

ter som følge af AI-forskningen udviklet sig til helt nye discipliner med nye navne. Blandt nogle af disciplinerne kunne man nævne fuzzy logic (s. 295) og den matematiske spilteori (s. 373).

De teknologiske resultater af AI-forskningen er mangfoldige og strækker sig fra datalogi over optiske genkendelsessystemer af håndskrift og levende billeder til skakcomputere og andre specialiserede ekspertsystemer inden for industri og produktion. Også inden for populærkulturen er mange af de tidlige drømme om at skabe kunstig intelligens og kybernetiske menneskemaskiner bibeholdt i form af cyborg-fortællinger og stadig mere fantasifulde science fiction-film om dystre maskinkontrollerede fremtidssamfund.

## Den digitale overtagelse

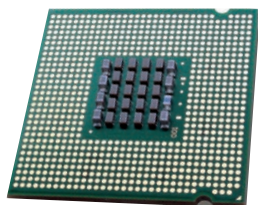
Opfindelsen af transistoren og den efterfølgende opdagelse af halvledere og teorien bag dem omkring 1950 var afgørende for udviklingen af computeren. I dag er flere millioner mikroskopiske transistorer pakket ved siden af hinanden på små siliciumchips, kaldet integrerede strømkredse. Det er dem, der danner skelettet for digitale teknologier som computere, mobiltelefoner, cd'er, mp3-filer og dvd'er.

Årsagen til, at det netop blev siliciumatomer, der dannede basis for computerchips, er, at de er halvledende, dvs. at de både kan lede strøm og ikke lede strøm, alt efter hvor mange urenheder krystallen indeholder, og alt efter hvordan de manipuleres. Netop urenhederne gør det nemt at kontrollere, hvordan elektricitet strømmer igennem dem. Og dette er ideelt, hvis man vil lave komplicerede regnemaskiner – computere – ved at pakke millioner af transistorer (i form af mikroprocessorer og hukommelseschips) tæt sammen på et stykke silicium og guide strømmen igennem de forskellige dele.

I perioden mellem 1960 og 1980 er regnekraften på de siliciumbase-rede computere således steget eksponentielt. Dette kaldes nogle gange for "Moore's lov". Den siger, at den mængde information, der kan lagres på en chip, fordobles hvert år. Loven blev først formuleret af halvlederingeniøren Gordon Moore (f. 1929) i 1964 (han var med til at grundlægge IT-firmaet Intel fire år senere), og den holdt vand indtil 1980, hvorefter fordoblings-tiden steg til 18 måneder. Man regner med, at den nedre grænse for transistorers størrelse er 100 nanometre, hvilket svarer til, at der kan være ca. 50 millioner transistorer på en enkelt chip. Det er en naturlig grænse, bl.a.



Verdens første transistor fra 1947 og en moderne siliciumchip, der fylder en brøkdel, men alligevel indeholder flere millioner lignende transistorer.



fordi endnu mindre transistorer ville udvikle uønskede kvanteeffekter, der ville ødelægge de elektriske signaler. Dermed ikke sagt, at industrien har opgivet håbet om endnu mindre enheder – i laboratorier verden over, på universiteter og hos store firmaer som IBM, Bell Labs, Sony, GE og AT&T, forskes der i mulighederne for at erstatte fremtidens strømkredse med organiske stoffer, DNA og endda bakterier. Man har tidligere forsøgt at udskifte silicium med stoffet gallium arsenid og med

The European Laboratory for Particle Physics, located near Geneva[1] in Switzerland[2] and France[3]. Also the birthplace of the World-Wide Web[4].

This is the CERN laboratory main server. The support team provides a set of Services[5] to the physics experiments and the lab. For questions and suggestions, see WWW Support Contacts[6] at CERN

About the Laboratory[7] - Hot News[8] - Activities[9] - About Physics[10] - Other Subjects[11] - Search[12]

---

#### About the Laboratory

Help[13] and General information[14], divisions, groups and activities[15] (structure), Scientific committees[16]

