hyväksymispäivä arvosana

arvostelija

# Internetin varhaishistoria Arpanetin synnystä Internetiin

Ahti Syreeni

Helsinki 27.3.2003

HELSINGIN YLIOPISTO
Tietojenkäsittelytieteen laitos

# Sisältö

# 1 Johdanto

Monet tekijät ovat yhdessä mahdollistaneet Internetin synnyn. Puhelinverkot ovat luoneet pohjan, jonka päälle ensimmäiset tietoliikenneyhteydet on voitu rakentaa. Tietokoneiden kehittyminen on mahdollistanut yhä tehokkaamman tiedonkäsittelyn ja näin ollen monimutkaisienkin protokollien kehittäminen on ollut mahdollista. Radiotekniikka on mahdollistanut ensimmäiset langattomat verkot ja satelliitteja on voitu käyttää pitkien tietoliikenneyhteyksien luomiseen.

Tarkasteltaessa Internetin syntyä ja kehitystä kokonaisuudessaan huomataan, että monet nykypäivänäkin käytössä olevat Internetin ominaisuudet ja tekniset ratkaisut on keksitty jo hyvin varhaisessa vaiheessa. Sähköposti, langattomat radioyhteyksiin perustuvat verkot, satelliittiyhteydet, jopa ensimmäiset liikuteltavat verkkoyhteykselliset tietokoneet on toteutettu jo 70-luvulla Internetin varhaisen muodon, Arpanetin, ensimmäisenä vuosikymmenenä.

Internetin varhaisessa kehityksessä on havaittavissa linjoja, joissa kehitys on tapahtunut osittain rinnakkain. Varhaisvaiheissa, 60-luvulla, aikajakotietokoneet ja niihin perustuneet laajatkin järjestelmät kehittyivät osittain rinnakkain tietokoneiden yhteenliittämispyrkimysten sekä pakettivälityksen suunnittelun kanssa. Samaan aikaan Arpanetin varhaisen kehityksen ja kasvamisen kanssa kehitettiin jo langattomien verkkojen perusteita 70- luvun alussa. Arpanetin kehitystyön ja laajentumisen rinnalle nousi siihen kuulumattomien, itsenäisten verkkojen kehittyminen 70-luvun loppupuolella. TCP-protokollan kehittyminen muodostui kuitenkin villin verkkokehityksen kokoavaksi voimaksi 70- ja 80-lukujen taitteessa johtaen lopulta Internet-käsitteen syntymiseen.

Tässä aineessa käsitellään Internetin esihistoriaa Arpanetin synnystä Internetin syntymiseen. Käsittely aloitetaan ensimmäisessä luvussa Arpanetin synnystä ja siihen johtaneista tekijöistä 50- ja 60-luvuilla. Aiheessa edetään tarkastelemalla Internetin syntyyn johtanutta aikaa, jolloin Arpanetin rinnalle syntyi muita verkkoja. Selvästi Internetin syntyyn johtanut TCP-protokollan kehittyminen ja ensimmäisten verkkojen yhdistyminen sekä lopulta Internet-käsitteen virallistuminen vuonna 1983 antavat päätepisteen käsittelylle.

# 2 Arpanetin varhaisvaiheet

Visiot tietokoneverkoista, ensimmäisen pienen tietokoneverkon antamat lupaukset eri tietokoneiden yhdistämismahdollisuuksista ja erityisesti pakettivälityksen keksiminen loivat lähtökohdat Arpanetin synnylle.

## 2.1 Visioista ja ARPA:sta ensimmäiseen tietokoneverkkoon

Visio aikajakoon perustuvasta tietokoneesta (time-sharing computer) syntyi 50-luvun loppupuolella MIT:ssä (Massachusetts Institute of Technology). Ideana oli, että useat ihmiset voisivat käyttää omilta etäpäätteiltään samanaikaisesti yhtä tietokonetta ja näin ollen tämä tietokone olisi koko ajan tehokkaassa käytössä [M+99, s.48]. Idea tällaisesta järjestelmästä yhdessä Bell Laboratories:in vuonna 1958 keksimän modeemin kanssa olivat merkittäviä tietokoneverkkojen syntyyn johtaneita tekijöitä.

Neuvostoliiton menestys avaruusteknologiassa antoi aiheen ARPA-järjestön perustamiselle. Vastauksena Neuvostoliiton onnistuneen satelliitin laukaisulle, Sputnikille, Yhdysvaltoihin perustettiin ARPA-järjestö (The Advanced Research Projects Agency) vuonna 1958 [DAR01]. Järjestö vastasi aluksi lähinnä Yhdysvaltojen avaruus- ja puolustusteknologiasta mutta jo samana vuonna perustetun NASA:n (National Aeronautics and Space Administration) otettua tehtävät haltuunsa ARPA keskittyi yleisiin ja luonteeltaan vaativiin projekteihin. Järjestön sisälle kehittyi aikajakoon perustuvien tietokoneiden tutkimukseen keskittynyt jaos (Information Processing Techniques), jonka johtoon valittiin Joseph C.R. Licklider vuonna 1962 [M+99, s.44,48].

