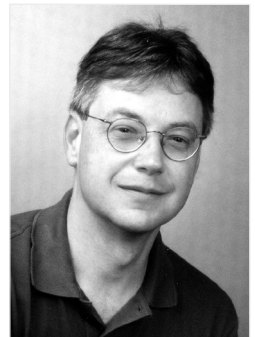
Ο Dr. Kurose ήταν Editor-In-Chief στο IEEE Transactions of Communications και στο IEEE/ACM Transactions on Networking. Είναι ενεργό μέλος των επιτροπών για τα IEEE Infocom, ACM SIGCOMM, ACM Internet Measurement Conference και ACM SIGMETRICS για αρκετά χρόνια και έχει υπηρετήσει ως Technical Program Co-Chair για τα συνέδρια αυτά. Είναι Fellow στο IEEE και στην ACM. Τα ερευνητικά του ενδιαφέροντα περιλαμβάνουν πρωτόκολλα και αρχιτεκτονική δικτύων, μετρήσεις δικτύων, δίκτυα αισθητήρων, πολυμεσική επικοινωνία και μοντελοποίηση και αξιολόγηση απόδοσης. Έχει διδακτορικό στην Επιστήμη των Υπολογιστών απ' το Columbia University.



Keith Ross

Ο Keith Ross είναι καθηγητής της έδρας Leonard J. Shustek και Διευθυντής του Τμήματος Επιστήμης των Υπολογιστών στο Polytechnic Institute του NYU. Πριν από αυτό, το 2003, ήταν καθηγητής στο University of Pennsylvania (για 13 χρόνια) και καθηγητής Eurocom Institute, στην Γαλλία (για 5 χρόνια). Πήρε πτυχίο B.S.E.E. απ' το Tufts University, M.S.E.E. από το Columbia University και Ph.D. στην Επιστήμη των Υπολογιστών και στα Συστήματα Ελέγχου (Computer Science and Control Engineering) από το University of Michigan. Είναι επίσης συνιδρυτής και πρώτος CEO της εταιρείας Wimba, η οποία αναπτύσσει ηλεκτρονικές εφαρμογές πολυμέσων για ηλεκτρονική εκπαίδευση (e-learning) και η οποία εξαγοράστηκε από την Blackboard το 2010.

Τα ερευνητικά ενδιαφέροντα του Καθηγητή Ross περιλαμβάνουν την ασφάλεια και ιδιωτικότητα, κοινωνικά δίκτυα, δικτύωση ομοτίμων (P2P), μετρήσεις Διαδικτύου, την μετάδοση βίντεο συνεχούς ροής (video streaming), δίκτυα διανομής περιεχομένου (content distribution networks) και στοχαστική μοντελοποίηση. Είναι fellow του IEEE, έχει πάρει το βραβείο Infocom 2009 Best Paper Award, καθώς και τα βραβεία 2011 και 2008 Best Paper Award, για Πολυμεσικές Επικοινωνίες, που απονέμονται απ' την IEEE Communication Society. Έχει εργασθεί σε επιτροπές πολυάριθμων περιοδικών και επιτροπών συνεδρίων, που περιλαμβάνουν τα IEEE/ACM Transactions on Networking, ACM SIGCOMM, ACM CoNext και ACM Internet Management Conference. Έχει επίσης εργασθεί ως σύμβουλος στην Ομοσπονδιακή Επιτροπή των Η.Π.Α. σε θέματα κοινής χρήσης αρχείων P2P.



Πρόλογος

Καλώς ήλθατε στην έκτη έκδοση του βιβλίου *Δικτύωση Υπολογιστών: Προσέγγιση από Πάνω προς τα Κάτω*. Μετά απ' την έκδοση της πρώτης έκδοσης πριν από 12 χρόνια, το βιβλίο μας χρησιμοποιήθηκε σε εκατοντάδες κολλέγια και πανεπιστήμια, μεταφράστηκε σε 14 γλώσσες και χρησιμοποιήθηκε από δεκάδες χιλιάδες σπουδαστές και χρήστες σε όλο τον κόσμο. Ακούσαμε απόψεις από πολλούς από αυτούς τους αναγνώστες και εκπλαγήκαμε από την θετική τους ανταπόκριση.

Τι Νέο Περιέχει η Έκτη Έκδοση;

Θεωρούμε ότι ένας σημαντικός λόγος για την επιτυχία αυτού του βιβλίου είναι η ανανεωμένη προσέγγιση που προσφέρει στα μαθήματα δικτύωσης υπολογιστών. Έχουμε κάνει αλλαγές σ' αυτήν την έκτη έκδοση, αλλά έχουμε επίσης αφήσει αναλλοίωτα αυτά που εμείς πιστεύουμε (και οι καθηγητές και οι σπουδαστές έχουν επιβεβαιώσει) ότι είναι τα σημαντικότερα θέματα σε αυτό το βιβλίο: η προσέγγιση από επάνω προς τα κάτω, η εστίαση στο Διαδίκτυο και μια μοντέρνα θεώρηση της δικτύωσης υπολογιστών και το φιλικό του στυλ για εκμάθηση της δικτύωσης υπολογιστών. Παρά ταύτα έχουμε κάνει πολλές σημαντικές αλλαγές στην έκτη έκδοση:

- Ο συνοδευτικός ιστότοπος έχει επεκταθεί σημαντικά και έχει εμπλουτισθεί έτσι, ώστε να περιλαμβάνει VideoNotes και διαδραστικές ασκήσεις, όπως συζητούμε παρακάτω σε αυτόν τον Πρόλογο.
- Στο Κεφάλαιο 1, έχει εκσυγχρονισθεί η μελέτη των δικτύων προσπέλασης και η περιγραφή του οικοσυστήματος παρόχων υπηρεσιών Διαδικτύου έχει αναθεωρηθεί σημαντικά, για να περιλάβει την πρόσφατη εμφάνιση των δικτύων παρόχων περιεχομένου, όπως είναι το δίκτυο της Google. Η παρουσίαση της μεταγωγής πακέτου και της μεταγωγής κυκλώματος έχει επίσης αναδιοργανωθεί, έτσι ώστε να έχει έναν θεματικό παρά ιστορικό προσανατολισμό.
- Στο Κεφάλαιο 2, η γλώσσα Python έχει αντικαταστήσει την Java για την παρουσίαση του προγραμματισμού με socket. Αν και συνεχίζει να εκφράζει με σαφήνεια τις βασικές ιδέες που βρίσκονται πίσω απ' την socket API, ο κώδικας σε Python είναι ευκολότερος στην κατανόηση για τον αρχάριο προγραμματιστή. Ακόμη, σε αντίθεση με την Java, η Python παρέχει πρόσβαση σε ακατέργαστες sockets (raw sockets), επιτρέποντας σε σπουδαστές να δομούν μια μεγαλύτερη ποικιλία εφαρμογών δικτύου. Τα εργαστήρια προγραμματισμού socket, που βασίζονται σε Java, έχουν αντικατασταθεί από αντίστοιχα εργαστήρια Python και έχει προστεθεί ένα νέο εργαστήριο ICMP Ping, που βασίζεται σε Python. Όπως πάντα, όταν αφαιρούμε υλικό από το βιβλίο, όπως το υλικό που αφορά προγραμματισμό socket, που βασίζεται σε Java, αυτό παραμένει διαθέσιμο στον συνοδευτικό ιστότοπο του βιβλίου (δείτε παρακάτω).
- Στο Κεφάλαιο 3, η παρουσίαση ενός απ' τα πλέον αξιόπιστα πρωτόκολλα μεταφοράς δεδομένων έχει απλοποιηθεί και έχει προστεθεί ένα νέο πλαίσιο, για την διαίρεση TCP (TCP splitting), που χρησιμοποιείται συνήθως για την βελτιστοποίηση της απόδοσης υπηρεσιών νέφους (cloud).