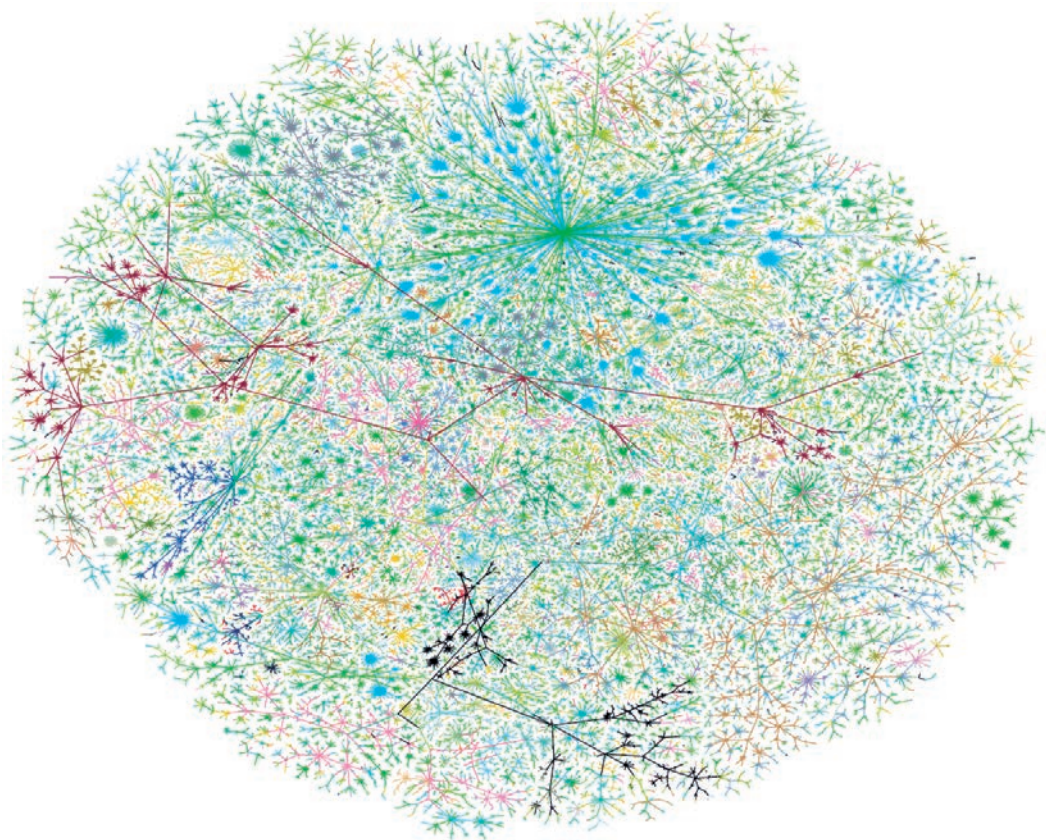
Directories[17] (phone & email, services & people), Scientific Information Service[18] (library, archives or Alice), Preprint[19] Server

1-45, Back, Up, <RETURN> for more, Quit, or Help: █

optiske enheder, men det er endnu ikke lykkedes at finde troværdige alternativer til den silicium-baserede variant i nutidens regnemaskiner.

Ideen til et “galaktisk netværk” af computere med mange af de funktioner, vi i dag kender fra internettet, blev formuleret af den amerikanske AI-forsker J.C.R. Licklider (1915-90) i 1962. Kort tid efter iværksatte det amerikanske forsvarsministerium et forskningsprojekt ved navn ARPANET, som skulle virkeliggøre nogle af de ideer, Licklider og en række andre AI-forskere arbejdede med. Det handlede bl.a. om at lave computernetværk, som kunne transportere datapakker og etablere decentraliserede sikkerhedssystemer, og motivationen bag initiativet var i første omgang at se, om man kunne skabe en elektronisk kommunikationsinfrastruktur, der kunne modstå et atomvåbenangreb fra Sovjetunionen. Det viste sig imidlertid hurtigt, at netværket var nyttigt på mange andre områder, bl.a. til vidensdeling og interne emails. Universiteter begyndte at opføre interne netværk, intranet, og i løbet af 1980’erne blev mange af de separate netværk fra forskningsmiljøerne samlet sammen til stadig større netværk. “Det globale hypertext-projekt”, også kaldt World Wide Web, blev startet i 1990 af CERN (Centre Européen pour la Recherche Nucléaire), der begyndte at forbinde tekstsider til hinanden via hyperlinks. Siderne og deres henvisninger kunne så læses af mennesker helt andre steder på kloden, alene med en

Her ses internettets fødsel. Dette er verdens første hjemmeside fra 1990, sådan som den så ud i en normal tekstbaseret browser. Adressen var <http://info.cern.ch/hypertext/WWW/TheProject.html>. CERN, Geneve.



browser og simple klik med musen. Det var så stor en succes, at der i de følgende år blev lavet millioner og atter millioner af offentlige og private hjemmesider, der alle blev koblet til det store internet.

