

Έργο :	«Πυθαγόρας - Ενίσχυση Ερευνητικών Ομάδων στο Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΕΟΟΠΑ)»
Υποέργο 6:	ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΕΝ ΚΙΝΗΣΕΙ
Τίτλος παραδοτέου:	Αναφορά σχετικά με τις ικανότητες του προσομοιωτή, συγκριτικά, και προτεινόμενες πιθανές επεκτάσεις
Ημ/νία:	30-12-2005

Εισαγωγή

Η προσομοίωση αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές και ισχυρές μεθόδους, που χρησιμοποιούνται στην έρευνα για τον σχεδιασμό και την παρακολούθηση της λειτουργίας σύνθετων διαδικασιών και συστημάτων. Σύμφωνα με τον R.E.Shannon (1975) η προσομοίωση ορίζεται ως η διαδικασία σχεδιασμού του μοντέλου κάποιου πραγματικού συστήματος και πραγματοποίησης πειραμάτων με το μοντέλο αυτό που αποσκοπούν στην κατανόηση της συμπεριφοράς του συστήματος ή/και στην αξιολόγηση εναλλακτικών στρατηγικών για τη λειτουργία του συστήματος.

Δεδομένου του παραπάνω ορισμού, θα μπορούσαμε να χαρακτηρίσουμε την προσομοίωση ως μια εφαρμοσμένη πειραματική μεθοδολογία, με την οποία μπορούμε:

- Να περιγράψουμε την συμπεριφορά ενός συστήματος.
- Να χρησιμοποιήσουμε το μοντέλο προκειμένου να προβλέψουμε μελλοντικές συμπεριφορές, δηλαδή αποτελέσματα από την αλλαγή του συστήματος ή του τρόπου λειτουργίας του [1].

Εμβαθύνοντας λίγο περισσότερο στην έννοια της μοντελοποίησης, θα μπορούσαμε να πούμε πως ένα μοντέλο αναπαριστά την δομή και την λειτουργικότητα του πραγματικού συστήματος και είναι παρόμοιο αλλά απλούστερο από στο σύστημα που αντιπροσωπεύει. Ένα καλό μοντέλο ουσιαστικά είναι αυτό που ενσωματώνει τα θετικά στοιχεία του ρεαλισμού και ταυτόχρονα της απλότητας. Γενικά, ένα μοντέλο που προορίζεται για την χρήση σε μελέτες προσομοίωσης είναι στην πράξη ένα μαθηματικό μοντέλο που αναπτύχθηκε με τη βοήθεια λογισμικού προσομοίωσης. Τα μαθηματικά αυτά μοντέλα, μπορούν να ταξινομηθούν ως ντετερμινιστικά (οι μεταβλητές εισόδου και εξόδου παίρνουν σταθερές τιμές), ως στοχαστικά (τουλάχιστον μια από τις μεταβλητές εισόδου ή εξόδου έχει τη μορφή πιθανότητας), ως στατικά (ο χρόνος δεν λαμβάνεται υπόψιν) ή ως δυναμικά (οι κυμαινόμενες με τον χρόνο αλληλεπιδράσεις μεταξύ μεταβλητών λαμβάνεται υπόψιν). Τυπικά, τα μοντέλα προσομοίωσης είναι στοχαστικά και δυναμικά [2].

Ωστόσο μια κρίσιμη ερώτηση αφορά το πότε πρέπει να γίνεται χρήση προσομοίωσης αντί του πειραματισμού με το πραγματικό σύστημα. Οι γενικές περιπτώσεις στις οποίες συνήθως χρησιμοποιείται μοντελοποίηση και ανάλυση βάση προσομοίωσης είναι οι ακόλουθες [2]:

- Όταν είναι αδύνατο ή έχει υπερβολικό κόστος η παρατήρηση συγκεκριμένων διαδικασιών στον πραγματικό κόσμο.
- Όταν υπάρχουν προβλήματα για τα οποία υπάρχει μεν μαθηματικό μοντέλο, ωστόσο είναι αδύνατο ή υπερβολικά πολύπλοκο να βρεθούν λύσεις με αναλυτικές μεθόδους.
- Όταν είναι αδύνατη ή έχει υπερβολικό κόστος η επικύρωση της ορθότητας του μαθηματικού μοντέλου που περιγράφει το πραγματικό σύστημα, επειδή π.χ. δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα.

