

Discurs d'investidura pronunciat pel Dr. Vinton Gray Cerf

És un gran honor per a mi participar en aquesta cerimònia. No puc explicar el que significa entrar a formar part d'aquesta comunitat acadèmica que té una història tan llarga. Aquesta història encara es fa més palesa en una ciutat com ara Tarragona, arrelada en l'Imperi Romà i que encara té senyals d'aquella època en tots els racons de la ciutat. Ahir a la nit vaig tenir l'oportunitat de fer un tomb per la ciutat i vaig veure algunes de les ruïnes. Em van fer pensar en la juxtaposició de la història, el present i el futur. Avui parlarem del futur, d'Internet i cap on va.

Moltes vegades he intentat trobar maneres de descriure el poder d'Internet i la revolució informàtica, i potser la millor analogia que he trobat fins ara és la de comparar-ho amb el sistema que genera i distribueix electricitat a les nostres cases i als nostres despatxos. Al començament d'aquest sistema hi ha motors elèctrics que treballen per a nosaltres 24 hores al dia. Internet s'assembla molt a aquest sistema de generació i distribució d'energia, però en lloc d'enviar electrons a través dels cables hi envia informació, i en lloc de motors elèctrics hi ha computadores que treballen per a nosaltres. Doncs, de la mateixa manera que els motors elèctrics incrementen la nostra força muscular, les computadores augmenten la nostra força cerebral. I us donaré uns exemples més endavant que demostraran que les computadores treballen 24 hores al dia, tal com els motors que fan que els nostres rellotges no s'aturin, que els ascensors no parin d'anar amunt i avall, que s'engeguin els nostres cotxes i que mantinguin funcionant el compressor de la nevera perquè no es fongui el nostre gelat a les tres de la matinada.

Parlem d'Internet com si fos només una xarxa, però no ho és. Hi ha centenars de milers de xarxes arreu del món i totes en formen part. La raó per la qual tot això funciona és que totes les computadores de la xarxa fan servir el mateix llenguatge per poder-se comunicar: aquest llenguatge es diu TCP/IP. És el llenguatge de la commutació de paquets; funciona amb qualsevol sistema de comunicació

subjacent. Per tant, Internet pot funcionar en la ràdio, en satèl·lits, en el sistema telefònic, en telèfons mòbils, en fibra òptica i en qualsevol sistema que porti una col·lecció d'unitats d'informació d'un lloc a un altre. Tampoc necessita que aquests sistemes portin la informació de forma fiable. Internet només demana que el sistema subjacent entregui la informació amb una probabilitat més gran que zero; la resta de la xarxa assumeix la responsabilitat de fer-ne l'entrega. El protocol TCP/IP serveix per a això. El protocol d'Internet –o IP– és, doncs, el protocol central més senzill i més important d'Internet. Durant aquests últims 25 anys he treballat perquè el protocol d'Internet estigui al capdavant de tot, i Internet ha pogut funcionar en tots els nous sistemes de comunicació que s'han desenvolupat.

Avui estem immersos en una gran febre d'Internet. Per a la majoria de nosaltres, això vol dir que la gent busca or en la borsa. Però aquesta febre de l'or no es limita a això; també és un període d'exploració. No hi ha cap model empresarial definit que garanteixi l'èxit a Internet i, per tant, moltes empreses exploren diferents maneres de fer diners mitjançant Internet. Hem après algunes lliçons de les febres de l'or del passat. Una d'aquestes lliçons és que la gent que fa diners en la febre de l'or no és necessàriament la gent que el busca. A vegades la gent que fa diners és la qui ven els pics i les pales als qui busquen l'or. Les empreses de telecomunicacions fan precisament això: venen l'equivalent electrònic a pics i pales a la gent que busquen l'or a Internet. Fa deu anys que la meva empresa fa això i és un bon negoci.

Si es tracta d'una febre de l'or, cal tenir alguna idea de l'escala. Durant els últims dos anys i mig, els dominis "punt.com" han passat d'1,3 a 12 milions; de 22,5 milions d'ordinadors connectats a la xarxa hem passat a 72 milions el gener passat i, a hores d'ara, potser n'hi ha uns 100 milions. El nombre de països que tenen accés a Internet ha passat de 190 a 218, i el nombre d'usuaris ha augmentat de 50 milions a 275 milions al començament d'aquest any i avui aquesta xifra es deu acostar als 300 milions. Però aquestes xifres s'han de situar en un context. El sistema telefònic té 950 milions de terminals; d'aquests, uns 700 milions

corresponen a telèfons de línia fixa i 250 milions corresponen a telèfons cel·lulars o mòbils, la majoria dels quals són aquí a Tarragona, almenys em sembla a mi.

Els 275 milions d'usuaris estan escampats arreu del món. Menys de la meitat són als Estats Units i Canadà. Fa cinc anys les estadístiques eren molt diferents i la majoria dels usuaris eren a Amèrica del Nord, però ara el creixement és fora d'allí. A Europa hi ha 72 milions d'usuaris d'una població de 350 milions. A l'àrea de l'Àsia que toca l'oceà Pacífic hi trobem 55 milions d'usuaris d'una població d'uns 2.000 milions. Amèrica Llatina està començant a utilitzar Internet, sobretot al Brasil, Argentina, Xile, Perú i Costa Rica. A l'Àfrica el nombre d'usuaris s'ha doblat: fa sis mesos n'hi havia 1,2 milions i ara n'hi ha gairebé 2,5 milions. No obstant això, Àfrica té una població de gairebé 1.000 milions i encara tenim molta feina a fer perquè Internet arribi a la població del continent. L'Orient Mitjà tenia 0,1 milions d'usuaris fa sis mesos i ara ja en té 1,3 milions; la majoria són a Israel, però els estats àrabs del voltant estan començant a connectar-s'hi.

