

Antti Pirhonen

**TOISTEISET VIESTIT MULTIMODAALIEN
KÄYTTÖLIITTYMIEN SUUNNITTELUPERIAATTEENA**

Tietojärjestelmätieteen
pro gradu –tutkielma
23.10.2000

Jyväskylän yliopisto
Tietojenkäsittelytieteiden laitos
Jyväskylä

TIIVISTELMÄ

Pirhonen, Antti

Toisteiset viestit multimodaalien käyttöliittymien suunnitteluperiaatteena
Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2000

79 s.

Pro gradu -tutkielma

Tutkimus on käsitteellinen analyysi käyttöliittymäelementtien välisten suhteiden analysoinnin tarpeisiin. Keskeinen käsite on redundanssi eli toiste, jota käsitellään monesta eri näkökulmasta.

Ensimmäisessä vaiheessa tutkimuksessa analysoidaan redundanssi-käsitteen aiempia määritelmiä. Näiden sekä käyttöliittymäanalyysin tarpeiden pohjalta laaditaan käsitteellinen ympäristö, redundanssimalli, jonka sisällä käyttöliittymäelementtien suhteita voidaan lähes kattavasti analysoida.

Redundanssi esitellään tutkimuksessa keinona muovata merkityksellisiä kokonaisuuksia. Koska redundanssi määritellään tässä tutkimuksessa samanaikaisten viestien merkitysten päällekkäisyytenä, puututaan tutkimuksessa myös samanaikaisten viestien prosessoinnin problematiikkaan. Tarkkaavaisuustutkimuksiin liittyvän kirjallisuuden avulla tutkimuksessa on haettu relevantteja näkökulmia käyttöliittymäsuunnittelun tueksi, erityisesti pyrittäessä redundanteihin käyttöliittymäelementtikombinaatioihin.

Tutkimus osoittaa, että tarkkaavaisuustutkimuksilla on paljon tarjottavaa käyttöliittymäsuunnittelun tueksi detaljitason suunnittelua myöten. Joidenkin tutkimustraditioiden perusteella voidaan muotoilla hyvinkin suoraviivaisesti suosituksia suunnittelijoille, joidenkin taas tarjotessa lähinnä näkökulman hyvin yleisellä tasolla. Redundanssimalli osoittautui käsitteellisesti riittävän yhdenmukaiseksi tarkkaavaisuustutkimusten kanssa, jotta näitä kahta voidaan käyttää rinnakkain käyttöliittymäanalyysissä.

AVAINSANAT: käyttöliittymä, toiste, redundanssi, multimodaalisuus, kognitiivinen malli

Sisältö

1	JOHDANTO	1
	1.1 Tutkimustehtävä	6
	1.2 Tutkimuksessa sovellettavat tieteenalat.....	7
	1.2.1 Kognitiotieteiden kontribuutio	7
	1.2.2 Viestintätieteiden kontribuutio.....	12
	1.3 Tutkimuksen rakenne	13
2	Toiste eli redundanssi	15
	2.1 Redundanssin määritelmiä.....	16
	2.2 Redundanssi viestinnän analyysissä	18
	2.3 Redundanssimalli: redundanssin funktionaalinen määritelmä	23
	2.4 Redundantin viestin luomisesta	30
3	Tarkkaavaisuustutkimus ja käyttöliittymäsuunnittelu	32
	3.1 Käsitteitä ja käsityksiä tarkkaavaisuudesta.....	32
	3.2 Tarkkaavaisuus tutkimuksen kohteena	33
	3.3 Tarkkaavaisuus eri näkökulmista	35
	3.3.1 Rakennemallit vs. kapasiteettimallit	36
	3.3.2 Rakennemallit	36
	3.3.3 Automatisoituneet vs. kontrolloidut prosessit.....	39
	3.3.4 Kapasiteettimallit	41
	3.3.5 Visual Search –paradigma.....	44
	3.3.6 Rakenne- ja kapasiteettimallien vastakkainasettelu ja visual search paradigma.....	47
	3.4 Tarkkaavaisuuteen liittyvien mallien ja teorioiden anti informaation multimodaaliin esittämiseen	49
	3.4.1 Suodatinteoria	49
	3.4.2 Myöhäisen valinnan malli	52
	3.4.3 Automatisoituminen.....	53
	3.4.4 Kapasiteettimallien kontribuutio	54
	3.4.5 Katseella tapahtuva haku.....	55
	3.4.6 Kooste tarkkaavaisuustutkimuksen hyödynnettävyydestä.....	56
	3.5 Redundanssimalli tarkkaavaisuutta koskevien mallien valossa	57
4	Pohdintaa	63
	4.1 Kriittisiä huomioita.....	63
	4.2 Virtuaaliobjektin luomisesta.....	65
	4.3 Kohti korkeatasoisia käyttöliittymiä.....	68
	Lähteet.....	70

