

# Una Breu Història d'Internet

diumenge, 08 juliol del 2007

Barry M. Leiner, Vinton G. Cerf, David D. Clark, Robert E. Kahn , Leonard Kleinrock, Daniel C. Lynch, Jon Postel, Larry G. Roberts , Stephen Wolff\*

Aquesta pretén ser una breu història d'Internet, necessàriament superficial i incompleta. En aquest article, diverses persones vinculades en el desenvolupament i evolució d'Internet, comparteixen els seus punts de vista dels seus orígens i història.

## 1. Introducció

Internet ha revolucionat el món de la computació i les comunicacions com res ho havia fet abans. La invenció del telègraf, el telèfon, la ràdio i la computadora va posar les bases per aquesta integració de capacitats sense precedents. Internet és a la vegada un mitjà de comunicació d'abast mundial, un mecanisme per difondre informació, i un mitjà de col·laboració i interacció entre individus i els seus ordinadors sense restricció de localització

geogràfica.

Internet representa un dels exemples més reeixits dels beneficis del comprimís i la inversió sostinguts en la recerca i desenvolupament en infraestructura d'informació. Començant amb la primerenca recerca en commutació de paquets, govern, indústria i acadèmics van col·laborar en desenvolupar i desplegar aquesta engrescadora nova tecnologia. Avui, qualsevol persona corrent fa servir termes com "bleiner@computer.org" o "http://www.acm.org". (1)

Aquesta pretén ser una breu història, necessàriament superficial i incompleta. Avui ja hi ha molt material sobre Internet, sobre la seva història, tecnologia i ús. Visitant qualsevol llibreria trobareu lleixes senceres del material que s'ha escrit sobre internet (2).

En aquest article, (3) diverses persones vinculades en el desenvolupament i evolució d'Internet, compartim els nostres punts de vista dels seus orígens i història. Aquesta història gira entorn quatre aspectes diferents. Hi ha l'evolució tecnològica que començà amb la primerenca recerca en commutació de paquets i l'ARPANET (i tecnologies relacionades), i en la qual la recerca actual segueix ampliant els horitzons de la infraestructura en diverses dimensions, com l'escala, prestacions, i funcionalitat al més alt nivell. Hi ha l'aspecte d'operacions i gestió d'una infraestructura global i complexa. Hi ha l'aspecte social, que ha acabat esdevenint una ampla comunitat d'internautes treballant junts per crear i desenvolupar la tecnologia. I hi ha també l'aspecte de la comercialització, que ha donat lloc a una transició extremadament efectiva dels resultats de la recerca en una infraestructura d'informació amplament desplegada i accessible.

Internet avui és una infraestructura àmpliament estesa, el prototip inicial de la qual és sovint anomenada la National (or Global or Galactic) Information Infrastructure. La seva història és complexa i comprèn molts aspectes &ndash;tecnològic, organitzatiu i comunitari. I la seva influència abasta no només els camps tècnics de les comunicacions informàtiques sinó el conjunt de la societat en la mesura que anem cap un creixent ús de les eines en línia per al comerç electrònic, l'adquisició d'informació i les operacions comunitàries.

## 2. Orígens d'Internet

La primera descripció enregistrada de les interaccions socials que es podien posar en marxa a través de la xarxa van ser una sèrie de memoràndums (JCRL) escrita per J.C.R Licklider, del MIT (Massachusetts Institute of Technology), l'agost de 1962, on tractava del seu concepte de "Xarxa Galàctica" (Galactic Network). Preveia un conjunt de computadores interconnectades globalment a través de les quals hom podria accedir ràpidament a dades i programes des de qualsevol lloc. En essència, el concepte era molt semblant a la Internet d'avui. Licklider va ser el primer cap de recerca informàtica del DARPA, (4) des d'octubre de 1962. Des del DARPA va convèncer els seus successors al DARPA Ivan Sutherland i Bob Taylor, i a l'investigador del MIT Lawrence G. Roberts, de la importància d'aquest concepte de xarxa.

Leonard Kleinrock, del MIT, va publicar el primer article (LK1) sobre la teoria de la commutació de paquets el juliol de 1961, i el primer llibre (LK2) sobre el tema l'any 1964. Kleinrock convencé Roberts de la viabilitat teòrica de les comunicacions emprant paquets en lloc de circuits, que era el pas més important en el camí de fer que les computadores parlessin entre elles. Per explorar això, el 1965, conjuntament amb Thomas Merrill, Roberts connectà l'ordinador TX-2, a Massachusetts, amb el Q-32, a Califòrnia, amb una línia de telèfon de connexió amb marcatge directe de baixa velocitat (low speed dial-up), creant la primera (encara que petita) xarxa de computadores de gran àrea construïda fins aleshores (R1). El resultat d'aquest experiment fou la constatació que les computadores de temps compartit podien treballar conjuntament, executant programes i recuperant dades si calia en la màquina remota, però que el sistema de commutació telefònica del circuit era completament inadequat per a aquesta tasca. La convicció de Kleinrock de la necessitat de la commutació de paquets era així confirmada.

A finals de 1966 Roberts anà al DARPA per desenvolupar el concepte de xarxa de computadores i de seguida recopilà el seu pla per ARPANET (R2), publicant-lo el 1967. En la conferència de presentació del document, també hi presentà un article sobre el concepte de xarxa de paquets dels britànics Donald Davies i Roger Scantlebury, del NPL (National Physical Laboratory). Scantlebury explicà a Roberts el treball del NPL així com el treball de Paul Baran i altres a RAND. El grup de

RAND havia escrit un article sobre les xarxes de commutació de paquets per a comunicació de veu segura (PB) en el camp militar el 1964. El que havia passat és que el treball al MIT (1961-1967), a RAND (1962-1965) i a l'NPL (1964-1967) havia prosseguit en paral·lel sense que cap dels investigadors conegués la feina dels altres. La paraula "paquet" s'adoptà a partir de la tasca del NPL, i la velocitat de la línia proposada per al disseny d'ARPANET es va augmentar de 2.4 kbps a 50 kbps (5).

Agost de 1968, després que Roberts i la comunitat fundada al DARPA hagueren reajustat tota l'estructura i especificacions d'ARPANET, el DARPA convocà una RFQ (Request for quotation, Sol·licitud de valoració) per al desenvolupament d'un dels components clau, els commutadors de paquets anomenats Interface Message Processors (IMPs). El guanyador de la RFQ, el desembre de 1968, fou un grup liderat per Frank Heart, del Bolt Beranek and Newman (BBN). Mentre l'equip de BBN treballava en els IMPs amb Bob Kahn en el paper principal de tot el disseny de l'arquitectura d'ARPANET, la topologia i economia de la xarxa era dissenyada i optimitzada per Roberts, amb Howard Frank i el seu equip de la Network Analysis Corporation, i el sistema de mesura de la xarxa era enllestit per l'equip de Kleinrock a UCLA (University of California, Los Angeles). (6)

Degut al desenvolupament pioner de la teoria de commutació de paquets de Kleinrock, i al seu enfocament en l'anàlisi, el disseny i la mesura, es va escollir el seu Network Measurement Center de UCLA per ser el primer node d'ARPANET. Això succeí el setembre de 1969, quan BBN va instal·lar el primer IMP a UCLA i es va connectar el primer servidor amfitrió (host computer). El projecte de Doug Engelbart sobre "Augment de l'Intel·lecte Humà" (que incloïa NLS, un inici de sistema hipertext), de Stanford Research Institute (SRI), va proporcionar el segon node. L'SRI va ser la seu del Network Information Center, dirigit per Elizabeth Feinler que incloïa funcions com el manteniment de taules dels noms dels ordinadors centrals o hosts per al traçat d'adreces, així com un directori de RFCs. Un més més tard, quan l'SRI va ser connectat a ARPANET, es va enviar el primer missatge host-to-host des del laboratori de Kleinrock a l'SRI. Es van afegir dos nodes més, a la UC de Santa Barbara i a la Universitat de Utah.

