

Construint la propera generació de xarxes europees¹

Josep Urban
Comissió Europea
Societat de la Informació - Xarxes de Recerca

Introducció

Una de les principals característiques de la societat actual és la producció, la transmissió i l'ús de la informació. Hi ha pràcticament una llista infinita d'exemples que il·lustren com es fa servir la informació en la vida quotidiana —transaccions econòmiques, lleure, a casa i a la feina, en la medicina i el transport, etc. Al llarg d'aquestes Jornades segur que n'apareixen més exemples.

Aquesta posició central de la informació en la nostra societat està estretament lligada amb els desenvolupaments en el camp de les tecnologies de la informació i de la comunicació i amb l'àmplia disponibilitat de les infraestructures de xarxa. Els avenços tècnics en aquest àmbit permeten, per exemple, diverses possibilitats per accedir a la informació, faciliten la manipulació i la interconnexió de la informació i fan possible l'intercanvi ràpid d'informació en tot l'àmbit mundial.

L'ús creixent que es fa d'aquestes tecnologies comporta unes activitats de recerca constant per tal de millorar les infraestructures de la informació i la comunicació actuals, i per tal de construir la propera generació de xarxes que permeti d'acomplir els requisits que imposi el futur.

Aquesta presentació recull activitats d'aquest tipus en l'àrea de xarxes de recerca i mostra com aquestes activitats contribueixen a desenvolupar la propera generació de xarxes.

Aquesta presentació comença amb un informe breu i general sobre les estructures de la informació i de la comunicació i sobre els temes clau relacionats amb les xarxes del futur. A continuació s'explica l'estat actual de diverses xarxes de recerca a Europa i a tot el món. Final-

1. Els punts de vista expressats en aquest text són de l'autor i no reflecteixen necessàriament l'opinió de la Comissió Europea.

ment, s'hi especifiquen més detalls sobre les activitats en l'àrea de les xarxes de recerca que preveu el programa de la Comissió Europea Information Society Technologies (IST).

Informe general: xarxes de recerca

Internet és una de les xarxes més utilitzades del món. Va aparèixer fa trenta anys com una xarxa de recerca amb uns quants nodes. A començament dels anys noranta, el CERN, el Centre Europeu de Recerca Nuclear, va presentar el servei World Wide Web (WWW). Aquest servei oferia una interfície fàcil d'utilitzar, amb la qual cosa es feia accessible a tothom i es donava a conèixer públicament. Actualment, Internet és encara una xarxa que té un creixement global molt ràpid.

Internet és només una part de la infraestructura de comunicació i informació global d'on depèn la societat de la informació. Si ens fixem en aquesta infraestructura des d'un punt de vista tecnològic, podem observar que el nucli de la xarxa es basa cada vegada més en fibres òptiques. A l'àrea d'accés, hi figuren diverses tecnologies (cable, mòbil, satèl·lit...) i protocols (GSM, ISDN, xDSL...). Segons les tecnologies i els protocols utilitzats, s'ofereixen diversos nivells de servei de qualitat als usuaris de la xarxa.

A partir d'aquesta infraestructura, s'utilitzen un ampli ventall d'aplicacions i de serveis en les diverses àrees de la societat. Alguns exemples són el comerç per Internet, el teletreball i l'ensenyament a distància. Tot plegat, la infraestructura i les aplicacions, inclosa la informació que hi aporten les persones que fan servir la infraestructura i les aplicacions, constitueix allò que anomenem *ciberespai* (vegeu, per exemple, Dyson *et al.*).

La imatge del ciberespai que hem descrit més amunt és, naturalment, vaga i incompleta, però almenys ens permet de tenir una idea de com el ciberespai influeix en la societat actualment. Això indica que la utilització de les tecnologies de la informació i de la comunicació té un gran impacte, per exemple, en la nostra economia i en la manera com treballem i aprenem. A causa de l'enorme ús que se'n fa, també contribueix a la globalització de la societat de la informació.

Internet és un dels esperons que contribueixen a l'evolució. S'ha transformat, d'una xarxa de recerca, en una infraestructura econòmica i social. Actualment, més del cinquanta per cent dels usuaris són empreses (vegeu Feil). El creixement d'Internet és remarcable. Per exemple, el nombre de servidors i de xarxes connectats a Internet es duplica cada vuit o nou mesos. Aquest creixement rep el suport del desenvolupament més ràpid en l'àmbit de tecnologies informàtiques, que, segons la Llei de Moore, diu que la capacitat informàtica es duplica cada divuit mesos.