Perquè us imagineu l'esforç que la gent està disposada a fer per connectar-se a Internet, voldria explicar el que van fer dos nois d'un poble petit que es diu Kihikihi, a Uganda. El poble no disposa d'electricitat ni de telecomunicacions, però aquests dos estudiants van adquirir una antena de satèl·lit, un convertidor de potència solar i un PC, i d'aquesta manera es van connectar a Internet. Després van fer una foto digital i me la van enviar per correu electrònic perquè veiés que estaven connectats a la xarxa. Amb això no vull dir que tota Àfrica està connectada a la xarxa gràcies a l'esforç d'aquests dos nois, però demostra la feina que algunes persones estan disposades a fer per accedir a la Xarxa. És un recurs molt valuós. De fet, calculo que per a l'any 2010 la meitat de la població del món, uns 3.000 milions de persones, tindrà accés a Internet.

Fa un temps calculava que gairebé 900 milions de dispositius estarien connectats a la xarxa abans de l'any 2006. Però llavors vaig començar a parlar amb empreses com ara Nokia i Ericsson que fabriquen telèfons mòbils. Tots aquests telèfons s'estan habilitant per a Internet i ara preveiem que no només hi haurà 900 milions d'ordinadors i d'altres aplicatius connectats a la Xarxa abans del 2006 sinó que

també hi haurà 1.500 milions de telèfons mòbils. Per tant, d'aquí a sis anys Internet hi tindrà uns 2.500 milions de dispositius connectats, gairebé la meitat de la població de tot el món.

Un dels reptes més interessants que tenim és donar suport als mitjans de comunicació més antics a través d'Internet. Per tant, avui tenim vídeo, telefonia i ràdio per Internet. La ràdio és molt popular: més de 8.000 emissores de ràdio envien el seu so a través d'Internet, algunes de les quals ni tan sols es prenen la molèstia d'emetre de la forma tradicional. El vídeo és un cas molt semblant: els senyals de televisió es poden transmetre a través d'Internet. No obstant això, si no teniu prou capacitat, la imatge a la pantalla serà molt petita. La televisió per Internet normalment fa servir una pantalla d'uns 5 centímetres i cada vegada que en veig una penso que el meu ordinador portàtil hauria de posar el missatge següent a la part de baix: "Felicitats, has convertit el teu ordinador de 5.000 dòlars en un televisor de 1928." Si es pot aconseguir una connexió a Internet de 400 quilobits per segon –és a dir, vuit vegades la velocitat que pot donar una línia telefònica– es pot tenir un servei de televisió d'alta qualitat i de pantalla completa. Això vol dir, per tant, que la xarxa necessita noves tecnologies d'accés per poder proporcionar més capacitat. Aquestes tecnologies ja existeixen, no estan gaire esteses però van fent a poc a poc. Estan disponibles tant en circuits de subscripció digitals com en mòdems per cable. Satèl·lits d'emissió digital poden subministrar milions de bits per segon a un receptor. Així doncs, aquestes tecnologies ens permetran emetre tant televisió com ràdio per la xarxa. Curiosament, la telefonia és més complicada, no per la capacitat que requereix sinó pel retard que introdueix Internet. Un sistema telefònic normal té el que s'anomena el retard de la velocitat de la llum entre el telèfon d'origen i el telèfon receptor. En canvi, Internet és un sistema d'emmagatzemar i enviar dades i, per tant, introdueix un retard. De fet, té tant de retard que sembla que esteu parlant a través d'un satèl·lit. Un enllaç per satèl·lit produeix un retard en el circuit de mig segon i, si alguna vegada heu parlat amb algú a través d'un satèl·lit, sabreu que això realment dificulta la conversa. Els dissenyadors d'Internet n'estem redissenyant l'interior per reduir aquest retard i perquè sigui comparable al sistema telefònic actual. També es veuran altres mitjans en la xarxa, altres

maneres d'interaccionar-hi. Algunes persones ja porten aparells anomenats *Personal Digital Assistants* i hi escriuen amb un estil: entenen l'escriptura i són una alternativa als teclats. I encara més important: alguns d'aquests aparells entenen el llenguatge parlat. En el futur acceptaran instruccions parlades i ens contestaran.

Potser voldreu saber per què crec que hi haurà tants dispositius connectats a la Xarxa: n'hi haurà més que no pas persones. Crec que això passarà perquè cada vegada costa menys de fer una connexió a la Xarxa. Un exemple del que dic és un petit dispositiu compost de dos xips: un d'ells fa el protocol d'Internet mentre que l'altre conté la informació per poder accedir al servidor. Aquesta peça electrònica fa el mateix que una computadora gran a l'hora de presentar informació en la xarxa, però és una peça molt petita, no gaire més gran que una moneda, que no és gaire cara. A mesura que passa el temps cal esperar que cada vegada més dispositius faran servir aquests hardwares i softwares per connectar-se a Internet. De fet, Electrolux ja ha anunciat una nevera habilitada per a Internet que té una pantalla de cristall líquid a la part del davant. No sé si feu el mateix aquí a Espanya, però als Estats Units la comunicació entre els membres d'una família és a base de paper i imants enganxats a la porta de la nevera. Aquest invent es limita a ampliar aquest mitjà comunicatiu incorporant-hi el correu electrònic i la xarxa. Ara una nevera d'Internet "intel·ligent" pot saber que té dintre seu i pot visualitzar receptes dels plats que podeu elaborar amb el seu contingut. Una altra cosa que em va sorprendre era el marc per a quadres habilitat per a Internet. La meva primera reacció en sentir això era que es podria utilitzar com una forquilla elèctrica. Però no. En realitat aquest dispositiu petit es connecta a la xarxa i s'endolla com un altre aparell qualsevol. Està preprogramat per agafar imatges de la xarxa i fer-ne permutacions. Si teniu avis que no saben com utilitzar la xarxa, els regaleu aquest marc i els expliqueu que l'han d'endollar. Trieu unes imatges electròniques dels seus néts, les pengeu al servidor i aquest marc les ensenyarà, una per una, a casa dels avis. Ara, doncs, poden veure com creixen els seus néts sense haver de saber programar una de les màquines de Windows del senyor Gates.