Aquests dos darrers nodes incorporaren projectes d'aplicacions de visualització, amb Glen Culler i Burton Fried de la UCSB investigant mètodes per visualitzar funcions matemàtiques emprant visualitzadors de memòria (storage displays) per tractar amb el problema d'actualitzar en la xarxa, i Robert Taylor i Ivan Sutherland de Utah investigant mètodes per a representacions 3D en la xarxa. Així, cap a final de 1969, quatre hosts estaven connectats a l'ARPANET inicial, i la naixent

internet havia alçat el vol. Ja en aquesta primera etapa, cal fer notar que la recerca en xarxa comprenia tant la tasca sobre la xarxa en si mateixa com la tasca sobre l'ús de la xarxa. Aquesta tradició continua avui en dia.

Durant els anys següents, s'afegiren ràpidament computadors a ARPANET, i la feina avançà per a enllestir un protocol host-to-host funcionalment complet i altre programari per a la xarxa. El desembre de 1970, el Network Working Group (NWG) que treballava per a S. Crocker acabà el protocol host-to-host inicial d'ARPANET, anomenat Network Control Protocol (NCP). Així que els llocs d'ARPANET implementaren totalment el NCP, durant el període 1971-1972, els usuaris de la xarxa finalment varen poder començar a desenvolupar aplicacions.

L'octubre de 1972 Kahn organitzà una gran demostració d'ARPANET molt reeixida a la Conferència Internacional de Comunicació Informàtica (International Computer Communication Conference, ICCI). Va ser la primera demostració pública d'aquesta nova tecnologia de xarxes al públic. També el 1972 es va donar a conèixer la primera aplicació popular, el correu electrònic. El mes de març Ray Tomlinson, de BBN, escrigué el primer programa bàsic per llegir i enviar correu electrònic, motivat per la necessitat dels desenvolupadors d'ARPANET d'un mecanisme senzill de coordinació. El juliol, Roberts amplià la seva utilitat escrivint el primer programa de correu electrònic que llistava, llegia selectivament, arxivava, reenviava i responia missatges. A partir d'aquí el correu electrònic s'enlairà i esdevingué la principal aplicació de la xarxa durant més d'una dècada. Fou un precursor del tipus d'activitat que avui veiem a la World Wide Web, això és, l'enorme creixement de tota mena de formes d'intercanvi de persona a persona.

### 3. Els Conceptes inicials d'Internet

L'ARPANET original va créixer i esdevingué Internet. Internet es basà en la idea que hi hauria múltiples xarxes independents de dissenys més aviat arbitraris, començant per ARPANET com a pionera xarxa de commutació de paquets, però que aviat inclouria xarxes de paquets per satèl·lit, per ràdio terrestre, o altres. Internet tal com la coneixem expressa una idea subjacent clau, que no és altra que una xarxa d'arquitectures obertes. Des d'aquest punt de vista, la tria de qualsevol tecnologia de xarxa no va ser dictada per cap arquitectura de xarxa particular, sinó que més aviat podia ser escollida lliurement per un proveïdor i fer-la "inter-treballar" (Interwork) conjuntament amb les altres xarxes a través d'una "Arquitectura d'Interxarxes" de meta-nivell. Fins aleshores només existia un mètode general de federar xarxes. Era el tradicional mètode de commutació de circuits, en el qual les xarxes s'interconnectarien en el nivell del circuit, enviant bits individuals en base síncrona al llarg d'una secció d'un circuit de cap a cap entre dues posicions finals. Recordem que Kleinrock ja havia mostrat el 1961 que la commutació de paquets era un mètode més eficaç. A més de la commutació de paquets, alguns arranjaments especials per a interconnexió entre xarxes eren una altra possibilitat. Mentre hi havia altres formes limitades d'interconnectar xarxes, necessitaven que una fos usada com a component de l'altra, més que actuar com a una igual (peer) de l'altra oferint un servei end-to-end.

En una xarxa d'arquitectura oberta, les xarxes individuals han de ser dissenyades i desenvolupades separatament, i cadascuna ha de tenir la seva pròpia interfície que pugui oferir als usuaris i/o altres proveïdors, inclosos altres proveïdors d'Internet. Cada xarxa pot ser dissenyada d'acord amb l'entorn específic i les necessitats de l'usuari d'aquesta xarxa. Generalment no hi ha restriccions en els tipus de xarxes que es poden incloure, ni en el seu abast geogràfic, encara que algunes consideracions pragmàtiques dictin allò que té sentit oferir.

La idea d'una xarxa d'arquitectura oberta va ser presentada per Kahn poc després d'arribar al DARPA el 1972. Aquesta feina era originalment part del programa de radiopaquets, però posteriorment esdevingué un programa separat per dret propi. En aquell moment, el programa es va anomenar "Internetting". Per fer funcionar el programa de radiopaquets era clau un protocol end-to-end d'enllaç fiable que fos capaç de mantenir una comunicació efectiva davant de les interferències i altres perturbacions del senyal de ràdio o resistir apagades intermitents del senyal com les causades en passos soterrats o per accidents del terreny. Kahn primer va pensar en desenvolupar un protocol local només en la xarxa de radiopaquets, ja que això permetria evitar ocupar-se de la multitud de sistemes operatius diferents, i seguir usant NCP.

Tanmateix, NCP no era capaç d'adreçar les xarxes (ni les màquines) aigües avall de la destinació IMP a l'ARPANET, la qual cosa també feia necessari algun canvi del NCP. (Amb el supòsit que ARPANET no era canviable, des del seu punt de vista). NCP depenia d'ARPANET per a proporcionar fiabilitat i enllaç. Si es perdien alguns paquets, el protocol (i presumiblement les aplicacions que suportava) anirien cap a una progressiva saturació i aturada. En aquest model el protocol NCP no tenia cap control de host end-to-end, en la mesura que ARPANET havia de ser l'única xarxa existent i havia de ser prou fiable per no necessitar cap control d'errors en la part dels servidors.

Així, Kahn decidí desenvolupar una nova versió del protocol que podés satisfer les necessitats d'un entorn de xarxes d'arquitectura oberta. Aquest protocol seria finalment anomenat Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP). Mentre NCP tendia a funcionar com un controlador o driver d'un dispositiu, el nou protocol seria més com un protocol de comunicacions.

En la idea inicial de Kahn, hi havia quatre regles bàsiques crítiques:

- 
- Cada xarxa diferent havia de funcionar per si sola i no havia de requerir canvis interns per connectar-se a Internet.
- 
- Les comunicacions havien de basar-se en millors fonaments, si un paquet no arribava al seu destí final, s'havia de retransmetre de seguida des de l'origen.
- 
- Calia usar caixes negres per connectar la xarxa, això més tard se'n dirien gateways i routers (passarel·les i encaminadors). Les passarel·les no havien de retenir cap mena d'informació sobre els fluxos individuals de paquets que hi passessin, mantenint-los d'aquesta manera simples i evitant una adaptació complicada i el restabliment de diversos tipus de fallades.

-

- No hi havia d'haver cap control global del nivell d'operacions.

Altres qüestions clau que calia resoldre eren:

-

- Algorismes per a impedir que els paquets perduts inutilitzessin les comunicacions permanentment, i per retransmetre'ls amb èxit des de l'origen.

-

- Proporcionar conductes (pipelines) de servidor a servidor de tal manera que múltiples paquets es podessin enviar de l'origen al destí a discreció dels servidors que intervenen en el procés, sempre que les xarxes intermèdies ho permetessin.

-

- Funcions de les passarel·les que permetessin reenviar els paquets adequadament. Això incloïa interpretar les capçaleres IP per encaminar, manejar les interfícies, trencar els paquets en peces més petites si fos necessari, etc.

-

La necessitat de sumes de verificació d'enllaç, reconstrucció de paquets a partir dels fragments i detecció de duplicats, si n'hi hagués.

