

## Millennium-palkintofinalisti 2008

*"Työstään Viterbin algoritmin kehittäjänä. Tämä tietoliikenteen virheenkorjausalgoritmi on mahdollistanut langattomien viestintävälineiden kehityksen nykyiseen asemaansa, osaksi tavallisten ihmisten arkea."*



### **Andrew J. Viterbi**

pääjohtaja, Viterbi Group LLC, emeritusprofessori, Kalifornian yliopisto, Yhdysvallat

### **Viterbi-virheenkorjausalgoritmin kehittäjä**

Digitaalisissa matkapuhelimissa, mp3-soittimissa ja tietokoneiden levyasemissa käytetään yleisesti Viterbin algoritmia estämään tiedonsiirrossa tapahtuvia virheitä. Tohtori Andrew Viterbi julkaisi algoritmin jo vuonna 1967.

Andrew Viterbi syntyi vuonna 1935 Bergamossa, Italiassa. Euroopassa elettiin levotonta aikaa ja Viterbin perhe lähti Italiasta elokuussa 1939 ja saapui New Yorkiin. Kahden vuoden kuluttua perhe asettui asumaan Bostoniin, Massachusettsiin. Andrew varttui amerikkalaisena poikana ja kävi Boston Latin Schoolia. Vuonna 1952 Andrew aloitti sähkötekniikan opintonsa kuuluisassa MIT:ssä.

Viterbi suoritti perustutkintonsa sähkötekniikassa viidessä vuodessa ja hänet palkattiin California Institute of Technologyn Jet Propulsion Laboratoryyn (JPL), missä Viterbi erikoistui viestintäteknikkaan. Hän työskenteli ryhmässä, joka suunnitteli telemetrialaitteet, joita käytettiin ensimmäisessä onnistuneessa yhdysvaltalaisessa satelliitissa, Explorer 1:ssä.

Työnsä ohella Viterbi jatkoi edelleen opintojaan Etelä-Kalifornian yliopistossa ja hänen väitöskirjansa käsitteli virheenkorjauskoodeja. Sen jälkeen hän opetti UCLA:ssa digitaalista viestintää ja informaatioteoriaa. 1960-luvulla hän julkaisi merkittävämmät tutkimuksensa viestintäteoriasta sekä kuuluisan keksintönsä, Viterbin algoritmin.

### **Viterbin algoritmi**

Radioliikenteeseen sisältyy useita haasteita. Doppler-ilmiön takia lähettimen lähestyessä kohdetta signaalin kantotaajuus kasvaa ja lähettimen liikkuesssa pois päin kantotaajuus laskee. Jos lähetin ei liiku vakionopeudella, kantotaajuuden muutosten seuraaminen on vaikeaa, ellei mahdotonta. Toinen haaste liittyy signaalin erotteluun kohinasta, jos lähetin on kaukana (kuten avaruusaluksessa) tai jos lähetin on pienitehoinen (kuten matkapuhelimissa). Viterbin kehittämä algoritmi ratkaisi molemmat ongelmat.

Viterbin algoritmi on matemaattinen kaava, joka mahdollistaa selkeän ja lähes virheettömän radioviestinnän. "Algoritmi valitsee vastaanotetusta signaalista oikean, mahdollisimman vähän virheitä sisältävän lähetyksen", Viterbi kertoo.

Käytettäessä Viterbin menetelmää signaalin jokaista bittiä (0 tai 1) vastaa vähintään neljä tai kahdeksan koodisymbolia. Vastaanottimeen saapuva signaali ei ole siten puhdas ykkösten ja nollien jono, vaan sarja koodisymboleja, joista alkuperäinen informaatio puretaan. Matkan varrella osa yksittäisistä biteistä voi vääristyä tai kadota, mutta koodisymbolien avulla puuttuvat osat voidaan päätellä hyvin suurella todennäköisyydellä. Vastaanottamissa oleva dekooderi vertaa jokaisen bitin todennäköisyyttä sen viereisiin bitteihin. Olennaista on vastaanotettavan informaation aikasarja, jossa jokainen saapuva bittisarja merkitään saapumisjärjestykseen.

Periaate on yksikertainen, mutta vaatii paljon laskentatehoa. Kun Andrew Viterbi julkaisi algoritminsa 1960-luvulla, tietokoneiden laskentateho ei riittänyt dekoodaamiseen tarvittavien laskelmien tekoon reaaliajassa. Tuohon aikaan kukaan ei osannut kuvitella yleistä sovellusta algoritmille.

### **Sovellukset**

Tietokoneiden laskentatehon kasvettua riittävästi Viterbin algoritmi mullisti koko telekommunikaation, sillä Viterbin algoritmiä käytetään kaikissa matkapuhelimissa. "Algoritmiä käytetään lähes jokaisessa digitaalisessa matkapuhelimissa, joita on yli 2 miljardia maailmassa. Sitä käytetään myös monissa muissa elektronisissa viestintäjärjestelmissä, kuten satelliittitelevisiossa, magneettisessa tallentamisessa, puheentunnistuksessa ja DNA-sekvenssien tunnistamisessa", Viterbi kertoo. Luetteloon voidaan lisätä myös mp3-soittimet, bluetooth-tekniikka ja tietokoneiden levyasemat.

Tänä päivänä tuhannet heikkotehoiset, toisiaan lähellä olevat lähetimet voivat toimia samalla aallonpituusalueella samanaikaisesti, sillä kunkin kantotaajuus on koodattu eri tavoin. Tähän periaatteeseen pohjautuvat nykyiset CDMA- ja UMTS-koodijakokanavoinnit.