També he de comentar, de forma més general, que hi haurà molts dispositius habilitats per a Internet connectats al sistema. Ja sabeu el que vull dir: aparells com una televisió-web, un televisor que pot enviar correus electrònics i que us permet navegar per Internet. També hi ha altres dispositius com ara el Palm Pilot, una agenda personal digital que conté calendaris, adreces, correu electrònic i d'altres aplicatius. Es comunica amb la xarxa mitjançant la ràdio o connexions directes. El model Nokia 9000 és un telèfon mòbil i un cercapersones, a més a més d'un petit terminal de correu electrònic. Quan l'obriu, veieu un teclat molt petit que és ideal per a les persones d'una alçada de set centímetres i una pantalla de cristall líquid. Podeu utilitzar aquest sistema per comunicar-vos en lloc d'un ordinador portàtil. No fa gaire vaig ser al Japó i vaig visitar Sony, Nintendo i Sega que fan jocs informàtics. De fet, era a Tòquio el dia que Sony va treure al mercat la Sony Playstation II i, pel que veia, jo diria que tots els executius de la companyia estan ajudant a muntar aquests trastos en un intent de respondre a la demanda. Em van explicar un videojoc habilitat per a Internet i vaig començar a pensar en tot el que això podria significar. Als nens, els encanta jugar junts a aquests jocs perquè poden sentir i veure els seus amics. Ara, si són a casa separats els uns dels altres poden utilitzar Internet per jugar en grup, però no se senten ni es veuen els uns als altres. Doncs bé, no seria gaire difícil afegir un micròfon, al videojoc; ja porta altaveus per als efectes sonors. Mitjançant aquest micròfon un dels nens podria sentir els altres. En alguns jocs, els nens s'empaiten amb avions i intenten abatre els altres. Si vosaltres hi juguéssiu, oi que voldríeu veure l'altre quan l'abatíeu i queia en picat cap a terra. Amb una càmera petita que no val més que 100 dòlars les imatges dels jugadors també es podrien distribuir per la xarxa. Ara la situació és molt interessant: hi ha un grup de nens físicament separats els uns dels altres, però se senten, es veuen i es disparen. Tot això contribueix a una videoconferència realment bona. Fa algun temps que el món empresarial està intentant buscar fórmules perquè funcionin els sistemes de videoconferència i crec que acabarà introduint els videojocs als despatxos i, d'aquesta manera, s'utilitzarà la videoconferència en el món empresarial. És clar, també hi ha un efecte secundari interessant: si la conferència és avorrida sempre tens el recurs de jugar.

Us recordeu de la nevera habilitada per a Internet? Doncs algú va tenir la idea interessant d'instal·lar-hi un escàner de codis de barres perquè la nevera sàpiga quins aliments hi poseu. Això vol dir, per exemple, que no sabrà quanta llet queda a l'ampolla però sap que la hi va posar fa tres setmanes. Per tant, és possible que la nevera us enviï un correu electrònic dient: "Si no feu res, la llet sortirà a fer un tomb sola."

Quan vaig ser al Japó, em van ensenyar una balança habilitada per a Internet que envia el vostre pes al metge perquè formi part de la vostra història mèdica. Això planteja un problema, però. Què passa si la nevera rep la mateixa informació i es nega a obrir-se perquè sap que feu règim? També he tingut l'oportunitat de conduir un cotxe habilitat per a Internet. Mercedes Benz té un model amb pantalles als seients del darrere perquè els nens puguin jugar, una pantalla per al conductor i informació del satèl·lit de posicionament global. Per tant, el cotxe sap on és o, millor dit, l'ordinador del cotxe sap on és. I si l'ordinador està connectat a Internet, podeu entrar en la xarxa i buscar-hi informació classificada de forma geogràfica. Això vol dir que podeu saber on és el restaurant, o l'hospital, més proper. Això ja comença a tenir sentit. De fet incrementarà el valor de les bases de dades a Internet que classifiquen la informació geogràficament i serà una altra font de negoci. A més a més de la nevera, molts electrodomèstics estaran connectats a Internet. Per exemple, el vídeo. Si sou com jo i voleu gravar un programa de televisió, heu de localitzar un nen d'onze anys per donar-vos un cop de mà. Però a mi se m'han acabat els nens d'onze anys a casa meva. La meva solució al problema, doncs, és posar el vídeo a Internet, treure una pàgina web i fer clic sobre els programes que vull gravar; les instruccions s'enviaran a través de la Xarxa i el vídeo es programarà automàticament. Hi ha un altre avantatge d'aquest sistema: quan poseu el vídeo a la xarxa, l'aparell sabrà quina hora és i això vol dir que desapareixerà el "12" que fa pampallugues al vídeo de tothom perquè ningú no sap programar l'hora.