- Στο Κεφάλαιο 4, η ενότητα που αφορά στις αρχιτεκτονικές δρομολογητών έχει ενημερωθεί σημαντικά, αντικατοπτρίζοντας τις πρόσφατες εξελίξεις και πρακτικές στον τομέα. Έχουν συμπεριληφθεί αρκετά πλαίσια, που περιλαμβάνουν το DNS, το BGP και το OSPF.
- Το Κεφάλαιο 5 έχει αναδιοργανωθεί και απλοποιηθεί, ώστε να λαμβάνει υπόψη του την πανταχού παρουσία του Ethernet με μεταγωγή σε τοπικά δίκτυα και την επακόλουθη, αυξημένη χρήση του Ethernet σε σενάρια σημείου-προς-σημείο. Επίσης, έχει προστεθεί μια νέα ενότητα για δικτύωση κέντρου δεδομένων (data center).
- Το Κεφάλαιο 6 έχει ενημερωθεί, ώστε να περιέχει τις πρόσφατες εξελίξεις σε ασύρματα δίκτυα, ιδιαίτερα στα κυψελωτά δίκτυα δεδομένων και στις υπηρεσίες και αρχιτεκτονική τέταρτης γενιάς (4G).
- Το Κεφάλαιο 7, το οποίο εστιάζεται στην δικτύωση πολυμέσων, έχει υποστεί μεγάλη αναθεώρηση. Το κεφάλαιο περιλαμβάνει τώρα μία σε βάθος συζήτηση για συνεχή ροή βίντεο, που περιλαμβάνει προσαρμοστική συνεχή ροή και μια εντελώς καινούρια και μοντέρνα συζήτηση για τα δίκτυα παρόχων περιεχομένου (CDN). Μια νέα ενότητα περιγράφει τα συστήματα βίντεο συνεχούς ροής Netflix, YouTube και KanKan. Το υλικό που έχει αφαιρεθεί για να εισαχθούν αυτά τα νέα θέματα συνεχίζει να διατίθεται στον συνοδευτικό ιστότοπο του βιβλίου.
- Το Κεφάλαιο 8 περιέχει τώρα μια εκτεταμένη συζήτηση για την πιστοποίηση ακραίων σημείων.
- Έχει προστεθεί σημαντικό νέο υλικό, το οποίο περιλαμβάνει προβλήματα στο τέλος κάθε κεφαλαίου. Όπως και με τις προηγούμενες εκδόσεις, τα προβλήματα για το σπίτι έχουν αναθεωρηθεί, έχουν προστεθεί νέα και κάποια έχουν αφαιρεθεί.

Αναγνωστικό Κοινό

Αυτό το βιβλίο προορίζεται για ένα εισαγωγικό μάθημα στην δικτύωση υπολογιστών. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τμήματα πληροφορικής και ηλεκτρολόγων μηχανικών. Σε ό,τι αφορά γλώσσες προγραμματισμού, το βιβλίο υποθέτει ότι ο φοιτητής έχει γνώσεις C, C++, Java ή Python (και μόνο για ορισμένα σημεία). Αν κι 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, θεωρίας πιθανοτήτων ή αρχών στοχαστικής ανάλυσης (αν και έχουμε συμπεριλάβει κάποια προβλήματα για το σπίτι για φοιτητές με τέτοιο προχωρημένο υπόβαθρο). Το βιβλίο είναι επομένως κατάλληλο για προπτυχιακά μαθήματα και για το πρώτο έτος μεταπτυχιακών σπουδών. Πρέπει επίσης να είναι χρήσιμο σε επαγγελματίες στην βιομηχανία των τηλεπικοινωνιών.

Τι το Μοναδικό Προσφέρει Αυτό το Βιβλίο

Το αντικείμενο της δικτύωσης υπολογιστών είναι τρομακτικά περίπλοκο, περιλαμβάνοντας πολλές αρχές, πρωτόκολλα και τεχνολογίες οι οποίες πλέκονται μεταξύ τους με έναν περίπλοκο τρόπο. Για να αντιμετωπίσουν επιτυχώς αυτήν την έκταση και πολυπλοκότητα, πολλά βιβλία για δικτύωση υπολογιστών οργανώνονται συνήθως γύρω από τα "επίπεδα" της αρχιτεκτονικής δικτύων. Με μία οργάνωση σε επίπεδα, οι φοιτητές μπορούν να καταλάβουν πλήρως την πολυπλοκότητα της δικτύωσης υπολογιστών – μαθαίνουν τις ξεχωρι-

στές αρχές και πρωτόκολλα στο ένα τμήμα της αρχιτεκτονικής, ενώ ταυτόχρονα βλέπουν την μεγάλη εικόνα του πώς συνεργάζονται όλα τα κομμάτια μεταξύ τους. Από παιδαγωγική σκοπιά, η προσωπική μας εμπειρία είναι ότι μια τέτοια προσέγγιση σε επίπεδα λειτουργεί πραγματικά καλά. Παρά ταύτα, έχουμε δει ότι η παραδοσιακή προσέγγιση διδασκαλίας – από κάτω προς τα επάνω· δηλαδή, από το φυσικό επίπεδο προς το επίπεδο εφαρμογής – δεν είναι η καλύτερη προσέγγιση για ένα μοντέρνο μάθημα στην δικτύωση υπολογιστών.

Μια Προσέγγιση από Επάνω προς τα Κάτω

Το βιβλίο μας άνοιξε ένα νέο δρόμο πριν από 12 χρόνια, χρησιμοποιώντας μια οργάνωση από επάνω προς τα κάτω – δηλαδή, αρχίζοντας από το επίπεδο εφαρμογής και προχωρώντας κάτω, προς το φυσικό επίπεδο. Οι γνώμες που λάβαμε από καθηγητές και φοιτητές έχουν επιβεβαιώσει ότι αυτή η προσέγγιση από επάνω προς τα κάτω έχει πολλά πλεονεκτήματα και πράγματι λειτουργεί καλά από παιδαγωγικής πλευράς. Πρώτον, δίνει έμφαση στο επίπεδο εφαρμογής (έναν χώρο μεγάλης ανάπτυξης στην δικτύωση υπολογιστών). Πράγματι, πολλές από τις πιο πρόσφατες εξελίξεις στην δικτύωση υπολογιστών – περιλαμβανομένου του Web, διανομής αρχείων P2P, πολυμεσικού περιεχομένου συνεχούς ροής– έχουν λάβει χώρα στο επίπεδο εφαρμογής. Μία πρώιμη έμφαση στα θέματα του επιπέδου εφαρμογής διαφέρει από τις προσεγγίσεις που ακολουθούνται στα περισσότερα άλλα βιβλία, τα οποία αφιερώνουν μία μικρή ύλη σε δικτυακές εφαρμογές, απαιτήσεις τους, στα παραδείγματα επιπέδου εφαρμογής (π.χ. πελάτη-εξυπηρετή και ομοτίμων-P2P) και στις διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών. Δεύτερον, η εμπειρία μας ως εκπαιδευτές (και εκείνης πολλών εκπαιδευτών που έχουν χρησιμοποιήσει το βιβλίο μας) είναι ότι η διδασκαλία εφαρμογών δικτύωσης στα αρχικά μαθήματα είναι ένα ισχυρό κίνητρο. Οι φοιτητές συγκινούνται ιδιαίτερα όταν μαθαίνουν πώς λειτουργούν οι δικτυακές εφαρμογές – εφαρμογές όπως το e-mail και το Web, τις οποίες χρησιμοποιούν σε καθημερινή βάση. Όταν ένας φοιτητής κατανοήσει τις εφαρμογές, μπορεί να κατανοήσει τις δικτυακές υπηρεσίες που χρειάζονται για υποστήριξη αυτών των εφαρμογών. Ο φοιτητής μπορεί κατόπιν, με την σειρά του, να εξετάσει τους διάφορους τρόπους, με τους οποίους τέτοιες υπηρεσίες μπορούν να παρέχονται και να υλοποιούνται στα χαμηλότερα επίπεδα. Έτσι η κάλυψη των εφαρμογών σε αρχικά στάδια παρέχει κίνητρο για το υπόλοιπο βιβλίο.