- 
- La necessitat d'un direccionament global.
- 
- Tècniques per al control del flux de dades entre servidors.
- 
- Interacció entre diversos sistemes operatius.
- 
- Altres preocupacions, com l'eficiència, l'implementació, les prestacions i l'inter networking, però eren secundàries en principi.

Kahn comença a treballar en un conjunt, orientat a les comunicacions, de principis de sistemes operatius mentre era a BBN, i va documentar algunes de les seves primeres reflexions en un memoràndum intern titulat "Communications Principles for Operating Systems" (CFKH). A partir d'aquí, es va adonar que caldria aprendre detalls de l'implementació de cada sistema operatiu per tenir la possibilitat d'encastar tots els nous protocols d'una manera eficaç. Així, a primavera de 1973, després de començar l'intent d'interconnexió de xarxes, va cridar Vint Cerf (que aleshores era a Stanford) per treballar amb ell en el detallat disseny del protocol. Cerf havia estat molt implicat en el disseny i desenvolupament original del NCP, i ja tenia coneixement de la interacció de sistemes operatius existents. Armats amb l'enfocament arquitectònic de la part de comunicacions i amb l'experiència de Cerf en el NCP, s'associaren per a definir tots els detalls del que acabaria sent el TCP/IP.

L'estira i arronsa va ser molt productiu i la primera versió escrita (7) de la proposta resultant va ser difosa en una trobada de

l'International Network Working Group (INWG) convocat en una conferència a la Universitat de Sussex el setembre de 1973. Cerf havia estat convidat per presidir aquest grup i aprofità l'ocasió per fer una reunió amb els membres de l'INWG que estaven àmpliament representats a la conferència de Sussex.

Algunes propostes bàsiques sorgiren d'aquesta col·laboració entre Kahn i Cerf:

- La comunicació entre dos processos hauria de constar lògicament d'una llarga successió de bytes (que anomenaren octets). La posició de cada octet en la successió s'empraria per identificar-lo.
- El control de flux s'havia de fer usant finestres mòbils/corredores (sliding windows) i reconeixements (acks, de l'anglès acknowledgment).
- El destí hauria de poder triar quan reconèixer i cada ack retornat hauria de ser acumulatiu per a tots els paquets rebuts en aquell moment.
- Es va deixar pendent la manera exacta com l'origen i el destí es posarien d'acord en els paràmetres de les finestres a usar. Inicialment es deixaren per defecte.

Malgrat que Ethernet s'estava desenvolupant al Xerox PARC en aquells moments, la proliferació de LANs (xarxes d'àrea local) no es va imaginar aleshores, i encara menys els ordinadors personals i estacions de treball. El model original eren xarxes a nivell nacional com ARPANET, i s'esperava que n'hi hauria un nombre relativament petit. Així es va fer servir una adreça IP de 32 bits, en la qual els 8 primers bits identificaven la xarxa i els 24 restants el host en aquesta xarxa. Aquesta suposició que 256 xarxes serien suficients per al futur immediat, va ser clarament necessari revisar-la quan les LAN començaren a aparèixer a final anys 70.

L'article original de Cerf/Kahn sobre Internet descrivia un protocol anomenat TCP, que estipulava tots els serveis de transport i reenviament d'Internet. Kahn havia pensat que el protocol TCP admetés una sèrie de serveis de transport, des del lliurament de dades seqüenciat totalment fiable (model de circuit virtual) fins un servei de datagrama en el qual l'aplicació fes un us directe del servei de xarxa subjacent, que podria implicar una ocasional pèrdua, corrupció o desordre de paquets.

Tanmateix, la tasca inicial per implementar TCP va tenir com a resultat una versió que només tenia en compte els circuits virtuals. Aquest model funcionava bé per a transferència d'arxius i aplicacions de connexió remota, en particular la veu per paquet en els 70, va fer palès que en alguns casos les pèrdues de paquets no havien de ser corregides pel TCP, sinó deixar-les resoldre a l'aplicació. Això dugué a una reorganització de l'original TCP en dos protocols, el simple IP que s'encarregava només del direccionament i reenviament de paquets individuals, i separat, el TCP, que tenia cura de les característiques de servei com el control de flux i la recuperació de paquets perduts. Per a aquelles aplicacions que no requerissin els serveis del TCP, es va afegir una alternativa anomenada User Datagram Protocol (UDP), per tal de donar accés directe al servei bàsic d'IP.

Un motiu capital tant d'ARPANET com d'Internet era compartir recursos —per exemple permetent als usuaris de les xarxes de radiopaquets accedir als sistemes de temps compartit adjunt a ARPANET. Connectar-los conjuntament era molt més econòmic que duplicar aquelles computadores caríssimes. Tot i així, encara que la transferència i connexió remota (Telnet) eren aplicacions molt importants, el correu electrònic va ser la que probablement tingué un impacte més significatiu de les innovacions d'aquella era. El correu electrònic va fer possible un nou model pel qual la gent es podia comunicar amb els altres, i va canviar la naturalesa de la col·laboració, primer en el desenvolupament d'Internet en si (com s'explica més avall) i després en gran part de la societat.

Es proposaren també altres aplicacions en aquells primers dies d'Internet, incloses la comunicació per veu basada en paquets (la precursora de la telefonia per Internet), diversos models d'arxius i discos compartits, i els primers programes "cuc", que mostraren el concepte dels agents (i, és clar, els virus). Un concepte clau d'Internet és que no va ser dissenyada només per a una aplicació, sinó com una infraestructura on es puguin concebre noves aplicacions, com va il·lustrar més tard l'emergència de la World Wide Web (teranyina d'abast mundial). És la naturalesa de propòsit general del servei establert pel TCP i l'IP allò que ho fa possible.

#### 4. Demostrant les idees

El DARPA va fer tres

contractes amb Stanford (Cerf), BBN (Ray Tomlinson) i UCL (Peter Kirstein) per implementar TCP/IP (que s'anomenava simplement TCP en l'article de Cerf/Kahn però comprenia els dos components). L'equip de Stanford, dirigit per Cerf, va fer l'especificació detallada i en prop d'un any ja hi havia tres implementacions diferents de TCP que podien interoperar.

Això va ser l'inici

d'una experimentació i desenvolupament a llarg termini per fer avançar i madurar els conceptes i tecnologia d'Internet. Començant amb les tres primeres xarxes (ARPANET, Packet Radio Net i Satellite Radio Net) i les seves comunitats de recerca originals, l'entorn experimental havia crescut fins a incorporar en essència tota forma de xarxa i una comunitat de recerca i desenvolupament de base molt ampla. (RK2). Amb cada expansió hi han hagut nous canvis.

Les primeres implementacions

de TCP van ser fetes per a grans sistemes de temps compartits com Tenex o TOPS 20. Quan els ordinadors domèstics van aparèixer per primera vegada, algú va pensar que TCP era massa gran i complex per anar en un ordinador personal. David Clark i el seu grup de recerca del MIT es proposaren de mostrar que era possible una implementació simple i compacta de TCP. Van produir una implementació, primer per al Xerox Alto (la primera estació de treball desenvolupada al Xerox PARC) i després per al PC IBM. Aquesta implementació era totalment interoperable amb altres TCPs, però va ser adaptada al paquet d'aplicacions i als objectius d'eficiència (performance objectives) de l'ordinador personal, i demostrà que les estacions de treball, així com els grans sistemes de temps compartit, podien ser una part d'Internet. El 1976, Kleinrock va publicar el primer llibre d'ARPANET (LK2).

Feia un èmfasi especial en la complexitat dels protocols i els esculls que sovint presentaven. Aquest llibre va influir en difondre la tradició de la commutació de paquets en una comunitat molt àmplia.