Voldria explicar-vos només un exemple més. Viatjo molt i durant molts anys vaig sentir-me molt còmode fent servir el meu ordinador portàtil per enviar els correus electrònics a l'avió perquè ni tan sols les persones del meu costat eren capaces de

llegir-los, perquè la qualitat de la pantalla era dolentíssima. Ara les pantalles són tan bones que la gent de cinc files més enrere els poden llegir tan bé com tu mateix. I això em va fer pensar com solucionar el problema de la intimitat. Una solució són unes ulleres especials que projecten una imatge a la retina que no pot veure ningú més. Però després vaig començar a pensar en l'efecte que fa seure al costat d'una altra persona que treballa amb el seu correu electrònic amb aquestes ulleres posades; aquesta persona veu una imatge virtual mig metre davant seu però tu no veus res. Com reaccionar en una situació així? Doncs, probablement, haurà de portar un didal que es pugui localitzar en tres dimensions. Però imagineu que hi ha una persona treballant amb la seva pantalla privada i que vosaltres sou al seu costat. La vostra primera reacció és preguntar a un dels auxiliars de vol si us en podeu anar a un altre lloc de l'avió perquè no sabeu què està fent aquesta persona. I no penseu que això és ciència-ficció: alguns experiments amb aquestes unitats de projecció ja es porten a terme perquè la gent pugui llegir informació privada.

He de comentar un altre tema important en relació amb la xarxa. Durant molts anys només es podia connectar a la xarxa mitjançant el sistema telefònic o algun altre sistema físic de transmissió. Però d'aquí a no gaire Internet no tindrà fils. A més a més de telèfons mòbils, que aviat seran capaços de subministrar connexions d'una gran capacitat –al voltant de 2 milions de bits per segon–, fins i tot algunes càmeres es podran connectar a la xarxa mitjançant un enllaç de ràdio. L'octubre passat, vaig assistir a l'exposició Telecomm99 a Ginebra i un dels objectes exposats era una radiocàmera que connecta a Internet. Quan fas una foto digital, la transmet a la xarxa i la penja en una pàgina web. Evidentment, és un complement natural al marc de quadres habilitat per a Internet que recull aquestes imatges i les passa a l'avi i a l'àvia. Hi ha molts altres sistemes de radiotransmissió que poden repartir el tràfic d'Internet. Els enginyers utilitzen una sopa de lletres per comprimir les comunicacions amb els seus companys: DBS (un satèl·lit d'emissió digital), LMDS i MMDS (sistemes de radiotransmissió multipunt), Ricochet (el nom d'un servei de ràdio als Estats Units per a la comunicació mòbil a la xarxa) i Bluetooth (que no és el nom d'una condició dental sinó una tecnologia de transmissors de baixa potència que connecten

dispositius que estan només a uns quants metres l'un de l'altre. D'aquesta manera, no cal tenir un munt de cables sobre la taula, només unes quantes radioconnexions de baixa potència). Una ràdio Bluetooth és prou petita per cabre en gairebé qualsevol cosa. Això ens porta a la idea de sempre estar connectat a la xarxa, i no connectar-s'hi i desconnectar-se'n com si fos el sistema telefònic. Quan feu servir la radioconnexió, hi esteu connectats sempre i això consumeix més de la capacitat destinada a l'espai d'adreces.

Això em porta a l'espai per a adreces: en necessitem més, de la mateix manera que necessitem més números de telèfon, per encabir-hi tots els dispositius que al capdavall estaran connectats a la xarxa. Si feu alguns càlculs, trobareu que 128 bits d'adreces us permet connectar 10 elevat a la trenta-vuitena potència d'ordinadors a la xarxa: és a dir, un 1 seguit de 38 zeros. No sé com es diu aquest número –em sembla que no té nom– però és un número molt gran. Durant un temps, em pensava que era prou gran perquè cada un dels electrons de l'univers tinguessin la pròpia pàgina web; però després em vaig assabentar que m'havia equivocat. D'electrons a l'univers, n'hi ha 10 elevat a la vuitanta-vuitena potència i m'havia equivocat per 50 ordres de magnitud, la qual cosa realment és un error gros. Així vam fer un altre càlcul. Ja sabeu que vivim al planeta Terra, però només sobre el 30% de la superfície perquè la resta és aigua. El nostre hàbitat té una alçada mitjana d'un kilòmetre. Per tant, vam calcular el volum de l'hàbitat humà de la Terra i el vam dividir per 10 elevat a la vuitanta-vuitena potència. Si feu els càlculs, acabareu amb un volum de 46,000 molècules. Si sabeu el que és la nanotecnologia –la construcció de dispositius mecànics microscòpics–, traureu la conclusió que mentre la gent que fabrica nanomotors no els faci més petits que 46,000 molècules, tindrem prou espai perquè tots tinguin la seva adreça a Internet. És clar, la meva opinió és que quan per fi se'ns acabi l'espai per a adreces, seré mort, no serà el meu problema i no hauré de patir.

Ara voldria dedicar els minuts restants d'aquesta conferència a mirar una mica més el futur. Hem començat a cablejar el planeta i estem fent una bona feina: Internet creix ràpidament aquí a planeta Terra. També sabeu que fa anys que estem explorant el sistema solar, enviant persones i robots a diversos planetes i