Η προσομοίωση χρησιμοποιείται επίσης πριν εφαρμοστούν αλλαγές σε ένα υπάρχον σύστημα ή πριν κατασκευαστεί ένα νέο σύστημα, προκειμένου να μειωθούν οι πιθανότητες αποτυχίας, να εξαλειφθούν απρόβλεπτα σημεία συμφόρησης, να προληφθεί η υπερκατανάλωση ή υποκατανάλωση πόρων και να

βελτιστοποιηθεί η συνολική απόδοση του συστήματος. Επιπλέον η προσομοίωση υπερτερεί των αναλυτικών μεθόδων για την ανάλυση συστημάτων για τους εξής λόγους:[1]:

- Μπορούμε να εξετάσουμε νέους σχεδιασμούς του συστήματος χωρίς να αφιερώνουμε πόρους στην υλοποίηση τους.
- Η προσομοίωση επιτρέπει την εξέταση υποθέσεων σχετικά με το πώς ή το γιατί συγκεκριμένα φαινόμενα συμβαίνουν σε ένα σύστημα.
- Η προσομοίωση επιτρέπει τον πλήρη έλεγχο του χρόνου. Έτσι είναι εφικτό η καταγραφή μέσα σε μερικά δευτερόλεπτα η συμπεριφορά ενός συστήματος που λειτουργεί για μήνες ή χρόνια. Εναλλακτικά είναι δυνατή η επιβράδυνση των φαινομένων προκειμένου να μελετηθούν
- Η προσομοίωση επιτρέπει την διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με το πώς λειτουργεί στην πραγματικότητα το μοντελοποιημένο σύστημα και ποιες μεταβλητές είναι οι πιο σημαντικές για την απόδοσή του.
- Η προσομοίωση έχει την δύναμη να επιτρέπει τον πειραματισμό με νέες και άγνωστες καταστάσεις ώστε να απαντά σε υποθετικά ερωτήματα.

Τα βήματα που εμπλέκονται στην διαδικασία ανάπτυξης ενός μοντέλου προσομοίωσης, στον σχεδιασμό του πειράματος και στην διενέργεια της ανάλυσης των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης είναι τα εξής [3]:

- Βήμα 1. Ορισμός του προβλήματος.
- Βήμα 2. Μορφοποίηση του προβλήματος.
- Βήμα 3. Συλλογή και επεξεργασία δεδομένων για το πραγματικό σύστημα.
- Βήμα 4. Μορφοποίηση και ανάπτυξη του μοντέλου του συστήματος.
- Βήμα 5. Επικύρωση του μοντέλου.
- Βήμα 6. Τεκμηρίωση μοντέλου για μελλοντική χρήση.
- Βήμα 7. Επιλογή του κατάλληλου σχεδίου πειραμάτων.
- Βήμα 8. Επαλήθευση των συνθηκών των πειραμάτων για όλες τις εκτελέσεις της προσομοίωσης.
- Βήμα 9. Εκτέλεση προσομοίωσης.
- Βήμα 10. Ερμηνεία και παρουσίαση αποτελεσμάτων.
- Βήμα 11. Πρόταση περαιτέρω ενεργειών.

Αυτή είναι μια λογική ταξινόμηση των βημάτων σε μια μελέτη προσομοίωσης. Ωστόσο, ίσως αποδειχτεί αναγκαίο να γίνουν επαναλήψεις σε διάφορα σημεία προτού επιτευχθούν οι στόχοι της προσομοίωσης. Ίσως να μην χρειαστούν όλα τα παραπάνω βήματα ή μπορεί μερικά από αυτά να μην είναι εφικτά. Από την άλλη πλευρά ίσως απαιτηθούν και επιπλέον βήματα για την ολοκλήρωση μιας μελέτης.