Τρίτον, η προσέγγιση από επάνω προς τα κάτω επιτρέπει στους εκπαιδευτές να εισάγουν την ανάπτυξη δικτυακών εφαρμογών σε μια αρχική φάση. Οι φοιτητές όχι μόνον βλέπουν πώς λειτουργούν δημοφιλείς εφαρμογές και πρωτόκολλα, αλλά επίσης μαθαίνουν πόσο εύκολο είναι να δημιουργήσουν τις δικές τους δικτυακές εφαρμογές και πρωτόκολλα επιπέδου εφαρμογής. Με την προσέγγιση από επάνω προς τα κάτω, οι φοιτητές καταλαβαίνουν από την αρχή τις έννοιες του προγραμματισμού με υποδοχές (socket programming), μοντέλων υπηρεσιών και πρωτοκόλλων – σημαντικές αρχές, οι οποίες επανεμφανίζονται σε όλα τα επόμενα επίπεδα. Παρέχοντας παραδείγματα προγραμματισμού με υποδοχές σε Python, τονίζουμε τις κεντρικές ιδέες χωρίς να μπερδεύουμε τους φοιτητές με περίπλοκο κώδικα. Οι προπτυχιακοί φοιτητές στα τμήματα ηλεκτρολόγων μηχανικών και πληροφορικής δεν πρέπει να έχουν δυσκολία να παρακολουθήσουν τον κώδικα σε Python.

Εστίαση στο Διαδίκτυο

Αν και δεν αναφέρουμε πλέον στον τίτλο την φράση "με έμφαση στο Διαδίκτυο" απ' την τέταρτη έκδοση, αυτό δεν σημαίνει ότι δεν εστιάζουμε πλέον στο Διαδίκτυο! Φυσικά και όχι! Επειδή το Διαδίκτυο έχει γίνει τόσο κυρίαρχο, πιστέψαμε ότι κάθε βιβλίο που αναφέ-

ρεται στην δικτύωση πρέπει να εστιάζεται ιδιαίτερα στο Διαδίκτυο και επομένως ότι αυτή η φράση είναι κάπως περιττή. Συνεχίζουμε να χρησιμοποιούμε την αρχιτεκτονική και τα πρωτόκολλα του Διαδικτύου ως πρωταρχικά οχήματα για την μελέτη των θεμελιωδών αρχών της δικτύωσης υπολογιστών. Φυσικά περιλαμβάνουμε επίσης αρχές και πρωτόκολλα από άλλες δικτυακές αρχιτεκτονικές. Αλλά όμως η έμφαση δίδεται σαφώς στο Διαδίκτυο, ένα γεγονός που αντικατοπτρίζεται με σαφήνεια στην οργάνωση του βιβλίου, στο οποίο κάνουμε χρήση της αρχιτεκτονικής 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 φοιτητές των τμημάτων πληροφορικής και ηλεκτρολόγων μηχανικών έχουν ζήλο να μάθουν για το Διαδίκτυο και τα πρωτόκολλά του. Γνωρίζουν ότι το Διαδίκτυο είναι μια επαναστατική τεχνολογία και μπορούν να δουν ότι αλλάζει τον κόσμο εκ βάθρων. Δεδομένης της τεράστιας εφαρμογής του Διαδικτύου, οι φοιτητές είναι περιέργοι για το τι βρίσκεται στο παρασκήνιο. Έτσι, είναι εύκολο για έναν εκπαιδευτή να τους συναρπάσει για να μάθουν τις βασικές αρχές, όταν χρησιμοποιούν το Διαδίκτυο ως βασικό οδηγό.

Διδασκαλία των Αρχών της Δικτύωσης

Δύο απ' 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; ώστε να μπορούμε να προσδιορίσουμε αρκετές θεμελιώδεις σημαντικές αρχές. Για παράδειγμα, στο επίπεδο μεταφοράς, τα θεμελιώδη ζητήματα περιλαμβάνουν αξιόπιστη επικοινωνία επάνω από ένα αναξιόπιστο επίπεδο δικτύου, εγκαθίδρυση/τερματισμό σύνδεσης και χειραψία, συμφόρηση και έλεγχο ροής, καθώς και πολύπλεξη. Στο επίπεδο δικτύου, δύο ιδιαίτερα σημαντικές αρχές είναι η εύρεση "καλών" διαδρομών ανάμεσα σε δύο δρομολογητές και η διασύνδεση ενός μεγάλου αριθμού ετερογενών δικτύων. Στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων, ένα θεμελιώδες πρόβλημα είναι η κοινή χρήση ενός καναλιού πολλαπλής πρόσβασης. Στην ασφάλεια δικτύων, οι τεχνικές για παροχή εμπιστευτικότητας, αυθεντικοποίησης και ακεραιότητας μηνυμάτων βασίζονται όλες σε θεμελιώδεις αρχές κρυπτογραφίας. Το βιβλίο αυτό καθορίζει βασικά ζητήματα δικτύωσης και μελετά προσεγγίσεις προς την κατεύθυνση της αντιμετώπισης αυτών των ζητημάτων. Ο φοιτητής που μαθαίνει αυτές τις αρχές θα αποκτήσει γνώσεις με μεγάλη διάρκεια ζωής – πολύ μετά αφού τα σημερινά πρότυπα και πρωτόκολλα θα έχουν καταστεί απαρχαιωμένα, οι αρχές που εμπεριέχουν θα παραμείνουν σημαντικές. Πιστεύουμε ότι ο συνδυασμός της χρήσης του Διαδικτύου για να εισάγουμε τους φοιτητές στο θέμα και να τονίσουμε κατόπιν τα θεμελιώδη ζητήματα τις προσεγγίσεις για την επίλυσή τους θα επιτρέψει στους φοιτητές να κατανοήσουν γρήγορα όλα όσα χρειάζονται για σχεδόν οποιαδήποτε τεχνολογία δικτύωσης.