Internettets infrastruktur kan ses som en digital udgave af et økosystem. Det består af et væld af individuelle komponenter, som organiserer sig i en fødekæde af informationer. Der dannes relationer og separate cybersamfund, som kan være ganske utilgængelige og uforståelige for fremmede. Emails og WWW indeholder ingen strukturelle begrænsninger for, hvad der kan kommunikeres for eller med, og alverdens subkulturer har fundet et ideelt tilholdssted i computernetværkets uendelig mange nyhedsgrupper, emails, diskussionsfora, spilsere og websider. Men som ryggrad for internettet ligger der et kompliceret netværk af netudbydere (eller ISP'ere, Internet Service Providers), routere, satellitter og kabler, som danner de store og små blodårer, der transporterer budskabet frem til modtageren. Hver time bliver der atter og atter koblet tusinder af enheder og optiske fibre på dette

◀ Hvordan ser internettet ud? Linjerne viser de veje, en email kan tage hen over nogle af de største netværk. Hver forgrening svarer til en ny netværksrouter, og farverne svarer til det geografiske område, hvor routerne står.  
Patent Pending & Copyright © Lument Corporation. All Rights Reserved.

pumpende legeme, og der findes intet centralt organ, som organiserer eller styrer det kaotiske filament af tilslutninger.

De kulturelle konsekvenser af internettet var og er enorme. Man talte ikke længere om industrisamfundet, men om informationssamfundet og videnssamfundet. Man begyndte at kunne købe ind via sin hjemmecomputer, sende egne tekster og billeder til kolleger, venner og familie via computer, hente alverdens informationer, nyheder og meninger fra online databaser. Man kunne lave wikier og blogs, og man kunne spille grafisk meget avancerede computerspil mod hinanden. Kombineret med trådløse og mobile enheder er den totale digitalisering af hverdagen kommet inden for rækkevidde. Et "globaliseret" samfund, hvor ikke blot passiv modtagelse af alverdens informationer, men også aktiv vidensdeling og samarbejde er blevet mulig i internettets kringelkroge. Denne bog er f.eks. blevet til i et samarbejde online, ved hjælp af en wiki og en række blogs.

Sideløbende med den enorme eksplosion i antallet af computere udvikledes en anden teknologi, der har haft mindst lige så stor betydning for det globaliserede informationssamfund som internettet. Denne teknologi er i modsætning til computeren gammel og velkendt, nemlig den trådløse telefoni. Var elektroingeniøren Nikola Tesla (1856-1943) blevet født et par årtier før Alexander Graham Bell (1847-1922), havde historien måske set anderledes ud. Telefonerne ville for længst have været 100 procent trådløse, og samtaler over kontinenterne ville være båret af frit svævende radiobølger i stedet for de samme elektriske pulser, som Bell brugte i sin egen kobbertrådtelefon fra 1876. I stedet har man ventet i knap 100 år på, at Teslas opfindelse af telekommunikationen fra 1893 er blevet hvermandseje i form af mobiltelefoner. Siden er det gået stærkt. Internettet har åbnet for et kolossalt spektrum af muligheder for at bruge disse mobile enheder, som i kombination med avanceret computerteknologi strømmer ind over markedet.