Κλείνοντας αυτήν την εισαγωγή στην προσομοίωση, θα πρέπει να τονίσουμε ότι οι περισσότερες μελέτες προσομοίωσης σήμερα γίνονται χρησιμοποιώντας πακέτα λογισμικού προσομοίωσης, αντί να κάνουν χρήση μοντέλων που αναπτύχθηκαν με γλώσσες προγραμματισμού γενικού σκοπού. Υπάρχουν εκατοντάδες προϊόντα προσομοίωσης στην αγορά, και το ερώτημα που τίθεται είναι πως διαλέγει κανείς το καλύτερο δεδομένου του προβλήματος που θέλει να μελετήσει. Κάποιες από τις παραμέτρους που συχνά εξετάζονται κατά την επιλογή είναι: η προσφερόμενη ευελιξία στην μοντελοποίηση, η ευκολία στη χρήση, η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης τμημάτων κώδικα, η διεπαφή χρήστη, οι απαιτήσεις σε λογισμικό και υλισμικό, οι στατιστικές δυνατότητες, η δυνατότητες γραφικής απεικόνισης των αποτελεσμάτων, η υποστήριξη πελατών και η τεκμηρίωση[3]. Στην συνέχεια περιγράφεται ο προσομοιωτής που επιλέχθηκε για την διενέργεια των πειραμάτων μας στα πλαίσια του έργου, και παρουσιάζονται οι επεκτάσεις που υλοποιήθηκαν για τους σκοπούς του έργου.

Συγκριτικά

Προκειμένου να γίνει η επιλογή του κατάλληλου προσομοιωτή για το έργο δοκιμάστηκαν οι ακόλουθοι προσομοιωτές: NS-2 (Network Simulator) [5], NCTUns Network Simulator [7], OPNET [6] και QualNet Simulator [4]. Το εργαλείο προσομοίωσης που κρίθηκε πιο κατάλληλο για τις ανάγκες του συγκεκριμένου έργου είναι το QualNet Simulator, καθώς διαθέτει αρκετά πλεονεκτήματα τα οποία παρατίθενται στις επόμενες παραγράφους. Όσον αφορά τα υπόλοιπα εργαλεία προσομοίωσης, οι λόγοι για τους οποίους δεν προτιμήθηκαν συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- NS-2 : Έλλειψη συνεπούς τεκμηρίωσης για τα μοντέλα και τα πρωτόκολλα που ενσωματώνει και έλλειψη γραφικής διεπαφής χρήστη για καλύτερο έλεγχο κατά την δημιουργία τοπολογιών, κατά την ανάθεση στοιβάς πρωτοκόλλων και εφαρμογών στους κόμβους, και κατά την εκτέλεση των πειραμάτων.
- NCTUns: Προβλήματα κλιμάκωσης για προσομοίωση μεγάλων δικτύων, και υποστήριξη μόνο σε συγκεκριμένη πλατφόρμα λογισμικού.
- OPNET: Υψηλό κόστος αδειών χρήσης και προβληματική η επέμβαση στα ενσωματωμένα μοντέλα προκειμένου να αλλάξουν.

QualNet Simulator

Επισκόπηση

Το πακέτο λογισμικού QualNet Developer είναι ένα πλήρες σύνολο εργαλείων για την μοντελοποίηση δικτύων και για μελέτες προσομοίωσης. Το QualNet διακρίνεται για την ταχύτητα του, την κλιμακωσιμότητά του και την πιστότητα του, παρέχοντας έτσι δυνατότητες βελτιστοποίησης υπαρχόντων δικτύων μέσω γρήγορης κατασκευή μοντέλων και εργαλείων λεπτομερούς ανάλυσης. Στο πακέτο περιλαμβάνεται μια βιβλιοθήκη μοντέλων τα οποία μπορούν να επεκταθούν και να υποστηρίξουν νέες λειτουργίες (λεπτομέρειες σχετικά με τα μοντέλα που υποστηρίζονται υπάρχουν στο Παράρτημα Ι). Το τελικό αποτέλεσμα είναι ακριβής πρόβλεψη της απόδοσης του δικτύου για διαφορετικά σύνολα απαιτήσεων και σενάρια χρήσης. Η βιβλιοθήκη του QualNet εκτείνεται από μοντέλα για ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLANs) μέχρι κυτταρικά, δορυφορικά και κινητά Ad-Hoc δίκτυα. Δεδομένου του αποδοτικού του πυρήνα, το QualNet μπορεί να μοντελοποιήσει δίκτυα μεγάλης κλίμακας με υψηλή δικτυακή κίνηση και κινητικότητα κόμβων σε λογικό χρόνο προσομοίωσης.