Ο Ιστότοπος

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

- *Υλικό διαδραστικής εκπαίδευσης*: Ένα σημαντικό νέο συστατικό της έκτης έκδοσης είναι το σημαντικά εκτεταμένο ηλεκτρονικό και διαδραστικό υλικό εκπαίδευσης. Ο συνοδευτικός ιστότοπος περιέχει τώρα VideoNotes – παρουσιάσεις βίντεο των σημαντικών

θεμάτων του βιβλίου από τους συγγραφείς, καθώς και περιήγηση σε λύσεις προβλημάτων, παρόμοιων μ' αυτά που παρατίθενται στο τέλος κάθε κεφαλαίου. Έχουμε επίσης προσθέσει Διαδραστικές Ασκήσεις, οι οποίες μπορούν να δημιουργήσουν (και να παρουσιάσουν λύσεις για) προβλήματα παρόμοια με τα επιλεγμένα προβλήματα του τέλους των κεφαλαίων. Εφόσον οι φοιτητές μπορούν να παράγουν (και να δουν λύσεις) για έναν απεριόριστο αριθμό παρόμοιων προβλημάτων, μπορούν να εργασθούν μέχρι να κατανοήσουν πλήρως το υλικό. Έχουμε εισαγάγει VideoNotes και προβλήματα στον ιστότοπο για τα Κεφάλαια 1 ως 5 και θα συνεχίσουμε να προσθέτουμε και να ενημερώνουμε το υλικό από καιρού εις καιρόν. Όπως σε προηγούμενες εκδόσεις, ο ιστότοπος περιέχει επίσης διαδραστικές μικροεφαρμογές Java (applets), που «ζωντανεύουν» πολλές βασικές αρχές δικτύωσης. Ο ιστότοπος επίσης διαθέτει διαδραστικές ερωτήσεις εξέτασης, που επιτρέπουν στους φοιτητές να ελέγξουν αν έχουν κατανοήσει τα διάφορα θέματα. Οι καθηγητές μπορούν να ενσωματώσουν αυτά τα διαδραστικά χαρακτηριστικά στις διαλέξεις τους ή να τα χρησιμοποιήσουν ως ασκήσεις εργαστηρίου.

- *Πρόσθετο τεχνικό υλικό.* Επειδή προσθέτουμε νέο υλικό σε κάθε νέα έκδοση του βιβλίου, έπρεπε να αφαιρούμε μερικά απ' τα υπάρχοντα θέματα, για να κρατήσουμε το βιβλίο σε λογικό όγκο. Για παράδειγμα, για να δημιουργήσουμε χώρο για νέο υλικό σ' αυτήν την έκδοση, έχουμε αφαιρέσει υλικό για τα δίκτυα ATM και για το πρωτόκολλο RTSP για πολυμέσα. Υλικό που υπήρχε σε παλαιότερες εκδόσεις του βιβλίου και συνεχίζει να παρουσιάζει ενδιαφέρον μπορείτε να το βρείτε στον ιστότοπο του βιβλίου.
- *Προγραμματιστικές ασκήσεις.* Ο ιστότοπος περιέχει επίσης πολλές προγραμματιστικές ασκήσεις, οι οποίες περιλαμβάνουν την δημιουργία ενός πολυνηματικού εξυπηρετή Web (multithreaded Web server), την δημιουργία ενός προγράμματος πελάτη e-mail με διεπαφή GUI, τον προγραμματισμό των πλευρών αποστολής και λήψης ενός αξιόπιστου πρωτοκόλλου μεταφοράς δεδομένων, τον προγραμματισμό ενός καταναμημένου αλγορίθμου δρομολόγησης και πολλά περισσότερα.
- *Εργαστήρια Wireshark.* Η κατανόηση των πρωτοκόλλων δικτύων μπορεί να γίνει πληρέστερη, αν τα δείτε σε λειτουργία. Ο ιστότοπος περιέχει πολυάριθμες ασκήσεις σε Wireshark που επιτρέπουν στους φοιτητές να παρατηρούν την αλληλουχία των μηνυμάτων που ανταλλάσσονται ανάμεσα στις δύο οντότητες ενός πρωτοκόλλου. Ο ιστότοπος περιλαμβάνει ξεχωριστές εργαστηριακές ασκήσεις σε Wireshark για τα πρωτόκολλα HTTP, DNS, TCP, UDP, IP, ICMP, Ethernet, ARP, WiFi, SSL και στην ανίχνευση όλων των πρωτοκόλλων, που σχετίζονται με την ικανοποίηση ενός αιτήματος για μεταφορά μίας ιστοσελίδας. Θα συνεχίσουμε να προσθέτουμε νέα εργαστήρια στην διάρκεια του χρόνου.

Παιδαγωγικά Χαρακτηριστικά

Διδάσκουμε ο καθένας μας δικτύωση υπολογιστών για περισσότερα από 20 χρόνια. Μεταφέρουμε μέσα σε αυτό το βιβλίο μία συνδυασμένη εμπειρία εκπαίδευσης 50 χρόνων σε πολλές χιλιάδες φοιτητών. Είμαστε επίσης ενεργοί ερευνητές σε θέματα δικτύωσης υπολογιστών μέχρι σήμερα. (Στην πραγματικότητα, ο Jim και ο Keith συναντήθηκαν για πρώτη φορά ως μεταπτυχιακοί φοιτητές σ' ένα μάθημα 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

πιθανόν στο μέλλον. Παρά ταύτα, έχουμε αντισταθεί στον πειρασμό να βασίσουμε το υλικό του βιβλίου στα ερευνητικά μας ενδιαφέροντα. Πιστεύουμε ότι μπορείτε να επισκεφθείτε τους προσωπικούς μας ιστότοπους εάν ενδιαφέρεστε για την έρευνά μας. Έτσι, αυτό το βιβλίο αναφέρεται στην μοντέρνα δικτύωση υπολογιστών – αναφέρεται σε σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνολογίες, όπως και στις υποκείμενες αρχές πίσω από αυτά τα πρωτόκολλα και τεχνολογίες. Επίσης πιστεύουμε ότι η εκμάθηση (και η διδασκαλία!) της δικτύωσης μπορεί να είναι διασκεδαστική. Μια αίσθηση χιούμορ, χρήση παρομοιώσεων και παραδείγματα από τον πραγματικό κόσμο σ' αυτό το βιβλίο ελπίζουμε ότι θα κάνουν αυτό το υλικό περισσότερο διασκεδαστικό.

Συμπληρώματα για Εκπαιδευτές

Προσφέρουμε ένα πλήρες συμπληρωματικό πακέτο ώστε να βοηθήσουμε τους εκπαιδευτές να διδάξουν αυτό το μάθημα. Αυτό το υλικό μπορείτε να προσπελάσετε στο Pearson's Instructor Resource Center (<http://www.pearsonhighered.com/irc>). Επισκεφθείτε το κέντρο πόρων εκπαιδευτών ή στείλτε e-mail στο computing@aw.com για πληροφορίες σχετικά με την προσπέλαση συμπληρωμάτων για εκπαιδευτές.

- *Διαφάνειες PowerPoint.* Παρέχουμε διαφάνειες PowerPoint και για τα εννέα κεφάλαια. Οι διαφάνειες έχουν ενημερωθεί πλήρως με την έκτη έκδοση. Οι διαφάνειες καλύπτουν κάθε κεφάλαιο λεπτομερώς. Χρησιμοποιούν γραφικά και κίνηση (αντί να βασίζονται σε μονότονο κείμενο με κουκκίδες) για να κάνουν τις διαφάνειες ενδιαφέρουσες και οπτικά ελκυστικές. Προσφέρουμε τις πρωτότυπες διαφάνειες PowerPoint, ώστε να μπορέσετε να τις προσαρμόσετε, ώστε να ικανοποιούν τις δικές ανάγκες εκπαίδευσης. Μερικές από αυτές τις διαφάνειες αποτελούν συνεισφορά από άλλους εκπαιδευτές, που έχουν διδάξει από το βιβλίο μας.
- *Λύσεις Προβλημάτων για το Σπίτι.* Ο ιστότοπος παρέχει ένα εγχειρίδιο λύσεων αυτού του βιβλίου για τα προβλήματα για το σπίτι, προγραμματιστικές ασκήσεις και εργαστήρια σε Wireshark. Όπως προαναφέρθηκε, έχουμε εισαγάγει πολλά νέα προβλήματα για το σπίτι στα πρώτα πέντε κεφάλαια του βιβλίου.