Joseph Lickliderin visiot tietokoneista olivat tärkeitä tietoverkkojen ja tietokoneiden kehityksessä. Koulutuspohjaltaan psykologi ollut Licklider oli sitä mieltä, että tietokoneiden olisi kehitytttävä ihmisen päätöksenteon ja tutkimustyön apuvälineiksi eikä vain tehokkaiksi laskukoneiksi [Lic60]. Ollessaan mukana aikajakoon perustuvien tietokoneiden tutkimuksessa hän alkoi haaveilla tietoverkosta, joka mahdollistaisi tietojen vaihdon ja kommunikoinnin eri tutkimusryhmien välillä tietokoneiden välityksellä [M+99, s.48]. Hänellä oli suhteita eri Yhdysvaltojen yliopistojen tutkimusryhmiin ja hän lähetti näille ajatuksiansa sisältäneitä muistioita [Lic63] 60-luvun alussa. Tutkimusryhmät olivatkin pitkälti juuri niistä yliopistoista, joiden väliltä verkottuminen myöhemmin alkoi.

Lickliderin ajatukset innoittivat Larry Robertsin luomaan ensimmäisen pienen verkon. Roberts työskenteli MIT:ssä ja kuuli vuonna 1964 järjestetyssä konferenssissa Lickliderin esitelmän. ARPA oli näihin aikoihin kiinnostunut rahoittamaan tietokoneiden keskinäisiä kommunikointimahdollisuuksia tutkivia projekteja, koska teknologisen kehityksen lisäksi tietoverkko tarjoaisi myös turvallisen tietokanavan sota-aikoina [Rut95]. ARPA:n rahoittamana Robertsin onnistui yhdistää puhelinlinjojen avulla MIT:ssä ja Kalifornian Santa Monica:ssa sijainneet aikajakotietokoneet toisiinsa vuonna 1965 [M+99, s.52]. Yhteys mahdollisti viestien vaihdon koneiden välillä, mikä tosin oli hidasta ja ei kovin luotettavaa. Jo aikaisemmin oli aikajakoon perustuvissa järjestelmissä tietokone ja etäpääte voineet sijaita kaukanakin toisistaan, mutta nyt ensi kerran oli onnistuttu yhdistämään kaksi eri tietokonetta toisiinsa. Robertsin koe osoitti, että aikajakotietokoneiden kytkeminen toisiinsa oli mahdollista. Ensimmäinen verkko oli syntynyt [L+00].

## 2.2 Pakettivälityksen keksiminen

Pakettivälitys keksittiin lähes samanaikaisesti kolmessa eri tutkimusryhmässä 60-luvun alussa. Tutkijaryhmät eivät tutkiessaan ja julkaistessaan ensimmäiset teoksensa tienneet toisistaan mitään. Kaksi tutkimusryhmää olivat Yhdysvalloissa ja yksi Englannissa.

Toinen yhdysvaltalaisista tutkimusryhmistä toimi MIT:ssä. Leonard Kleinrock julkaisi väitöskirjassaan [Kei61] vuonna 1961 pakettivälitystä käsitteleviä ajatuksia ja sai teorioillaan myös Larry Robertsin vakuuttumaan lähetysten pilkkomisen tärkeydestä. Robertsin tekemän ensimmäisen verkon (luku 2.1) yhteydessä kävikin ilmi, että piirivälitteinen puhelinverkko ei soveltunut hyvin tietokoneiden väliseen kommunikointiin. Tämä vahvisti entisestään Robertsin mielenkiintoa pakettivälitysideaa kohtaan [L+00].

Toinen yhdysvaltalaisista tutkimusryhmistä toimi RAND-järjestössä. RAND (Research and Development) oli toisen maailmansodan jälkeen perustettu järjestö, joka palveli ilmavoimien tarpeita [RAN03]. 60-luvulla järjestön päätutkimusalue oli Yhdysvaltain tietoyhteyksien turvaaminen mahdollisen ydinasehyökkäyksen sattuessa. Järjestön työntekijä, Paul Baran, alkoikin jo vuosikymmenen alussa suunnitella järjestelmää, joka toimisi joidenkin osajärjestelmien tuhouduttuakin [M+99, s.46]. Tämä tutkimus johti vuosien 1960-1962 aikana raportteihin, joissa hän toi esille hajautettujen verkkojen idean sekä tiedon pilkkomisen paketeiksi ja lähettämisen eri verkon reittejä pitkin. Raportit julkaistiin sarjassa ”On Distributed Communications Networks” vuonna 1964 [Bar64]. Pakettivälityksen ideaa sovellettiin näissä julkaisuissa äänen välitykseen.