La importància i la influència creixent d'Internet també es reflecteixen en la convergència de les xarxes d'informació i de comunicació. Si observem el trànsit a la xarxa troncal, podem esperar que als països industrialitzats el trànsit de dades superarà el tràfic de veu abans de l'any 2002 (figura 1).

Aquest creixement a Internet, la complexitat cada vegada més gran i el desenvolupament de les noves tecnologies de la informació i de la comunicació requereixen que continuïn les activitats per tal de millorar les xarxes de comunicació actuals i per tal de construir les xarxes del futur. Aquesta propera generació de xarxes haurà d'oferir la infraestructura d'informació fiable i oberta que exigeixen les aplicacions econòmiques i socialment importants del futur.

No n'hi ha prou amb l'augment de l'amplada de banda si volem aconseguir aquesta infraestructura en el futur. Calen accions complementàries en les àrees següents:

- *Xarxes amb nuclis òptics basats en paquets.* Les tecnologies que abasta aquesta denominació inclouen totes les xarxes òptiques, els encaminaments terabit i petabit, IP per sobre de WDM i els paquets òptics.
- *Qualitat de servei.* Cal que les activitats es refereixin a temes com ara la qualitat de servei, la dependència en la xarxa i la seguretat.
- *Xarxes d'accés de banda ampla.* Les diverses tecnologies d'accés i la seva integració han de rebre el suport de les properes xarxes de comunicació. Caldrà que facin una atenció especial en la integració de les xarxes mòbils i les fixes.
- *Serveis de xarxa avançats.* Una de les necessitats és la creació d'entorns de servei, i també de capacitats, que permetin la transició perfecta entre xarxes heterogènies.
- *Gestió de xarxes.* Cal un sistema de gestió de xarxes variable que pugui abastar la complexitat creixent de la infraestructura de comunicació.

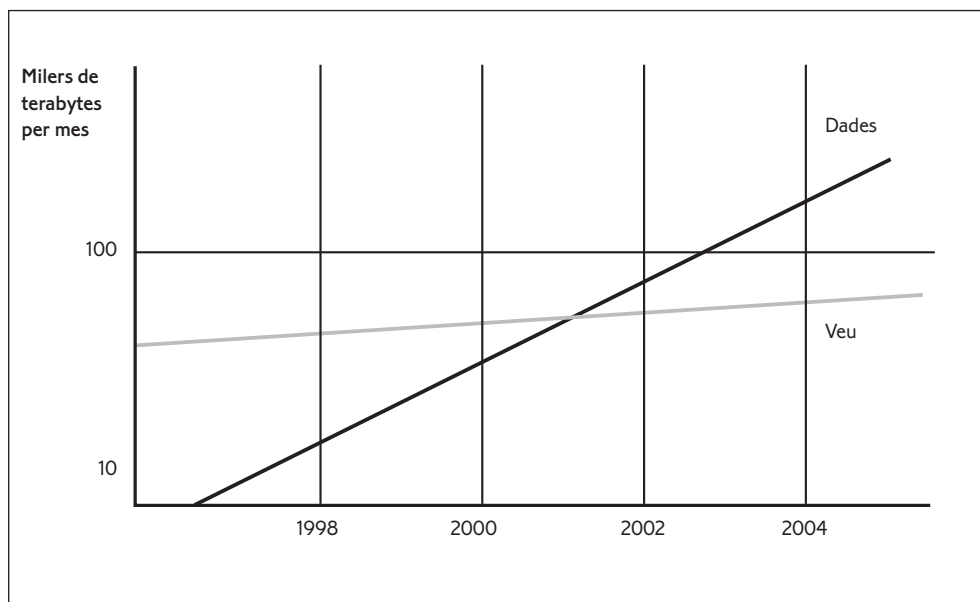


FIGURA 1. Creixement del trànsit a la xarxa troncal (segons l'EISI.Way).

Totes aquestes activitats de recerca, però, no es poden dur a terme en un entorn de xarxes comercials. Els proveïdors de xarxes i de serveis, com també els usuaris d'aquestes xarxes comercials, no acceptaran els problemes que puguin derivar dels experiments que es duguin a terme a la mateixa xarxa. En un entorn així, les necessitats se centren més en la participació en el mercat que en la recerca avançada necessària per validar i posar a prova les característiques avançades de la propera generació de xarxes.