asteroides. Mitjançant la Deep Space Network (la Xarxa de l'Espai Profund) –que depèn del Jet Propulsion Laboratory (el Laboratori de Propulsió a Reacció), a Califòrnia, i que té tres antenes a Espanya, Califòrnia i Austràlia– podem parlar amb els vehicles espacials que estan en òrbita al voltant dels planetes, sobrevolant un asteroide o aterrant en un planeta. De fet, tenim programades una sèrie de missions a Mart i fa un parell d'anys una d'aquestes missions va deixar un petit vehicle sobre la superfície del planeta que ens va enviar unes imatges espectaculars. Per veure-les aquestes imatges, vam haver d'enviar senyals de ràdio del vehicle a un satèl·lit que estava en òrbita i aquest va enviar la informació a la Terra. El que heu de saber sobre tots aquests projectes d'exploració de l'espai és que en el passat cada missió ha tingut el seu sistema de comunicacions i que no s'ha utilitzat res de missions anteriors. Per això, fa un parell d'anys em vaig reunir amb alguns dels científics del Laboratori de Propulsió a Reacció per treballar sobre l'estandardització de les comunicacions espacials. La idea era fer arribar Internet a aquestes regions de l'univers i així permetre que cada nova missió utilitzés l'equipament de missions anteriors. Un equipament estàndard redueix costos perquè no l'hem d'implementar cada vegada i podem fer servir les mateixes eines que en missions anteriors. Però crec que aquest esforç també prepara el camí per a usos comercials de l'espai. Sabem que a la llarga no serà tan car posar vehicles en òrbita al voltant de la Terra. Avui en dia, posar un vehicle en òrbita costa molt més de 10.000 dòlars per quilo. Si podem reduir aquest cost a 500 dòlars per quilo, comença a ser viable econòmicament intentar realitzar operacions comercials a l'espai.

Quan això sigui possible voldria tenir un sistema de comunicacions preparat i, per tant, al Laboratori de Propulsió a Reacció estem començant a construir una Internet interplanetària. Ja hem dissenyat els nous protocols sobre els quals el sistema funcionarà. Començarem amb una sèrie de satèl·lits al voltant de Mart, el primer dels quals serà llançat el 2003. Abans del 2008 esperem tenir sis d'aquests satèl·lits en òrbita al voltant de Mart per poder construir el primer enllaç de la Internet interplanetària. I cap a l'any 2020 esperem tenir tota l'espina dorsal d'Internet en operació al llarg del sistema solar. Heu de ser conscients del repte que això representa. Ho farem pas a pas i cada missió nova que es llança per

explorar una part del sistema solar hi portarà un altre tros de la Internet Interplanetària. Si ho voleu saber, el disseny d'Internet per a la Terra funciona perfectament als altres planetes. Però hi ha un problema: les distàncies astronòmiques entre els planetes incrementen el retard en la comunicació. Per exemple, un senyal triga un mínim de cinc minuts per anar de la Terra a Mart i pot trigar tant com vint minuts perquè la Terra i Mart estan en òrbita al voltant del sol i s'allunyen o s'apropen l'un a l'altre durant aquestes òrbites. Això vol dir que, en comparació amb les comunicacions a la Terra, els retards en el sistema interplanetari són immensos. Així doncs, prendrem els protocols estàndards d'Internet i els utilitzarem als planetes i als vehicles espacials, però entre els planetes farem servir un nou conjunt de protocols que poden funcionar amb retards tan llargs.

Permeteu-me acabar recordant-vos del lema de la Societat d'Internet. La Societat creu que Internet és per a tothom, hauria de ser per a tothom. Aquest és el nostre objectiu. Ara que ens n'anem del planeta creiem que hem d'ampliar el lema una mica per incloure-hi els marcians!

Us agraiexo una vegada més aquest gran honor. Estic molt content de ser aquí i de poder compartir amb vosaltres el meu entusiasme per Internet, entusiasme que està creixent entre la resta de la població del món. Si a algú li interessa utilitzar les diapositives que us he ensenyat, hi podeu accedir a la pàgina web següent: (http://www.wcom.com/about_the_company/cerfs_up/presentations/index.phtml). Espero tornar-vos a veure. Gràcies una altra vegada.

It is for me a great honor to participate in this ceremony. I can not tell you how much it means to me to become a part of this academic community which has such a long history, especially in a city like Tarragona, which has roots going back to the Roman Empire and still has evidence of that period surrounding the city. I had an opportunity to walk through the city last night and see some of the remaining ruins and it brought to mind the juxtaposition of history, the present

and the future. Today we are going to talk about the future, about the Internet and where it is going.

I try to find ways to describe the power of the Internet and the Information Revolution and perhaps the best analogy that I have found so far is to compare the Internet to the power generation system that distributes electricity to our homes and offices. At the end of that power system are electric motors that do work for us 24 hours a day. The Internet is a lot like the power generation and distribution system. But instead of sending electrons through wires it sends information. And instead of electrical motors it has computers that do work for us. So just like electrical motors multiply our muscle power, computers multiply our brain power. And as you will see, from some of the examples later, computers are doing work for us 24 hours a day just like motors do that keep our clocks running, that make the elevators go up and down, that start our cars and that keep the compressor going in the refrigerator to keep our ice cream from melting at 3 o'clock in the morning.

We talk about the Internet as if it was one Network, but it is not. There are hundreds of thousands of networks throughout the world that actually make up the Internet. The only reason that this all works is because all of the computers in the Network use the same language to communicate: it is called TCP/IP. It is the language of packet switching; it runs on any underline communication system. So Internet works on the radio, it works on satellites, it works on the telephone system, it works on mobile phones, it works on optical fiber, it works on literally any system that can carry a collection of bits of information from one place to another. And it doesn't require that any of these systems do it reliably; all that the Internet asks is that the underline system deliver information with some probability greater than zero; the rest of the Network takes the responsibility for assuring delivery. That's what the TCP/IP protocol is for. So the Internet Protocol, or IP, is the simplest and most critical central protocol in the Internet's. For the last 25 years I have been working to put the Internet Protocol on top of everything and we have been able to make the Internet work on all the new communication systems that have been developed.