1 JOHDANTO

Mikä on tietokone, entä mitä on multimedia? Millainen on sovellus: onko siitä hyötyä, onko se tehokas, lisääkö se tuottavuutta, onko sitä miellyttävä käyttää? Tällaisiin kysymyksiin annetut vastaukset muotoillaan, ei niinkään koneen tai sovelluksen perimmäisten teknisten ominaisuuksien, vaan käyttöliittymän perusteella. Käyttäjä muovaa oman mielikuvansa informaatio-tekniikan sovelluksen olemuksesta ja laadusta ensisijaisesti sen perusteella, miltä tuote näyttää, kuulostaa ja tuntuu. Käyttäjän kannalta hänelle näkymättömät tekniset ratkaisut ovat yleensä yhdentekeviä – keskeisempää on se, mitä tekniset ratkaisut tuottavat käyttäjän ulottuville.

Aikoinaan tietokoneiden käyttö oli hyvin pienen ja tarkkaan valikoituneen asiantuntijajoukon yksinoikeus. Kun käyttäjiä ja sovelluksia oli vähän, pääosa tekniikan kehittämisen resursseista käytettiin perustekniikan parantamiseen, kuten koodin optimointiin. Tämä olikin tarpeen prosessoritehon ollessa nykymittapuun mukaan vaatimattomalla tasolla. Sovelluksen ilmeisyys oli toisarvoinen seikka. Pieni käyttäjäjoukko voitiin kouluttaa käyttämään sovellusta, joka ei millään tavoin tukenut niitä vuorovaikutus-

malleja, joita ihminen on omaksunut ollessaan tekemisissä luonnollisten ympäristöjen kanssa.

Käyttöliittymät eivät yhä edelleenkään liene keskeinen ongelma tietotekniikan atomistisen tason tutkijoille ja kehittäjille. Sen sijaan niille miljoonille ihmisille, jotka ovat viime vuosina joko tahtoen tai tahtomattaan päätyneet modernin informaatioteknologian käyttäjiksi, juuri käyttöliittymä ratkaisee sovelluksen arvon. Arvoa voidaan mitata kaupallisesti tuotteen menekin perusteella tai sen perusteella, nostaako se sen toiminnan tuottavuutta minkä osa se on. Yhtä hyvin sovelluksen arvon voidaan nähdä määräytyvän sen perusteella, miten sovelluksen käyttö vaikuttaa työskentelyprosessin laatuun. Mutta oli näkökulma arvoon mikä tahansa, johtopäätös on samansuuntainen: Jotta informaatioteknologiselle tuotteelle olisi kysyntää, sen täytyy näyttää ja kuulostaa hyvältä – tai ainakin paremmalta kuin kilpailijansa. Jotta se parantaisi työskentelyn tehoa ja laatua, sen täytyy tukea käyttäjän omaksumia vuorovaikutusmalleja. Kaikki nämä vaatimukset ovat juuri käyttöliittymiä koskevia – niinpä onkin luonnollista, että käyttöliittymän laadun on todettu määrittävän hyvin suuressa määrin koko sovelluksen laadun (Brown & Cunningham 1989, 1; Barker & King 1993).

