

hyväksymispäivä arvosana

arvostelija

World Wide Webin varhainen historia

Jyrki Rinne

Helsinki 26.2.2007

Seminaarityö

HELSINGIN YLIOPISTO

Tietojenkäsittelytieteen laitos

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty		Laitos — Institution — Department	
Matemaattis-luonnontieteellinen tdk		Tietojenkäsittelytieteen laitos	
Tekijä — Författare — Author			
Jyrki Rinne			
Työn nimi — Arbetets titel — Title			
World Wide Webin varhainen historia			
Oppiaine — Läroämne — Subject			
Tietojenkäsittelytiede			
Työn laji — Arbetets art — Level		Aika — Datum — Month and year	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages
Seminaarityö		26.2.2007	9 sivua
Tiivistelmä — Referat — Abstract			
ACM Computing Classification System (CCS):			
Avainsanat — Nyckelord — Key words			
World Wide Web, W3C, Tim Berners-Lee			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited			
Muita tietoja — övriga uppgifter — Additional information			

Sisältö

1 Johdanto	1
2 Hypertekstin historia	1
2.1 Vannevar Bushin Memex	1
2.2 Douglas Engelbart ja NLS	2
2.3 Ted Nelsonin Xanadu	3
3 World Wide Web	3
3.1 Tim Berners-Lee	3
3.2 Enquire	3
3.3 World Wide Webin protokollat	6
3.4 Web-selainten kehitys	7
4 Yhteenveto	8
Lähteet	9

1 Johdanto

Ilmestyessään vuonna 1990 World Wide Web muutti ihmisten tavan julkaista, jakaa ja etsiä tietoa, sekä erotti internetin muista kilpailevista tietoverkoista suuren yleisön tietoisuuteen. World Wide Webin voidaan katsoa muuttaneen elektronista viestintää samalla tavalla, kuin puhelin muutti sitä 1870-luvulla tai televisio 1920-luvulla [KR99].

Sen syntyyn vaikuttaneet tekijät ulottuvat pitkälle 1940-luvulle ja sen vaikutukset ulottuvat pitkälle tulevaisuuteen. World Wide Web on yksi merkittävimmistä keksinnöistä koko tietojenkäsittelytieteen historiassa.

2 Hypertekstin historia

World Wide Web on internetin päällä toimiva hypertekstijärjestelmä. Onkin tärkeää tuntea hypertekstin luonne ja hypertekstijärjestelmien historia, jotta tuntisi World Wide Webin historian.

Hypertekstin historian kolme merkittävintä henkilöä ovat Vannevar Bush, Douglas Engelbart ja Ted Nelson. Vannevar Bushin katsotaan keksineen hypertekstin alkuperäisen idean, Engelbartin käyttäneen ideaa käytännössä ensimmäisen kerran ja Nelsonin kehittäneen nykyisen hypertekstin.

2.1 Vannevar Bushin Memex

Hypertekstin historian voidaan katsoa alkaneen vuonna 1945, jolloin yhdysvaltalainen tiedemies Vannevar Bush julkaisi The Atlantic Monthly -lehdessä artikkelin "As we may think". Artikkelinä käsittelee Bushin teoreettista Memex-tietojärjestelmää, johon olisi mahdollista tallentaa tietoa, joka oli mahdollista linkittää assosiativisesti muuhun tietoon. Bushin mielestä ihmismieli käsittelee tietoa assosiaatioiden avulla, jonka vuoksi myös järjestelmä yhdistäisi tietoa tällä tavoin. Hän kirjoitti artikkelissaan seuraavasti [SRMvD96].

