

Ville Haapsaari

**Verkkoteorian käyttö ihmisen pitkäkestoisen muistin toiminnan
kuvauksessa**

Tietojärjestelmätieteen
Kandidaatintutkielma
20.7.2007

Jyväskylän yliopisto
Tietojenkäsittelytieteiden laitos
Jyväskylä

TIIVISTELMÄ

Tämän työn tavoitteena on löytää pelkistetty, kuvaava ja matemaattisen mallintamisen mahdollistava esitysmuoto ihmisen pitkäkestoisen muistin kuvaamiseen. Verkkoteoria on tällaiseen mallintamiseen sopiva työkalu. Tämä työ perustuu kirjallisuuskatsaukseen, jonka avulla on selvitetty millaisilla malleilla ihmisen pitkäkestoisen muistin rakennetta ja toimintaa on kuvattu. Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on ollut löytää kattava malli ihmisen pitkäkestoisen muistin kuvaamiseen. Tarkoituksena on ollut verrata tämän mallin yhtäläisyyksiä verkkoteoriaan. Kirjallisuuskatsauksen tuloksena ei ilmennyt yhtä kattavaa kuvaustapaa, mutta katsauksen pohjalta voidaan havaita, että useissa pitkäkestoisen muistin kuvauksissa on käytetty verkkoja tai niiden kaltaisia rakenteita. Tässä työssä pohditaan voiko verkkoteorialla kuvata muistin toimintaa. Työn loppuosassa on kuvattu muistin toimintaa verkkoteorian avulla.

Työssä on esitelty ensin verkkoteorian keskeisiä käsitteitä. Tavoitteena on ollut esittää verkkoteoria siten, että sitä pystyvät ymmärtämään myös sellaiset lukijat, joilla ei ole vahvaa matemaattista taustaa. Näiden perustietojen avulla lukijalla on mahdollisuus ymmärtää verkkoteorian käsitteistöä. Työssä on myös esitelty pääpiirteittäin ihmisen muistin eri osajärjestelmät.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että verkkoteoria tarjoaa välineitä pitkäkestoisen muistin rakenteen kuvaukseen ja sen toiminnan tutkimiseen. Aiheesta olisi syytä tehdä jatkotutkimusta.

Haapsaari, Ville Jussi Sameli

Tietojärjestelmätieteen kandidaatintutkielma / Ville Haapsaari

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2007.

31 s.

Verkkoteorian käyttö ihmisen pitkäkestoisen muistin toiminnan kuvauksessa

Kirjallisuuskatsaus ihmisen pitkäkestoisen muistin rakenteen ja toiminnan kuvauksen malleista sekä selvitys verkkoteorian käytön mahdollisuuksista pitkäkestoisen muistin rakenteen ja toiminnan kuvaamisessa.

AVAINSANAT: verkkoteoria, pitkäkestoinen muisti, semanttinen muisti.

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	5
2 VERKKOTEORIA	6
3 IHMISEN MUISTIN TOIMINTA	13
3.1 Sensoriset muistit	13
3.2 Työmuisti.....	13
3.3 Pitkäkestoinen muisti	14
3.4 Muistiyksiköt.....	15
4 PITKÄKESTOISEN MUISTIN RAKENNE	16
4.1 Propositiot	16
4.2 Skeemat.....	16
4.3 Semanttinen muisti	18
4.4 Tiedon rakenteen kuvaustapoja.....	19
4.4.1 Määrittelevät ominaisuudet.....	19
4.4.2 Semanttinen verkkorakenne	20
4.4.3 Prototyypimalli	21
4.4.4 Esimerkkimalli	21
4.4.5 Aktivaation leviäminen.....	22
5 MUISTIN RAKENNE VERKKONA.....	23
5.1 Verkon rakenne	23
5.2 Assosiaation kuvaaminen	25
5.3 Päättely.....	27
6 YHTEENVETO.....	29
LÄHDELUETTELO	30

1 JOHDANTO

Ihmisen muistin toiminnan ymmärtäminen ja mallintaminen on hyvin haasteellinen tehtävä. On vaikeata hahmottaa miten esimerkiksi erilaiset muistot, mielikuvat ja taidot assosioituvat ja ovat yhteydessä toisiinsa. Vaikuttaa siltä, että näiden asioiden selvittämiseen tai mallintamiseen ei ole olemassa tarpeeksi kattavia menetelmiä. Verkkoteoria on monikäyttöinen matemaattinen työkalu, ja kiinnostuin selvittämään voidaanko sitä käyttää apuna muistin rakenteen ja toiminnan kuvauksessa.

Ihmisen pitkäkestoisen muistin rakenteen tutkimus ja kuvaukset viittaavat toistuvasti verkkorakenteisiin. Verkoista puhutaan joko suoraan tai esitettävät mallit ovat muunnettavissa verkoiksi. Verkkojen käyttö on kuitenkin melko pinnallista ja niitä käytetään enemmänkin yksinkertaisen visualisoinnin apuna. Verkkoteorian potentiaalia ei käytetä hyödyksi muistin toiminnan tutkimisessa.

Kartoitan pitkäkestoisen muistin kuvaamisen tapoja ja selvitän miten ihmisen pitkäkestoiseen muistiin tallentuneen informaation järjestymistä voisi kuvata verkkorakenteen avulla - millaisesta verkosta on kyse ja mitä ominaisuuksia tällä verkolla on. Pohdin myös kuinka hyvin verkkoteorian avulla voitaisiin kuvata muistin toimintaa.

2 VERKKOTEORIA

Verkkoteoria on matematiikan haara, jota sovelletaan monilla eri tieteenaloilla. Verkoilla voidaan kuvata esimerkiksi sosiaalisia järjestelmiä tai paikkoja ja niiden välisiä yhteyksiä. Käyn seuraavaksi läpi työn kannalta oleellisia verkkoteorian peruskäsitteitä.

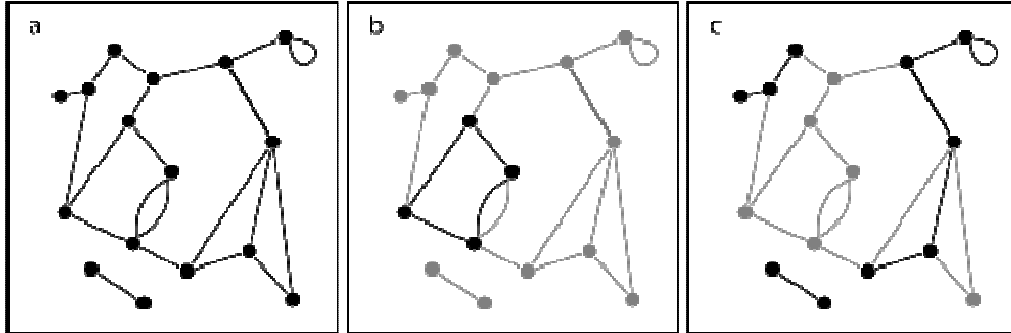
Tässä tutkielmassa käytän verkkoteorian osalta pohjana pääosin Vesa Savolaisen kirjoittamaa verkkoteorian kirjaa Verkkoteoria (2001). Valitsin sen koska se on uusi suomenkielinen verkkoteorian perusteos. Käytän verkkoteorian osalta samoja käsitteitä ja termejä kun Savolainen. Haluan esitellä verkkoteorian sellaisella tasolla, jotta sen ymmärtää heikommankin matemaattisen taustan omaava lukija.

Verkkoteoriassa verkot koostuvat *solmuista* ja solmujen välisistä suhteista eli *väleistä*. Jos verkko kuvaisi sosiaalista järjestelmää, solmut voisivat kuvata henkilöitä ja välit näiden henkilöiden välisiä suhteita. Jos taas verkolla kuvattaisiin kaupunkien välisiä kulkuyhteyksiä, voisivat solmut kuvata kaupunkeja ja välit liikenneväyliä.