Συνοιστώμενα μέρη του QualNet Developer:

Η μηχανή προσομοίωσης του QualNet

Ταχύτητα και Κλιμάκωση

Η μηχανή προσομοίωσης του QualNet είναι εξαιρετικά κλιμακώσιμη, με ικανότητες προσομοίωσης με υψηλή πιστότητα μοντέλων δικτύων αποτελούμενα από δεκάδες χιλιάδες κόμβων. Το QualNet κάνει πολύ καλή χρήση των διαθέσιμων υπολογιστικών πόρων και γι' αυτό μπορεί να αναπαράγει μοντέλα δικτύων μεγάλης κλίμακας σε μικρό χρόνο. Επίσης παράγει λεπτομερή αποτελέσματα για ανάλυση σε βάθος. Τέλος υποστηρίζει και την κατά δεσμίδες εκτέλεση προσομοιώσεων, η οποία εξοικονομεί ακόμα περισσότερο χρόνο εκτέλεσης των πειραμάτων.

Βασικά Πλεονεκτήματα

- Γρήγορη κατασκευή μοντέλων μέσω μιας εξαιρετικής διεπαφής χρήστη.
- Ταυτόχρονη προβολή των πειραματικών αποτελεσμάτων με την εκτέλεση του πειράματος, ώστε να αποφεύγονται άσκοπες εκτελέσεις και να διακόπτονται άμεσα αν χρειαστεί.
- Γρήγορα αποτελέσματα που παρέχουν δυνατότητες σε βάθος εξερεύνησης των παραμέτρων ενός μοντέλου
- Κλιμάκωση μέχρι μερικές δεκάδες χιλιάδες κόμβων
- Υποστήριξη πάνω από διαφορετικές πλατφόρμες λογισμικού

QualNet Scenario Designer & Animator

Πρόκειται για εργαλεία δημιουργίας ενός πειράματος σε γραφικό περιβάλλον και απεικόνισης των διαφόρων διεργασιών που λαμβάνουν χώρα κατά την εκτέλεση του. Με τη βοήθεια της διεπαφής των εργαλείων αυτών μπορεί κανείς μεταξύ άλλων να ορίσει την κατανομή των κόμβων στο χώρο, την συνδεσμολογία τους σε φυσικό επίπεδο και τις επιπλέον λειτουργίες των κόμβων αυτών. Επίσης μπορούν να οριστούν τα διάφορα χαρακτηριστικά κίνησης και η στοίβα πρωτοκόλλων που θα ενσωματωθεί σε κάθε κόμβο ξεχωριστά. Επίσης με τα εργαλεία αυτά, καθώς εκτελούνται τα πειράματα, μπορεί ο χρήστης να βλέπει τις ροές της κίνησης μέσα από το δίκτυο και να δημιουργεί δυναμικά γραφήματα για κρίσιμες μετρικές επιδόσεων. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα εκτέλεσης πειραμάτων ανά δεσμίδες και προβολή των δεδομένων απεικόνισης κάποια άλλη χρονική στιγμή.

QualNet Analyzer

Πρόκειται για ένα εργαλείο παραγωγής στατιστικών γραφημάτων. Ο χρήστης μπορεί να διαλέξει εκατοντάδες διαφορετικές μετρικές ενσωματωμένες σε προσχεδιασμένες αναφορές, ή να σχεδιάσει τις δικές του αναφορές. Μπορεί επίσης να βλέπει τα στατιστικά καθώς δημιουργούνται, καθώς και να συγκρίνει αποτελέσματα από διαφορετικά πειράματα. Όλα τα γραφήματα μπορούν να εξαχθούν σε λογιστικά φύλλα για περαιτέρω επεξεργασία.

QualNet Protocol Designer

Streamline Code Development with Network Layer APIs for Maximum Modularity.

Πρόκειται για μια μηχανή τελικής καταστάσεως, για μοντελοποίηση νέων πρωτοκόλλων. Ο χρόνος ανάπτυξης μειώνεται μέσω της χρήσης ενός εργαλείου βασισμένου σε διαγράμματα ροής για γεγονότα και διεργασίες. Επίσης είναι δυνατή η μετατροπή έτοιμων πρωτοκόλλων και η δημιουργία κώδικα για εντελώς καινούργια πρωτόκολλα και αναφορές με στατιστικά.

QualNet Packet Tracer

Πρόκειται για ένα εργαλείο οπτικοποίησης επιπέδου πακέτου, για την απεικόνιση των περιεχομένων των πακέτων καθώς αυτά διέρχονται από την στοίβα πρωτοκόλλων.