When data of any sort are placed in storage, they are filed alphabetically or numerically, and information is found (when it is) by tracing it down from subclass to subclass. It can be in only one place, unless duplicates are used; one has to have rules as to which path will locate it, and the

rules are cumbersome. . . . The human mind does not work that way. It operates by association. With one item in its grasp, it snaps instantly to the next that is suggested by the association of thoughts, in accordance with some intricate web of trails carried by the cells of the brain.[Bus45]

Memex koostui työpöydästä, jossa oli näyttö, näppäimistö ja lukulaite. Kaikki tieto tallennettiin mikrofilmiin, jonka avulla tietoa oli mahdollistaa jakaa toisille. Bush esitteli artikkelissaan, kuinka Memexin avulla saattoi muodostaa uutta tietoa tiedosta toiseen. Hän kuvaili tilanteen, jossa Memexin käyttäjä tutkisi jousen ja nuolen alkuperää ja ominaisuuksia. Kun käyttäjä huomaisi, että materiaalien elastisuudella on suuri merkitys jouselle hän voisi siirtyä tutkimaan elastisuutta ja kirjoittaa havainnoistaan uuden artikkelin järjestelmään. Näin hän muodostaa yhteyden jousesta elastisuuteen, mikä muistuttaa hypertekstin mahdollisuuksia. Vannevar Bush kuoli 1974, kauan ennen internetin tai hypertekstin syntyä [SRMvD96].

2.2 Douglas Engelbart ja NLS

Douglas Carl Engelbart on kiistatta yksi merkittävimpiä henkilöitä koko tietojenkäsittelytieteen historiassa. Hänen tunnetuimmat keksintönsä muodostavat perustan tämän päivän tietokoneiden käytölle.

Engelbart perusti vuonna 1963 oman tutkimusryhmän, joka kehitti keinoja ryhmätyöskentelyyn tietokoneen avulla ja suurien informaatiomäärien käsittelyyn. Tähän tarkoitukseen kehitettiin järjestelmä nimeltä NLS (oNLine System), jonka avulla pystyi lähettämään sähköpostia, jakamaan dokumentteja, kommentoimaan muiden dokumentteja, sekä järjestellä dokumentteja. Tieto pysyi samassa tilassa ja siihen pääsi käsiksi mistä tahansa. Järjestelmää varten kehitettiin uusia innovatiivisia ratkaisuja, kuten ikkunoitu käyttöliittymä, jota pystyi hallitsemaan hiirellä. Tavallisen näppäimistön lisäksi käyttäjällä oli 3 näppäintä dokumenttien hallintaan: I (insert), D (delete) ja M (Move).

Engelbart esitteli NLS - järjestelmää vuonna 1968 konferenssissa San Franciscossa. Monet konferenssiin osallistujat eivät voineet uskoa näkemäänsä ja jotkut pitivät sitä jopa huijauksena. Engelbartin ajatukset olivat valitettavasti noin 20 vuotta edellä aikaansa, eikä NLS:n todellista arvoa ymmärretty sen aikana. Myöhemmin Apple Computers osti oikeuden käyttää tietokoneissaan hiirtä ja ikkunnallinen käyttöliittymä otti vallan työpöytäkoneissa [Bar97].

2.3 Ted Nelsonin Xanadu

Ted Nelson on amerikkalainen filosofi ja informaatioteknologian pioneeri. Hän kehitti Vannevar Bushin ideoihin pohjautuvan hypertekstin, joka mahdollistaa viittausten tekemisen eri dokumenttien välillä. Vuonna 1960 hän aloitti hypertekstiprojektin, jonka oli tarkoitus muodostua helppokäyttöiseksi tietoverkoksi, jossa ihmiset saattoivat noutaa, etsiä ja luoda uutta tietoa. Tiedon ei tulisi koskaan kadota ja tietoja olisi mahdollista hyperlinkittää kaksisuuntaisesti. Nelson nimitti järjestelmän Xanaduksi ja esitteli sitä vuonna 1974 teoksessaan *Lib/Dream Machines* ja vuonna 1981 teoksessaan *Literary Machines*. Xanadu on kehitetty monen ryhmän taholta ja ohjelmoitu uudestaan monella eri ohjelmointikielellä. Sen kunnianhimoiset vaatimukset tekevät siitä hankalan toteutettavan tosielämässä, eikä Xanadu 40 vuotisen historiansa aikana ole saavuttanut suurta suosiota. Sen lähdekoodi julkaistiin avoimena lähdekoodina vuonna 1999.