”Abstrakti verkko eli graafi muodostuu ei-tyhjästä pisteiden eli solmujen joukosta $V = \{v_i\}$, välien joukosta $E = \{e_j\}$ ja verkkoon liittyvästä vastaavuuskuvauksesta $\Phi: E \rightarrow V \times V$ ” (Savolainen 2001, 7)

Solmut ovat *vierekkäisiä* kun niillä on yhteinen väli, nämä solmut ovat kyseisen välin *päätesolmut*. *Luupiksi* kutsutaan sellaista väliä, joka lähtee ja palaa samaan solmuun. Solmun *asteluku* on solmusta lähtevien välien määrä (luuppi lisää astelukua kahdella). Solmun asteluvun ollessa nolla on solmu *eristetty*. Välit ovat toisilleen vierekkäisiä silloin, kun ainakin toinen niiden päätesolmuista on yhteinen. Sellaiset vierekkäiset välit, joiden kummatkin päätesolmut ovat yhteisiä, kutsutaan *rinnakkaisiksi väleiksi*.

Aliverkko. Aliverkko on osa jostain toisesta verkosta. Kun jollain verkolla on aliverkko, sanotaan tätä verkkoa kyseisen aliverkon yliverkoksi. Aliverkon kaikki solmut ja välit ovat yliverkon solmuja ja välejä.

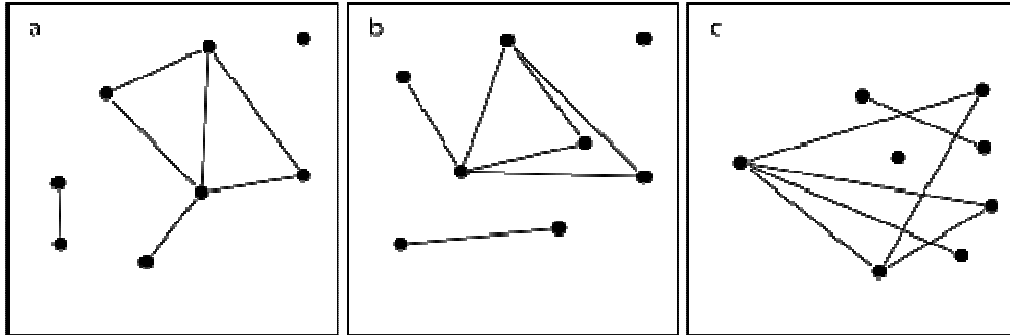


Kuva 1. Ruuduissa b ja c esitetään tummennettuna ruudussa a olevan verkon aliverkkoja

Tähti. Tähdiksi kutsutaan sellaista verkkoa joka muodostuu yhdestä keskussolmuista ja tälle solmulle vierekkäisistä solmuista jotka eivät ole toisilleen vierekkäisiä.

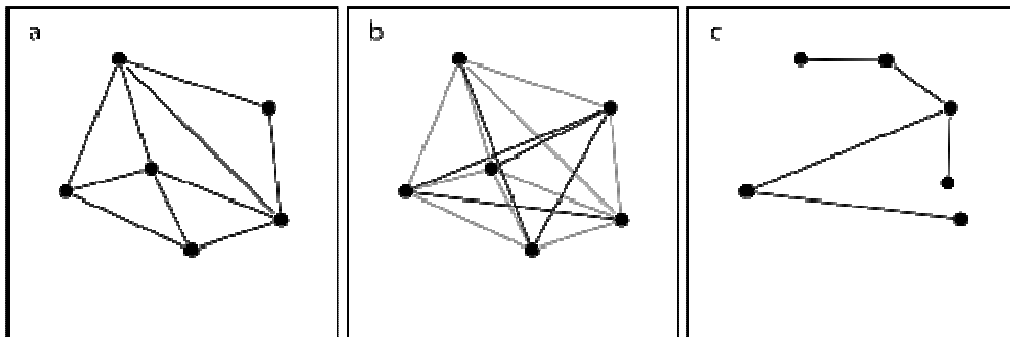
Isomorfisuus. Verkot ovat keskenään *isomorfisia*, kun niiden solmujen välillä on olemassa yksikäsitteinen vastaavuus siten, että solmujen vierekkäisyys säilyy. Kaksi keskenään isomorfista verkkoa ovat siis käytännössä yksi ja sama verkko joka on vain piirretty eritavalla. Esimerkiksi tähän tutkielmaan piirtämissäni kuvissa olen tarvittaessa järjestänyt verkkojen solmuja uudestaan siten, että verkot on helpompi ymmärtää. Tällöin verkon ulkoasu muuttuu, vaikka itse verkko pysyykin samana.

”Verkot $G = (V,E)$ ja $G' = (V',E')$ ovat keskenään isomorfisia, jos ja vain jos on olemassa yksikäsitteinen vastaavuus $V:n$ ja $V':n$ välillä ja $E:n$ ja $E':n$ välillä” (Savolainen 2001, 8).



Kuva 2. Kuvien a, b ja c verkot ovat toisilleen isomorfisia

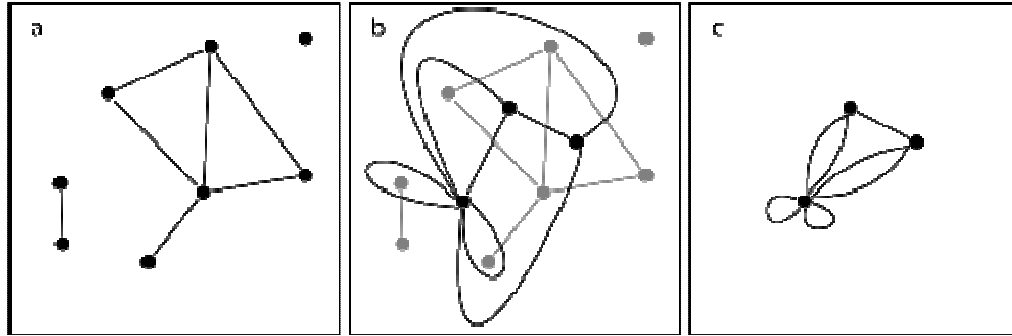
Komplementti. Verkon *komplementti* saadaan, kun verkosta tehdään täydellinen verkko ja jonka jälkeen poistetaan kaikki ne välit, jotka alkuperäisessä verkossa olivat.



Kuva 3. Ruudussa a olevan verkon komplementin muodostus on kuvattu ruudussa b ja valmis komplementti on kuvattu ruudussa c

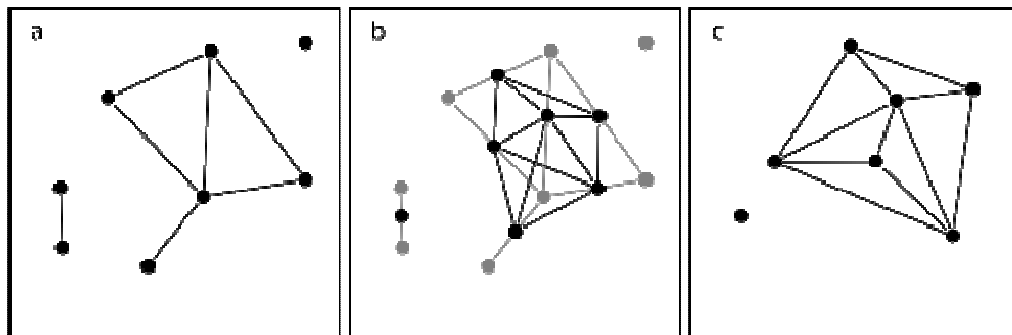
Verkon jakoisuus. Kaksijakoisessa verkossa voidaan solmut jakaa kahteen joukkoon siten, että niiden joukkojen sisällä eivät solmut ole toisilleen vierekkäisiä.

Duaaliverkko. Duaaliverkko muodostetaan sijoittamalla solmu jokaiseen alkuperäisen verkon alueeseen. Tämän jälkeen sijoitetut solmut yhdistetään toisiinsa siten, että jokainen alkuperäisen verkon väli tulee täsmälleen kerran leikatuksi ja jokainen uusi väli leikkaa yhden vanhan välin.



Kuva 4 Ruudussa a olevan verkon duaaliverkon muodostus on kuvattu ruudussa b, valmis duaaliverkko on ruudussa c

Väliverkko. Väliverkko muodostetaan sijoittamalla jokaiseen alkuperäisen verkon väliin solmu. Tämän jälkeen uudet solmut yhdistetään toisiinsa siten, että jokainen vanhaan väliin sijoitettu solmu on yhdistetty kyseisen välin vierekkäisiin väleihin sijoitettuihin solmuihin.