L'extens

desenvolupament de les Xarxes locals (LAN), els PC i les estacions de treball durant els anys 80 permeteren que la naixent Internet florís. La tecnologia Ethernet, desenvolupada per Bob Metcalfe al Xerox PARC el 1973, és avui probablement la tecnologia de xarxes dominant en internet, i els PC i Estacions de treball les computadores dominants. Aquest canvi d'unes poques computadores amb una modesta quantitat de hosts de temps compartit (el model original d'ARPANET), cap a moltes xarxes va suposar un seguit de conceptes nous i canvis en la tecnologia subjacent. Primer, va comportar la definició de tres classes de xarxes (A, B i C) per englobar el ventall de xarxes. La Classe A representava grans xarxes d'escala nacional (poques xarxes i molts hosts); la Classe B representava les xarxes d'escala regional; i la classe C representava les xarxes d'àrea

local (moltes xarxes amb relativament pocs hosts).

Un canvi important va succeir com a conseqüència de l'augment d'escala d'Internet i els aspectes de gestió associats. Per a fer més senzill a la gent ús de la xarxa, s'assignaren noms als hosts, de manera que no fos necessari recordar les adreces numèriques. Originalment, hi havia un nombre força limitat de hosts, així que era factible mantenir una única taula de tots els hosts i els seus noms associats i adreces. El canvi a un gran nombre de xarxes gestionades de forma independent (e.g LANs) significà que ja no era possible tenir una sola taula de hosts, i Paul Mockapetris, de la USC/ISI inventà el Domain Name System (DNS). El DNS permetia un mecanisme distribuït escalable per determinar els noms subordinats/jeràrquics dels hosts (e.g. www.acm.org) per a una adreça d'Internet.

L'increment de la mida d'Internet també va desafiar les capacitats dels encaminadors (routers). Originalment hi havia un únic algorisme distribuït per a l'encaminament que estava implementat uniformement per a tots els encaminadors d'Internet. A mesura que el nombre de xarxes a Internet es disparà aquest disseny inicial no es va poder expandir com feia falta, així que es va canviar per un model jeràrquic d'encaminament, amb un Interior Gateway Protocol (IGP) emprat en l'interior de cada regió d'Internet, i un Exterior Gateway Protocol (EGP) emprat per lligar les diferents regions entre si. Aquest disseny va fer possible que diferents regions empressin un IGP diferent, de manera que es podessin adaptar als diversos requeriments de cost, configuració ràpida, robustesa o escala. No només l'algorisme d'encaminament, també la mida de les taules de direccionament escanyava la capacitat dels encaminadors. Recentment, s'han proposat nous enfocaments per a l'agregació d'adreces, en particular el classless inter-domain routing (CIDR), per a controlar la mida de les taules dels encaminadors.

A mesura que Internet evolucionava, un dels principals reptes va ser com propagar els canvis al programari, particularment al programari dels hosts. El DARPA va recolzar la UC de Berkeley per investigar modificacions en el sistema operatiu Unix, incloent incorporar el TCP/IP desenvolupat a BBN. Tot i que Berkeley després reescriuria el codi BBN per ajustar-lo més eficaçment el sistema Unix i al seu nucli, la incorporació del TCP/IP en els lliuraments del sistema Unix BSD (Distribució de Programari de Berkeley) demostraren ser un element crític en la difusió dels protocols a la comunitat de recerca. Gran part de la comunitat de recerca en ciència informàtica començà a usar Unix BSD per al seu entorn informàtic habitual. Mirant enrere, l'estratègia d'incorporar els protocols d'Internet en un sistema operatiu assistit per a la comunitat de recerca va ser un dels elements clau en la reeixida àmplia adopció d'Internet arreu.

Un dels reptes més interessants va ser la transició del protocol dels hosts d'ARPANET de NCP a TCP/IP l'1 de gener de 1983. Una mena de transició com el "flag-day" [NdT: el dia que es va adoptar la bandera dels Estats Units per part de les "tretze colònies", l'any 1777], per a la qual calia que tots els hosts fessin el canvi de forma simultània o deixar-los que es comunicessin mitjançant una mena de mecanismes ad hoc. Aquesta transició va ser planificada amb molta cura per la comunitat des d'uns quants anys abans que finalment tingués lloc, i es va fer de manera sorprenentment suau (tot i que va fer aparèixer tot d'insígnies que deien "jo vaig sobreviure a la transició TCP/IP").

El TCP/IP es va adoptar com a estàndard de defensa tres anys abans, el 1980. això permeté a defensa començar a compartir en la base de la tecnologia d'Internet del DARPA i portà a la separació de les comunitats militar i no-militar. El 1983, ARPANET estava sent usada per un nombre significatiu d'organismes operacionals i de Recerca i Desenvolupament de defensa. La transició d'ARPANET del NCP al TCP/IP permeté que es fes la divisió cap a una MILNET per a les necessitats operacionals i una ARPANET per a les necessitats de recerca.

Així, cap a 1985, Internet ja estava ben establerta com una tecnologia que sostenia una extensa comunitat d'investigadors i desenvolupadors, i començava a ser usada per altres comunitats per a les comunicacions informàtiques diàries. El correu electrònic era utilitzat àmpliament per moltes comunitats, sovint amb sistemes diferents, però la interconnexió entre diferents sistemes de correu estava demostrant la utilitat de les comunicacions electròniques d'àmpla base entre persones.

## 5. Transició a una Infraestructura generalitzada

Al mateix temps que la tecnologia d'Internet estava sent validada experimentalment i usada àmpliament entre un subconjunt d'investigadors de la ciència informàtica, s'estaven investigant altres xarxes i tecnologies de xarxa. La utilitat de les xarxes informàtiques —especialment el correu electrònic— demostrat pels contractistes del DARPA i del Departament de Defensa, amb l'ARPANET no es va perdre en altres comunitats i disciplines, així a mitjans dels 70 les xarxes informàtiques s'havien començat a alçar arreu on es van trobar fons per a fer-ho. El Departament d'Energia dels EUA (DoE) establí la MFEnet per als seus investigadors en Energia de Fusió Magnètica, a la qual cosa els Físics d'Alta Energia del DoE respongueren construint HEPnet. Els Físics d'Espai de la NASA els seguiren amb SPAN, i Rick Adrion, David Farber i Larry Landweber establiren CSNET per a la comunitat (acadèmica i industrial) de la Ciència informàtica amb una subvenció inicial de la US National Science Foundation (NSF). La disseminació de roda boja (free-wheeling) d'AT&T del sistema operatiu Unix engendrà USENET, basada en els protocols de comunicació UUCP construïts en Unix, i el 1981 Ira Fuchs i Greydon Freeman conceberen BITNET, que enllaçava les principals computadores acadèmiques en un paradigma d'email as card images.

Amb excepció de BITNET i USENET, aquelles primeres xarxes (inclosa ARPANET), eren fetes per a un objectiu concret —i.e. estaven pensades per, i molt restringides a, comunitats tancades de savis—; hi havia per tant poca pressió per tal que les xarxes individuals fossin compatibles i, en efecte, la gran majoria no ho eren. A més, en el sector comercial es cercaven tecnologies alternatives, entre les quals l'XNS de Xerox, DECNet, i l'SNA d'IBM (8). Només els programes britànic JANET (1984) i nord-americà NFSNET (1985) van anunciar explícitament el propòsit de servir tota la comunitat de l'ensenyament superior, de qualsevol disciplina. De fet, una condició per a una Universitat nord-americana per rebre fons de la NSF per una connexió a Internet era que... la connexió s'ha de fer disponible per a TOTS els usuaris qualificats del campus.

El 1985, Dennis Jennings arribà d'Irlanda per passar un any a la NSF dirigint el programa NSFNET. Va treballar amb la comunitat per ajudar la NSF a prendre una decisió crítica: TCP/IP havia de ser obligatori per al programa NSFNET. Quan Steve Wolff va assumir el programa NSFNET el 1986, va reconèixer la necessitat d'una infraestructura en xarxa molt àmplia per recolzar tota la comunitat acadèmica i investigadora, a més de la necessitat de desenvolupar una estratègia per establir aquesta infraestructura de forma independent en darrera instància del finançament federal directe. Es van prendre diferents estratègies i polítiques d'actuació (veure a sota) per assolir aquest fi.