Επεκτάσεις

Για τους σκοπούς της μελέτης αναπτύχθηκε κώδικας που προσομοιώνει την λειτουργία ενός πρωτοκόλλου ανακάλυψης υπηρεσιών επιπέδου εφαρμογής. Το πρωτόκολλο στηρίζεται στην τεχνική υπερχειλίσσης περιορισμένης εμβέλειας για την ανακάλυψη υπηρεσιών. Επίσης έγινε παρέμβαση και επέκταση σε εκείνο το κομμάτι κώδικα του QualNet που χρησιμοποιείται για την προσομοίωση του πρωτοκόλλου ZRP. Με την επέκταση του το ZRP απόκτησε πέρα από τις κλασσικές δυνατότητες δρομολόγησης, και δυνατότητες ανακάλυψης υπηρεσιών. Περισσότερες λεπτομέρειες για τις επεκτάσεις που έγιναν και τα πρώτα αποτελέσματα από τις προσομοιώσεις υπάρχουν στην μελέτη [8] που έγινε δεκτή προς δημοσίευση σε διεθνές συνέδριο.

Αναφορές

[1]R. E. Shannon, “**Introduction to the Art and Science of Simulation**”, Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference.

[2]R. G. Ingalls, “**Introduction to Simulation**”, Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference.

[3]Anu Maria, “**Introduction to Modeling and Simulation**”, Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference.

[4]**QualNet Simulator** product sheet, available at <http://www.scalable-networks.com>

[5]NS-2 web site, available at <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>

[6]OPNET Inc. web site, available at <http://www.opnet.com/>

[7]NCTUns Network Simulator: <http://nsl10.csie.nctu.edu.tw/>

[8] Christopher Ververidis, George C. Polyzos, "**Routing Layer Support for Service Discovery in Mobile Ad Hoc Networks**", to appear in the 1st International Workshop on Pervasive Wireless Networking (in conjunction with the Third IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, PerCom 2005).

Παράρτημα I

Ακολουθεί πίνακας με τα μοντέλα που φιλοξενούνται στην βιβλιοθήκη του QualNet:

Ακρωνύμιο	Όνομα Μοντέλου	Specification
Application Layer		
CBR	Constant Bit Rate	
FTP	File Transfer Protocol	
HTTP	HyperText Transfer Protocol	
Lookup		
MCBR	Multicast Constant Bit Rate	
TCPLIB	TCP/IP Traffic Characteristics LIBrary	RFC-2001, RFC-2018, RFC-2481, RFC-2582, RFC-2884, RFC-793
Traffic-GEN		
Traffic-TRACE		
VBR	Variable Bit Rate	
VoIP	Voice over Internet Protocol	
VoIP: H225		
VoIP: H323		
VoIP: RTP	Real-time Protocol	RFC-1889 , RFC-1890
VoIP: RTCP	Real Time Control Protocol	RFC-1889 , RFC-1890
Quality of Service		
DiffServ traffic classifier		RFC-2474, RFC-2475, RFC-2597, RFC-2598, RFC-2697, RFC-2698, RFC-2836, Internet Draft: diffserv-2836bis-01, Internet Draft: diffserv-mib-10, Internet Draft: diffserv-model-06

PHBs	Per Hop Behaviors	
QOSPF	Quality Of Service extensions to Open Shortest Path First	RFC-2676, RFC-2328
RED	Random Early Detection	
SCFQ	Self Clocked Fair Queuing	
WFQ	Weighted Fair Queuing	
Transport Layer		
ECN	Explicit Congestion Notification	
TCP		RFC-2001, RFC-2018, RFC-2481, RFC-2582, RFC-2884, RFC-793
TCP Variants: Lite		
TCP Variants: NewReno		
TCP Variants: Reno		
TCP Variants: SACK	Selective ACKnowledgement	
TCP Variants: Tahoe		
UDP	User Datagram Protocol	
Multicast		
DVMRP	Distance Vector Multicast Routing Protocol	
MOSPF	Multicast Extensions to Open Shortest Path First	RFC-1584
ODMRP	On-Demand Multicast Routing Protocol	Internet Draft: MANET-ODMRP-02, 04 Internet Draft: MANET-PC
PIM-DM	Protocol Independent Multicast – Dense Mode	
Static		
Queueing		
FIFO	First-In First-Out	
RED	Random Early Detection	
RIO	RED for Input Output	
WRED	Weighted Random Early Detection	
Scheduling		