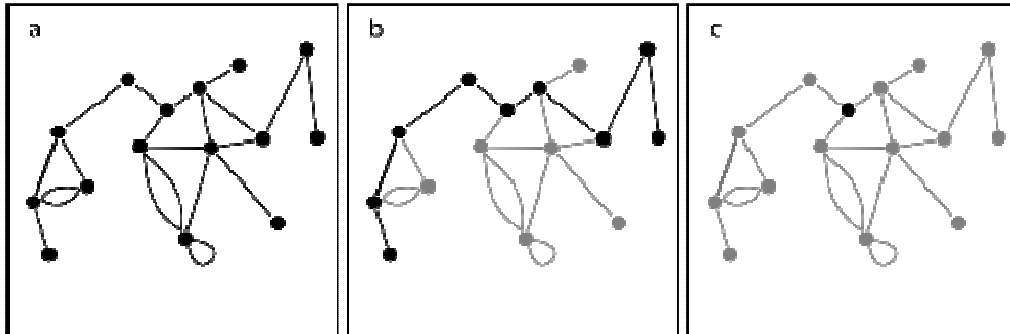


Kuva 5. Ruudussa a olevan verkon väliverkon muodostus on kuvattu ruudussa b ja valmis väliverkko on esitetty ruudussa c

Ketju. Verkon välejä pitkin kuljettaessa jostain verkon solmusta toiseen solmuun muodostavat tällä matkalla kuljetut välit ketjun.

Solmujen välinen etäisyys, verkon halkaisija, keskus ja säde. Solmujen välinen etäisyys on välien määrä lyhimmissä kyseisiä solmuja yhdistävässä ketjussa. Verkon halkaisija on kahden kauimpana toisistaan sijaitsevan solmun välinen etäisyys. Verkon keskus on solmu, josta etäisyys kaukaisimpaan

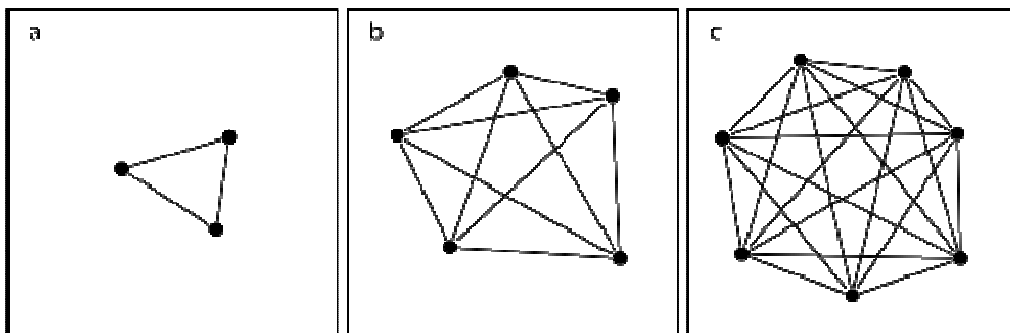
solmuun on verkon pienin. Keskussolmuja voi olla useita samassa verkossa. Säde on keskussolmun ja kaukaisimman solmun välinen etäisyys.



Kuva 6. Ruudussa a olevan verkon halkaisijan (joka on kahdeksan) on kuvattu ruudussa b, verkon keskus on osoitettu ruudussa c (säde on siis neljä)

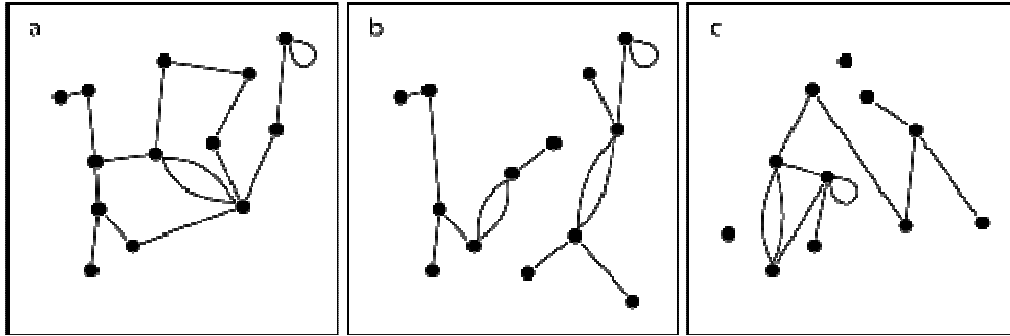
Yksinkertainen verkko. Yksinkertaisessa verkossa ei ole luoppeja eikä rinnakkaisia välejä.

Täydellinen verkko. Täydellisessä verkossa kaikki solmut ovat kaikille muille solmuille vierekkäisiä, toisin sanoen jokaisesta solmusta on väli kaikkiin muihin solmuihin.



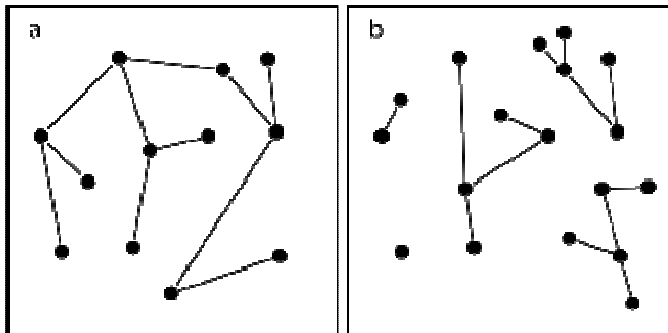
Kuva 7. Ruuduissa a, b ja c olevat verkot ovat täydellisiä verkkoja

Yhtenäisyys. Verkko on yhtenäinen kun siinä on vain yksi komponentti eli verkon jokaisesta solmuista on suoraan tai muiden solmujen kautta yhteys kaikkiin verkon solmuihin. Mikäli näin ei ole, verkko on epäyhtenäinen. Verkon jokainen yhtenäinen alue muodostaa oman komponentin



Kuva 8. Ruudussa a oleva verkko on yhtenäinen eli siinä on vain yksi komponentti, ruuduissa b ja c olevat verkot ovat epäyhtenäisiä. Ruudussa b olevassa verkossa on kaksi komponenttia ja ruudussa c olevassa verkossa on kolme komponenttia.

Puu ja metsä. Puuksi kutsutaan yhtenäistä verkkoa, jossa ei ole yhtään silmukkaa. Metsä on verkko, jonka kaikki komponentit ovat puita.



Kuva 9. Ruudussa a oleva verkko on puu ja ruudussa b oleva verkko on metsä

Suunnatut verkot. Suunnatun verkon välillä on suunta. Suunta merkitään piirtämällä välin toiseen päähän nuolen kärki. Suunnatussa verkossa voidaan kahden solmun yhdistävää väliä pitkin liikkua vain nuolen osoittamaan suuntaan. Voimme kuvitella verkon, joka kuvaa katuverkkoa, missä solmut ovat katujen risteyskohtia ja välit katuja risteysten välillä. Kaikkien katujen ollessa kaksisuuntaisia voimme kuvata katuverkkoa normaalilla suuntaamattomalla verkolla. Mutta jos osa kaduista on yksisuuntaisia, tarvitsisimme kuvaamiseen

suunnatun verkon. Tällaisessa suunnatussa verkossa kaksisuuntainen katu kuvataan kahdella erisuuntaisella välillä tai kaksisuuntaisella nuolella.

3 IHMISEN MUISTIN TOIMINTA

Ihmisen muisti ei ole iso yksittäinen järjestelmä, vaan se koostuu useasta eri muistijärjestelmästä. Näiden järjestelmien välillä on suuria eroja siinä kuinka paljon ja kuinka kauan ne pystyvät tietoa säilyttämään. Osa säilyttää vain hyvin pieniä tietomääriä, sekunnin murto-osia, toimien eräänlaisina puskurimuisteina, kun toisten kapasiteetti ylittää monimutkaisimmatkin tietokoneet niin kapasiteetiltaan kuin muuttautumiskyvyltään. (Baddeley 1997, 3)

Muistin voidaan katsoa koostuvan kolmesta erillisestä muistijärjestelmästä. Nämä ovat sensoriset muistit, työmuisti sekä pitkäkestoinen muisti. Tämä jako on karkea ja yksinkertaistettu, mutta se on riittävä tämän tutkimuksen perustaksi.