Per tant, cal una infraestructura dedicada a donar suport a la recerca i que permeti l'experimentació de les tecnologies de xarxa. La transparència i la flexibilitat són temes crítics per a aquest tipus d'infraestructures. Els investigadors haurien de poder canviar, o fins i tot trencar, la xarxa per tal d'assolir aquests experiments.

Hom pot anticipar diversos tipus de beneficis pel fet d'emprar infraestructures experimentals:

- Els sistemes experimentals ofereixen la possibilitat de centrar-se en temes de tipus «l'ou o la gallina» que no poden ser tractats en entorns comercials. Són un banc de proves amb una problemàtica variada per trobar solucions, per generar innovacions imprevistes i per crear nous problemes.
- Per tal que puguin tenir un paper significatiu a l'hora de definir, estandarditzar i validar les properes generacions de protocols i de serveis de la xarxa, és important que obtinguin, tan aviat com sigui possible, experiència pràctica a l'hora de fer ús de les tecnologies emergents en entorns reals. Els bancs de proves poden ser aquests entorns reals.
- Les infraestructures disponibles per a la recerca i l'experimentació són una plataforma per posar a prova les tecnologies i els serveis avançats i per verificar la possibilitat de ser emprats a gran escala. Aquestes activitats col·laboren a fer créixer la consciència sobre les tecnologies emergents i per crear la massa crítica necessària perquè siguin adoptades amb èxit.

Xarxes de recerca. Alguns exemples

Són nombrosos els exemples de xarxes de recerca que pretenen construir la propera generació de xarxes. En molts països es fan activitats nacionals per crear i desenvolupar xarxes d'aquest tipus.

En aquest apartat de la presentació oferirem una breu perspectiva de les iniciatives més interessants en el context de les xarxes de recerca nacionals.

Abilene

Als Estats Units, el projecte Internet2 ha creat la xarxa Abilene. Aquesta xarxa troncal d'alt rendiment és operativa des de gener de 1999. Permet unes connexions de capacitat de 4,2 giga-

bits/s entre trenta-quatre punts d'accés i utilitza el Protocol Internet (IP) a partir de la tecnologia IP de SONET.

Com que ofereix aquesta infraestructura d'alta velocitat i estable, Abilene permet als membres del projecte Internet2 de desenvolupar serveis i aplicacions de xarxa avançats. Els grups que treballen en Internet2 s'ocupen, per exemple, de temes en àrees com ara la qualitat de servei, multimèdia, gestió de xarxes i seguretat. Les aplicacions típiques possibles en la xarxa Abilene són en els camps dels productes d'ensenyament, les biblioteques digitals i els laboratoris i la teleimmersió.

En el projecte Internet2, hi participen més de cent seixanta universitats, que treballen amb socis del món de l'empresa i l'administració. La xarxa Abilene, per exemple, s'ha desenvolupat en col·laboració amb Qwest, Nortel i Cisco. També manté contactes estrets amb la Iniciativa Internet de Propera Generació (NGI) de la Casa Blanca.

CA*net3

Des d'un punt de vista tècnic, és encara més avançada la xarxa de recerca CA*NET3, que s'iniciarà al Canadà amb el lideratge de CANARIE, una organització en el camp del desenvolupament avançat d'Internet.

CA*NET3 serà una xarxa òptica on la llum serà el mitjà físic de transport de dades. En aquesta xarxa, les connexions es produeixen a les capes d'enllaç per longituds d'ona de llum làser dedicades. D'aquesta manera es pot multiplicar l'amplada de banda de la fibra òptica si hi operen simultàniament diverses longituds d'ona.

Aquesta tecnologia de Multiplexat per Divisió d'Ones (WDM) també permet la flexibilitat de transmetre diversos formats de dades al mateix temps per mitjà d'una única fibra òptica. En concret, les dades IP, SONET i ATM poden, així, ser transmeses amb una sola fibra. Els serveis de xarxa com ara IP de WDM, IP de SONET i IP d'ATM es poden oferir per mitjà de la mateixa infraestructura de xarxa.