CBQ	Class-Based Queuing	
Round Robin		Cisco Public Documentation
SCFQ	Self Clocked Fair Queueing	
Strict Priority		Cisco Public Documentation
WFQ	Weighted Fair Queuing	
WRR	Weighted Round Robin	Cisco Public Documentation
Routing		
Access List: standard, extended and reflexive		Cisco Public Documentation
AODV	Ad hoc On Demand Distance Vector	Internet Draft: AODV-09
BGP	Border Gateway Protocol	RFC-1772
Distributed Bellman-Ford		
DSR	Dynamic Source Routing	Internet Draft: MANET-DSR-07
EIGRP	Enhanced Interior Gateway Routing Protocol	Cisco Public Documentation
Fisheye		
HSRP	Hot Standby Router Protocol	
IARP		
ICMP	Internet Control Message Protocol	
IERP		
IGMP	Interior Gateway Routing Protocol	RFC-1112, RFC-2236
IGRP	Interior Gateway Routing Protocol	Cisco Public Documentation
LANMAR	Landmark Routing Protocol for large scale wireless ad hoc networks	
LAR	Location Aided Routing	
OLSR	Optimized Link State Routing, part of IETF's Link	

	implementation	
OSPFv2	Open Shortest Path First Version 2	RFC-2328
RIPv1	Routing Information Protocol Version 1	RFC-1058, RFC-2453
RIPv2	Routing Information Protocol Version 2	RFC-1058, RFC-2453
STAR	Source Tree Adaptive Routing	
Static Routing		
ZRP	Zone Routing Protocol	Internet Draft: MANET-zone-zrp-04 Internet Draft: MANET-zone-ierp-04 Internet Draft: MANET-zone-iarp-01 Internet Draft: MANET-zone-brp-02
MAC Layer		
802.3 / Wired Bus		IEEE standard 802.3
Abstract Switch		
Aloha		
CSMA	Carrier Sense Multiple Access	
Detailed Switch		
Detailed Switch: GARP	Generic Attribute Registration Protocol	IEEE standard 802.1d IEEE standard 802.1q
Detailed Switch: GVRP	GARP VLAN Registration Protocol	IEEE standard 802.1d IEEE standard 802.1q
Detailed Switch: VLAN	Virtual Local Area Network	IEEE standard 802.1d
Detailed Switch: Spanning Tree		IEEE standard 802.1t, IEEE standard 802.1w, IEEE draft P802.1y/d2, IEEE standard 802.1q, IEEE standard 802.1u, IEEE standard 802.1v
IEEE 802.11b DCF	802.11b Standard for Distributed Coordination Function	
IEEE 802.11b PCF	802.11b Standard for Point Coordination Function	IEEE standard 802.11
MACA	Multiple Access Collision Avoidance	

TDMA	Time Division Multiple Access	
MPLS		
802.3 / Wired Bus		IEEE standard 802.3
LDP	Label Distribution Protocol	
RSVP/TE	Resource Reservation Protocol with Traffic Engineering extensions	RFC-2205, RFC-2210, Internet Draft:MPLS-RSVP-LSP-tunnel-08
Abstract Satellite		
Abstract Radio		
IEEE 802.11a		
IEEE 802.11 DSSS PHY	802.11 Standard for Direct-Sequence Spread Spectrum	
IEEE 802.11b		
Point-to-point link		
Switched Ethernet	Abstract switch model	
Antenna		
Omnidirectional		
Steerable beam		
Switched beam		
Path Loss		
ITM	Irregular Terrain Model (Longley-Rice)	
Free Space		
Path Loss Matrix		
2-Ray		
Shadowing		
Log-normal		
Fading		
Rayleigh		
Ricean		
Modulation		

BPSK	Binary Phase Shift Keying	
DPSK	Differential Phase Shift Keying	
DQPSK	Differential Quadrature Phase Shift Keying	
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying	
Turbo Coding / FEC	Forward Error Correction	
Terrain		
DEM	Digital Elevation Model	
DTED	Digital Terrain Elevation Data	
TIREM	The Terrain-Integrated Rough-Earth Model	
Mobility		
Group Mobility		
Random waypoint		
Trace-based Mobility		
Vendor Devices		
Cisco		
Juniper		