3.1 Sensoriset muistit

Aistimme keräävät jatkuvasti tietoa ympäristöstämme. Sensoriset muistit ovat aistikohtaisia tietovarastoja, joissa aistien välittämää informaatiota käsitellään. Merkityksellinen informaatio erotellaan merkityksettömästä. Vain pieni osa aistiemme keräämästä informaatiosta tulee tietoisuuteemme ja suurin osa häviää nopeasti havaitsemisen jälkeen. (Eysenck, Keane 2005, 189-190). Kaikilla aisteilla on omat sensoriset muistinsa (Sinkkonen, Kuoppala, Parkkinen, 2002, 194). Sensorisista muisteista voidaan tunnistaa ainakin visuaalinen ja audittiivinen muisti (Baddeley 1997, 9).

3.2 Työmuisti

Työmuistilla tarkoitetaan kykyämme pitää tiettyä tiedon määrää aktivoituneessa tilassa, jolloin pystymme käsittelemään tätä tietoa (Anderson 1985, 135). Työmuistin kapasiteetti rajoittuu normaalisti 4-7 muistiyksikköön. Toisin sanoen ihmisen on vaikea pitää mielessään yli seitsemää asiaa kerallaan.

(Laarni, Kalakoski, Saariluoma, 2001, 117). Työmuisti voidaan jakaa kolmeen alajärjestelmään: fonologinen silmukka, visuo-spatiaalinen lehtiö ja keskusyksikkö. Fonologinen silmukka varastoi kielelliset ärsykkeet. Visuo-spatiaalinen lehtiö käsittelee visuaalista informaatiota, johon se liittyy visuaalisen informaation ja fyysisen paikan yhteyden. Täydellisessä työmuistin mallissa pitäisi olla omat osionsa kaikille aisteille, siten että niiden välittämiä ärsykeitä voitaisiin tietoisesti käsitellä. Keskusyksikkö koordinoi näitä osioita jonka lisäksi se ylläpitää työmuistin ja pitkäkestoisen muistin vuorovaikutusta. (Sinkkonen, ym. 2002, 197). Työmuistissa käsitellään sensorisilta muisteilta välittyvää tietoa sekä pitkäkestoisesta muistista haettua tietoa.

3.3 Pitkäkestoinen muisti

Pitkäkestoiseen muistiin tallentuu säilytettävä informaatio: muistot, mielikuvat ja taidot, eli kaikki ne asiat, jotka ovat muistissa. Muisto syntyy, kun tieto siirtyy työmuistista pitkäkestoiseen muistiin. (Schacter, 2001). Jotkin teoriat väittävät, että tallennettu tieto ei ikinä katoa ihmisen muistista, vaan yhteys siihen katoaa, jolloin siihen ei enää päästä käsiksi. (Sinkkonen, ym. 2002, 199).

Pitkäkestoinen muisti voidaan katsoa jakautuvan sisältönsä perusteella useaan osaan. Deklaratiiviseen muistiin tallentuu ihmisen muistot ja tiedot, joita voi kuvailla sanoin. Se sisältää tapahtumamuistin ja semanttisen muistin. Tapahtumamuistiin tallentuu ihmisen omat kokemukset ja muistot sidottuna aikaan ja paikkaan. Semanttisessa muistissa sijaitsee ihmisen tiedollinen osaaminen, käsitteet ja niiden suhteet toisiin käsitteisiin. Proseduraaliseen muistiin on varastoituneena muistot, jotka eivät ole sanallisessa muodossa. Sen tietorakennetta voidaan kuvailla jos-niin -tyyppisinä ehtolauseina. Erilaiset taidot ja toimintaohjeet ovat tallentuneet proseduraaliseen osaan. Implisiittiseen muistiin tallentuu sellainen tieto, mitä ihmisen on vaikeata kuvailla. Siihen kuuluu erilaisten taitojen oppiminen, ehdollistuminen ja

ennakointi. Tällainen vaikeasti kuvailtava taito on esimerkiksi polkupyörällä ajo. (Sinkkonen, ym. 2002, 200-201).

3.4 Muistiyksiköt

Vaikka ihmisen työmuistin kapasiteetti on varsin rajallinen pystymme silti käsittelemään ja pitämään työmuistissa hyvinkin monimutkaisia asioita. Ihminen kiertää työmuistin rajoitteita kokoamalla tietoa muistiyksiköiksi. Jos ihmiselle esimerkiksi näytetään joukko satunnaisia kirjaimia, jotka pitäisi painaa mieleen, tulee työmuistin rajallisuus nopeasti vastaan. Muistamme kirjaimia huomattavasti enemmän, kun ne on järjestetty tavuiksi. Muistettavien kirjaimien määrä kasvaa, kun tavut järjestetään sanoiksi ja sanat lauseiksi. Pystymme muistamaan joka vaiheessa enemmän kirjaimia, koska painammekin mieleemme muistiyksiköitä, emme yksittäisiä kirjaimia. Näiden muistiyksiköiden koko kasvaa edellä kuvaillussa tilanteessa koko ajan. Ensin muistiyksikkö on kirjain, sitten tavu ja niin edelleen. Työmuistin kapasiteetti ei siis ole rajoittunut fyysisiin asioihin kuten kirjainten määrään, vaan mieltämisyksiköiden määrään. (Anderson 1985, 139-140)

4 PITKÄKESTOISEN MUISTIN RAKENNE

Toistamalla työmuistissamme jotain informaatiota voimme muistaa sen jonkin aikaa, mutta jos haluamme muistaa informaation vielä pidemmän ajan päästä, pitää se sitoa jo olemassa olevaan tietoon. (Sinkkonen, ym. 2002, 202). Ihminen muistaa paremmin merkityksellistä kuin merkityksetöntä informaatiota. Mitä paremmin uusi informaatio pystytään sitomaan jo muistissa olevaan informaatioon, sitä paremmin se muistetaan. (Anderson 1985, 112-114) Jo arkikokemuksenkin pohjalta voidaan todeta, että merkitykselliset asiat jäävät helpommin mieleen kuin merkityksettömät. Vain tietyn tyyppinen semanttinen koodaus saa aikaan korkean tason muistisuorituksia. Kyseessä on elaboratiivinen koodaus, jonka avulla uutta tietoa yhdistetään vanhaan (Schacter 2001).

4.1 Propositiot

Pitkäkestoiseen muistiin tallentuu asioiden tarkoituksia, ei niiden tarkkoja kuvauksia. Kun muistin toimintaa kuvataan *propositioiden* kautta, ajatellaan että vain tapahtuman tai muun muistettavan asian idea ja tarkoitus tallennetaan muistiin eikä pientä merkityksetöntä informaatiota tallenneta ollenkaan. Siis sellaisia pieniä yksityiskohtia, mitä ihminen ei muista. Yksinkertaisin tallennettava informaatioyksikkö on propositio. Sillä tarkoitetaan pienintä tiedon määrää, jota voidaan käsitellä erillisenä assertiona eli väitteenä. Propositio on siis pienin tiedon määrä, jonka voi määritellä todeksi tai epätodeksi. (Anderson 1985, 114)

4.2 Skeemat

Propositiot ovat käyttökelpoisia, kun halutaan kuvata pieniä tiedon yksiköitä. Ne eivät kuitenkaan ole kovin käyttökelpoisia silloin, kun halutaan kuvata suuria organisoidusta tiedosta koostuvia rakenteita. Tällaisia rakenteita on käytännöllisempi kuvata *skeemoilla*. Anderson esittää, että skeemaan kuuluu

joukko attribuutteja ja näiden attribuuttien arvoja. Esimerkiksi talon skeemaan kuuluu attribuutteja kuten materiaali, sisältö, käyttötarkoitus. Yksi attribuutti määrittelee miltä skeemalta kyseinen skeema perii attribuutteja. Taloesimerkissä talo perisi rakennuksen skeeman attribuutit. Skeemaan voi myös koostua osaksi muista skeemoista, talon skeemaan kuuluu esimerkiksi huone. Huoneen skeemaan puolestaan kuuluu katto, joten silloin talollakin on katto. Nämä skeemat ovat tietysti yleistyksiä reaali maailmasta, ihminen tunnistaa kohteen taloksi, vaikka siinä puuttuisi esimerkiksi ikkunat. (Anderson 1985, 124).