L'objectiu de CA*NET3 és desenvolupar xarxes òptiques nacionals, dissenyades per transportar primerament trànsit de dades, en concret el trànsit Internet, i no trànsit de veu. En un principi farà servir vuit longituds d'ona, cadascuna amb la capacitat d'OC 192, o bé aproximadament deu gigabits/s. CA*NET3 interconnectarà tretze dels anomenats GigaPOPs, és a dir, punts d'accés on les xarxes regionals d'alta velocitat es podran interconnectar a la xarxa troncal òptica d'Internet.

DFN

L'organisme Xarxes de Recerca Nacionals d'Alemanya (Deutsches Forschungsnetz, DFN) ha desenvolupat dos bancs de proves, anomenats *bancs de proves gigabits*, per tal d'ad-

quirir experiència en les noves tecnologies de la informació i de la comunicació en l'àmbit de l'alta velocitat i, també, en les aplicacions avançades amb una alta demanda d'amplada d'ona.

Des de mitjan 1998, tots dos bancs de proves han proporcionat connexions amb una capacitat de 2,5 gigabits, basant-se en la tecnologia WDM. Diverses universitats i instituts de recerca, així com instal·lacions de superordinadors, estan interconnectades per mitjà d'aquestes xarxes experimentals.

La recerca en el camp de les xarxes d'aquests bancs de proves s'ocupa, per exemple, de la validació de les capacitats d'extrem a extrem a través de sistemes heterogenis, activitats relacionades amb la gestió de xarxes d'alta capacitat i proves on l'IP s'executa en diverses piles de protocols.

A més de les tasques relacionades amb les xarxes, el DFN ha iniciat diversos projectes per experimentar amb eines de simulació i de visualització amb necessitats de capacitat alta i requisits d'alta qualitat de servei pel que fa a les condicions de temps real. Alguns exemples són els entorns distribuïts de producció de vídeo, capçals de vídeo d'alta qualitat en el camp del teleensenyament i les conferències, i per a la transmissió d'imatges mèdiques i vídeos. Totes aquestes aplicacions tenen el suport d'accions complementàries de programari intermediari.

Aquestes activitats dels bancs de proves duraran fins a l'estiu de 2000. En aquell moment, la nova generació de xarxes de recerca nacionals d'Alemanya es posarà en funcionament amb l'experiència adquirida pels bancs de prova gigabit.

SURFnet

La iniciativa holandesa GigaPort desenvolupa també un altre exemple d'una infraestructura nacional molt avançada. Aquesta iniciativa comprèn dos projectes principals, GigaNet i Gigawork.

El projecte GigaNet és l'encarregat de generar la infraestructura de xarxa necessària per a la propera generació d'Internet als Països Baixos. Va començar el 1999 oferint connexions amb una amplada de banda de 2,5 gigabits i haurà augmentat fins a arribar als 80 gigabits l'any 2002. La infraestructura GigaNet ha estat desenvolupada i és gestionada per SURFnet, l'organisme nacional que gestiona la xarxa holandesa d'educació superior i recerca.

L'objectiu del projecte Gigawork és desenvolupar i verificar les noves aplicacions que utilitzen i que es beneficien de les característiques avançades de xarxa que ofereix GigaNet. Les aplicacions previstes se centren en l'àrea de la simulació tridimensional, la telecooperació i el tele-assessorament, el teletreball i la teleeducació des de casa a gran velocitat, i també del comerç electrònic.

TEN-155

Les xarxes de recerca nacionals d'Europa estan interconnectades a través de la xarxa TEN-155. Aquesta xarxa troncal europea de recerca és el resultat d'una acció conjunta de la Comissió Europea i dels organismes de xarxes nacionals de recerca d'Europa.

Permet interconnexions amb una capacitat de fins a 155 megabits. Ofereix una qualitat de servei relativa per mitjà d'un servei de gestió d'amplada de banda. El TEN-155 és coordinat per DANTE, una empresa sense afany de lucre creada per les organitzacions de xarxes nacionals de recerca d'Europa.

En el marc del programa IST de la Comissió Europea, aquesta xarxa d'abast europeu serà millorada fins a arribar a ser una xarxa troncal de multigigabits.

Xarxes de recerca dins del programa IST

El programa IST és un dels programes específics del Cinquè Programa Marc. Aquest programa marc determina les prioritats de la recerca a la Unió Europea i les activitats de demostració i de desenvolupament tecnològic (RTD) per al període 1998-2000.