La NSF també va

decidir donar suport a la Infraestructura existent del DARPA jeràrquicament ordenada en el (en aquells temps) Internet Activities Board (IAB). La declaració pública d'aquella tria va ser l'autoria conjunta de l'Internet Engineering and architecture Task Forces de l'IAB i del Network Technical Advisory Group de la NSF dels RFC 985 (Requeriments per a les passarel·les d'Internet), que asseguraven formalment la interoperabilitat de les parts d'Internet del DARPA i de la NSF.

A més de la selecció del TCP/IP per al programa NSFNET, les agències federals varen prendre i implementar diverses decisions que donarien forma a l'Internet dels nostres dies.

Les agències federals compartiren el cost d'una infraestructura comú com els circuits transoceànics. També recolzaren els punts d'interconnexió administrats (managed interconnection points) per al tràfic entre agències; el Federal internet Exchanges (FIX-E i FIX-W) creat per a aquest fi serví de model per als punts d'accés a la xarxa i les prestacions "IX" que són característiques importants de l'arquitectura actual d'Internet.

Per a coordinar aquesta participació, es creà el Federal Networking Council (9). El FNC també cooperà amb altres organismes internacionals, com el RARE (Réseaux Associés par la Recherche Européene, Xarxes associades per a la recerca europea), a través del Comitè Coordinador Intercontinental de Xarxes de Recerca (CCIRN), per a coordinar el suport d'Internet per a la comunitat investigadora arreu del món.

Aquesta participació i cooperació entre agències en les qüestions relatives a Internet tingué una llarga història. Un acord sense precedents de 1981 entre Farber, per part de CSNET i la NSF, i Kahn, del DARPA, permeté que el tràfic de CSNET compartís la infraestructura d'ARPANET sobre una base estadística i no mesurada (no-meterred-settlement).

Posteriorment, de forma similar, la NSF animà les xarxes regionals (inicialment acadèmiques), de NSFNET a cercar clients comercials no acadèmics, expandint les seves prestacions al servei d'aquests, i a explotar les economies d'escala resultants per reduir les despeses d'abonament per a tothom.

En la columna vertebral de NSFNET — el segment d'escala nacional — la NSF imposà una Política d'Ús Acceptable (Acceptable Use Policy, AUP), que prohibia aquesta columna vertebral per a utilitats no relacionades amb la Recerca i Educació. El resultat previsible (i pretès) de promoure el tràfic comercial a la xarxa a nivell regional i local, alhora que es rebutjava per al transport a escala nacional, va ser estímulo d'emergència i/o creixement de xarxes privades, competitives i de llarg recorregut com PSI, UUNET, ANS CO+RE, i altres posteriors. Aquest procés de creixement amb finançament privat per a usos comercials va ser acordat a començaments del 1988 en un seguit de conferències de la NSF a la Kennedy School of Government de Harvard sobre "La Comercialització i Privatització d'Internet" — i en la llista "com-priv" a la mateixa xarxa.

El 1988, un Comitè Nacional de Recerca, dirigit per Kleinrock i amb Kahn i Clark com a membres, va emetre un informe encarregat per la NSF titulat "Cap a una Xarxa Nacional de Recerca". Aquest informe tingué influència en l'aleshores senador Al Gore, i facilità les xarxes d'alta velocitat que posaren els fonaments de la futura autopista de la informació.

El 1994, es va emetre un informe del Comitè Nacional de Recerca, altre cop dirigit per Kleinrock (i altre cop amb Kahn i Clark com a membres), titulat "Fent Realitat (Realizing) el Futur de la Informació: Internet i més enllà". Aquest informe, encarregat per la NSF, va ser el document en el qual s'articulà l'avantprojecte per l'evolució d'autopista de la informació, i tingué un efecte durador en la manera de pensar en aquesta evolució. Va anticipar els elements crítics dels drets de propietat intel·lectual, ètica, política de preus, educació, arquitectura i regulació per a Internet.

La política de privatització de la NSF acabà el 1995, amb la dissolució de la columna vertebral de NSFNET. Els fons que això permeté recuperar es van redistribuir (competitivament) a les xarxes regionals per comprar connectivitat a escala nacional de les ara nombroses xarxes de llarg recorregut privades.

La columna vertebral havia fet la transició d'una xarxa construïda d'encaminadors (routers) al marge de la comunitat de recerca (els "Fuzzball" routers de David Mills) — [NdT: El nom "Fuzzball", "bola peluda", era el col·loquialisme usat per al programari d'encaminament de Mills] a uns equips comercials. En

el període de vida de 8 anys i mig, la columna havia crescut des dels sis nodes amb enllaços de 56 kbps fins a 21 nodes amb enllaços múltiples de 45Mbps. Havia vist el creixement d'Internet a més de 50.000 xarxes en tots els set continents i a l'espai exterior, amb prop de 29.000 xarxes als Estats Units.

El pes de l'ecumenisme i el finançament del programa NSFNET (200 milions de dòlars de 1986 a 1995) —i la qualitat dels protocols en si— va ser tal, que cap a 1990, quan finalment ARPANET va ser retirada (10), el TCP/IP havia substituït o marginat la major part dels altres protocols de grans xarxes arreu, i l'IP estava en camí de convertir-se en el servei insígnia de la Infraestructura Global d'Informació.

## 6. El paper de la documentació

Un element clau del ràpid creixement d'Internet va ser l'accés lliure i obert a la documentació bàsica, especialment les especificacions dels protocols.

Les beceroles d'ARPANET i d'Internet en la comunitat de recerca universitària promogueren la tradició acadèmica de publicació oberta d'idees i resultats. Tanmateix, el cicle normal de publicació acadèmica tradicional era massa formal i lent per a l'intercanvi dinàmic d'idees essencial per a la creació de xarxes.

El 1969, S. Crocker (de l'UCLA) va fer un pas clau establint la sèrie d'anotacions Request for Comments (RFC, petició de comentaris) (SC). Aquells memoràndums pretenien ser una via informal i ràpida per a compartir idees amb altres investigadors de xarxes. Al començament les RFC s'imprimien en paper i es distribuïen

per correu ordinari . Quan es començà a usar el File Transfer Protocol (FTP, Protocol de transferència d'arxius), les RFC es van esdevenir arxius en línia accessibles via FTP. Avui, és clar, les RFC són fàcilment accessibles a la World Wide Web en dotzenes de llocs arreu del món. L'SRI, en el seu paper com a Centre d'informació de la Xarxa, mantenia els directoris en línia. Jon Postel feia d'editor de RFC a més de gestionar l'administració centralitzada del les assignacions de nombres de protocol necessaris, feines que mantingué fins a la seva mort, el 16 d'octubre de 1998.

L'efecte de les RFC va ser el de crear un bucle de realimentació positiva, amb idees o propostes presentades en una RFC que actuaven sobre altres RFC amb idees addicionals, i així successivament. Quan hi havia prou consens (o almenys un conjunt consistent d'idees) al voltant, es preparava un document d'especificació. Aquesta especificació seria després utilitzada com a base per a les implementacions a càrrec de diversos equips de recerca.

Amb el temps, les RFC han esdevingut més enfocades en els estàndards de protocol (les especificacions d'oficials), tot i que encara hi ha RFC informatives que descriuen propostes alternatives, o donen informació de suport de qüestions de protocols i enginyeria. Les RFC es veuen avui com les actes de registre de la comunitat d'enginyeria i estàndards d'Internet.

L'accés obert a les RFC (gratuïtament, si teniu alguna mena de connexió a Internet) promou el creixement d'Internet mateixa perquè permet que les especificacions concretes siguin emprades d'exemples a les classes de la universitat i per part d'emprendors que desenvolupen nous sistemes.