Skeemat kuvaavat muistin rakennetta korkeammalla tasolla kuin pelkästään yksittäisten käsitteiden määrittelemiseen perustuvat mallit. Skeema on abstrakti tietorakenne, jossa muistettavan asian elementtien järjestys on kuvautuneena (Saariluoma 1988, 89).

Skeemat ovat tietopaketteja, joilla on suhteellisen pysyvä ydin ja vaihtelua sisältäviä puolia, muuttujia. Esimerkiksi ostoksilla käynnin skeemaan kuuluu vahvasti jonkin hyödykkeen saanti ja sen maksaminen. Mikä hyödyke on kyseessä ja mitä siitä maksetaan voi taas vaihdella suuresti. Näiden jonkin perusoletuksen sisältävien muuttujien avulla myös teemme päätelmiä. Esimerkiksi kuullessasi väittämän "mies joi kahvia" oletat automaattisesti, että kahvi oli lämmintä. Kahvinjuonnin skeemaan kuuluu tieto juotavan kahvin lämpötilasta. Kesän skeemaan taas voisi sisältyä esimerkiksi loma, lämpö, uiminen ja vihreys.

Skeemat voivat myös sisältää toisia skeemoja, eivätkä ne ole vain toisistaan erillään olevia tietokokonaisuuksia. Esimerkiksi kasvojen skeemaan kuuluu silmät, nenä ja korvat. Silmien skeema taas sisältää pupillin, ripset ja luomet jne. Skeemat toimivat kaikilla abstraktion tasoilla. Skeemoja voidaan käyttää kuvaamaan abstrakteja asioita kuten oikeudenmukaisuutta yhtä lailla kuin kasvoja.

Skeemat esittävät tietoa, eivät määritelmiä. Skeemat sisältävät tietoa ja kokemuksia, joita meillä on maailmasta, eivätkä abstrakteja sääntöjä. (Baddeley 1997, 240-24)

Kokemukset koodataan aivojen neuroverkkoihin, joiden hermoratoja aiemmat kohtaamiset ulkomaailman kanssa ovat muokanneet. Tämä olemassa oleva tieto vaikuttaa voimakkaasti tapaamme koodata ja tallentaa uusia muistikuvia, ja siten se myös vaikuttaa uusien muistikuvien luonteeseen, rakenteeseen ja laatuun. (Schacter 2001)

Lukuisat laboratoriotutkimukset ovat osoittaneet selvästi, että silloinkin kun lähtötilanteen muistettavuuden eroja säädellään, menneen tapahtuman ajattelu tai siitä puhuminen vahvistavat tapauksen muistoa verrattuna niihin, joita ei harjoiteta. (Schacter 2002)

4.3 Semanttinen muisti

Semanttinen muisti on järjestelmä, johon tallennetaan tietoa ympäröivästä maailmasta. Sen tutkimiseen ja mallintamiseen ovat vaikuttaneet kielitieteen ja tietotekniikan teorit.

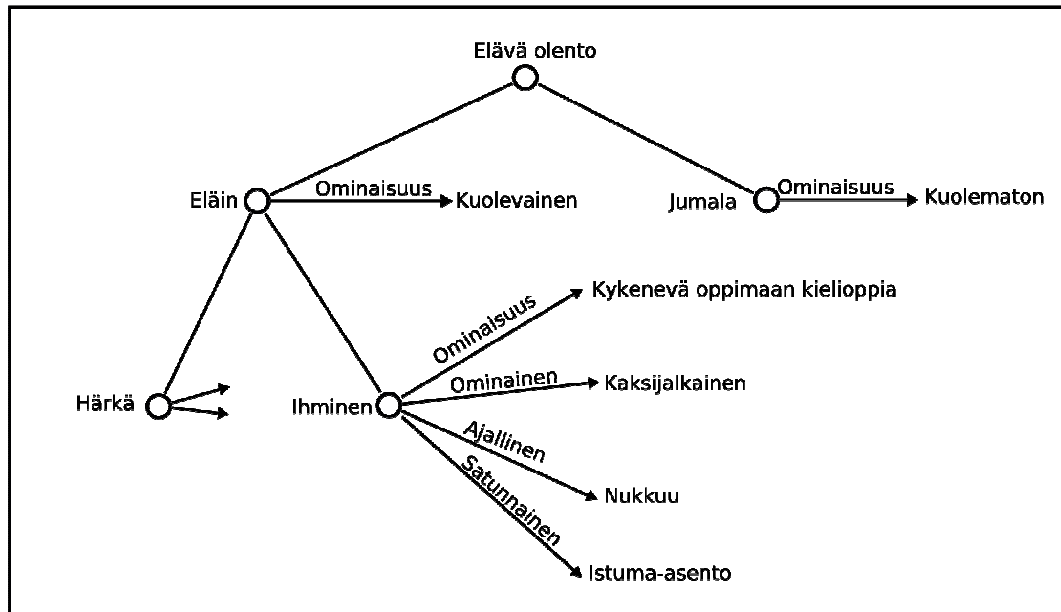
Semanttinen verkko on rakenne, jossa tietoa kuvataan solmuilla, jotka kytketään toisiinsa väleillä. Tämän verkon solmut kuvaavat käsitteitä kuten asioita, ominaisuuksia, tapahtumia ja oloiloja. Verkon väleillä kuvataan näiden käsitteiden välisiä suhteita. (Sofa J. 1991, 1). Semanttiset verkot erottuvat monista muista tiedon esittämismuodoista siten, että välit toimivat sekä tiedon tallentajina sekä mahdollistavat *assosiatiivisen* siirtymisen tiedoista toiseen (Woods W. 1991).

4.4 Tiedon rakenteen kuvaustapoja

Informaation järjestymistä ihmisen muistissa on yritetty kuvata monin eri tavoin. Näiden rakenteiden avulla on myös yritetty kuvata ihmisen ajatteluprosesseja. Seuraavaksi esittelen keskeisimpiä rakenteita ja malleja.

4.4.1 Määrittelevät ominaisuudet

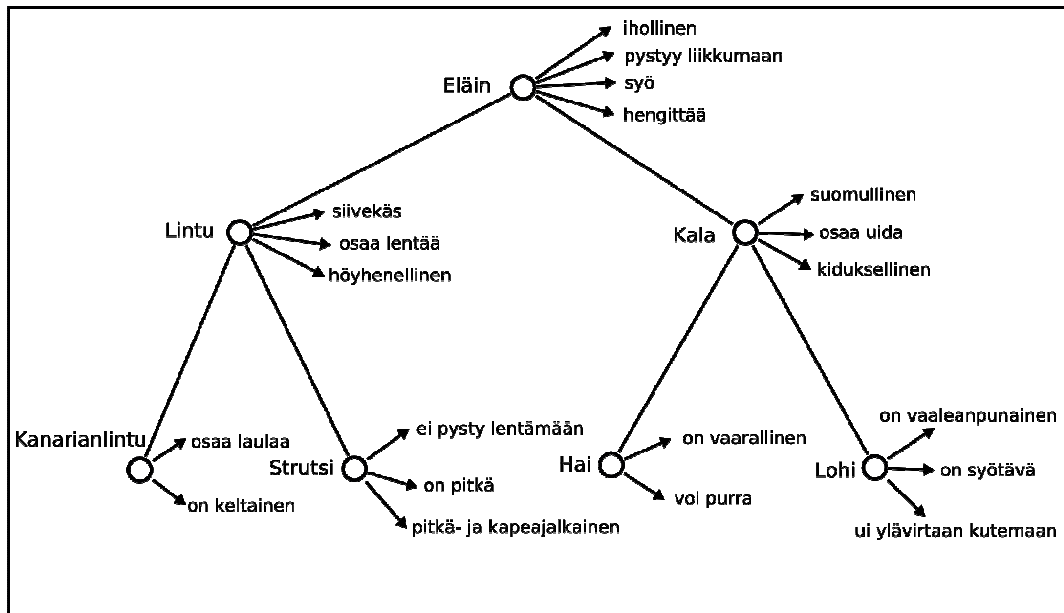
Jo aikoinaan Aristoteles koki päättelyn kannalta tarpeelliseksi käsitteiden määrittelemisen. Hän teki käsitteiden järjestyksestä loogisen mallin. Vaikka tämä malli onkin logiikka- eikä psykologialähtöinen, on siinä paljon yhtäläisyyksiä myöhemmin kielitieteissä ja psykologiassa kehitettyihin malleihin. Tässä mallissa käsitteet assosioituvat erityyppisten assosiaatioiden kautta ominaisuuksiin. (Baddeley 1997, 231, 235).