Pakettivälitys keksittiin myös Englannissa. Fyysikko Donald Davies keksi viestien hajoittamisen lähetyksessä osiksi. Hän antoi tekniikalle nimeksi pakettivälitys (”packet switching”) ja tämä nimi vakiintuikin myöhemmin yleisesti käyttöön. Daviesin tutkimusryhmä toimi NPL:ssä (National Physics Laboratory) [L+00]. Erityisen merkittävää oli se, että tutkimusryhmä myös testasi ideaansa käytännössä rakentamalla ensimmäisen toimivan pakettivälitteisen verkon NPL:ssä vuonna 1967.

Tutkimusryhmät tapasivat ACM:n konferenssissa ja Arpanetin suunnitelmat täsmentyivät. Roberts oli laatinut konferenssiesitelmän, joka sisälsi suunnitelman Arpanetistä [Rob67] ja esitteli sen ACM:n ”The Symposium On Operating Principles Features” konferenssissa vuonna 1967. Samassa konferenssissa myös Daviesin tutkimusryhmä esitteli pakettivälityssuunnitelmansa. Daviesin tutkimusryhmä oli tietoinen Baranin RAND:ssa tekemistä tutkimuksista [DBSW67]. Tutkimusryhmien välinen tietojenvaihto johti siihen, että Roberts täydensi Arpanet-suunnitelmaansa käyttämällä hyväksi Daviesin tutkimusryhmän ideoita. Lopulta myös Baran tuli konsulttina Arpanetin rakennusryhmään mukaan [M+99, s.59].

## 2.3 IMP ja Arpanetin synty

Varhaiset reitittimet olivat keskeisessä asemassa Arpanetin syntymisessä. Roberts ja DARPA:n (entinen ARPA) rahoittama kehitysyhteisö saivat täydennetyn suunnitelman Arpanetistä valmiiksi vuonna 1968. Sen mukaisesti verkossa lähetettävien viestien reititykseen käytettäisiin erillisiä tarkoitukseen sopivia varhaisia reitittimiä, joita kutsuttiin IMP:eiksi (Interface Message Processors) [L+00]. Näiden tehtävänä oli yhdistää eri verkon osat toisiinsa, ohjata viestit vastaanottajille ja varmistaa viestien perillemeno. Laitteiden rakentamisesta järjestetyn tarjouskilpailun voitti pieni yhdysvaltalainen yritys, BBN (Bolt, Beranek and Newman), jossa Frank Heartin johdolla heti aloitettiin kiireinen IMP:ien tarkempi suunnittelu- ja toteutustyö.

Arpanetin suunnittelu ja toteutus vaativat monien tahojen osallistumista. Koska IMP:it oli kytkettävä isäntäkoneisiin, isäntäkoneet oli valmisteltava yhdistämistä varten. Tämän vuoksi ARPA ja BBN pyysivät apua niiltä neljältä yliopistolta, joiden välille verkko oli aluksi tarkoitus rakentaa. Yliopistot olivat Kalifornian yliopiston toimipisteet Los Angelesissa (UCLA) sekä Santa Barbarassa (UCSB), Utahin yliopisto (UTAH) ja Standfordin tutkimuskeskus (SRI) [M+99, s.61]. Kiinnostus oli valtaisaa ja valmistelutöissä oli mukana monia tutkijoita ja jatko-opiskelijoita. Arpanetin tarkemmassa suunnittelutyössä keskeisessä asemassa olivat Robert Kahn, jonka työ painottui Arpanetin yleisarkkitehtuurin suunnitteluun ja Larry Roberts sekä Howard Frank työryhmineen, jotka suunnittelivat verkon topologian. Kleinrockin ryhmä UCLA:ssa rakensi verkon mittausjärjestelmän [L+00, Abo93].

Onnistuneen yhteistyön tuloksena Arpanet syntyi vuonna 1969. BBN toimitti ensimmäisen IMP:in UCLA:an syyskuussa 1969. Seuraavassa kuussa Standford (SRI) sai oman IMP:nsä ja ensimmäinen viesti lähetettiin UCLA:sta SRI:hin [L+00]. Seuraavien kuukausien aikana IMP:it asennettiin myös Utahiin ja Santa Barbaraan ja vuoden 1969 loppuun mennessä Arpanetissä oli neljä solmua.

Arpanetissä voitiin ottaa yhteyksiä toisiin koneisiin ja siirtää tiedostoja. Tämän mahdollisti telnet- ja ftp-protokollat, joita oli suunniteltu Steven Crockerin johdolla [L+00]. Roberts kuitenkaan ei ollut tyytyväinen näihin nopeasti suunniteltuihin protokolliin ja Crockerin ryhmä jatkoi laajemmat mahdollisuudet mahdollistavien, yleisempien protokollien suunnittelua. Alkuperäisiä suunnitelmia vaikeutti se, että Arpanettiin kytketyt isäntäkoneet olivat erilaisia ja ne käyttivät eri käyttöjärjestelmiä [RP87]. Protokollien toteutustyö oli siis varsin hidasta.