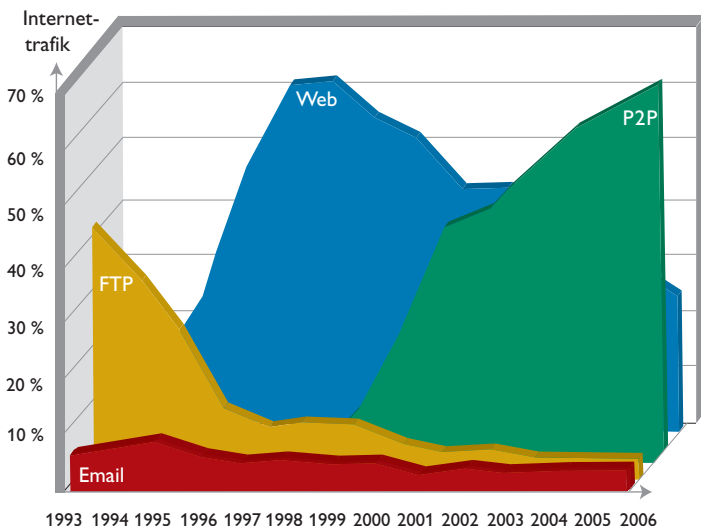
Der er sket så meget, at Nikola Tesla end ikke i sin vildeste fantasi kunne have forestillet sig omfanget af de anvendelser, vi nu har fået. Og det betyder ikke så lidt. For kroatiskfødte Tesla, der boede i USA, var en fantast. Han lavede ikke kun 41 meter høje kunstige lyn og byggede fjernstyrede både, han iværksatte også arbejdet på et stort trådløst telekommunikationstårn på Long Island, der skulle levere lyd, billeder, vejrudsigter og aktiekurser til

alle Amerikas borgere – et projekt, som dog senere blev droppet på grund af arbejderopstand og finansieringsproblemer. Men Tesla havde ret. Han var opfinderen, der i dag er næsten glemt, og som oven i købet er blevet overtruffet af historiebøgernes ukorrekte oplysninger om, at det var italieneren Guglielmo Marconi (1874–1937), der var den første, der opfandt den trådløse telefoni i 1895.

Teknologisk set er trådløs kommunikation ganske simpel. Den baserer sig på radiobølger. De fleste radiotransmissioner indeholder to komponenter: en bærebølge og et signal. Bærebølgen kan forstås som et køretøj. Det er den frekvens, man indstiller sin radio til. Signalet er så passageren. Det kommer fra en mikrofon, et tv-kamera eller en internetforbindelse. Signalet er påtrykt bærebølgen i en proces, som man kalder modulation. Den hyppigste måde at modulere på er FM (frekvens modulation), og den gør, at bærebølgen spredes proportionalt med signalets overførselshastighed. Et 10.000 bps (bits pr. sekund) budskab vil f.eks. få bærebølgen til at spredes med 10 KHz til hver side. Det er derfor, at radiostationernes frekvenser skal være adskilte fra hinanden.

En af årsagerne til, at mobiltelefonen ikke har haft tiden med sig før nu, er, at etableringen af et globalt mobilt netværk, hvor alle kan ringe til alle, kræver et enormt udviklingsarbejde i infrastruktur. Alle de mange elementer, som skal gøre teknologien enkel at anvende, bliver nødt til at passe sammen. Og mens firmaer kæmper for at blive enige om fælles protokoller og standarder, og mens ingeniører er godt i gang med at planlægge og bygge, kommer der pludselig en ny teknik, som er endnu bedre og endnu stærkere, men som kræver en helt anden infrastruktur. Det problem har man til en vis grad allerede haft i overgangen fra de forskellige mobiltelefon-generationer. I slutningen af 1980'erne startede man med analoge mobiltelefoner, som overførte almindelige tovejs FM-radiobølger, der var moduleret til at passe til lyden af menneskets stemme. Fra begyndelsen af 1990'erne brugte man andengenerations mobiltelefoner, der omdanner lyden til samlede bits af data, dvs. til digital form, som så blev båret af modulerede radio- eller mikrobølger. Samtalerne kunne på denne måde presses bedre sammen, og selvom lyden blev en del dårligere end hos de analoge forgængere, kunne teleselskaberne presse flere kunder sammen på mindre båndbredde og dermed tjene flere penge. Den lave båndbredde er dog et problem, fordi man kun kan overføre lavinformationsdata som f.eks. lyd og simple tekststreng.

Internetbrugere udviklede hurtigt fildelingsprogrammer som f.eks. Napster og Kazaa, som blev brugt til at dele mp3-filer og videoer med. Det førte til en række retssager, fordi kunstnere følte deres ophavsret krænkede. Selvom nogle af programmerne blev forbudt, viste de vej til mere sofistikerede peer-to-peer (p2p) fildelingsprogrammer som f.eks. BitTorrent og eDonkey, der var langt sværere at erklære ulovlige. I et studie fra 2005 viste det sig, at p2p-trafikken over internettet allerede i 2003 havde overgået både FTP-, email- og web-trafikken. Andrew Parker: "P2P in 2005", [www.cacheloc.com](http://www.cacheloc.com).