Kuva 10. Aristoteleen esittämä semanttinen rakenne (Baddeley 1997, 231).

4.4.2 Semanttinen verkkorakenne

Ross Quillanin kehittämä semanttinen verkkorakenne eroaa Aristoteleen verkosta kahdella tavalla. Ensinnäkin Quillanin malli perustuu enemmän psykologiaan kuin logiikkaan ja siinä oletetaan, että on olemassa vain yhdenkaltaisia assosiaatioita. Tämä malli koostuu hierarkkisesti järjestyneestä verkosta, jossa käsitteet ovat toisiinsa yhteydessä olevia solmuja ja jokainen käsite assosioituu ominaisuuksiin. Hierarkiassa ylempänä olevien käsitteiden ominaisuudet periytyvät alemmilla tasoilla oleville käsitteille ja ominaisuus on tallennettu niin ylös hierarkiassa kuin on mahdollista. Tällaisella rakenteella saavutetaan tehokkuutta muistikapasiteetin käytössä, kun samaa tietoa ei tarvitse tallentaa useaan kertaan. (Baddeley 1997, 235-236).



Kuva 11. Hierarkkinen tietorakenne (Baddeley 1997, 236).

Kuvan 11 mukaista semanttista rakennetta tukevat Allan Collinssin ja Ross Quillanin tekemät kokeet, joissa koehenkilöille on esitetty väittämiä, joista heidän piti tunnistaa todet ja epätodet väittämät. Tällaisia väittämiä olivat esimerkiksi "Punarinta on lintu" ja "Punarinta on eläin". He mittasivat

vastaamiseen kuluvan ajan ja havaitsivat, että koehenkilöt päättelivät nopeammin että punarinta on lintu kuin että punarinta on eläin. Tämän katsottiin johtuvan siitä, että linnun käsite on hierarkkisessa tietorakenteessa lähempänä punarintaa kuin eläimen käsite. (Sternberg 1996, 239-240).

4.4.3 Prototyypimalli

Prototyypimalli on joustavampi kuin määritteleviin ominaisuuksiin perustuva malli. Siinä käsitteet määräytyvät prototyyppien kautta ja lähestymistapoja on monia. Voidaan ajatella, että esimerkiksi lintukäsite määrittyy sitä parhaiten edustavan esimerkin kuten varpusen kautta. Kun päätelemme onko jokin asia lintu, vertaamme sitä tähän parhaaseen esimerkkiin ja jos niillä on tarpeeksi samoja ominaisuuksia, tulemme johtopäätökseen, että kyseessä on lintu. (Eysenck, ym. 2005, 297).

Toinen tapa ajatella on, ettei käsitteellä ole määrääviä ominaisuuksia - on vain kyseiselle käsitteelle tyypillisiä ominaisuuksia, joilla on eri painoarvoja. Esimerkiksi lintu käsitteeseen liittyy paljon erilaisia ominaisuuksia. Kuitenkin monet linnut omaavat vain osaan näistä ominaisuuksista. Jotkin linnut eivät esimerkiksi osaa lentää, mutta koska ne kuitenkin omaavat tarpeeksi linnun ominaisuuksia, luokitellaan ne linnuiksi. (Eysenck, ym. 2005, 297).

4.4.4 Esimerkkimalli

Esimerkkimallissa ajatellaan, ettei muistissa ole mitään abstrakteja kuvauksia käsitteistä. Ei ole erillistä ominaisuusjoukkoa, joka liittyy vaikkapa linnun käsitteeseen. Ajatellessamme linnun käsitettä palautammekin mieleemme menneisydessämme kohtaamamme linnut ja vertaamme uutta oliota näihin lintuihin. Jos uusi olio on tarpeeksi samankaltainen kuin aiemmin kohtaamamme linnut, päätelemme, että olio on lintu. (Eysenck, ym. 2005, 300-301).

4.4.5 Aktivaation leviäminen

Kun ihminen aktivoi muistissaan jonkun käsitteen, aktivoituu tähän käsitteeseen assosioituvat käsitteet siten, että niiden mahdollinen prosessointi nopeutuu. Aktivoituminen on sitä voimakkaampaa mitä vahvempi assosiaatio näiden kahden käsitteen välillä on. (Saariluoma 1988, 75). Kun ajattelemme muistin rakennetta semanttisena verkkona, yhden solmun aktivoituminen aktivoi tälle solmulle vierekkäiset solmut.

Tällaista mallia tukee mm. kokeet, joissa koehenkilöille on näytetty sanapareja ja heitä on pyydetty lukemaan toinen sana ääneen. Jotkin sanaparit olivat semanttisesti lähellä toisiaan kuten "tiikeri-raidat" toiset olivat välillisesti yhteydessä kuten "leijona-raidat" ja joillain sanapareilla ei ollut yhteyttä kuten "tuoli-raidat". Koehenkilöt reagoivat raidat sanaan nopeimmin kun se esitettiin sanaparissa "tiikeri-raidat". Tämä johtuu siitä, että nähdessään tiikeri sanan aktivoituu aivoissa tiikerin käsite ja siitä aktivaatio leviää tiikeriin assosioituviin käsitteisiin kuten esim. raidat. Tämän jälkeen raidat sanan tunnistaminen on nopeampaa koska raitojen käsite on jo aktivoitunut muistissa. "Tuoli-raidat" sanaparin kohdalla raitojen käsite ei aktivoitu tuolit käsitteen aktivoitumisen myötä, jolloin raidat sanaan reagoiminen oli hitaampaa. Aktivaation leviäminen ei rajoitu vain vierekkäisiin solmuihin. Raidat sanaan reagointi nopeutui myös "leijona-raidat" sanaparissa, vaikka leijona onkin yhteydessä raitoihin tiikeri-käsitteen kautta eikä suoraan. Tällöin reagointi ei kuitenkaan nopeudu yhtä paljon kuin "tiikeri-raidat" sanaparin kohdalla. (Balota, Marsh 2004, 392)

5 MUISTIN RAKENNE VERKKONA

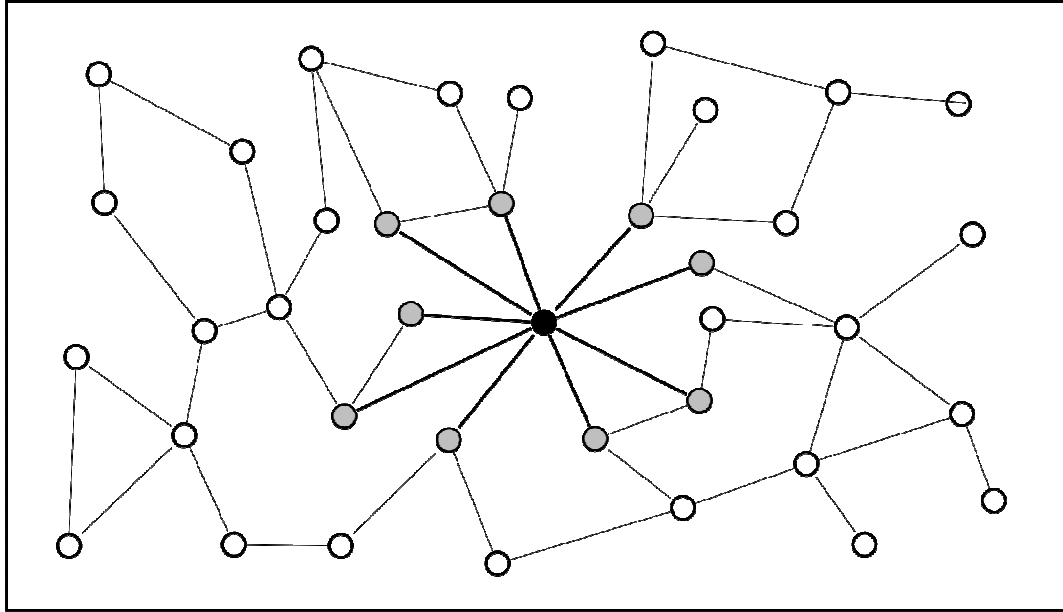
Ihmisen pitkäkestoisen muistin toimintaa on kuvattu useasta osajärjestelmästä koostuvalla mallilla. Erillisiin osajärjestelmiin jako on hankalaa ja esimerkiksi eri järjestelmien välisten rajojen vetäminen mahdotonta. Muistin toimintaa voi mahdollisesti kuvata yhden semanttisen verkon avulla. Tämä verkko mallintaa muistin toimintaa symbolisella tasolla. Tässä luvussa hahmotellaan tällaisen semanttisen verkon rakennetta ja toimintaa sekä selvitetään onko verkkoteorian avulla mahdollista selittää muistin perusrakennetta ja toimintaa.