Protokollien suunnittelun ohessa syntyi myös RFC-perinne. Crockerin työryhmään kuului hänen itsensä lisäksi Steve Carr Utahista ja Jeff Rulifson SRI:stä [Cro69]. Crocker huomasi pian, että ryhmän tapaamisista olisi hyvä tehdä muistiinpanoja ja hän alkoi kirjoittaa muistioita. Näille muistioille hän antoi nimeksi *Request for Comment* [RP87]. Idea oli, että muistiinpanot olivat epävirallisia ideoita kehitettävien protokollien ominaisuuksista, joita kuka tahansa sai ehdottaa. Perinne on säilynyt näihin päiviin asti ja internetin protokollat esitetäänkin RFC:issä, joita on yli kolme tuhatta. Ryhmän nimeksi muodostui the Network Working Group ja siihen alkoi liittyä uusia jäseniä.

# 3 Kohti Internettiä

Arpanet kehittyi 70-luvulla ja samoihin aikoihin syntyi muita verkkoja, jotka kehittyivät ja laajenivat itsenäisesti. Monet verkkojen palvelut enteilivät jo nykyisiä Internetin palveluja.

## 3.1 Arpanetin kehitys 70-luvulla

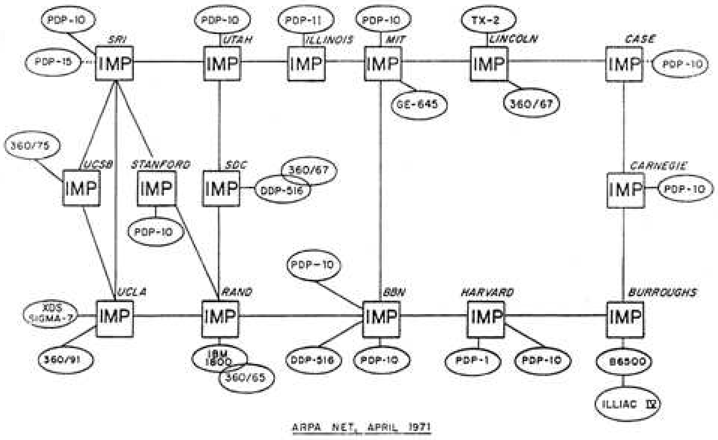
Network Working Group ryhmän työ johti NCP- ja FTP-protokollan (File Transfer Protocol) käyttöönottoon Arpanetissä. Ryhmä sai valmiiksi NCP-protokollan (Network Control Protocol) vuonna 1970 ja se otettiin käyttöön kaikissa Arpanetin koneissa vuosina 1971-1972 [L$^+$00]. Protokollan käyttöönoton ansiosta sovellusohjelmien kehittäminen voitiin aloittaa. Protokollan mukaisesti käyttöjärjestelmät tarjosivat istukan (socket), jonka kautta sovellusohjelmat saattoivat käyttää verkkoa [CCC70]. Tiedostojen siirto helpottui ryhmän saatua FTP-protokollan kehitystyön valmiiksi 1973 [McK73].

Sähköpostiohjelmista tuli suosittuja. Ensimmäisen sähköpostiohjelman kirjoitti Ray Tomlinson, joka työskenteli IMP:ejä valmistaneella BBN:llä. Ohjelma ilmestyi vuonna 1971 ja sen nimi oli CPYNET (copynet). Yhdessä SNDMSG- (send message) ja READMAIL-ohjelmien kanssa hän pystyi lähettämään sähköpostia koneelta toiselle [M$^+$99, s.73]. Seuraavina vuosina tehtiin useita muitakin sähköpostiohjelmia ja Larry Roberts kirjoitti ensimmäisen sähköpostiohjelman, joka sisälsi jo nykyisissäkin sähköpostiohjelmissa olevia toimintoja, kuten uudelleenlähetys ja vastaaminen [L$^+$00]. Tomlinsonin alkuperäisen suunnitelman mukainen nykyinen symbolia @ käyttävä sähköpostiosoitteen muoto alkoi vähitellen vakiintua. Sähköpostiohjelmien yleistyessä myös ensimmäiset postituslistat ilmestyivät vuonna 1975.

Vuonna 1971 BBN alkoi TIP:ien (Terminal Interface Processor) valmistaminen. Aikaisemmat IMP:it olivat perustuneet Honeywell DDP-516 -tietokoneisiin ja niihin pystyi liittämään vain neljä isäntäkonetta [Hea69]. TIP:it sen sijaan perustuivat Honeywell 316-tietokoneisiin ja niihin pystyi liittämään jopa 64 isäntäkonetta tai terminaalia [S$^+$97]. Uusi tietokonemalli oli myös hieman halvempi, kuin aikaisempi.