Εξαρτήσεις 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 από αυτό το πρώτο κεφάλαιο. Μετά την ολοκλήρωση του Κεφαλαίου 1, συνιστούμε στους εκπαιδευτές να καλύψουν τα Κεφάλαια 2 έως 5 με την σειρά, ακολουθώντας την από επάνω προς τα κάτω φιλοσοφία μας. Κάθε ένα από αυτά τα πέντε κεφάλαια χρησιμοποιεί υλικό από τα προηγούμενα κεφάλαια. Αφού ολοκληρώσει τα πρώτα πέντε κεφάλαια, ο εκπαιδευτής έχει μεγάλη ευελιξία. Δεν υπάρχουν αλληλοεξαρτήσεις ανάμεσα στα τέσσερα τελευταία κεφάλαια, οπότε μπορεί να τα διδάξει με οποιαδήποτε σειρά. Εν τούτοις, κάθε ένα απ' αυτά τα τέσσερα τελευταία κεφάλαια εξαρτάται απ' το υλικό των πέντε πρώτων κεφαλαίων. Πολλοί εκπαιδευτές διδάσκουν τα πέντε πρώτα κεφάλαια και μετά διδάσκουν ένα από τα τελευταία τέσσερα κεφάλαια για «επιδόρπιο».

Μια Τελευταία Σημείωση: Θα Θέλαμε να Ακούσουμε από Εσάς

Ενθαρρύνουμε φοιτητές και εκπαιδευτές να μας στείλουν e-mail με σχόλια που ίσως έχουν για το βιβλίο μας. Ήταν σπουδαίο για μας που λάβαμε τόσα πολλά σχόλια από τόσους πολλούς εκπαιδευτές και φοιτητές από όλον τον κόσμο για τις πρώτες πέντε εκδόσεις μας. Έχουμε συμπεριλάβει πολλές απ' αυτές τις προτάσεις σε επόμενες εκδόσεις του βιβλίου. Επίσης ενθαρρύνουμε τους εκπαιδευτές 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 τα δημοσιεύσουμε κι αυτά στο τμήμα που προορίζεται μόνον για εκπαιδευτές του ιστοτόπου. Επίσης ενθαρρύνουμε τους εκπαιδευτές και τους φοιτητές να δημιουργήσουν μικροεφαρμογές Java, που επεξηγούν τις αρχές και τα πρωτόκολλα του βιβλίου. Αν έχετε μια μικροεφαρμογή που θεωρείτε ότι είναι κατάλληλη για αυτό το βιβλίο, παρακαλούμε να την στείλετε σε εμάς. Αν η μικροεφαρμογή (περιλαμβανομένων του συμβολισμού και της ορολογίας) είναι κατάλληλη, με χαρά μας θα την συμπεριλάβουμε στον ιστοτόπο του βιβλίου, με μια αναφορά στους συγγραφείς της μικροεφαρμογής.

Μπορείτε να μας στείλετε ενδιαφέροντα URL, να μας υποδείξετε τυπογραφικά μας λάθη, να διαφωνήσετε με τους ισχυρισμούς μας και να μας πείτε τι λειτουργεί και τι όχι. 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 και ross@poly.edu.

Ευχαριστίες

Από τότε που αρχίσαμε να γράφουμε αυτό το βιβλίο, το 1996, πολλοί άνθρωποι μας παρείχαν ανεκτίμητη βοήθεια και μας επηρέασαν στο πώς να διαμορφώσουμε τις σκέψεις μας για το πώς να οργανώσουμε και να διδάξουμε καλύτερα ένα μάθημα περί δικτύωσης. Θέλω να πούμε ένα ΜΕΓΑΛΟ ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ σε όλους όσους μας βοήθησαν απ' τα πρώτα κείμενα αυτού του βιβλίου έως κι αυτήν την έκτη έκδοση. Επίσης πραγματικά ευγνώμονες στις πολλές εκατοντάδες αναγνώστες από όλον τον κόσμο –φοιτητές, καθηγητές, επαγγελματίες– που μας έχουν στείλει σκέψεις και σχόλια για προηγούμενες εκδόσεις του βιβλίου και υποδείξεις 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)
Lichun Bao (University of California at Irvine)
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 (Technicolor Research)
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 Decuets (Euricom Institute)
Christophe Diot (Technicolor Research)
Prithula Dhunghel (Akamai)
Deborah Estrin (University of California, Los Angeles)
Michalis Faloutsos (University of California at Riverside)
Wu-chi Feng (Oregon Graduate Institute)
Sally Floyd (ICIR, University of California at Berkeley)
Paul Francis (Max Planck Institute)
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 (NYU-Poly)
Yang Guo (Alcatel/Lucent Bell Labs)
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)
Cheng Huang (Microsoft Research)
Esther A. Hughes (Virginia Commonwealth University)
Van Jacobson (Xerox PARC)
Pinak Jain (former NYU-Poly student)
Jobin James (University of California at Riverside)
Sugih Jamin (University of Michigan)
Shivkumar Kalyanaraman (IBM Research, India)
Jussi Kangasharju (University of Helsinki)
Sneha Kasera (University of Utah)
Parviz Kermani (formerly of IBM Research)

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 (Bloomberg)
Miguel A. Labrador (University of South Florida)
Simon Lam (University of Texas)
Steve Lai (Ohio State University)
Tom LaPorta (Penn State University)
Tim-Berners Lee (World Wide Web Consortium)
Arnaud Legout (INRIA)
Lee Leitner (Drexel University)
Brian Levine (University of Massachusetts)
Chunchun Li (former NYU-Poly student)
Yong Liu (NYU-Poly)
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)
Jenni Moyer (Comcast)
Erich Nahum (IBM Research)
Christos Papadopoulos (Colorado State University)
Craig Partridge (BBN Technologies)
Radia Perlman (Intel)
Jitendra Padhye (Microsoft Research)
Vern Paxson (University of California at Berkeley)
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)
Pablo Rodrigez (Telefonica)
Sumit Roy (University of Washington)
Avi Rubin (Johns Hopkins University)
Dan Rubenstein (Columbia University)
Douglas Salane (John Jay College)
Despina Saporilla (Cisco Systems)
John Schanz (Comcast)

Henning Schulzrinne (Columbia University)
Mischa Schwartz (Columbia University)
Ardash Sethi (University of Delaware)
Harish Sethu (Drexel University)
K. Sam Shanmugan (University of Kansas)
Prashant Shenoy (University of Massachusetts)
Clay Shields (Georgetown University)
Subin Shrestha (University of Pennsylvania)
Bojie Shu (former NYU-Poly student)
Mihail L. Sichiitiu (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)
Di Wu (Sun Yat-sen University)
Shirley Wynn (NYU-Poly)
Raj Yavatkar (Intel)
Yechiam Yemini (Columbia University)
Ming Yu (State University of New York at Binghamton)
Ellen Zegura (Georgia Institute of Technology)
Honggang Zhang (Suffolk University)
Hui Zhang (Carnegie Mellon University)
Lixia Zhang (University of California at Los Angeles)
Meng Zhang (former NYU-Poly student)
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 ανέχθηκε δύο λεπτολόγους συγγραφείς, που φαίνονται εκ γενετής ανίκανοι να ανταποκριθούν σε προθεσμίες!): Michael Hirsch, Marilyn Lloyd και Emma Snider. Ευχαριστούμε επίσης τις γραφίστριες Janet Theurer και Patrice Rossi Calkin, για την δουλειά τους με τα εξαιρετα σχεδιαγράμματα στο βιβλίο αυτό και στην Andrea Stefanowicz και την ομάδα της στην PreMediaGlobal για την υπέροχη παραγωγή αυτής της έκδοσης. Τέλος, ευχαριστούμε ιδιαίτερα τον Michael Hirsch, τον εκδότη μας στην 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, σχεδόν άπειρη υπομονή και εμμονή.