5.1 Verkon rakenne

Verkon solmut ovat muistiyksiköitä, jotka eivät pidä sisällään tietoa. Solmut voivat olla abstrakteja asioita tai käsitteitä eikä niillä tarvitse olla edes kielellistä ilmaisutapaa eikä niitä välttämättä voi tuoda tietoiselle tasolle. Ne voivat olla asioita, ajanhetkiä, tunnetiloja, paikkoja, mielikuvia, yksilöitä tai käytännössä aivan mitä tahansa. Näitä solmuja kutsutaan *käsitesolmuiksi*.

Verkon välit ovat assosiaatioita käsitesolmujen välillä. Niitä kutsutaan *assosiaatiöväleiksi*. Jokaisella käsitesolmulla on oma skeemansa. Skeemaan kuuluu kyseiselle käsitesolmulle vierekkäiset käsitesolmut. Skeema on siis tähtiverkko, jonka kautta kyseinen käsitesolmu saa merkityksensä sille vierekkäisiltä käsitesolmuilta. Käsitesolmun aktivoituessa aktivoituu tähtiverkko jonka keskussolmu kyseinen käsitesolmu on, eli käsitesolmun skeema aktivoituu.

Esimerkkinä voi ajatella vaikka auton käsitettä. Semanttisessa verkossa on käsitesolmu 'auto' josta on assosiaatiöväli esimerkiksi käsitesolmuihin 'ajaa', 'vaara', 'pyörä', 'metalli', 'moottori', 'Saab', 'liike' ja vaikka erilaisten kohdattujen autojen käsitesolmuihin. Käsitesolmu 'auto' saa merkityksensä näiltä sille vierekkäisiltä käsitesolmuilta, samoin kuin ne saavat merkityksensä niille vierekkäisiltä käsitesolmuilta, joihin siis myös käsitesolmu 'auto' kuuluu.



Kuva 12. Semanttisessa verkossa skeemaa kuvataan tähden muotoisella aliverkolla jonka keskussolmulle kyseinen skeema kuuluu. Kuvassa mustan käsitesolmun skeemaan kuuluvat käsitesolmut ovat värjätty harmaiksi.

Tällainen semanttinen että verkko on yhtenäinen. Verkkoon ei voi lisätä yksittäisiä käsitesolmuja, joilla ei ole assosiaatiövälejä, koska käsitesolmut saavat merkityksensä assosiaatiöväliensä kautta. Tällaisella eristetyllä käsitesolmulla ei siis olisi mitään merkitystä eikä se voisi aktivoitua mitenkään. Ei ole myöskään mahdollista, että verkossa voisi olla useampi komponentti, koska jokaisesta käsitesolmusta pääsee jotain assosiaatioketjua pitkin jokaiseen toiseen käsitesolmuun. Toisin kuin monet aikaisemmin esitellyt muistia kuvaavat verkkorakenteet tämä semanttinen verkko ei ole hierarkkisesti järjestäytynyt puu. Verkossa kaikki käsitesolmut ovat keskenään tasa-arvoisia. Verkko on yksinkertainen verkko. Mikään käsitesolmu ei assosioиду itsensä kanssa, näin ollen ei esiinny luuppeja. Eikä kahden käsitesolmun välillä olevaa assosiaatiota tai sen voimakkuutta ole mielekäästä kuvata useammalla

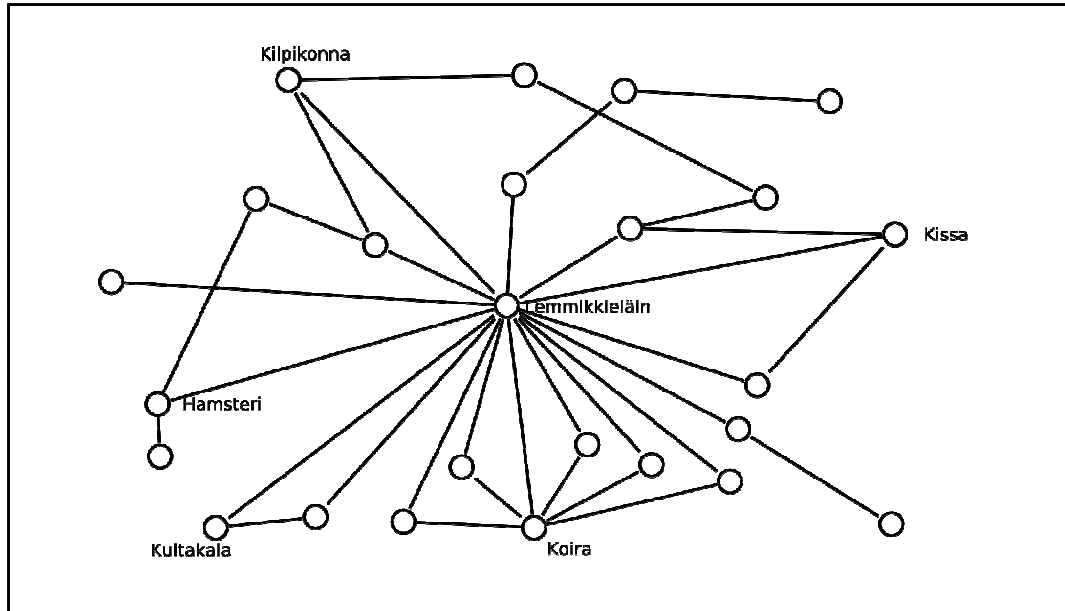
assosiaatiivälillä. Ne vain joko assosioituvat tai eivät. Tällainen verkkorakenne on yksinkertainen, koska se ei sisällä mitään numeerisia arvoja tai attribuutteja.

5.2 Assosiaation kuvaaminen

Kahden vierekkäisen käsitesolmun välisen assosiaation voimakkuuden kuvaaminen on tämän semanttisen verkon hahmottamisen kannalta olennaista ja kaikkein haasteellisinta. On pohdittava miten assosiaation voimakkuutta kuvataan. On otettava myös huomioon se, että kaksi vierekkäistä käsitesolmua eivät assosioidu samalla voimakkuudella toisiinsa. Tällä tarkoitan sitä että asia A voi assosioitua voimakkaammin asiaan B kuin asia B assosioituu asiaan A. Tämä assosiaation kulkusuunnan aiheuttama ero pitää myös pystyä kuvaamaan.

Yksinkertaisin ratkaisu olisi käyttää assosiaation voimakkuuden kuvaamiseen suunnattua verkkoa, jossa assosiaatiiväleillä olisi assosiaation voimakkuutta kuvaava arvo. Tämä ei kuitenkaan ole paras tapa koska se ei selittäisi miksi assosiaatiolla on tietty voimakkuus. Assosiaation voimakkuuden selittävä kuvaustapa olisi tutkia näitä käsitesolmuja aliverkon sisällä yhdistävien assosiaatioketjujen määrää. Esimerkiksi kun ajattelen omien assosiaatioiden voimakkuutta käsitteestä lemmikkieläin eri eläimiin, on minulla voimakkain assosiaatio lemmikkieläimestä koiraan. Tämä voi johtua esimerkiksi siitä, että suurin osa näkemistäni lemmikkieläimistä on ollut koiria. Aktivoidessani käsitesolmun 'lemmikkieläin' aktivoituu mielessäni lemmikkieläimen skeema ja tähän skeemaan kuuluvat myös kaikki elämäni aikana tapaamani lemmikkieläimet. Näistä suurin osa on ollut koiria. Jokaisella näistä tapaamistani yksilöistä on oma käsitesolmunsa, jolla on assosiaatiivälit niin käsitesolmuun 'koira' kuin myös käsitesolmuun 'lemmikkieläin'. Näin jokaisen tapaamaani koira edustavan käsitesolmun kautta syntyy assosiaatioketju käsitesolmun 'lemmikkieläin' ja käsitesolmun 'koira' välille. Mitä enemmän

assosiaatioketjuja on ja mitä lyhempiä ne ovat, sitä voimakkaampi assosiaatio on.