Kansainvälinen konferenssi toi Arpanetin yleiseen tietoisuuteen. Vuosikymmenen alussa Arpanet oli tunnettu lähinnä vain sen rakentamisessa mukana olleille tietojenkäsittelytieteilijöille. He halusivat, että myös muut tutkijat voisivat osallistua kehitystyöhön. Toisaalta samaan aikaan kehitystyö eteni hitaasti, koska protokollien toteuttaminen useille eri tietokoneille ja käyttöjärjestelmille oli hidasta [M$^+$99, s.74]. DARPA:ssa toiminut Larry Roberts päätti vuonna 1971, että oli aika nostaa Arpanetin kehitystyöhön osallistuneiden tahojen motivaatiota ja ihmisten tietoisuutta Arpanetistä. Oli aika järjestää ensimmäinen julkinen esitys Arpanetistä. Esitys järjestettiinkin seuraavana vuonna pitkällisen valmistelutyön jälkeen "International Conference on Computer" konferenssissa Washingtonissa [Abo93]. Esityksessä oli diaesityksen katsomisen lisäksi mahdollisuus mm. kokeilla monia tietokonepelejä ja katsoa eri tietokantoja ja uutisaiheita. Konferenssi oli menestys ja sai yhä useammat kiinnostumaan Arpanetistä. Konferenssin yhteydessä perustettiin myös "International Network Working Group", jonka tavoitteena oli aloittaa kansainvälisen tietoverkon suunnittelu.

Arpanetin tultua yleiseen tietoisuuteen ja tekniikoiden kehittyessä verkko kasvoi läpi koko 70-luvun. Kasvu ei kuitenkaan ollut niin voimakasta kuin olisi voinut luulla. Kun Arpanetissä alussa, vuonna 1969, oli neljä isäntäkonetta, niitä oli vuonna




Kuva 1: Kaavio Arpanetin rakenteesta vuodelta 1971. [S+97]

1971 vähän yli kaksikymmentä, kuten kuvasta 1 voidaan nähdä. Vuosikymmenen puolivälissä niitä oli noin sata ja vuosikymmenen lopuillakin vasta vähän vajaa kaksi sataa [Zak03]. Arpanet kuitenkin laajentui myös Englantiin ja Norjaan vuonna 1973.

## 3.2 Muita Arpanetin aikaisia verkkoja

Arpanetin onnistuminen innoitti tutkimaan langatonta radioverkkoa. ARPA alkoi rahoittaa 70-luvun alussa tutkimusta, jossa selvitettiin radioyhteyksien hyödyntämistä tiedonvälityksessä. ARPA palkkasi Norman Abramsonin Havaijin yliopistosta tutkimaan asiaa. Hän rakensi verkon, jossa radiolähettimet lähettivät tietoa satunnaisin väliajoin samalla taajuudella ja törmäyksen sattuessa yrittivät vähän ajan päästä uudelleen. Tämä osoittautuikin varsin toimivaksi ratkaisuksi ja hän antoi verkolle nimeksi ALOHAnet [M+99, s.71].

ALOHAnet:n onnistumisen innoittamana Larry Roberts ja Robert Kahn kehittivät idean autoilla kuljetettavista ja langattomasti viestittävistä tietokoneista, jotka olisivat radioyhteydessä suurempaan keskustietokoneeseen. He kutsuivat verkkoja pakettiradioverkoiksi (packet radio network). Armeija kiinnostui tästä ideasta ja 70-luvun aikana toteutettiin useita tällaisia verkkoja.

Satelliittien käyttö mahdollisti pitkät yhteydet. Kahn alkoi visioida pakettiradioverkkojen suunnittelun jälkeen satelliitteja käyttävistä yhteyksistä, jotka mahdollistaisivat yhteydet mihin tahansa maapallolla. Tämän seurauksena syntyi satelliitteja käyttävä SATnet [M+99, s.71].

TELEnet oli ensimmäinen kaupallinen pakettivälitteinen verkko. Arpanet oli 70-luvun alussa ARPA:n ja sille tutkimusta tehneiden yliopistojen ja yritysten käytössä. IMP:ejä valmistanut BBN perusti tytäryhtiön, jonka tehtävä oli tarjota kaupallisia pakettivälityspalveluja vuonna 1974. Näin syntyikin TELEnet, verkko, joka oli Arpanetin kaupallinen versio [M+99, s.80].

Monet Arpanetin aikaiset verkot perustuivat Unixin UUCP-protokollaan. Unix-käyttöjärjestelmä levisi 70-luvun aikana moniin yliopistoihin ja laitoksiin. Unixin UUCP-protokolla (Unix-to-Unix Copy Protocol) tarjosi mahdollisuuden tiedonsiirtoon Unixia käyttävien koneiden välillä [M+99, s.71]. Yleensä käytettävänä siirtolinjana, ainakin aluksi, olivat tavalliset puhelinlinjat ja laitteina modeemit [QH86].