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1	Δίκτυα Υπολογιστών και το Διαδίκτυο	1
1.1	Τι Είναι το Διαδίκτυο;	2
1.1.1	Βασική Περιγραφή	2
1.1.2	Περιγραφή με Βάση παρεχόμενες Υπηρεσίες	5
1.1.3	Τι Είναι ένα Πρωτόκολλο;	7
1.2	Τα Άκρα των Δικτύων	9
1.2.1	Δίκτυα Προσπέλασης	12
1.2.2	Φυσικά Μέσα	18
1.3	Ο Πυρήνας του Δικτύου	22
1.3.1	Μεταγωγή Πακέτου	22
1.3.2	Μεταγωγή Κυκλώματος	27
1.3.3	Ένα Δίκτυο Δικτύων	32
1.4	Καθυστέρηση, Απώλεια και Διεκπεραιωτική Ικανότητα σε Δίκτυα Μεταγωγής Πακέτου	35
1.4.1	Επισκόπηση της Καθυστέρησης σε Δίκτυα Μεταγωγής Πακέτου	35
1.4.2	Καθυστέρηση Ουράς και Απώλεια Πακέτου	39
1.4.3	Καθυστέρηση από-Άκρο-σε-Άκρο	42
1.4.4	Διεκπεραιωτική Ικανότητα σε Δίκτυα Υπολογιστών	44
1.5	Επίπεδα Πρωτοκόλλων και τα Μοντέλα Υπηρεσιών τους	47
1.5.1	Αρχιτεκτονική με Διαδοχικά Επίπεδα	47
1.5.2	Ενθυλάκωση	53
1.6	Δίκτυα υπό Επίθεση	55
1.7	Ιστορία Δικτύων Υπολογιστών και το Διαδίκτυο	60
1.7.1	Η Ανάπτυξη της Μεταγωγής Πακέτου: 1961-1972	60
1.7.2	Ιδιοταγή (Proprietary) Δίκτυα και Διαδικτύωση: 1972-1980	62
1.7.3	Εξάπλωση των Δικτύων: 1980-1990	63
1.7.4	Η Έκρηξη του Διαδικτύου: Η Δεκαετία του 1990	64
1.7.5	Η Νέα Χιλιετία	65
1.8	Περίληψη	66
	Προβλήματα και Ερωτήσεις για το Σπίτι	68
	Εργαστήριο Wireshark	78
	Συνέντευξη: Leonard Kleinrock	80
Κεφάλαιο 2	Επίπεδο Εφαρμογής	83
2.1	Αρχές Δικτυακών Εφαρμογών	84
2.1.1	Αρχιτεκτονικές Δικτυακών Εφαρμογών	86
2.1.2	Επικοινωνία Διεργασιών	88

2.1.3	Υπηρεσίες Μεταφοράς Διαθέσιμες σε Εφαρμογές	91
2.1.4	Υπηρεσίες Μεταφοράς που Παρέχονται από το Διαδίκτυο	93
2.1.5	Πρωτόκολλο Επιπέδου Εφαρμογής	96
2.1.6	Δικτυακές Εφαρμογές που Καλύπτονται σε Αυτό το Βιβλίο	97
2.2	Το Web και το HTTP	98
2.2.1	Επισκόπηση του HTTP	98
2.2.2	Μη Παραμένουσες και Παραμένουσες Συνδέσεις	100
2.2.3	Μορφοποίηση Μηνύματος HTTP	103
2.2.4	Αλληλεπίδραση Χρήστη-Εξυπηρετή: Cookies	108
2.2.5	Web Caching	110
2.2.6	Το GET υπό Συνθήκη	114
2.3	Μεταφορά Αρχείων: FTP	116
2.3.1	Εντολές και Αποκρίσεις FTP	118
2.4	Ηλεκτρονικό Ταχυδρομείο στο Διαδίκτυο	118
2.4.1	SMTP	121
2.4.2	Σύγκριση με το HTTP	124
2.4.3	Μορφές Μηνυμάτων Ταχυδρομείου	125
2.4.4	Πρωτόκολλα Προσπέλασης Ταχυδρομείου	125
2.5	DNS – Η Υπηρεσία Καταλόγου Διαδικτύου	130
2.5.1	Υπηρεσίες που Παρέχονται από το DNS	131
2.5.2	Επισκόπηση του Τρόπου Λειτουργίας του DNS	133
2.5.3	Εγγραφές και Μηνύματα του DNS	139
2.6	Εφαρμογές ομοτίμων (P2P Applications)	144
2.6.1	Διανομή Αρχείων ομοτίμων (P2P)	145
2.6.2	Κατανεμημένοι Πίνακες Κατακερματισμού (DHT)	151
2.7	Προγραμματισμός Socket: Δημιουργώντας Δικτυακές Εφαρμογές	156
2.7.1	Προγραμματισμός Socket με UDP	157
2.7.2	Προγραμματισμός Socket με TCP	163
2.8	Περίληψη	168
	Προβλήματα και Ερωτήσεις για το Σπίτι	169
	Ασκήσεις Προγραμματισμού Socket	179
	Εργαστήρια Wireshark: HTTP, DNS	181
	Συνέντευξη: Mark Andreessen	182

Κεφάλαιο 3	Επίπεδο Μεταφοράς	185
3.1	Εισαγωγή και Υπηρεσίες Επιπέδου Μεταφοράς	186
3.1.1	Σχέση Ανάμεσα στα Επίπεδα Μεταφοράς και Δικτύου	186
3.1.2	Επισκόπηση του Επιπέδου Μεταφοράς στο Διαδίκτυο	189
3.2	Πολύπλεξη και Αποπολύπλεξη	191
3.3	Ασυνδεσμική Μεταφορά: UDP	198
3.3.1	Δομή Τμήματος UDP	202
3.3.2	Άθροισμα Ελέγχου UDP	202
3.4	Αρχές Αξιοπίστης Μεταφοράς Δεδομένων	204
3.4.1	Δημιουργία ενός Πρωτοκόλλου Αξιοπίστης Μεταφοράς Δεδομένων	206