Today we are in the middle of a big Internet gold rush. What this means to most of us is that people are looking for gold in the stock market. But there is most to this gold rush than that; it also is a time for exploration. There are no definite business models that are guaranteeing success on the Internet and so there are many companies exploring different ways of making money on the Network. There are some lessons that we have learned from gold rushes in the past. One of the lessons is that the people that make money in the gold rush are not necessarily the people who are looking for gold. Sometimes the people that make money in the gold rush are selling picks and shovels to the other people who are looking for gold. That is what the telecommunications businesses of the world are doing: they are selling the electronic equivalent of picks and shovels to other people looking for gold on the Internet. That is what my company has been doing for the last ten years and we have made a very good business of it.

If this is a gold rush we must have some idea of its scale. Over the period of the last two and a half years the "dot.com" domains have grown from 1.3 million to 12 million; from 22.5 million computers on the Network to over 72 million in January and probably about a 100 million now. The number of countries that have access to the Internet has gone up from about 190 to 218. And the number of users has increased from 50 million to 275 million at the beginning of the year and probably close to 300 million today. But all of this should be put in perspective. The telephone system has 950 million terminations; about 700 million of those are telephone wire line terminations and about 250 million of them are cell phones or mobiles, most of which are in Tarragona as nearly as I can tell.

The 275 million users are spread around the world. Less than half of them are in the US and Canada; five years ago the statistics looked very different and most of the users were in North America but now it is outside of North America that we have the maximum growth. Europe now has 72 million users out of a population of about 350 million. In the Asia/Pacific rim we find 55 million users out of a population of about 2000 million. Latin America is starting to emerge in the

Internet especially in Brazil, Argentina, Chile Peru and Costa Rica. Africa has doubled in its user base from about 1.2 million to almost 2.5 million in the last 6 months but Africa has almost 1000 people living in it so we have a long way to go to bring Internet to the population of that continent. The Meddle East had 0.1 million users 6 months ago and now has almost 1.3 million; most of them are in Israel but the surrounding Arab states are starting to pick up Internet as well.

Just to give you an idea of how much trouble people will go to get on the Internet I would like to tell you the story of two guys in a little village called Kihihi in Uganda. The village does not have any power nor any telecommunications, but these two students got a satellite antenna, a solar power converter and a personal computer and put themselves on the Internet that way. Then they took a digital picture and sent it to me in e-mail so I can see they were up on the Net. I am not going to tell you that because these two boys got on the Net that all of Africa is on the Internet but it shows you how much effort some people are willing to put into getting onto the Net because it is such a valuable resource. In fact my calculations say that by 2010 about one half of the world's population will have access to the Internet, about 3000 people.

I used to estimate that the number of devices on the Net would be almost 900 million by the year 2006. But then I started talking to companies like Nokia and Ericsson and others who make mobile telephones. All of those telephones are becoming Internet enabled and now we anticipate not only 900 million computers and other appliances on the Net by 2006 but an additional 1500 mobile phones. So in 6 years time the Internet will have about 2500 million devices on it; that is almost half of the world's population.

One of the more interesting challenges for those of us who bring Internet service to the world is to support older media trough the Internet. And so today we have Internet video, telephony and radio. Radio is very popular: there are over 8000 radio stations that send their sound trough the Internet and in fact some of them don't bother transmitting over the air and they just use the Internet to deliver their audio. Video is very similar: you can transmit television signals trough the

Internet. But unless you have enough capacity you can only put a very tiny image on the screen. For those of you who have seen Internet television usually it is about a 2 inch screen. And whenever I see it I think my laptop should say at the bottom: "congratulations, you have turned your 5000 dollar laptop into a 1928 television set". If you can get a 400 kilobits per second connection to the Internet—that is 8 times the speed that you can get on the telephone line – then you could have full quality full screen television. So this means new access technologies are needed on the Network to deliver higher capacity. Those technologies are here today; they are not widespread but they are getting there. Digital Subscriber Loops and Cable modems and Radio transmissions alternatives to cable are all available. Digital broadcast satellites can deliver millions of bits per second to a receiver. So those technologies will allow us to deliver television as well as radio on the net. Telephony, interestingly enough, is hard to do compared to radio and television. The reason it is hard is not because of the capacity that is needed but because of the delay that the Internet introduces. In an ordinary telephone system there is only what is called the speed of light delay between the originating telephone and the terminating telephone. But the Internet is a store and forward system and so it introduces delay. In fact it introduces enough delay that it is like talking to someone through a satellite. A satellite link produces about one half second of roundtrip time delay. And if you have ever spoken to someone by way of the satellite you know how awkward the conversation feels. So those of us who are working on the Internet are redesigning the inside to reduce the delay so that it is comparable to what we get from today's telephone system. In fact we will see other media on the Network, other ways of interacting with it. Already people are carrying devices called Personal Digital Assistants that you can write on with a stylus; those devices understand handwriting and it is an alternative to keyboards. Perhaps even more important some of these devices can understand spoken speech. Those devices eventually will accept instructions from us as we talk to the Network and it talks back.

You might wonder why I believe so many devices are going to be on the Network, more than the world's population: there will be more devices on the Net than there are people. The reason that this is going to happen is because it is

becoming very inexpensive to connect things to the Network. One example is a little tiny device made of two computer chips; one of them does the Internet protocol and the other one has information in it that access a web server. And so this very small piece of electronics is doing everything that a big computer does to present information on the Network, but it is done on a very tiny device that does not cost very much money and it is not much bigger than a coin. And so as time goes on I expect more and more devices will be put on the Internet taking advantage of this kind of hardware and software. In fact Electrolux has already announced a prototype Internet-enabled refrigerator: it has a liquid crystal display on the front of the refrigerator. I don't know whether you have the same situation here in Spain that we have in the US, but our communications in our families are basically paper and magnets that we put on the refrigerator to communicate from one family member to another. This simply expands the communications medium to include e-mail and the web. Now it is possible for an intelligent Internet refrigerator to know what is inside of it and it can pull up recipes on the Net to say what you can still make with what you still have in your refrigerator. Another surprise to me was an Internet-enabled picture frame. My first reaction when I heard about this was it might be as useful as an electrical fork. But in fact this little device plugs into the Network and into the wall for power. It is preprogrammed to take images from the Internet and to cycle through them. So if you have grandparents who don't know how to use the Net, you could get them this little picture frame, they can plug it in; you could take electronic pictures of their grandchildren, put them on the web server and this picture frame will pick those pictures up, one at a time, and cycle through them at home. So now the grandparents can watch the grandchildren growing up and they don't have to learn how to program Mr. Gate's Windows machines.