El correu electrònic ha estat un factor significatiu en totes les àrees d'Internet, i això és així particularment en el desenvolupament de les especificacions de protocol, els estàndards tècnics, i l'enginyeria d'Internet. Les primeres RFC sovint presentaven un conjunt d'idees desenrotllades pels investigadors d'un lloc concret a tota la resta de la comunitat. Després que l'ús correu electrònic es fes comú, el model d'autoria va canviar -les RFC eren presentades per grups d'autors amb una visió comuna, independent de la seva localització.

L'ús de les llistes de correu electrònic especialitzades va ser llargament usada

en el desenvolupament de les especificacions de protocol, i segueix sent una eina important. L'ETF avui té més de 75 grups de treball, cadascun treballant en un aspecte diferent de l'enginyeria d'Internet. Cadascun d'aquests grups de treball té una llista de correu per debatre un o més esborranys de documents en desenvolupament. Quan arriba a un consens sobre un dels esborranys, es distribueix com una RFC.

De la manera com l'actual ràpida expansió d'Internet és alimentada per l'aprofitament de la seva capacitat de promoure l'intercanvi d'informació, hem d'entendre que el primer paper de la xarxa en aquest intercanvi va ser compartir la informació sobre el seu propi disseny i funcionament mitjançant els documents RFC. Aquest mètode únic per fer evolucionar noves capacitats en la xarxa seguirà sent crític en l'evolució futura d'Internet.

## 7. Formació de la comunitat extensa

Internet és tant un munt de comunitats com un munt de tecnologies, i el seu èxit és atribuïble tant a la seva capacitat de satisfer les necessitats de la comunitat com d'utilitzar la comunitat com una manera efectiva de fer avançar la infraestructura. Aquest esperit de comunitat té una llarga història des del començament amb la primera ARPANET. Els investigadors inicials d'ARPANET treballaven en un comunitat molt unida per assolir les demostracions inicials de la tecnologia de commutació de paquets descrita anteriorment. Així mateix, els programes de paquets per satèl·lit, paquets per ràdio i molts altres programes de recerca de ciència informàtica del DARPA eren activitats col·laboratives entre molts autors que usaven en gran mesura tots els mecanismes disponibles per coordinar les seves tasques, des del correu electrònic, passant pels arxius compartits, accés remot, fins les possibilitats de la World Wide Web. Cada un d'aquests programes va donar lloc a un grup de treball, començant pel Network Working Group d'ARPANET. Com que l'únic rol d'ARPANET era fer l'infraestructura dels diferents programes de recerca, a mesura que internet evolucionà, el Network Working Group es transformà en l'Internet Working Group.

A finals dels 70, en veure que el creixement d'Internet es feia al mateix temps que el creixement de la mida de la comunitat de recerca interessada, Vint Cerf, en aquell moment director del Programa d'Internet al DARPA, va crear diversos organismes de coordinació — una International Cooperation Board (ICB, junta de cooperació internacional), encapçalada per Peter Kirstein de la UCL, per coordinar activitats amb alguns països col·laboradors europeus, centrat en la recerca en paqueteria per satèl·lit, un Internet Research Group que era un grup inclusiu que donava un entorn per a l'intercanvi general d'informació, i un Internet Configuration Control Board (ICCB), dirigit per Clark. L'ICCB era un cos per invitació que assistia Cerf en la gestió la creixent activitat d'Internet.

A finals dels 70, en veure que el creixement d'Internet es feia al mateix temps que el creixement de la mida de la comunitat de recerca interessada, Vint Cerf, en aquell moment director del Programa d'Internet al DARPA, va crear diversos organismes de coordinació — una International Cooperation Board (ICB, junta de cooperació internacional), encapçalada per Peter Kirstein de la UCL, per coordinar activitats amb alguns països col·laboradors europeus, centrat en la recerca en paqueteria per satèl·lit, un Internet Research Group que era un grup inclusiu que donava un entorn per a l'intercanvi general d'informació, i un Internet Configuration Control Board (ICCB), dirigit per Clark. L'ICCB era un cos invitational que assistia Cerf en gestionar la florent activitat d'Internet.

El 1983, quan Barry Leiner assumí la direcció del programa de recerca d'Internet del DARPA, ell i Clark s'adonaren que el creixement continuat de la comunitat d'Internet feia necessària una reestructuració dels mecanismes de coordinació. L'ICCB es va dissoldre, i al seu lloc es creà una estructura d'equips de treball, cadascun enfocat a una àrea particular de la tecnologia (e.g. encaminadors, protocols enllaç, etc.) L'Internet Activities Board (IAB) es va formar a partir dels caps dels equips de treball. Sens dubte, era només una coincidència que els caps dels equips de treball fossin els mateixos membres de l'antic ICCB, i Dave Clark seguí com a president.

Després d'alguns canvis en la composició de l'IAB, Phill Gross esdevingué president d'un revitalitzat Internet Engineering Task Force (IETF, equip de treball d'enginyeria d'Internet), que aleshores només era un més dels equips de treball de l'IAB. Com hem vist més amunt, cap a 1985 hi havia un creixement enorme de l'aspecte més pràctic i d'enginyeria d'Internet. Aquest creixement tingué com a conseqüència una explosió d'assistència a les reunions de l'IETF, i Gross es va veure empès a crear una subestructura per a l'IETF en forma de grups de treball.

Aquest creixement es complementà per una gran expansió de la comunitat. El DARPA deixà de ser el principal actor en el finançament d'Internet. A més de NSFNET i diverses activitats finançades pels governs dels EUA i altres països, l'interès del sector comercial començà a augmentar. També el 1985, Kahn i Leiner deixaren el DARPA i hi hagué una reducció significativa de l'activitat d'Internet d'aquest. Com a resultat, l'IAB es quedà sense el principal patrocinador i va anar fent-se càrrec progressivament del lideratge.

El creixement continuà, donant lloc a una subestructura encara més extensa tant a l'IAB com a l'IETF. L'IETF combinà els grups en Àrees, i designà directors d'àrea. Un Internet Engineering Steering Group (IESG, grup de direcció d'enginyeria d'Internet) es creà a partir dels directors d'àrea. L'IAB va admetre la creixent importància de l'IETF, i va reestructurar la resta d'equips de treball per combinar-los en un Internet Research Task Force (IRTF) dirigit per Postel, amb la resta d'equips de treball redefinits com a grups de recerca.

El creixement del sector comercial dugué a un increment de la preocupació pel procés d'estàndards. Des de principis dels 80 fins avui, Internet ha crescut entre les seves arrels primàries de recerca, per incloure tant una extensa comunitat com una activitat comercial en augment. Es ha posat cada vegada més atenció per fer el procés obert i just. Tot plegat, junt amb la reconeguda necessitat d'un suport de la comunitat d'Internet finalment conduí a la formació de la Internet Society el 1991, sota els auspicis de la Corporation for National Research initiatives (CNRI) de Kahn, i la direcció de Cerf, amb la del CNRI.

El 1992, encara hi hagué una altra reorganització. Aquell any, l'Internet Activities Board es va reorganitzar i passa a anomenar-se Internet Architecture Board, operant sota els auspicis de la Internet Society. Es definí una relació més igualitària entre el nou IAB i l'IESG, amb l'IETF i l'IESG assumint més responsabilitat en l'aprovació dels estàndards. I finalment, es creà una relació cooperativa i de suport mutu entre l'IAB, l'IETF i la Internet Society, prenent com a fita la provisió de servei i altres mesures que facilitarien la feina de l'IETF.

El recent desenvolupament i extens desplegament de la World Wide Web (WWW, teranyina d'abast mundial) ha portat a una nova comunitat, ja que molts dels que treballen a la WWW no es consideren a si mateixos com els primers investigadors i desenvolupadors de la xarxa. S'ha creat un nou organisme de coordinació, el World Wide Web Consortium (W3C). Inicialment dirigit des del Laboratori de Ciència Informàtica del MIT per Tim Berners-Lee (l'inventor de la WWW) i Al Veza, el W3C ha pres la responsabilitat sobre l'evolució dels diversos protocols i estàndards associats amb la Web.