El programa IST conté quatre accions clau que estan relacionades i que defineixen les prioritats de la recerca:

- *Sistemes i serveis per al ciutadà.* L'RTD es durà a terme en els àmbits de la salut, de les persones amb necessitats especials (s'hi inclou la gent de la tercera edat i els discapacitats), les administracions, el medi ambient i el transport.
- *Nous mètodes de treball i el comerç electrònic.* L'RTD donarà suport a la identificació dels nous paradigmes de les organitzacions, possibles per mitjà de la convergència de la tecnologia de la informació i de la comunicació, oferirà tecnologies per incrementar el crèdit i la confiança i desenvoluparà les eines que requereixin els individus i els grups per funcionar en nous entorns organitzatius.
- *Contingut i eines multimèdia.* Tractarà temes com la publicació electrònica interactiva, els continguts culturals i de patrimoni, l'educació i la formació, les tecnologies del llenguatge humà i d'accés a la informació, la filtració i la gestió.
- *Tecnologies i infraestructures essencials.* L'RTD ha de cobrir àrees com la convergència de les tecnologies de la informació i de la comunicació; les comunicacions mòbils i personals; la microelectrònica; les tecnologies i l'enginyeria de programari, els sistemes i els serveis; les tecnologies de la simulació i la visualització, les noves interfícies multisensorials, i el desenvolupament de perifèrics, subsistemes i microsisemes.

Per tal d'assegurar que el programa continuarà obert a noves idees de recerca en el futur, s'han compensat les quatre accions principals amb una acció relacionada amb les tecnologies

futures i emergents (FET), amb una perspectiva visionària i exploratòria. Això implica recerca a un termini més llarg i d'una naturalesa amb molt de risc, però que s'intueix que aconseguirà avenços valuosos i que té prou potencial per comportar impactes industrials i socials significatius.

A més a més, el programa donarà suport a activitats relacionades amb les infraestructures de recerca que impliquin la interconnexió de banda ampla de xarxes d'educació i de recerca nacionals que ja existeixen, que actualment reben l'ajut de TEN-155, i amb la integració de bancs de prova experimentals europeus punters.

Hi ha un pressupost total de 3.600 milions d'euros previst per a tot el període IST. Per partides, el pressupost és el següent:

Sistemes i serveis al ciutadà	646 milions d'euros
Nous mètodes de treball i de comerç electrònic	547 milions d'euros
Continguts i eines multimèdia	564 milions d'euros
Tecnologies i infraestructures essencials	1.363 milions d'euros
Tecnologies futures i emergents	319 milions d'euros
Gestió de xarxes de recerca	161 milions d'euros

Tal com acabem d'esmentar, els temes claus del programa IST en el camp de la gestió de xarxes de recerca són la interconnexió de xarxes de recerca nacionals d'àmbit europeu i el suport als bancs de proves.

La interconnexió de les xarxes de recerca nacional té l'objectiu de construir una xarxa de producció d'àmbit europeu, que asseguri la continuïtat i la millora de la xarxa troncal de recerca que ja existeix a Europa. Aquesta xarxa troncal serà la successora de la xarxa TEN-155. Oferirà serveis de xarxa estables i fiables que s'ajustin a les necessitats globals dels investigadors europeus, tant acadèmics com industrials.

Mentre que aquesta xarxa troncal és bàsicament una xarxa de suport a la recerca en general, el suport dels bancs de proves té la finalitat de crear una xarxa de recerca que permeti de fer recerca concretament en les tecnologies de la gestió de xarxes. L'objectiu d'aquestes activitats dels bancs de proves és donar suport a l'ús de bancs de proves avançats que permetin la integració i la validació de la propera generació de xarxes, aplicacions i serveis. Aquests bancs de proves proporcionaran la infraestructura experimental que s'ha descrit en termes generals al final de la primera part de la presentació.

Tots dos tipus d'activitats estan relacionats en el sentit que els bancs de proves es poden basar en els serveis que ofereix la xarxa de recerca troncal europea. Totes dues línies d'activitat també pretenen proveir els serveis de xarxa bàsics i les característiques avançades de xarxa que es puguin utilitzar en els projectes de totes les altres accions clau del programa IST.