Ted Nelson sanoo World Wide Webin toteuttavan osan hänen visiostaan, mutta pitää sitä silti suurelta osin virheellisenä. Xanadussa linkit eivät olisi yksisuuntaisia tai rikkinäisiä ja dokumenteilla olisi muun muassa versiohallinta toisin kuin World Wide Webissa [Wik].

3 World Wide Web

3.1 Tim Berners-Lee

Tim Berners-Lee on kahden matemaatikon lapsi. Hänen vanhempansa olivat kehittämässä yhtä ensimmäisistä tietokoneista, Manchester I:ta. Hän valmistui fyysikoksi vuonna 1976 Oxfordin yliopistosta. Opiskeluaikoinaan hän rakensi muun muassa tietokoneen ja television. Berners-Lee kehitti World Wide Webin työskennellessään Euroopan hiukkasfysiikan tutkimuskeskuksessa CERNissä.

3.2 Enquire

Valmistumisensa jälkeen Berners-Lee työskenteli kaksi vuotta Plesse Telecommunications Ltd:ssa muun muassa hajautettujen järjestelmien sekä viivakoodi-tekniikan parissa. Plesse Telecommunicationsista hän siirtyi kehittämään tulostintekniologiaa ja moniajoista käyttöjärjestelmää D.G Nash Ltd:hen.

Vuonna 1980 hän solmi puolen vuoden konsultointisopimuksen CERNin kanssa. Tutkimuskeskuksessa työskenteli tuhansia ihmisiä ja hallinnollinen tieto liikkui usein ainoastaan ihmisten välillä käydyissä keskusteluissa. Berners-Lee kehitti henkilökohtaiseen käyttöönsä tietojärjestelmän nimeltä Enquire. Järjestelmän avulla oli mahdollista tallentaa hallinnollista tietoa ja seurata henkilöstön välisiä yhteyksiä. Enquire ei ollut yhteydessä muihin koneisiin, eikä esimerkiksi internetiin, vaan sitä ajettiin Berners-Leen työryhmän tietokoneella.

Enquire muodosti tietojärjestelmän, joka muistuttaa joltain osin nykyistä World Wide Webia. Aina kun järjestelmään lisäsi tietoa, piti tämä tieto linkittää johonkin jo olemassa olevaan tietoon. Linkki toimi joko yksi- tai kaksisuuntaisesti tietojen välillä ja sen sisällön pystyi määrittelemään vapaasti. Enquireen pystyi lisäämään esimerkiksi ohjelmoijan henkilötiedot ja linkittää ohjelmoijan tiettyyn ohjelmistoon. Linkkiin saattoi merkitä esimerkiksi, että ohjelmoija kehittää ohjelmistoa. Kun Enquirella katsoi kyseisen ohjelmiston tietoja se osasi kertoa, että tietty ohjelmoija kehittää sitä. Ohjelmoijasta löytyi lisätietoa, johon pystyi siirtymään linkin avulla. Enquiressa kaikki tieto oli yhteydessä johonkin toiseen tietoon ja täten se muodosti verkkomaisen tietojärjestelmän.

Konsultointiajan päätyttyä CERNissä Berners-Lee siirtyi Image Computer Systems Ltd:n tekniseksi suunnittelijaksi vuosiksi 1981-1984. Hän kehitti siellä tulostinteknologiaa, muun muassa makrokielen, jonka avulla dokumentteja voitiin valmistella tulostusta varten.