This brings us to the more general observation that there will be a lot of Internet-enabled devices on the system. You know what some of them are, and you have heard of them; things like Web-TV, a television set that is able to do e-mail and can also pull out contents from the World Wide Web. There are other devices like the Palm Pilot, a Personal Digital Assistant that has in it calendars and address books and e-mail and other kinds of applications and it can communicate to the

Network by means of radio or by direct connections. There is a Nokia 9000 model that is a cell phone and a pager, and it is also a small electronic mail terminal. When you open it up you see a tiny little keyboard, that is suitable for people that is 3 inches tall, and a little liquid crystal display. So you can use that system to communicate as well as a big laptop. I was in Japan not too long ago and I visited Sony and Nintendo and Sega. They make computer games; in fact I was in Tokyo the day that Sony released its Sony Playstation II to the world, and as nearly as I can tell every executive at Sony was assembling these things to try to keep up with demand. They described for me an Internet-enabled video game. I got to thinking what that might mean, because children when they are playing these games love to play them together so they can hear each other and see each other while they are playing the video games. But now if they are at home separate from each other, but they are connected to the Internet, they can still play together as a group. But they can't see and hear each other. Well, it wouldn't be very hard to add a microphone to the video game; it already has speakers so you can make the sound effects. So with the microphone these kids could hear each others. Some of the games involve airplanes that chase each other and you try to shoot the other guy down; if you were playing that game you would want to see the other guy after you shoot him down and heading straight for the earth. So with a small 100 dollar camera you could get the images of the players to be distributed through the Net as well. Now you have very interesting situation: you have a set of kids who are physically separated from each other, but they can hear each other and they can see each other and they can shoot at each other, which sounds like a really good video conference. So I think that the business world, which has been trying to find a way to get video conferencing to work, is probably going to end up with video games coming into the office and that is how we will introduce video conferencing into business. Of course there is a nice side effect because if the conference gets boring you can always go back to play the video game.

Remembering the refrigerator that is Internet-enabled, somebody had a really interesting idea of putting a bar code scanner in the refrigerator so it could tell what food did you put into it. So it might not know, for example, how much milk

is left in the bottle, but it knows it went in there three weeks ago and you might get an e-mail from your refrigerator saying "if you don't do something the milk is going to crawl out of the refrigerator by itself". When I was in Japan they showed me an Internet-enabled bathroom scale that sends your weight to the doctor and that becomes part of your medical record; but then somebody asked what happens if the refrigerator gets the same information and it refuses to open anymore because it knows you are on a diet. I now have had a chance to drive an Internet-enabled car; Mercedes Benz has a model which has displays in the back seats for the kids to play games and a display for the driver and also it has Global Positioning Satellite information. So the car knows where it is; that means the computer in the car knows where it is. And if the computer is attached to the Internet you can reach out into the Network and pull back information which has been indexed geographically. So now you can actually say where is the nearest restaurant, where is the nearest hospital, and that question makes sense. In fact it is going to increase the value of geographically indexed databases that are on the Internet and will become a source of business. Lots of household appliances will be on the net, in addition to the refrigerator; things like the videocassette recorder. If you are like me and you want to record a television program I have to go find the nearest 11 year old to help me do that; but I don't have anymore 11 year olds at home. So my solution to this problem is to put the videocassette recorder onto the Internet and that way I can pull up a web page and just click on which programs I want to record; the instructions will be sent through the Net and program the videocassette recorder automatically. This has one other benefit, because once you put the videocassette on the Net it can find out what time it is and that gets rid of the flashing "12" that is on everybody's videocassette recorder because none of us know how to set the time.

There is only one other example I wanted to share with you. If you are like me you travel a lot and for many years I was very comfortable with my laptop doing my electronic mail while I was on the plane because even the people sitting next to me could not read my display very well because the display on the laptop was so bad. Now the displays are so good that somebody who is five seats behind you can read your e-mail just as well as you can. So I got to thinking how you could solve this problem of privacy and one answer is a special kind of glasses that will

project an image onto your retina so no one else can see except you. But then I got to thinking what would it look like to seat next to someone on an airplane who is working with his e-mail wearing these glasses: he can see a virtual image about one arm's length away but you can see nothing. Now, how does he interact with this? Well, probably he will have to wear a little thimble on his finger that can be located in three dimensions. But imagine the person who is working with this private display and you are sitting next to him...your first reaction is to ask the attendant if you could please move to another part of the plane because you don't know what this person is doing. Less you think this is science fiction; already people with the MIT Laboratory for Computer Science and the Media Lab are experimenting with these kinds of projection units so that people can read private information.