3.4.2	Πρωτόκολλα για Αξιόπιστη Μεταφορά Δεδομένων με Διοχέτευση	215
3.4.3	Go-Back-N (GBN)	218
3.4.4	Επιλεκτική Επανάληψη (SR)	223
3.5	Συνδεδασμένη Μεταφορά: TCP	230
3.5.1	Η Σύνδεση TCP	231
3.5.2	Δομή Τμήματος TCP	233
3.5.3	Εκτίμηση και Λήξη Χρόνου Διαδρομής Μετ' Επιστροφής	238
3.5.4	Αξιόπιστη Μεταφορά Δεδομένων	242
3.5.5	Έλεγχος Ροής	250
3.5.6	Διαχείριση Σύνδεσης TCP	252
3.6	Αρχές Ελέγχου Συμφόρησης	259
3.6.1	Οι Αιτίες και το Κόστος της Συμφόρησης	259
3.6.2	Προσεγγίσεις στον Έλεγχο Συμφόρησης	265
3.6.3	Παράδειγμα Ελέγχου Επιβηθούμενου Ελέγχου Συμφόρησης: Έλεγχος Συμφόρησης ATM ABR	266
3.7	Έλεγχος Συμφόρησης TCP	269
3.7.1	Δικαιοσύνη	279
3.8	Ανασκόπηση	283
	Προβλήματα και Ερωτήσεις για το Σπίτι	285
	Ασκήσεις Προγραμματισμού	300
	Εργαστήρια Wireshark: TCP, UDP	301
	Συνέντευξη: Van Jacobson	302

Κεφάλαιο 4	Επίπεδο Δικτύου	305
4.1	Εισαγωγή	306
4.1.1	Προώθηση και Δρομολόγηση	308
4.1.2	Μοντέλα Υπηρεσιών Δικτύου	310
4.2	Εικονικό Κύκλωμα και Δίκτυα Δεδομενογράμματος	313
4.2.1	Δίκτυα Εικονικού Κυκλώματος	314
4.2.2	Δίκτυα Δεδομενογράμματος	317
4.2.3	Η Προέλευση των Δικτύων VC και Δεδομενογράμματος	319
4.3	Τι βρίσκεται Μέσα σε έναν Δρομολογητή;	320
4.3.1	Επεξεργασία Εισόδου	322
4.3.2	Μεταγωγή	324
4.3.3	Επεξεργασία Εξόδου	326
4.3.4	Πού Δημιουργείται Ουρά Αναμονής;	327
4.3.5	Το Επίπεδο Ελέγχου Δρομολόγησης	331
4.4	Το Πρωτόκολλο Διαδικτύου (IP): Προώθηση και Διευθυνσιοδότηση στο Διαδίκτυο	331
4.4.1	Μορφή Δεδομενογράμματος	332
4.4.2	Διευθυνσιοδότηση IPv4	338
4.4.3	ICMP: Πρωτόκολλο Ελέγχου Μηνυμάτων Διαδικτύου	353
4.4.4	IPv6	356
4.4.5	Συνοπτική Εξέταση της Ασφάλειας IP	362

4.5	Αλγόριθμοι Δρομολόγησης	363
4.5.1	Ο Αλγόριθμος Δρομολόγησης Κατάστασης Ζεύξης	366
4.5.2	Ο Αλγόριθμος Δρομολόγησης Διανύσματος Απόστασης (DV)	371
4.5.3	Ιεραρχική Δρομολόγηση	379
4.6	Δρομολόγηση στο Διαδίκτυο	383
4.6.1	Δρομολόγηση Ενδο-αυτόνομου Συστήματος στο Διαδίκτυο: RIP	384
4.6.2	Δρομολόγηση Ενδο-αυτόνομου Συστήματος στο Διαδίκτυο: OSPF	388
4.6.3	Δρομολόγηση Δι-αυτόνομου Συστήματος: BGP	390
4.7	Δρομολόγηση Εκπομπής και Δρομολόγηση Πολυεκπομπής	399
4.7.1	Αλγόριθμοι Δρομολόγησης Εκπομπής	400
4.7.2	Πολυεκπομπή	405
4.8	Ανασκόπηση	412
	Προβλήματα και Ερωτήσεις για το Σπίτι	413
	Άσκηση Προγραμματισμού	429
	Εργαστήρια Wireshark: IP, ICMP	430
	Συνέντευξη: Vinton G. Cerf	431

Κεφάλαιο 5 Επίπεδο Ζεύξης: Ζεύξεις, Δίκτυα Προσπέλασης και Δίκτυα Τοπικής Περιοχής 433

5.1	Εισαγωγή στο Επίπεδο Ζεύξης	434
5.1.1	Οι Υπηρεσίες που Παρέχονται από το Επίπεδο Ζεύξης	436
5.1.2	Πού Υλοποιείται το Επίπεδο Ζεύξης;	437
5.2	Τεχνικές Ανίχνευσης και Διόρθωσης Σφαλμάτων	438
5.2.1	Έλεγχος Ισοτιμίας	440
5.2.2	Μέθοδοι Αθροίσματος Ελέγχου	442
5.2.3	Έλεγχος Κυκλικού Πλεονασμού (CRC)	443
5.3	Πρωτόκολλα και Ζεύξεις Πολλαπλής Προσπέλασης	445
5.3.1	Πρωτόκολλα Διαμέρισης Καναλιού	448
5.3.2	Πρωτόκολλα Τυχαίας Προσπέλασης	449
5.3.3	Πρωτόκολλα Λειτουργίας Εκ Περιτροπής	459
5.3.4	DOCSIS: Το Πρωτόκολλο Επιπέδου Ζεύξης για Καλωδιακή Προσπέλαση του Διαδικτύου	460
5.4	Δίκτυα Τοπικής Περιοχής (LAN) Μεταγωγής	461
5.4.1	Διευθυνσιοδότηση Επιπέδου Ζεύξης και ARP	462
5.4.2	Ethernet	469
5.4.3	Μεταγωγείς Επιπέδου Ζεύξης	476
5.4.4	Εικονικά Δίκτυα Τοπικής Περιοχής (VLAN)	482
5.5	Εικονικές Ζεύξεις: Ένα Δίκτυο ως Επίπεδο Ζεύξης	486
5.5.1	Μεταγωγή Ετικέτας Πολλαπλών Πρωτοκόλλων (MPLS)	487
5.6	Δικτύωση Κέντρων Δεδομένων	490
5.7	Ανασκόπηση: Μία Ημέρα στην Ζωή μίας Αίτησης για Ιστοσελίδα	495
5.7.1	Έναρξη: DHCP, UDP, IP και Ethernet	495
5.7.2	Συνεχίζοντας την Έναρξη: DNS και ARP	497