Vuonna 1984 Berners-Lee palasi CERNiin työryhmään, joka kehitti reaaliaikajärjestelmiä tieteellisen tiedon keräämistä ja hallintaa varten. CERN oli kasvanut vuosien aikana ihmis- ja konemäärältään. Tutkimuskeskuksessa käytettiin uusia IBM:n, Digital Equipment Corpin ja Control Datan valmistamia koneita, sekä henkilökohtaisia tietokoneita, kuten PC:eita ja Macintoshheja. CERNissä vieraili paljon tutkijoita ja ryhmiä, jotka toivat mukanaan koneita, joiden toimintatapoihin oli sopeuduttava. Huolimatta laite, kieli -ja aikavyöhykkeiden vaihtelusta tutkijoiden oli tehtävä yhteistyötä keskenään. Berners-Lee huomasi vastaavansa työssään samoihin kysymyksiin yhä uudelleen ja uudelleen. Hän ymmärsi, että CERN tarvitsi Enquiren tavanomaisen järjestelmän, jonka avulla kommunikointi ja tiedonjakaminen tutkijoiden kesken helpottuisi. Alkuperäinen Enquire oli kadonnut vuosien aikana, joten Berners-Lee kirjoitti sen uudelleen Compaq tietokoneelle, sekä DEC:n valmistamalle Vax-koneelle. Järjestelmällä tuli pystyä tallentamaan ihmisten välisten yhteyksien lisäksi tutkijoiden teknisiä dokumentteja, manuaaleja eri ohjelmistoille, kokoustieto-

ja ja muistiinpanoja. Berners-Lee määritteli Enquiren dokumentointijärjestelmäksi. CERNissä oli aikaisemmin kehitetty monenlaisia samantyyllisiä järjestelmiä, joiden tarkoitus oli auttaa ihmisiä organisoimaan tietoja. Kaikissa aikaisemmissa järjestelmissä oli kuitenkin yksi yhdistävä tekijä, joka esti niiden laaja-alaisen käytön; ne vaativat ihmisiä järjestämään tietonsa järjestelmän haluamalla tavalla. Tiedot piti jakaa esimerkiksi tiettyihin kategorioihin tai tallentaa tiettyyn formaattiin, jotta dokumentointijärjestelmä osasi käsitellä tietoja oikein. Berners-Lee ymmärsi, että ihmiset eivät ole halukkaita toimimaan jonkin järjestelmän mukaan, vaan järjestelmän on toimittava ihmisten mukaan. Tämä tarkoitti, että järjestelmässä oli oltava mahdollisimman vähän sääntöjä. Järjestelmän tuli olla myös täysin hajautettu skaalautuvuuden vuoksi, ja jotta kuka tahansa voisi alkaa käyttämään sitä milloin tahansa ilman erillistä lupaa. Berners-Leen visio oli yhdistää Enquire ja Ted Nelsonin hyperteksti. Jokaisella hypertekstijärjestelmän dokumentilla olisi osoite, johon kuka tahansa pystyisi linkittämään omasta dokumentistaan yksisuuntaisesti. Kaikki dokumentit sijaitsisivat samassa hajautetussa tilassa ja linkkien avulla muodostaisivat universaalit tietoverkon. Berners-Lee kirjoitti hypertekstijärjestelmästä kehitysehdotuksen nimeltä "Information Management: A Proposal" CERNin päättäjille [BLFD99]. Kehitysehdotuksessa Berners-Lee kritisoi heikkoa tiedonkulkua CERNissä seuraavasti:

A problem, however, is the high turnover of people. When two years is a typical length of stay, information is constantly being lost. The introduction of the new people demands a fair amount of their time and that of others before they have any idea of what goes on. The technical details of past projects are sometimes lost forever, or only recovered after a detective investigation in an emergency. Often, the information has been recorded, it just cannot be found[BL89].