I have to say one other important thing that is happening to the Network is that for many years you could only get to the Net by connecting to the telephone system or connecting to some other physical transmission system; but now the Internet is going wireless. In addition to mobile telephones, which are on their way to supplying very high capacity connections, up in the 2 million bit per second range, even devices like cameras are being radio linked to the Net. Last October in Geneva I attended the Telecomm99 exhibits and one of the examples was a radio based camera that connects to the Internet; when you take a digital picture it transmits that picture to the Net and puts it on a web site. Of course that is the natural complement to the Internet-enabled picture frame which picks those images up and then displays them to grandmother and grandfather. There are many other radio based transmission systems that can deliver Internet traffic. There is an alphabet soup that engineers use to compress their communication with their colleagues: DBS (Digital Broadcast Satellite), LMDS and MMDS (radio based Multipoint transmission systems), Ricochet (the name of the radio service in the US for mobile communication on the Net), Wireless LANs (Local Area Networks), Bluetooth (which is not a dental condition, but a technology of very low power radio transmitters to connect devices that are only a few feet apart and so on the desktop instead of lots of wires you can have just low power radio connections linking them all together). Bluetooth radio is small enough to fit in

almost anything. Now, this leads to the idea of always being connected to the Net, instead of being connected only for a while and then disconnecting as you would do through the telephone system. When you use radio connectivity you are on all the time and this consumes more of the capacity of the address space of the Network than before.

This leads me to observe that we need more address space just like we need more telephone numbers in order to accommodate all of the devices that ultimately will be on the Net. If you do some arithmetic you discover that 128 bits of addressing will allow you to put 10 to the 38 computers on the Network: that is a 1 followed by 38 zeros and I don't know what to call that since I don't think there is any language for that number but it is a big number. For a while I thought that that is a large enough number so that every electron in the Universe could have its own web page; but I found out I was wrong. There are 10 to the 88 electrons in the Universe and so I am wrong by 50 orders of magnitude which is a pretty bad mistake. So we did a different calculation: you know that we live on planet Earth but only on about 30% of it because the rest of it is water and only 30% is land area. Our habitat is about 1 km high; so we said let's take the volume of our human habitat on Earth and divide that by 10 to the 38. If you do that arithmetic you end up with a volume that is about the size of 46000 molecules. If you have heard about nanotechnology (building tiny microscopic mechanical devices on the molecular scale) you can conclude that as long as the people making nanoengines don't make them smaller than 46000 molecules then we will have enough address space to make sure all of them can be on the Internet. Of course, the way I look at it is that by the time we run out this address space I will be dead and it will be someone else's problem and I don't have to worry about it.

Now I want to spend the remaining minutes of my lecture looking a little bit more into the future. We have done a pretty good job of starting to wire the planet: Internet is growing rapidly on planet Earth. You also know that for many years we have been exploring the Solar System sending people and robots to look at various planets and asteroids. By means of the Deep Space Network, operated by the Jet Propulsion Laboratory in California and made up by three antennas in

Spain, California and Australia, we can talk to space vehicles that might be in orbit around the planets, or flying past an asteroid or may be landing on the planets. In fact we have a series of missions planned to go to Mars and a couple of years ago one of those missions put a small rover on the surface of the planet that sent back some spectacular images of Mars. To do that we had to send radio signals from the rover up to an orbiting satellite that transmitted the information back to Earth. The thing that you should know about all of these space exploration projects is that in the past each mission has had its own communication system and there has been no use of earlier mission assets in order to carry out the work to communicate. So, a couple of years ago I got together with some of the scientists at the Jet Propulsion Laboratory to work on an idea for standardizing communications in space extending the Internet into that part of the Universe and by that means allow each new mission to use the assets of earlier missions so that we could grow a communications infrastructure in space. By using the standards we certainly reduce costs because we don't have to keep implementing things over again and we get to reuse assets from earlier missions. But I think this effort also prepares the way for commercial uses of space. We know eventually we will be able to put things in orbit around Earth for a smaller amount of money; today it cost well over 10000 dollars per kilogram to put things into orbit. If we could get that cost down to 500 dollars per kilogram it starts to make an economic sense to put things in space and to actually begin to conduct commerce there.

I would like to have a communication system ready for that day and so we are starting at the Jet Propulsion Laboratory to build an Interplanetary Internet. We have the design now of the new protocols that are needed to make the system work. We are starting with a series of satellites around Mars; the first one will be launched in 2003 and by 2008 we expect to have about 6 of these satellites in orbit around Mars to build the first link of an Interplanetary Internet. By 2020 we hope to have a full Internet backbone working across the Solar System. You have to imagine the challenge that this poses. We are only going to do it one step at a time; each new mission that is launched to explore a part of the Solar System will carry a little bit of the Interplanetary Internet with it. In case you are wondering the design of the Internet for Earth works perfectly well on the other planets; but

there is a problem between the planets. And the problem is that the astronomical distances between the planets increases the delay for communication. So, for example, to transmit a signal from Earth to Mars it takes a minimum of five minutes from the time the signal leaves Earth to the time it gets to Mars and it could take as much as 20 minutes because Earth and Mars are in orbit around the Sun and they get farther away from each other and closer as those orbits proceed. So we have huge delays in the Interplanetary System compared to communications on Earth. So we have designed a new Interplanetary gateway system and we will take the standard Internet protocols and use them for the planets and for the space vehicles but between the planets we have a new set of protocols that can work over such long delays.

Let me close by reminding you of the motto of the Internet Society. The Internet Society believes that Internet is for everyone, should be for everyone and that should be our goal. But now that we know that the Internet is going off the planet we think we have to augment the motto just a little bit and observe that the Internet is for everyone, even Martians!.

Let me thank you again for this great honor. I am so grateful to be here with you sharing my enthusiasm for the Internet and what I think is a growing enthusiasm among the rest of the world's population. If anyone is interest in using the slides I just showed you, you are welcome to take them from this Internet website (http://www.wcom.com/about_the_company/cerfs_up/presentations/index.phtml) where I hope I will see you again as well. Thank you again.