Den enorme vækst i antallet af private computere, mobiltelefoner og internetfirmaer skabte i nogle år en hektisk økonomisk overvurdering af hele den digitale telekommunikationsindustri. Det blev kaldt dotcom-boblen, og da den brast i 2001, gik mange nystartede firmaer konkurs. Der fulgte en periode med mere besindig vækst, og nye udviklinger – bl.a. indførelse af fælles trådløse netværksstandarder, gps-teknologier og billige trådløse sensorer – har fået det digitale marked til igen at tro på fremtiden. Disse teknologier forventes at blive integreret i en lang række produkter og dermed danne basis for “kloge” netværk, der kan tilpasses individuelle behov. Desuden har fremkomsten af bruger-genereret indhold via blogs og wikier skabt en understrøm af langt mere differentieret og specialiseret kommunikationskultur, hvor man i stedet for at downloade indhold fra store “broadcast” mediehuse taler direkte til hinanden – fra bruger til bruger.

De digitale udgaver af produkter som skrift, musik, fotografier og film har udfordret den klassiske forståelse af, hvad “produkt” og “ejerskab” overhovedet er for størrelser. Man kan jo ikke rigtig eje de nuller og etaller, som det nyeste hit består af. Eller kan man? Selv de mest almindelige ting og materialer er begyndt at blive betragtet ud fra en informationsnetværkstanke. Når man f.eks. køber en cd, køber man i virkeligheden tre ting: den information, som den indeholder, det fysiske materiale, hvorpå informationen er trykt, og den kontrakt, ifølge hvilken man har licens til at se informationen, dog uden at man må kopiere eller mangfoldiggøre den. Med informationsalderen får det fysiske medie stadig mindre betydning, da det vil være udskif-

teligt i det uendelige – som når man overfører sine data fra én harddisk til en anden. Flere og flere objekter – det være alt fra telefoner til film – bliver derfor ikke længere solgt, som ting man kan eje, men som licenser og abonnementer, hvor man kun køber retten til at holde atomerne i en specifik og ophavsretsmæssigt beskyttet konfiguration.

Digitaliseringen har også fået konsekvenser for en lang række professioner, som tidligere var knyttet til specifikke materialer og kompetencer. Forskeren skal pludselig være programmør, arkitekten skal bruge kompliceret visualiseringssoftware i stedet for at tegne, og musikeren skal nærmest være systemanalytiker i stedet for blot at kunne spille på et instrument. Der er ingen tvivl om, at den digitale overtagelse af de gamle analoge kommunikationsteknologier – såsom breve, telefoner, tv og kassettebånd og mange, mange flere – har haft en enorm betydning for den sociale og økonomiske udvikling. Og den vil blive ved med at transformere samfundene i lang tid fremover.

## Små verdener

Internettets store databaser og massive online-communities har gjort, at ikke kun sociologer, men også fysikere er begyndt at studere dynamikken i sociale netværk.

I 1930'erne opfandt psykologen Jacob Moreno (1889-1974) som den første nogle sociogrammer, hvorved han kunne repræsentere folks sociale forbindelser ved hjælp af simple prikker og linjer. Det var dog en meget besværlig metode, idet et enkelt sociogram krævede mange timers interview. I midten af 1960'erne lavede den kontroversielle amerikanske socialpsykolog Stanley Milgram (1933-84) de første konkrete forsøg, hvor han fik forsøgspersoner fra Nebraska til at sende almindelige gammeldags breve til en, der måske kendte en osv., for til sidst, med lidt held og dygtighed, at nå frem til en bestemt person i Boston. Milgram kunne vise, at det ikke krævede mere end seks led at komme i kontakt med hinanden. Resultatet af denne forskning går under navnet "Six Degrees of Separation", og det er senere blevet vist, at det faktisk gælder alle mennesker her på kloden. Man vil i princippet, hvis man er dygtig, altid kunne finde en ven, som har en ven, som har en ven, som har en ven, som har en ven, som kender den person, man netop er ude efter at møde – hvad enten det er en bonde i Tadsjikistan eller en