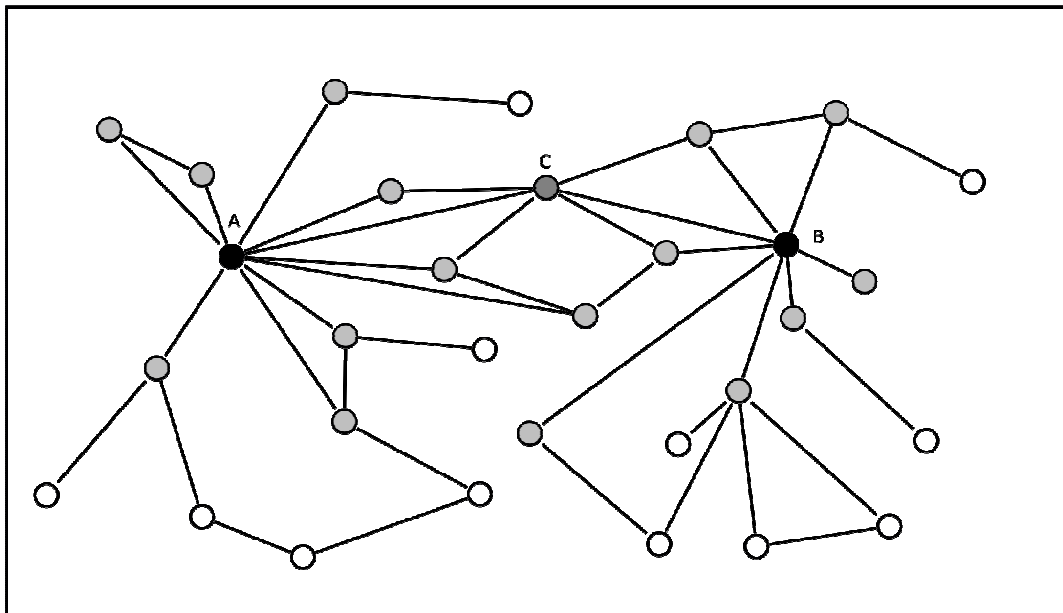


Kuva 13. Kuvassa käsitesolmulla 'lemmikkieläin' on assosiaativäli mm. käsitesolmuihin 'kissa', 'koira', 'kultakala' ja 'kilpikonna'. Assosiaatioiden voimakkuuksien erot mahdollisesti selittyvät näitä käsitesolmuja yhdistävien assosiaatioketjujen määrällä. Tässä esimerkissä assosiaatio on voimakkain käsitesolmuun 'koira', koska sen ja lemmikkieläimen käsitesolmun välillä on eniten assosiaatioketjuja.

Suuntavaikutuksen assosiaation voimakkuudelle voi ajatella syntyvän edellä kuvaillun assosiaation voimakkuuden suhteesta kyseisen käsitesolmun skeeman kokoon, eli kyseisen assosiaation voimakkuuden suhde muiden käsitesolmulla olevien assosiaatioiden voimakkuuteen. Esimerkiksi kuvassa 13 kultakala assosioituu voimakkaammin lemmikkieläimeen kuin lemmikkieläin kultakalaan.

5.3 Päättely

Tällaisen verkkorakenteen avulla voi myös mallintaa esim. erilaisia asioiden tunnistamisen ja päättelyn prosesseja. Esimerkiksi kun saadaan erilaisia ärsykeitä ympäristöstä, aktivoituvat näitä ärsykeitä edustavat käsitesolmut ja näiden käsitesolmujen skeemat. Muistissa aktivoituu siis useita erillisiä aliverkkoja. Ne käsitesolmut, jotka kuuluvat useaan aliverkkoon ovat mahdollisia päätelmiä tai vastauksia. Jos pitää päätellä vastausta vihjeestä "nisäkäs", aktivoituu nisäkkään skeema. Mahdollisen vastausjoukon muodostavat nisäkkään skeemaan kuuluvat käsitesolmut. Toinen vihje on "neljä jalkaa", jolloin aktivoituu nelijalkaisuuden skeema. Nyt mahdollisen vastausjoukon muodostavat ne käsitesolmut, jotka kuuluvat sekä nelijalkaisuuden että nisäkkään skeemoihin. Tällainen on esimerkiksi käsitesolmu 'koira', mutta käsitesolmut 'valas' ja 'pöytä' eivät ole mahdollisia vastauksia, koska ne kumpikin kuuluvat vain toisen vihjeen aktivoimaan aliverkkoon.



Kuva 14. Oletetaan että muistissamme aktivoituvat käsitesolmut A ja B. Näistä käsitesolmuista aktivaatio leviää assosiaatiovälejä pitkin muihin

käsitesolmuihin, eli A:n ja B:n skeemat aktivoituvat. Nyt käsitesolmu C saa muita käsitesolmuja suuremman aktivaation tason, koska se on lähellä sekä käsitesolmua A että B. On mahdollista, että ihmisen päättely ja tunnistus prosesseja voisi kuvata tällaisella mallilla.

6 YHTEENVETO

Ihmisen muistin toimintaa ei pystytä mallintamaan tarpeeksi kattavin mallein. Sen rakennetta ja toimintaa onkin hankalaa kuvata. Muistin toimintaa on yritetty kuvata monilla erilaisilla malleilla. Nämä mallit ovat kuitenkin epätäydellisiä ja useasti yrittävät selittää vain jotain muistin toiminnan osaluuetta. Vaikuttaa siltä, että verkkoteoriaan potentiaalia ei ole osattu hyödyntää, vaikka monet näistä muistia kuvaavista malleista ovatkin verkkojen kaltaisia.

Useat jo tehdyt muistin toiminnan mallit voidaan muuttaa verkoiksi, jolloin malleja voidaan osaksi yhdistää ja käsitellä verkkoteorian työkalujen avulla. Verkkoteorian tuomat työkalut voisivat antaa uusia mahdollisuuksia ja helpottaa muistin toiminnan mallintamista.

Verkkoteorian avulla voidaan mahdollisesti myös muodostaa yksinkertainen ja kattava malli muistin rakenteesta ja sen toiminnasta. Jos tällaisen mallin muodostaminen onnistuu, voidaan sitä hyödyntää esimerkiksi tekoälykehityksessä.

LÄHDELUETTELO

Anderson J., 1985. Cognitive psychology and its implications. New York: Freeman.

Baddeley A., 1997. Human memory: theory and practice. Hove: Psychology Press.

Balota D., Marsh E., 2004. Cognitive psychology: key readings. New York: Psychology Press

Eysenck M., Keane M., 2005. Cognitive psychology: a student's handbook. Hove: Psychology Press.

Laarni J., Kalakoski V., Saariluoma P., 2001. Ihmisen tiedonkäsittely. Teoksessa P. Saariluoma, M. Kamppinen, A. Hautamäki (toim.) Moderni kognitiotiede. Helsinki: Gaudeamus.

Saariluoma P., 1988. Ihmisen muisti. Teoksessa A. Hautamäki (toim.) Kognitiotiede. Helsinki: Gaudeamus.

Schacter D., 2002. Muistin seitsemän syntiä: miten mieli unohtaa ja muistaa. Helsinki: Terra cognita.

Schacter D., 2001. Muisti: aivot, mieli ja menneisyys. Helsinki: Terra cognita.

Savolainen V., 2001. Verkkoteoria. Jyväskylä: Docendo.

Sternberg R., 1996. Cognitive psychology. Fort Worth: Harcourt Brace College

Sinkkonen I., Kuoppala H., Parkkinen J., Vastamäki R., 2002. Käytettävyyden psykologia. Helsinki: Edita, IT Press

Sofa J., 1991. Principles of semantic networks: explorations in the representation of knowledge. San Mateo (Calif.): Kaufmann, cop.

Woods W., 1991. Understanding subsumption and taxonomy: A framework for progress. Teoksessa J. Sofa (toim.) Principles of semantic networks: explorations in the representation of knowledge. San Mateo (Calif.): Kaufmann, cop., 45-94.