Aquests temes clau s'han reflectit en el programa de treball de l'IST. El programa de treball és un document que descriu en detall els objectius i les prioritats de tots els temes clau del pro-

grama IST per mitjà de l'especificació del nombre de línies d'acció. El programa de treball s'anirà adaptant cada any per tal de garantir la pertinença concreta d'acord amb les necessitats que es vagin creant i en els desenvolupaments futurs.

En el programa de treball de l'any 2000, es preveuen les línies d'acció següents en el camp de les xarxes de recerca:

- *Interconnexió de xarxes de recerca.* S'ha planificat d'obtenir i gestionar interconnexions transeuropees entre les xarxes de recerca nacionals. Es milloraran les capacitats existents fins a multigigabit/s, es donarà suport complet als diversos nivells de qualitat de servei que s'introdueixin i es perfeccionarà la connectivitat amb països tercers (vegeu la referència dels països tercers).
- *Experiments d'aplicació completa.* Hi ha la voluntat de donar suport a l'accés europeu a les característiques de xarxa avançades necessàries per experimentar amb programaris intermediaris punters i aplicacions d'extrem a extrem.
- *Bancs de proves per a la integració de tecnologies d'accés.* Rebran el suport l'ús de bancs de proves per a la validació i la integració de les tecnologies d'accés a la xarxa avançades i la convergència de les xarxes mòbils i fixes.
- *Bancs de proves per a les tecnologies de xarxa del futur.* La utilització de bancs de proves rebrà el suport per tal que es pugui experimentar amb tecnologies de xarxa avançades i la demostració conceptual.

Aquestes línies d'acció s'ajusten a les recomanacions del programa Grup Assessor de l'IST (ISTAG). L'ISTAG està format per vint-i-cinc membres que provenen de la indústria i de la universitat. La seva finalitat és donar assessorament independent a la Comissió Europea sobre el contingut i la direcció de la recerca que s'ha de dur a terme en el programa IST.

En l'informe *Orientacions del Programa de Treball per al 2000 i Més Enllà* (ISTAG), l'ISTAG ha fet un resum de les recomanacions en la declaració següent sobre el seu punt de vista:

[...] començar a crear un programa d'intel·ligència ambiental (per tal d'oferir amb continuïtat serveis i aplicacions) a Europa, basat també en els bancs de proves i en el programari de fonts obertes, desenvolupar eines fàcils d'utilitzar i desenvolupar i fer convergir les infraestructures europees de xarxes en l'àmbit mundial.

Aquesta perspectiva mostra el camí que han de seguir els sistemes de comunicació i informàtica de la propera generació. Les activitats del programa IST s'hauran de guiar per aquest informe i hauran de procurar d'aplicar la perspectiva de l'ISTAG. D'aquesta manera, el programa IST contribuirà a la creació de la propera generació de xarxes europees.

Referències

Canarie Xarxa de recerca *CA*net3*. <<http://www.canarie.ca>>

Dante Xarxa de recerca TEN-155. <<http://www.dante.net/ten-155>>

DFN Xarxa de recerca *Gigabit Testbeds*. <<http://www.dfn.de>>

DYSON *et al.* = DYSON, Esther. «The Magna Carta for the Knowledge Age». <<http://www.feed-mag.com/95.05magna1.html>>

EISI-Way «Evolution of Information and Communication and its impact on research activities». <<http://www.eisi-way.com>>

FEIL = FEIL, P.; BAYOU, R. (ed.). «Next Generation Internet in Europe». <<http://www.infowin.org>>

FP5 = Pàgina web del Fifth Framework Programme. <<http://www.cordis.lu/fp5/home.html>>

IST = Pàgina web del programa IST. <<http://www.cordis.lu/ist>>

Grup assessor IST (ISTAG). <<http://www.cordis.lu/ist/istag.htm>>

LEINER *et al.* = LEINER, Barry M. *et al.* «A Brief History of the Internet». <<http://www.isoc.org/internet-history/brief.htm>>

NGI = Next Generation Internet initiative of the White House. <<http://www.ccic.gov/ngi>>

SURFnet = «Xarxa de recerca *GigaPort*». <<http://www.gigaport.nl>>

Països tercers. <<http://cordis.lu/fp5/src/3rdcountries.htm>>

WALRAND, Jean (1998). *Communication networks: a first course*. McGraw-Hill.