Així doncs, a través de més de dues dècades d'activitat d'Internet, hem vist una contínua evolució de les estructures organitzatives dissenyades per recolzar i fer possible una comunitat en creixement continu treballant col·laborativament en els problemes d'Internet.

## 8. La Comercialització de la tecnologia

La comercialització d'Internet implicà no només el desenvolupament duns serveis de xarxa privats i competitius, sinó també de productes comercials que implementaven la tecnologia d'Internet. A principis dels 80, dotzenes de proveïdors i fabricants (vadors, NdT: s'evita la traducció usual de només &fabricants; perquè el programari no es fabrica, estrictament, a diferència del maquinari) estaven incorporant TCP/IP als seus productes perquè van veure compradors per a aquest enfocament cap a la xarxa. Malauradament no tenien ni informació real de com la tecnologia havia de funcionar ni de com els clients tenien intenció d'emprar-la. Molts ho van veure com una nosa afegida que calia adherir a les seves pròpies solucions de xarxes propietàries: SNA, DECNet, Netware, NetBios. El Departament de defensa va imposar l'ús de TCP/IP en moltes de les seves comandes però donà poca ajuda als proveïdors respecte com construir productes TCP/IP útils.

El 1985, veient aquesta manca d'informació disponible per a l'aprenentatge apropiat, Dan Lynch, en col·laboració amb l'IAB va organitzar un seminari de tres dies per a que TOTS els proveïdors que volguessin aprendre com funcionava TCP/IP i el que encara no podia fer. Els ponents provenien sobretot de la comunitat de recerca del DARPA que havia desenvolupat i usat aquests protocols en el seu treball diari. Prop de 250 proveïdors es presentaren per escoltar 50 inventors i experimentadors. Els resultats van sorprendre les dues parts: els proveïdors es van sobtar de trobar que els inventors estaven oberts a idees sobre com funcionava (i el que encara no funcionava), i els inventors van estar satisfets d'escoltar nous problemes que ells no havien considerat però els proveïdors havien descobert sobre el terreny. Així es creà aquest debat entre les dues parts que ha durat més d'una dècada.

Després de dos anys de conferències, tutorials, trobades de disseny i seminaris, es va organitzar un esdeveniment especial que convidà als proveïdors de productes que podien fer córrer TCP/IP prou bé, per reunir-se en una mateixa sala i demostrar com de bé podien funcionar entre ells i sobre Internet. El setembre de 1988 va néixer el primer Interop trade show. 50 companyies passaren el tall. 5000 enginyers d'organitzacions compradores potencials hi assistiren per veure si tot allò funcionava com s'havia promès. I ho va fer. Per què? Perquè els proveïdors van treballar molt per assegurar que els productes de tothom interoperessin els uns amb els altres & fins i tot amb els de la competència. L'Interop trade show ha crescut immensament des d'aleshores, i avui es fa en 7 indrets arreu del món cada any per a una audiència de més de 250.000 persones, que hi van per saber quins productes funcionen amb els altres perfectament, conèixer les darreres novetats i parlar de la tecnologia més nova.

Paral·lelament a les tasques de comercialització que havien destacat les activitats a Interop, els proveïdors començaren a participar en reunions que l'ETF organitzava 3 o 4 vegades l'any per debatre noves idees

extensions per al paquet de protocols TCP/IP. Al començament eren pocs centenars d'assistents, majoritàriament acadèmics, i pagats pel govern, però avui aquestes reunions sovint apleguen més d'un miler d'assistents, majoritàriament de la comunitat de proveïdors, i pagats per ells mateixos. Aquest grup autoescollit transforma el paquet TCP/IP d'una manera cooperativa. El motiu perquè sigui tan útil és que el grup comprèn totes les parts interessades: investigadors, usuaris finals i proveïdors.

La gestió de la xarxa dóna exemple de la interacció entre les comunitats investigadora i comercial. En els inicis d'Internet, es posava èmfasi en definir i implementar els protocols que aconseguissin la interoperativitat. A mesura que la xarxa es va fer més gran, va quedar clar que els procediments sovint ad hoc que s'utilitzaven per la gestió de la xarxa no es podrien escalar. La configuració manual de les taules va ser substituïda per algorismes distribuïts automatitzats, i es van idear millor eines per aïllar les fallades. El 1987 es va fer evident que calia un protocol que permetés que els elements de la xarxa, com els encaminadors, fossin gestionats remotament d'una manera uniforme. Es van proposar diversos protocols, entre ells el Simple Network Management Protocol (dissenyat, com el seu nom suggereix, per la simplicitat, i derivat d'una proposta anterior anomenada SGMP), HEMS (un disseny més complex de la comunitat de recerca) i el CMIP (de la comunitat OSI). Un seguit de reunions portaren a la decisió que calia retirar HEMS com a candidat per a l'estandarització, per a ajudar a resoldre la contesa, però també que calia seguir treballant amb SNMP i CMIP, amb la idea que SNMP seria una millor solució a curt termini, i CMIP una possibilitat més a la llarg termini. El mercat podria triar quin resultava més convenient. Avui SNMP és usat de forma gairebé universal per a la gestió en xarxa.

En els darrers anys, hem vist una nova etapa de comercialització. Originalment, els esforços de comercialització comprenien sobretot proveïdors dels productes bàsics, i proveïdors de serveis que oferien la connectivitat i els serveis bàsics d'Internet. Ara Internet esdevingut gairebé un servei de comerç de mercaderies o articles (commodity service), i gran part de l'atenció s'ha posat en l'ús de la infraestructura global d'informació com a suport per a altres serveis comercials. Això s'ha accelerat enormement des de l'adopció ràpida i generalitzada dels navegadors i la World Wide Web, que permet als usuaris un accés fàcil a informació enllaçada per tot el món. Hi ha productes disponibles per fer possible aquest subministrament d'informació, i molts dels darrers avenços en la tecnologia s'han encarat a donar serveis d'informació cada vegada més sofisticats a més de les comunicacions de dades bàsiques d'Internet.

## 9. història del futur

El 24 d'octubre de 1995, el Federal Networking Council (FNC) va aprovar per unanimitat una resolució definit en terme Internet. Aquesta definició es va fer consultant els membres de les comunitats d'Internet i dels drets de Propietat Intel·lectual. Diu així: El Federal Networking Council (FNC) acorda que el següent text reflecteix la nostra definició d'Internet. "Internet" fa referència al sistema d'informació global que -- (i) està enllaçat lògicament tot junt per un únic espai d'adreces global basat en el protocol d'Internet IP o les seves successives extensions; (ii) és capaç de fer possibles les comunicacions emprant el conjunt de Protocol de Control de Transmissió / Protocol d'Internet (TCP/IP) o les seves successives extensions, i/o altres protocols compatibles amb IP; i (iii), usa, permet o dóna accés, tant públicament com privada, a serveis d'alt nivell en les capes de les comunicacions i la infraestructura relacionada que hi descriuen.

Internet ha canviat molt en les dues dècades des que va aparèixer. Va ser concebut en l'època dels sistemes de temps compartit, però ha sobreviscut a l'època dels ordinadors personals PC, la computació client-servidor i peer-to-peer (d'igual a igual), i a l'ordinador de xarxa. Es va dissenyar abans que existissin del xarxes d'àrea local (LAN), però s'ha acomodat aquesta nova tecnologia de xarxa, igual que als més recents ATM i serveis commutats de repartidors (frame switched services). Es va idear per fer possibles un seguit de funcions, des de compartir arxius i accés remot fins a compartir recursos i la col·laboració, i ha parit en correu electrònic i més recentment la Word Wide Web. Però el més important, va començar com la creació d'un petit grup d'investigadors, i ha crescut fins a ser un èxit comercial amb milers de milions de dòlars d'inversió anual.