Arpanettiä vaille jääneillä yliopistoilla oli tarpeita yhteisen verkon luomiseen. Yliopistot huomasivat, että ne alkoivat jäädä yhteydenpidossa ulkopuolisiksi, koska Arpanetin piirissä olleet yliopistot kävivät tiivistä tietojenvaihtoa keskenään. Useat yliopistot vaihtoivat 70-luvulla viestejä ja pieniä tiedostoja Bell Laboratories:in tutkimustietokoneen välityksellä [Com83]. Tietokone otti joka ilta UUCP-yhteyden yliopistojen tietokoneille ja siirsi viestit yliopistosta toiseen itseään välitallennuspaikkana käyttäen. Liikenne kasvoi kuitenkin niin suureksi, että Bell Laboratories lopetti palvelun vuonna 1979. Jo pari vuotta aikaisemmin oli rinnalle kehittynyt NSF:n (National Science Foundation) rahoittama THEORYNET joka tarjosi jäsenilleen Wisconsin yliopistossa sijainneen sähköpostilaatikon, johon pääsi sisälle modeemin avulla sekä TELEnet:in kautta. Palvelu kuitenkin mahdollisti vain viestien vaihdon, ei esimerkiksi tiedostojen siirtoa [Com83].

CSNET yhdisti monia yliopistoja 80-luvun alussa. Se oli looginen verkko, joka koostui useasta olemassa olevasta verkosta [Com83]. Verkko tarjosi vain Arpanetissä käytetyn sähköpostipalvelun koko verkon laajuudessa ja lisäksi fyysisen verkon ominaisuuksista riippuen joissakin osissa verkkoa oli myös muita palveluja, kuten tiedoston siirtoa. Verkko oli tarkoitettu vain tietojenkäsittelytieteeseen liittyville järjestöille [QH86].

Usenet syntyi 70-luvun lopussa Unix-käyttäjien keskuudessa. UUCP:ta hyväksi käyttäen Tom Truscott Duken yliopistosta ja Jim Ellis sekä Steve Bellovin Pohjois-Carolinan yliopista päättivät liittää koneensa yhteen vuonna 1979 [M+99, s.102]. Pian verkkoon alkoi liittyä muitakin koneita ja 80-luvun alussa verkko laajeni myös Eurooppaan ja Australiaan [QH86].

Edellä esitettyjen verkkojen lisäksi oli 70- ja 80-luvuilla paljon muitakin verkkoja. Esimerkiksi joillakin yrityksillä, kuten IBM:llä ja Xeroxilla, oli omia verkkoja [QH86].

# 4 Internetin synty

TCP-protokollan kehittyminen ja onnistuneet verkkojen yhdistämiskokeilut johtivat Arpanetin ja muiden verkkojen yhdistymisen alkamiseen 70- ja 80-lukujen taitteessa. Internetin aika koitti 80-luvun alussa.

## 4.1 TCP-protokollan kehittyminen ja verkkojen yhdistämiskokeilut

TCP-protokolla kehitettiin 70-luvulla. Vuosikymmenen alussa suunnitellut langattomat verkot innostivat Vint Cerfiä ja Robert Khania kehittelemään ajatusta kansainvälisestä verkkojen verkosta, joka yhdistäisi langattomat verkot ja Arpanetin. Tätä varten he alkoivat suunnitella arkkitehtuuria, joka sallisi jo olemassa olevien verkkojen säilyttää sisäinen arkkitehtuurinsa ja protokollansa, mutta mahdollistaisi tietojen vaihdon verkkojen välillä [M+99, s.80]. Idean tällaisesta avoimesta arkkitehtuurista Khan oli esittänyt jo työskennellessään pakettiradioverkkojen parissa. Arkkitehtuurin keskeisimpiä ominaisuuksia oli protokolla, joka mahdollisti tiedonsiirron radioyhteyden satunnaisista häiriöistä huolimatta. Kahn alkoikin kehittää protokollasta uutta versiota, josta kehittyi lopulta TCP-protokollaksi [L+00].

Vint Cerfin ja Robert Khanin työ johti TCP-protokollan (Transmission Control Protocol) esitelleen artikkelin julkaisemiseen vuonna 1974 [CK74]. Sen lisäksi, että artikkelissa esitelty TCP tarjosi tavan erilaisille verkoille kommunikoida keskenään, protokolla otti huomioon lähetyshäiriöt, vuonvalvonnan sekä virheentarkistuksen. Ominaisuudet olivat edistyksellisiä, koska esimerkiksi Arpanetissä käytetty NCP-protokolla ei ottanut huomioon pakettien häviämistä matkalla lainkaan, vaan pakettien häviäminen johti protokollan ja todennäköisesti myös sovellusohjelmien jumittumiseen [L+00].