Kehitysehdotus luovutettiin CERNin päättäjille vuosina 1989 ja 1990, mutta molemmilla kerroilla se jätettiin huomiotta. Tähän saattoi olla useita syitä, ehkä suurimpana se, että CERN oli fysiikan tutkimuskeskus, eikä omannut hallintoyksikköä tietotekniikan kysymyksille. Vastahakoisuudesta huolimatta Berners-Lee päätti jatkaa järjestelmän kehitystä NeXT - koneella ja kutsui sitä myöhemmin vuonna 1990 ensimmäistä kertaa "World Wide Web" nimellä [BLFD99].

3.3 World Wide Webin protokollat

Enquire mahdollisti dokumenttien linkittämisen toisiinsa ja niiden esittämisen hypertekstin avulla, mutta ongelmaksi muodostui kuinka eri laitteet ja käyttöjärjestelmät pystyisivät kommunikoimaan keskenään. Berners-Lee kehitti kolme protokollaa World Wide Webia varten, joiden avulla kuka tahansa, missä tahansa, millä koneella tahansa pystyi viittaamaan mihin tahansa saatavilla olevaan tietoon, sekä keskustelemaan minkä tahansa Web-palvelimen kanssa. Nämä protokollat ovat HTTP, URI ja HTML[BLFD99].

HTTP on lyhenne sanoista Hypertext Transfer Protocol. Se määrittelee tavan, jolla Web-selain ja Web-palvelin kommunikoivat toistensa kanssa. HTTP:n avulla mikä tahansa tietokone, millä tahansa käyttöjärjestelmällä pystyy hakemaan tietoa miltä tahansa Web-palvelimelta.

URI on lyhenne sanoista Uniform Resource Identifier. Sen avulla mille tahansa tiedostolle voidaan antaa osoite, jolla siihen voidaan viitata mistä tahansa. Berners-Lee pitää URI-protokollaa World Wide Webin tärkeimpänä tekijänä.

HTML on lyhenne sanoista Hypertext Markup Language. Se on merkkauskieli, jonka avulla dokumenttiin voidaan muun muassa lisätä linkkejä, kuvia, tyylejä jne. Web-selain tulkkaa HTML-kielen ajonaikaisesti ja esittää tiedon siten, miten se on kuvattu esitettäväksi merkkauskielellä[BL96].

Protokollien lisäksi Berners-Leen tuli päättää missä tietoverkossa World Wide Web toimisi. CERN oli kehittänyt oman tietoverkon nimeltä CERN-net, jota tutkimuskeskuksessa käytettiin muun muassa tiedostonsiirtoon ja sähköpostiin. Monet tutkijat käyttivät tämän lisäksi myös VAX/VMS - käyttöjärjestelmän DECnet-protokollia. Berners-Lee päätyi kuitenkin käyttämään Internetiä tiedonvälitykseen, vaikka se ei ollut saavuttanut vielä 1980-luvulla suosiota Euroopassa. Hän vakuuttui Internetistä kuultuaan kuinka menestyksekkäästi sitä käytettiin Yhdysvalloissa yliopistojen koneiden välisessä tietoliikenteessä. Internetin TCP/IP-protokolla tuki myös useita eri laitteistoja, kuten Unix- ja VAX-koneita [BLFD99].

Vuoden 1990 loppupuolella Berners-Lee käynnisti ensimmäisen web-palvelimen osoitteessa info.cern.ch, jota pyöritettiin hänen omalta NeXT - koneeltaan. Palvelimelta löytyi tietoa World Wide Web - projektista, sekä sen käyttämistä protokollista. Projektia alettiin hyödyntämään CERNissä muun muassa siirtämällä tutkimuskeskuksen puhelinluettelo omalle web-palvelimelleen, josta kuka tahansa sai ajantasalla olevaa tietoa [BL96].