Ennen Viterbin algoritmiä oli ehdottu useita muita menetelmiä taajusvaihtelun poistamiseksi. Yksi tehokkaimmista oli Irving Reedin ja Gus Salomonin keksimä Reed-Salomon-virheenkorjausmenetelmä, RS-algoritmi. Se oli matemaattisesti elegantti ratkaisu, mutta erittäin monimutkainen ja hankala jokapäiväiseen käyttöön. 1990-luvulla RS-algoritmista tuli standardi virheenkorjausmenetelmä muun muassa cd-levyillä ja fakseissa.

## Liiketoiminta

Kaupallistaakseen keksintöstä Viterbi perusti yhdessä Irwin Jacobsin ja Leonard Kleinrockin kanssa Linkabit Corp. -yrityksen vuonna 1968. Aluksi yritys oli käytännössä Yhdysvaltain asevoimien ja avaruushallinnon sopimusvalmistaja, mutta vähitellen teknologiaa alettiin käyttää myös siviilimaailmassa. Suuret yritykset saattoivat luoda edullisia tietoliikenneverkkoja, jotka yhdistivät tuhansia eri kohteita. Järjestelmien valmistamista ja käyttämistä varten syntyi useita avaruus- ja mikroaaltotekniikkaan erikoistuneita yrityksiä.

Viterbi kollegoineen lähti Linkabit Corp.:sta vuonna 1985 ja he perustivat uuden yrityksen jo samana vuonna. Qualcomm kasvoi nopeasti maailman johtavaksi digitaalisten langattomien viestintätuotteiden ja -palveluiden tuottajaksi. Qualcommin menestys perustui Viterbin CDMA-tekniikkaan (*code division multiple access*), jonka avulla useat käyttäjät voivat hyödyntää samaa radiotaajuutta samanaikaisesti. Tämä moninkertaistaa järjestelmän analogiseen järjestelmään verrattuna ja poistaa radioaaltojen ruuhkan. CDMA-tekniikka on ollut merkittävä tekijä räjähdysmäisesti kasvaneen langattoman teollisuuden menestyksessä.

Koska Viterbin algoritmiä ja siihen liittyviä menetelmiä käytetään liki kaikissa matkapuhelimissa ja monissa muissa langattomissa viestintämenetelmissä, siitä hyöttyy valtava määrä yrityksiä ympäri maailmaa.

### Andrew J. Viterbi tänään

Yli seitsemänkymmenvuotiaana, Andrew J. Viterbi jatkaa edelleen työskentelyään. Emeritusprofessori johtaa vuonna 2003 perustamaansa Viterbi Group LLC:tä, joka on langattomaan viestintään, kuvantamiseen ja verkkoinfrastruktuuriin erikoistunut pääomasijoitusyhtiö.

Andrew J. Viterbi myös opettaa edelleen Etelä-Kalifornian yliopistossa. Viterbin lahjoitettua 52 miljoona dollaria yliopistolle School of Engineering nimettiin uudelleen ja se tunnetaan nyt nimellä Viterbi School of Engineering.

### Lisätietoja

[http://en.wikipedia.org/wiki/Andrew\\_Viterbi](http://en.wikipedia.org/wiki/Andrew_Viterbi)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Viterbi\\_algorithm](http://en.wikipedia.org/wiki/Viterbi_algorithm)

<http://web.archive.org/web/20050308104709/>

[http://www.ieee.org/organizations/history\\_center/oral\\_histories/transcripts/viterbi.html](http://www.ieee.org/organizations/history_center/oral_histories/transcripts/viterbi.html)

[http://viterbi.usc.edu/about/viterbi/viterbi\\_algorithm.htm](http://viterbi.usc.edu/about/viterbi/viterbi_algorithm.htm)

Andrew J. Viterbi and Jim K. Omura (1979). *Principles of Digital Communication and Coding (Communications and Information Theory)*. ISBN 978-0070675162.

Robert E. Kalman, G. I. Marchuk, A. E. Ruberti, and Andrew J. Viterbi (1987). *Recent Advances in Communication and Control Theory (Series in Communication and Control Systems)*. ISBN 978-0911575460.

## **CV - Dr. Andrew VITERBI**

Citizen of the United States of America  
Born 9 March, 1935 at Bergamo, Italy  
Married, three children

1939 Emigrated with his family to the United States as a refugee  
1952 Entered MIT  
1957 Gained BS and MS in Electrical Engineering  
1962 Received Ph.D. in digital communications from the University of Southern California  
1963 - 1973 Professor in the UCLA School of Engineering and Applied Science  
1968 Founded Linkabit Corporation with Irwin Jacobs and Leonard Kleinrock  
1975 - Adjunct Professor of Electrical Engineering and Computer Science at the University of California, San Diego  
1985 Founded Qualcomm Inc. with Irwin Jacobs in 1985  
2003 Founded The Viterbi Group, the venture capital company.

### **Notable prizes and awards**

1975 Christopher Columbus International Award from the Italian National Research Council  
1980 Aerospace Communications Award from AIAA (jointly with Irwin Jacobs)  
1984 IEEE Alexander Graham Bell Medal  
1973 Elected Life Fellow of IEEE  
1978 Elected as member of the U.S. National Academy of Engineering  
1990 Marconi Prize  
1996 Elected as member of the U.S. National Academy of Sciences  
1996 Elected as member of the American Academy of Arts and Sciences  
2004 The University of Southern California School of Engineering was renamed the Viterbi School of Engineering in his honor  
2005 The Benjamin Franklin Medal from the Franklin Institute  
2007 IEEE / Royal Society of Edinburgh Wolfson James Clerk Maxwell Award