TCP:n toimivuus tuli osoitettua, kun ensimmäinen viesti eri verkkojen välillä vaihdettiin vuonna 1977 [M+99, s.90]. Tällöin liikkuvasta rekka-autosta, San Franciscosta, lähetettiin pakettiradioverkon kautta viesti, joka otettiin vastaan BBN:n toimipaikassa Virginiassa ja keinotekoisesti reititettiin satelliittiverkon avulla Atlantin yli Norjaan. Sieltä viesti reitittyi maalinjaa pitkin Lontooseen ja edelleen satelliittiverkkoa pitkin Arpanettiin. Lopulta viesti tuli Arpanettiä pitkin Etelä-Kalifornian yliopistoon. Erityisen merkittävää oli se, että tuon yli 150 000 kilometrin matkan aikana ei lähetyksestä hävinnyt yhtäkään bittiä [Abo93]. Ei liene yllätys, että koska kokeilua rahoitti Yhdysvaltojen puolustusministeriö, testin tarkoitus oli selvittää, miten liikkuvasta taisteluajoneuvosta voitaisiin lähettää viesti eri verkkoja käyttäen suurimpiin laskukeskuksiin.

TCP-protokollaa vielä testattiin ja paranneltiin läpi 70-luvun. TCP-protokollassa esiintyneitä ongelmia korjattiin ja ominaisuuksia lisättiin [Abo93]. TCP:n reititys ja pyrkimys taata pakettien perillemeno havaittiin ongelmaksi 70-luvun puolivälissä, kun tutkittiin äänen kuljettamista verkossa. Tutkimuksissa tultiin tuloksiin, että äänen kuljettamisessa ei voitu vaatia jokaisen paketin perille tuloa, vaan oli keksittävä vaihtoehto TCP:n käytölle [Abo93]. TCP jaettiinkin vuonna 1978 TCP/IP-protokolliksi ja äänen kuljetukseen kehitettiin UDP-protokolla (User Datagram Protocol). Tällöin IP-protokollan (Internet Protocol) tehtäväksi tuli reitityksen hoitaminen.

## 4.2 Internet-ajan alku

Arpanet päätettiin muuttaa käyttämään TCP/IP-protokollaa 80-luvun alussa. Muutossuunnitelma esitettiin vuonna 1981 ja perusteellisen valmistelutyön jälkeen muutos suoritettiin samanaikaisesti kaikkialla Arpanetissä tammikuussa vuonna 1983 [L+00]. Muutoksen jälkeen Arpanet jakautui sotilaalliseen MILNET-verkkoon sekä tutkimusta palvelevaan Arpanet-verkkoon.

Arpanetin laajentuminen loi tarpeen uudelle verkkojen väliselle reititysprotokollalle. CSnet, SATnet, Usenet ja monet muut verkot liittyivät Arpanettiin 70-luvun loppupuolella ja 80-luvulla. Aikaisemmin kaikki verkkojen väliset reitittimet käyttivät samaa reititysalgoritmia, mutta verkon kasvaessa reitityksen malli muutettiin vuonna 1982 hierarkkiseksi siten, että verkko koostui eri alueista. Alueiden välillä reititys hoidettiin EGP (External Gateway Protocol) avulla ja alueiden sisällä jokaisella alueella sai olla omat reitityspolitiikkansa [L+00].

Vuodesta 1983 lähtien kaikkien Arpanettiin liittyvien verkkojen oletettiin käyttävän TCP/IP-protokollaa ja tällöin alettiin virallisesti käyttää Arpanetistä ja siihen liittyneistä TCP/IP-protokollaa käyttäneistä verkoista yhteisnimeä Internet.

# 5 Yhteenveto

Larry Robertsin kahden erillisen tietokoneen välille luoma ensimmäinen pieni tietokoneverkko ja pakettivälitteisyyden keksiminen olivat tärkeitä tekijöitä tietokoneverkkojen kehittymiselle 60-luvulla. Internetin varhaisen muodon, Arpanetin, syntymiseen 60-luvun lopussa lisäksi vaikutti ainakin ARPA-järjestön perustaminen.

Arpanetin kehittymisen kanssa samaan aikaan 70-luvulla syntyivät langattomat radioverkot ja satelliittiyhteydet, joissa käytetyt teoriat olivat tärkeitä TCP-protokollan syntymisen kannalta. Koska Arpanet oli tiukasti vain ARPA-järjestölle tutkimusta tekevien yliopistojen ja yritysten käytössä, alkoi Arpanetin rinnalle kehittyä 70-luvulla myös muita verkkoja. Monien näiden verkkojen kehittymisessä oli keskeisenä tekijänä Unix-käyttöjärjestelmän leviäminen ja sen suomat mahdollisuudet.

Vint Cerfin ja Robert Khanin ajatukset kaikki verkot kokoavasta yhteisestä verkosta johtivat TCP-protokollan syntymiseen ja kehittymiseen 70-luvulla. TCP-protokollan uudempi versio, TCP/IP, toimi monia verkkoja yhdistävänä tekijänä ja yksittäisiä eri tarkoitusta varten syntyneitä verkkoja yhdistyikin 70- ja 80-lukujen taitteessa Arpanettiin. Käsite Internet virallistui vuonna 1983 tarkoittamaan kaikkia Arpanettiin liittyneitä TCP/IP-protokollaa käyttäneitä verkkoja.

# Lähteet

Abo93 Aboba, B., How the Internet Came to Be. *The Online User's Encyclopedia*, 2,1(1993). November. Myös `http://www.ifla.org/documents/`

internet/history2.txt. [28.2.2002].