3.4 Web-selainten kehitys

Berners-Leen kehitettyä yleiset protokollat kommunikointia varten hän alkoi kehittää web-selainta. Hän ajatteli ensin tutkia olisiko mahdollista yhdistää hänen tiedonvälitys protokollat johonkin olemassaolevaan hyperteksti-editoriin, jolloin tuloksena olisi toimiva web-selain. Kaikki valmistajat kuitenkin tyrmäsivät idean. He olivat tottuneet käsittelemään hypertekstiä hallitusti yhdellä ohjelmalla ja sen jakaminen hajautetusti herätti useita kysymyksiä. Monet hypertekstijärjestelmät perustuivat ajatukseen, että ohjelmoitu hypertekstidokumentti tuli kääntää, jotta sitä pystyi esittämään. Berners-Leen idea oli, että selain tulkitsee hypertekstiä ajonaikaisesti. Toinen asia, mikä herätti kysymyksiä oli, miten rikkinäiset linkit voitiin estää World Wide Webissä. Berners-Leen mielestä mahdollisuus linkittää tietoa oli itsessään tärkeää ja se mahdollisti järjestelmän skaalautuvuuden. Hän oli valmis hyväksymään, että linkit voisivat olla rikkinäisiä, koska tuolloin mihin tahansa tietoon pystyi viittaamaan helposti ilman ylimääräisiä tarkistuksia viittauksen oikeellisuudesta. Tämä oli filosofinen kiulu hänen ja hypertekstiväen välillä, joka johti lopulta siihen, että Berners-Lee joutui kehittämään selaimen itse.

Berners-Lee ohjelmoi NeXT-koneella ensimmäisen web-selaimen ja antoi ohjelmalle nimen World Wide Web. Ohjelman avulla pystyi muokkaamaan ja esittämään HTML-tiedostoja, sekä hakemaan tietoa HTTP:n avulla web-palvelimelta. Ohjelma osasi esittää yksinkertaisia tyylimääräittelyjä, sekä avata kuvia erilliseen ikkunaan. Koska NeXT oli varsin harvinainen laite ja World Wide Web tarvitsi selaimen mahdollisimman monelle laitealustalle tullakseen tunnetuksi, ryhtyi nuori opiskelija Nicola Pellow kehittämään web-selainta muille järjestelmille. Pellowin tekstipohjainen selain oli yksinkertainen, mutta sen avulla World Wide Web saavutti käyttäjiä CERNissä muun muassa Unix ja MS-Dos - piireissä. Pellowin selain asennettiin myös info.cern.ch - palvelimelle, jossa sitä pystyi käyttämään telnetin avulla. Tämä oli alussa yksinkertaisempaa ihmisille, kuin pyytää heitä asentamaan kokonaan uusi ohjelma. Monet käyttivätkin aluksi webiä telnetin avulla.

Yksi tärkeimmistä selaimen ominaisuuksista Berners-Leen mielestä oli mahdollisuus muokata HTML-dokumenttia. Hän kuvitteli, ettei kukaan haluaisi kirjoittaa itse sivujen koodia, mikä myöhemmin osoittautui vääräksi oletukseksi. Kun selaimia alettiin kehittää CERNin ulkopuolella Berners-Lee painotti editorin tärkeyttä selaimen yhteydessä. Harva noudatti hänen toiveitaan ja toteutti ainoastaan selaimen sivujen katsomista varten.

Ensimmäiset graafiset selaimet muulle kuin NeXT - järjestelmälle olivat Erwise ja

ViolaWWW. Näistä ensimmäinen oli teknillisen korkeakoulun kehittämä graafinen selain Unixin X-ikkunointijärjestelmälle. Selaimen kehitti 4 opiskelijaa opinnäyte-työnään, mutta he eivät Berners-Leen kannustuksesta huolimatta jatkaneet projektia sen valmistuttua. ViolaWWW:n kehitti Berkeleyyn yliopiston opiskelija Pei Wei. Selain oli kirjoitettu Wein kehittämällä Viola-ohjelmointikielellä Unixin X-ikkunointijärjestelmälle. Se oli hyvin kehittynyt ja edellä aikaansa, osaten näyttää HTML-sivuilla grafiikkaa, animaatioita ja appletteja. ViolaWWW vaati toimiakseen Viola-ohjelmointikielen, joten selaimen asentaminen oli vaikeaa. Pei Wei oli enemmän kiinnostunut kehittämään Viola-kieltä, kuin ViolaWWW - selainta, eikä kiinnittänyt asennuksen helpottamiseen huomiota. Lopulta muut selaimet ohittivatkin ViolaWWW:n asentamisen helppoudessa.