No s'ha de concloure que Internet ja hagi acabat de canviar. Internet, a més d'una xarxa per nom i geografia, és una criatura de la informàtica, no de la xarxa tradicional de telèfon o televisió. I continuarà, ha de continuar, canviant i transformant-se a la velocitat de la indústria informàtica per seguir sent important. Ara està canviant per donar nous serveis som el transport en temps real, per a permetre, per exemple, el flux de dades d'àudio i vídeo. La disponibilitat de xarxes omnipresents (com és Internet), juntament amb la potència de càlcul i de comunicacions que donen els equips portàtils (i.e. ordinadors portàtils, radiomissatgeria instantània, PDA, telèfons mòbils), està fent possible un nou paradigma de comunicacions i informàtica nòmada.

Aquesta evolució ens durà noves aplicacions —telefonat per Internet i, aviat, televisió per Internet— (NdT: avui ja són una realitat). S'està transformant per permetre maneres més sofisticades de valorar i recuperar despeses, una necessitat potser dolorosa d'aquest món comercial. Està canviant per allotjar encara una altra generació de tecnologies de xarxa amb requeriments i característiques diferents, des d'accés ample de banda domèstic fins a satèl·lits. Nous modes d'accés i noves formes de servei engendrarán noves aplicacions, que al seu torn conduiran a una nova evolució de la xarxa.

La qüestió més urgent per al futur d'Internet no és ara com canviarà la tecnologia, sinó com cal gestionar aquest procés de canvi i transformació. Com hem descrit en aquest text, l'arquitectura d'internet sempre ha estat dirigida per un nucli de dissenyadors, però la forma d'aquest grup ha canviat a mesura que les parts interessades han crescut. Amb l'èxit d'internet hi ha hagut una proliferació d'actors interessats —actors amb interessos tant econòmics com intel·lectuals a la xarxa. Ara veiem, en els debats al voltant del control de l'espai de noms de dominis i la forma de la nova generació d'adreces IP, una lluita per trobar la propera estructura social que guiarà Internet en el futur. La forma d'aquesta estructura serà més difícil de trobar, per causa de la gran quantitat d'interessos implicats. Al mateix temps, la indústria pugna per trobar la manera de trobar l'estructura econòmica per a les grans inversions necessàries per al creixement futur, per exemple per millorar l'accés domèstic amb una tecnologia més apropiada. Si Internet ensopega, no serà per una manca de tecnologia, visió o motivació. Serà perquè no som capaços de trobar una direcció clara i avançar col·lectivament cap al futur.

## Notes

1

Potser això és una exageració basada en el fet que l'autor principal viu a Silicon Valley.

2

En un recent viatge a una llibreria de Tokio, un dels autors va comptar 14 revistes en anglès dedicades a Internet.

3

Una versió abreujada d'aquest article apareix en l'exemplar del 50è aniversari del CACM, Feb. 97. Els autors voldrien expressar el seu reconeixement a Andy Rosenbloom, Editor en cap del CACM, tant per instigar a l'escriptura d'aquest article com per la seva valuosa ajuda en l'edició tant d'aquesta com de la versió abreujada.

4 L'Advanced Research Projects Agency (ARPA) canvià de nom per Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) el 1971, després altre cop a ARPA el 1993, i tornà a anomenar-se DARPA el 1996. En parlem arreu com a DARPA, denominació actual.

5

Va ser a partir de l'estudi de la RAND que es va estendre el fals rumor que ARPANET era alguna cosa relacionada amb construir una xarxa resistent a una guerra nuclear. Això mai no va ser cert d'ARPANET, només l'estudi, sense cap relació, de RAND sobre la veu segura, considerava una guerra nuclear. Tot i això, el treball posterior d'Internet emfatitzà la robustesa i la supervivència, incloent la capacitat de superar pèrdues de grans parts de les xarxes.

6

Incloent entre altres Vint Cerf, Steve Crocker, i Jon Postel. Als quals s'uní després David Crocker, que tindria un rol important en la documentació dels protocols de correu electrònic, i Robert Braden, que desenvolupà el primer NCP i després el TCP per als sistemes principals d'IBM i també tindria un paper important a llarg termini a l'ICCB i l'IAB.

7 Això va ser publicat més tard com a "A protocol for packet network interconnection"; de V. G. Cerf i R. E. Kahn. IEEE Trans. Comm. Tech., vol. COM-22, V 5, pp. 627-641, Maig de 1974.

8 "Atractiu de intercanvi de correu electrònic, tot i això, portà a un dels primers "llibres d'Internet", un Directory of Electronic Mail Addressing and Networks,, de Frey Adams, sobre la traducció d'adreces de correu i els reenviaments.

9 Originalment anomenat Federal Research Internet Coordinating Committee, FRICC. El FRICC es creà inicialment per coordinar les activitats en xarxa de recerca als EUA en suport de la coordinació internacional que feia el CCIRN.

10 El desmantellament d'ARPANET es va commemorar en el seu 20è aniversari en un simposi de "UCLA el 1989.

## Referències

PB) P.  
Baran, "On Distributed Communications Networks",  
IEEE Trans. Comm. Systems, March 1964.

CFKH)  
V. G. Cerf and R. E. Kahn, "A protocol for packet network  
interconnection", IEEE Trans. Comm. Tech., vol. COM-22, V 5,  
pp. 627-641, May 1974.

SC)  
S. Crocker, RFC001 Host software, Apr-07-1969.

RK1)  
R. Kahn, Communications Principles for Operating Systems. Internal BBN memorandum, Jan. 1972.

RK2)  
Proceedings of the IEEE, Special Issue on Packet Communication Networks, Volume 66, No. 11, November, 1978. (Guest editor: Robert Kahn, associate guest editors: Keith Uncapher and Harry van Trees)

LK1)  
L. Kleinrock, "Information Flow in Large Communication Nets", RLE Quarterly Progress Report, July 1961.

LK2)  
L. Kleinrock, Communication Nets: Stochastic Message Flow and Delay, Mcgraw-Hill ( New York), 1964.

LK3)  
L. Kleinrock, Queueing Systems: Vol II, Computer Applications, John Wiley and Sons ( New York), 1976

JCRL)  
J.C.R. Licklider & W. Clark, "On-Line Man Computer Communication", August 1962.

R1)  
L. Roberts & T. Merrill, "Toward a Cooperative Network of Time-Shared Computers", Fall AFIPS Conf., Oct. 1966.

R2)  
L. Roberts, "Multiple Computer Networks and Intercomputer Communication", ACM Gatlinburg Conf., October 1967.

\*Autors

Barry M. Leiner  
va ser Director del Research  
Institute for Advanced Computer Science.  
Va morir l'abril de 2003.

Vinton G. Cerf és Senior  
Vice President d'Estretègia Tecnològica de MCI

David D. Clark és Senior Research Scientist al MIT  
Laboratory for Computer Science

Robert E. Kahn és President de la Corporation  
for National Research Initiatives

Leonard Kleinrock és Professor of Computer Science a la University  
of California, Los Angeles  
, i President i Fundador de Nomadix

Daniel C. Lynch és fundador de CyberCash  
Inc. i  
de Interop networking trade show and conferences.

Jon Postel va ser Director of the Computer Networks Division del Information  
Sciences Institute  
de la University of Southern California fins la seva mort, el 16  
d'Octubre de 1998.

Lawrence G. Roberts és President i CTO de Caspian  
Networks

Stephen Wolff és a Cisco  
Systems, Inc.

Traducció  
catalana de setembre 2006, Martí (La Fàbrica), revisada juny 2007, a partir de la versió 3.32 de

"A  
Brief History of the Internet", revised 10 Dec 2003

Send  
any comments to Vint  
Cerf or  
any of the authors.

Versió  
original anglesa<  
<http://www.isoc.org/internet/history/brief.shtml>>

disponible al web de l'ISOC: <http://www.isoc.org>

1775  
Wiehle Ave., Suite 102, Reston, VA, USA 20190-5108

Tel: +1  
703 326 9880 Fax: +1 703 326 9881

4, rue des  
Falaises, CH-1205, Geneva, Switzerland

Tel: +41 22 807  
1444 Fax: +41 22 807 1445