Bar64 Baran, P., On Distributed Communications -sarja. Rand-järjestön julkaisusarja, joka sisältää p. baranin raportteja, RAND, USA, 1964.

CCC70 Carr, C., Crocker, D. ja Cerf, V., Request for Comments 33. Rfc 33, jossa esitellään ncp-protokolla., Network Working Group, USA, 1970. Myös http://www.cis.ohio-state.edu/cgi-bin/rfc/rfc0033.html. [2.3.2003].

CK74 Cerf, V. ja Kahn, R., A Protocol for Packet Intercommunication. *IEEE Transactions on Communications*, 22,5(1974), sivut 637–648. Myös http://www-net.cs.umass.edu/cs653/documents/cerfkahn.pdf. [7.2.2003].

Com83 Comer, D., The Computer Science Research Network CSnet: A History and Status Report. *Communications of the ACM*, 26,10(1983), sivut 747–753.

Cro69 Crocker, S., Host Software. Rfc 1, Network Working Group, USA, 1969. Myös http://www.cis.ohio-state.edu/cgi-bin/rfc/rfc0001.html. [2.3.2003].

DAR01 DARPA, DARPA Over the Years, 2001. http://www.darpa.mil/body/overtheyears.html. [7.2.2003]

DBSW67 Davies, D., Bartlett, K., Scantlebury, R. ja Wilkinson, P., A digital communication network for computers giving rapid response at remote terminals. *Proceedings of the ACM symposium on Operating System Principles*, Gatlinburg, Tennessee, 1967, sivut 2.1–2.17.

Hea69 Heart, F., Interface Message Processors For The Arpa Computer Network. Quaterly Technical Report No. 1, 2 January 1969 to 13 March 1969, Bolt Beranek and Newman Inc (BBN), USA, 1969. Myös http://ftp.archive.org/arpanet-o300/BBN1783.djvu. [2.3.2003].

Kei61 Keinrock, L., toimittaja, *Information Flow in Large Communication Nets (Proposal for a Ph.D. Thesis)*. MIT, Massachusetts, 1961. Myös http://www.lk.cs.ucla.edu/LK/Bib/REPORT/PhD/. [1.3.2003].

$L^+00$ Leiner, B. et al., A Brief History of the Internet, 2000. http://www.isoc.org/internet/history/brief.shtml. [7.2.2003]

Lic60 Licklider, J., Man-Computer Symbiosis. *IRE Transactions on Human Factors in Electronics*, 1,1(1960), sivut 4–11. Myös http://memex.org/licklider.pdf. [28.2.2002].

Lic63 Licklider, J., To Members and Affiliates of the Intergalactic Computer Network: Topics for Discussion at the Forthcoming Meeting , 1963. http://packet.cc/files/memo.html. [7.2.2003]

M+99 Moschovitis, C. et al., toimittajat, *History of the Internet*. ABC-CLIO, California, 1999.

McK73 McKenzie, A., Request for Comments 454. Rfc 454, jossa esitellään viimeinen versio ftp-protokollasta., Network Working Group, USA, 1973. Saatavilla: `http://www.cis.ohio-state.edu/cgi-bin/rfc/rfc0454.html`. [2.3.2003].

QH86 Quarterman, J. ja Hoskins, J., Notable computer networks . *Communications of the ACM*, 29,10(1986), sivut 932–971.

RAN03 RAND, About RAND, 2003. `http://www.rand.org/about/`. [7.2.2003]

Rob67 Roberts, L., Multiple computer networks and intercomputer communication. *Proceedings of the ACM symposium on Operating System Principles*, Gatlinburg, Tennessee, 1967, sivut 3.1–3.6.

Ros82 Rosen, E., Exterior Gateway Protocol (RFC 827). Rfc 827, jossa esitellään egp-protokolla., BBN, USA, 1982. Saatavilla: `http://www.cis.ohio-state.edu/cgi-bin/rfc/rfc0827.html`. [2.3.2003].

RP87 Reynolds, J. ja Postel, J., Request for Comments 1000. Rfc 1000, joka toimii hakemistoina muille rfc:ille. sisältää myös historiaa., Network Working Group, USA, 1987. Myös `http://www.cis.ohio-state.edu/cgi-bin/rfc/rfc1000.html`. [2.3.2003].

Rut95 Ruthfield, S., The Internet's History and Development From Wartime Tool to the Fish-Cam. *ACM Crossroads*, 2,1(1995). Eletroninen verkkolehti, `http://www.acm.org/crossroads/xrds2-1/inet-history.html`. [28.2.2002].

S+97 Spicer, D. et al., A History of the Internet 1962-1992, 1997. `http://www.computerhistory.org/exhibits/internet_history`. [7.2.2003]

Zak03 Zakon, R., Hobbes' Internet Timeline v6.0, 2003. `http://www.zakon.org/robert/internet/timeline/`. [7.2.2003]