World Wide Webin hallitsevaksi selaimeksi nousi NCSA Mosaic, jonka kehittivät Marc Andreessen ja Eric Bina Illinoisin yliopistossa. Selain julkaistiin vuonna 1993 Unix, Amiga, PC ja Macintosh - koneille. Sen asentaminen oli yksinkertaista ja Marc Andreessen oli hyvin vastaanottavainen kehitysehdotusten suhteen, mikä ei ollut tavanomaista muille selain-projekteille. Spyglass - yhtiö osti lisenssin Mosaicin lähdekoodiin, jota myöhemmin käytettiin Internet Explorerin kehityksessä, kun Microsoft osti lisenssin Spyglassilta. Valmistuttuaan vuonna 1993 Andreessen muutti Californiaan, jossa hän tapasi Silicon Graphicsilta lähteneen Jim Clarkin. Yhdessä he perustivat yrityksen nimeltä Mosaic Communicationsin, joka myöhemmin nimettiin Netscape Communications nimellä[BLFD99].

4 Yhteenveto

World Wide Web on monen asian summa. Sen syntyyn ovat vaikuttaneet Vannevar Bushin Memex, Douglas Engelbartin NLS ja Ted Nelsonin Xanadu. Se miksi juuri World Wide Web menestyi liittyy oikeaan aikaan ja edellisten järjestelmien virheistä opittuun tietoon. Berners-Lee kehitti järjestelmän Enquiren pohjalta, yhdisti siihen innovatiivisesti olemassaolevia teknologioita, sekä keksi kuinka tietokoneet saatiin puhumaan samalla kielellä riippumatta laitteistosta tai käyttöjärjestelmästä. Hän osasi tehdä monessa suhteessa kompromisseja, jotka lopulta ratkaisivat World Wide Webin menestyksen. Sen käyttö ei vaatinut, että käyttäjä muuttaisi toimintatapojaan, eikä asettanut rajoitteita sille, mitä voitiin julkaista ja missä. Hän antoi järjestelmän kaikille ilman sitoumuksia, eikä asettanut minkäänlaisia rajoituksia sen käytölle. Nämä tekijät erottivat World Wide Webin kaikista sitä edeltäneistä tieto-

järjestelmistä ja tekivät siitä verkkojen verkon.

Lähteet

- Bar97 Barnes, S. B., Douglas Carl Engelbart: Developing the underlying concepts for contemporary computing. *IEEE Annals of the History of Computing*, 19,3(1997), sivut 16–26.
- BL89 Berners-Lee, T., Information management: A proposal. Tekninen raportti, CERN, 1989. URL <http://www.w3.org/History/1989/proposal.html>. March 1989, May 1990.
- BL96 Berners-Lee, WWW: Past, present, and future. *COMPUTER: IEEE Computer*, 29.
- BLFD99 Berners-Lee, T., Fischetti, M. ja Dertouzos, M., *Weaving the Web*. HarperCollins, San Francisco, California, syyskuu 1999.
- Bus45 Bush, V., As we may think. *The Atlantic Monthly*, 176, sivut 101–108.
- KR99 Kurose, J. F. ja Ross, K. W. Addison Wesley Longman, 1999.
- SRMvD96 Simpson, R., Renear, A., Mylonas, E. ja van Dam, A., 50 years after as we may think: the brown/mit vannevar bush symposium. *interactions*, 3,2(1996), sivut 47–67.
- Wik Wikipedia, Ted nelson. URL http://en.wikipedia.org/wiki/Ted_Nelson.