5.7.3	Ακόμη στην Έναρξη: Ενδο-τομεακή Δρομολόγηση προς τον Εξυπηρετή DNS	498
5.7.4	Αλληλεπίδραση Πελάτη-Εξυπηρετή Web: TCP και HTTP	499
5.8	Ανασκόπηση	500
	Προβλήματα και Ερωτήσεις για το Σπίτι	502
	Εργαστήρια Wireshark: Ethernet και ARP, DHCP	510
	Συνέντευξη: Simon S. Lam	511
Κεφάλαιο 6	Ασύρματα Δίκτυα και Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών	513
6.1	Εισαγωγή	514
6.2	Ασύρματες Ζεύξεις και Χαρακτηριστικά Δικτύου	519
6.2.1	CDMA	522
6.3	WiFi: Ασύρματα Δίκτυα Τοπικής Περιοχής 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	Κινητότητα μέσα στο Ίδιο Υποδίκτυο IP	541
6.3.5	Προχωρημένα Χαρακτηριστικά του 802.11	542
6.3.6	Δίκτυα Προσωπικής Περιοχής: Bluetooth και Zigbee	544
6.4	Προσπέλαση στο Διαδίκτυο μέσω Κυψελωτών Δικτύων	546
6.4.1	Μία Επισκόπηση της Αρχιτεκτονικής Κυψελωτών Δικτύων	547
6.4.2	Κυψελωτά Δίκτυα Δεδομένων 3G: Επέκταση του Διαδικτύου σε Κινητούς Συνδρομητές	550
6.4.3	Προχωρώντας στο 4G: LTE	553
6.5	Διαχείριση Κινητότητας: Αρχές	555
6.5.1	Διευθυνσιοδότηση	557
6.5.2	Δρομολόγηση προς έναν Κινητό Κόμβο	559
6.6	Mobile IP	564
6.7	Διαχείριση Κινητότητας σε Κυψελωτά Δίκτυα	570
6.7.1	Δρομολόγηση Κλήσεων προς έναν Κινητό Χρήστη	571
6.7.2	Μεταπομπές στο GSM	572
6.8	Ασύρματες Επικοινωνίες και Κινητότητα: Επίπτωση σε Πρωτόκολλα Υψηλότερων Επιπέδων	575
6.9	Ανασκόπηση	578
	Προβλήματα και Ερωτήσεις για το Σπίτι	578
	Εργαστήρια Wireshark: IEEE 802.11 (WiFi)	583
	Συνέντευξη: Deborah Estrin	584
Κεφάλαιο 7	Δικτύωση Πολυμέσων	587
7.1	Δικτυακές Εφαρμογές Πολυμέσων	588
7.1.1	Ιδιότητες του Βίντεο	588
7.1.2	Ιδιότητες του Ήχου	590
7.1.3	Τύποι Πολυμεσικών Δικτυακών Εφαρμογών	591

7.2	Αποθηκευμένο Βίντεο Συνεχούς Ροής	593
7.2.1	UDP Συνεχούς Ροής	595
7.2.2	HTTP Συνεχούς Ροής	596
7.2.3	Προσαρμοσίμη Συνεχής Ροή και DASH	600
7.2.4	Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου	602
7.2.5	Μελέτες Περιπτώσεων: Netflix, YouTube και Kankan	608
7.3	Φωνή-επάνω-από-IP	612
7.3.1	Περιορισμοί της Υπηρεσίας Βέλτιστης Προσπάθειας IP	612
7.3.2	Εξάλειψη της Διακύμανσης Καθυστερήσης στον Παραλήπτη για Ήχο	614
7.3.3	Ανάκαμψη από την Απώλεια Πακέτων	617
7.3.4	Μελέτη Περίπτωσης: VoIP με Skype	620
7.4	Πρωτόκολλα για Εφαρμογές Συνομιλίας σε Πραγματικό Χρόνο	623
7.4.1	RTP	624
7.4.2	Το Πρωτόκολλο SIP	627
7.5	Υποστήριξη Δικτύου για Πολυμέσα	632
7.5.1	Διαστασιολόγηση Δικτύων Βέλτιστης Προσπάθειας	634
7.5.2	Παροχή Πολλαπλών Κλάσεων Υπηρεσίας	636
7.5.3	Διαφοροποιημένες Υπηρεσίες (Diffserv)	648
7.5.4	Παροχή Εγγυήσεων Ποιότητας Υπηρεσίας (QoS) ανά Σύνδεση: Δέσμευση Πόρων και Αποδοχή Κλήσης	652
7.6	Ανασκόπηση	655
	Προβλήματα και Ερωτήσεις για το Σπίτι	656
	Άσκηση Προγραμματισμού	666
	Συνέντευξη: Henning Schulzrinne	668
Κεφάλαιο 8	Ασφάλεια σε Δίκτυα Υπολογιστών	671
8.1	Τι Σημαίνει Ασφάλεια Δικτύων;	672
8.2	Αρχές Κρυπτογραφίας	675
8.2.1	Κρυπτογραφία Συμμετρικού Κλειδιού	676
8.2.2	Κρυπτογράφηση Δημόσιου Κλειδιού	683
8.3	Ακεραιότητα Μηνύματος και Ψηφιακές Υπογραφές	688
8.3.1	Κρυπτογραφικές Συναρτήσεις Κατακερματισμού	689
8.3.2	Κώδικας Αυθεντικοποίησης Μηνύματος	691
8.3.3	Ψηφιακές Υπογραφές	693
8.4	Αυθεντικοποίηση Τερματικού Σημείου	700
8.4.1	Πρωτόκολλο Αυθεντικοποίησης <i>ap1.0</i>	700
8.4.2	Πρωτόκολλο Αυθεντικοποίησης <i>ap2.0</i>	701
8.4.3	Πρωτόκολλο Αυθεντικοποίησης <i>ap3.0</i>	702
8.4.4	Πρωτόκολλο Αυθεντικοποίησης <i>ap3.1</i>	703
8.4.5	Πρωτόκολλο Αυθεντικοποίησης <i>ap4.0</i>	703
8.5	Ασφαλίζοντας το E-Mail	705
8.5.1	Ασφαλές E-mail	706
8.5.2	PGP	710

8.6	Διασφάλιση Συνδέσεων TCP: SSL	711
8.6.1	Η Μεγάλη Εικόνα	713
8.6.2	Μία Πληρέστερη Εικόνα	716
8.7	Ασφάλεια Επιπέδου Δικτύου: IPsec και Εικονικά Ιδιωτικά Δίκτυα	718
8.7.1	IPsec και Εικονικά Ιδιωτικά Δίκτυα	718
8.7.2	Τα Πρωτόκολλα AH και ESP	720
8.7.3	Συσχετίσεις Ασφάλειας	720
8.7.4	Το Δεδομένογράμμα Ipsec	721
8.7.5	IKE: Διαχείριση Κλειδιών στο Ipsec	725
8.8	Διασφάλιση Ασύρματων LAN	726
8.8.1	Wired Equivalent Privacy (WEP)	726
8.8.2	IEEE 802.11i	728
8.9	Λειτουργική Ασφάλεια: Firewalls και Συστήματα Ανίχνευσης Παρέισφρησης	731
8.9.1	Firewalls	731
8.9.2	Συστήματα Ανίχνευσης Παρέισφρησης	739
8.10	Ανασκόπηση	742
	Προβλήματα και Ερωτήσεις για το Σπίτι	744
	Εργαστήριο Wireshark: SSL	752
	Εργαστήριο IPsec	752
	Συνέντευξη: Steven M. Bellovin	753

Κεφάλαιο 9	Διαχείριση Δικτύου	755
9.1	Τι Είναι Διαχείριση Δικτύου	756
9.2	Η Υποδομή για Διαχείριση Δικτύου	760
9.3	Το Πρότυπο Πλαίσιο Διαχείρισης για το Διαδίκτυο	764
9.3.1	Δομή της Πληροφορίας Διαχείρισης: SMI	766
9.3.2	Βάση Πληροφοριών Διαχείρισης: MIB	770
9.3.3	Λειτουργίες Πρωτοκόλλου SNMP και Αντιστοιχίσεις Μεταφοράς	772
9.3.4	Ασφάλεια και Διαχείριση	775
9.4	ASN.1	778
9.5	Συμπέρασμα	783
	Προβλήματα και Ερωτήσεις για το Σπίτι	783
	Συνέντευξη: Jennifer Rexford	786
	Βιβλιογραφία	789
	Ευρετήριο	823