Käyttöliittymiin kohdistuvan mielenkiinnon kasvu on konkreetti osoitus siitä, että informaatioteknologian sovellusten kehittämisessä päähuomio on siirtynyt koneesta kokonaisuuteen, jonka muodostavat *ihminen, kone ja tehtävä* (Card, Moran & Newell 1983, 403-404). Kone nähdään apuvälineenä tehtävän suorittamisessa. Koneen ja ihmisen yhteistyön tulee olla saumatonta; koneen ja ihmisen roolien tulisi olla tehtävän kannalta tarkoituksenmukaisia. Koska juuri käyttöliittymä määrittää koneen ja ihmisen yhteistyön mahdollisuudet, voidaan tällaisen ajattelun nähdä johtavan väistämättä sellaiseen sovelluskehitykseen, jonka keskeisin kohde on käyttöliittymä. Ajattelutapa on pienessä ajassa kokenut melkoisen muutoksen:

Kun ennen laadittiin tietokoneohjelma, käyttöliittymä oli vain vähäpätöinen loppusilaus. Nykyaikainen sovelluskehitys graafisine apuvälineineen on yhä kasvavassa määrin itse asiassa ohjelmointia käyttöliittymää manipuloimalla. Tämän on tehnyt mahdolliseksi – ajattelutavan muuttumisen ohessa – prosessoritehon huima kasvu: enää ei koodin optimointi ole ensisijainen tavoite. Esimerkiksi sovelluskehityksen havainnollisuus on tärkeämpää kuin käytetyn sovelluskehittimen generoiman konekielisen koodin tehokkuus.

Käyttöliittymän nostaminen sovelluskehityksen painopistealueeksi on toisaalta osin ristiriitaista. Sovelluskehityksen kannalta ei nimittäin välttämättä ole edes tarkoituksenmukaista eristää käyttöliittymää erilliseksi osaksi sovellusta. Esimerkiksi Laurel (1990; 1991) halusi nähdä sovelluskehityksen kokonaisvaltaisena prosessina esitellessään teatteri-metaforansa sovelluskehityksen tarpeisiin. Vielä kokonaisvaltaisempi on Vertelneyn ja Bookerin (1990) lähestymistapa: he halusivat liittää myös laitesuunnittelun osaksi sovellussuunnittelua. Käyttöliittymäsuunnittelu sulautuisi osaksi sovellussuunnittelua voiden vaikuttaa suunnittelutyön kaikilla tasoilla. Näin päästäisiin eroon perinteisestä kaavasta, jossa käyttöliittymään kiinnitettiin huomiota vasta kun järjestelmän muut ominaisuudet oli lyöty lukkoon ja asetettu siten käyttöliittymän suunnittelulle hyvin ahtaat rajat.

Kokonaisvaltaisen, käyttöliittymäsuunnittelun osaksi sovellussuunnittelua integroivan ajattelutavan yleistyminen ei ole kuitenkaan itsestään selvää. Jos pyritään analyyttisempään työskentelyyn, tarvitaan joka tapauksessa luokittelua. Tässä tapauksessa jouduttaisiin luokitelemaan sovellussuunnittelun vaiheita tai osia. Esimerkiksi yritykset nostaa kognitiiviset mallit sovellussuunnittelun lähtökohdaksi sovelluksen sisällön asemesta (esimerkiksi Barnard, May & Blandford 1992; May, Barnard & Blandford 1992) ovat oikeastaan vahvistaneet käyttöliittymän roolia erillisenä osana

sovellusta. Kun kognitiiviset mallit erotetaan sisällöstä, luodaan tavallaan pohjaa sisältöriippumattomalle käyttöliittymäsuunnittelulle – eli jälleen palattaisiin perinteiseen asetelmaan, jossa käyttöliittymä "liitetään" sovellukseen.

Käyttöliittymän käsittely erillisenä suunnittelun objektina voidaan nähdä, toisella tapaa artikuloituna, myös yrityksenä erottaa muoto ja sisältö toisistaan. Arkitodellisuudessa tällainen erottelu on yleensä mahdotonta. Kun kirvesmies on vuosikausia käyttänyt samaa vasaraa, siihen liittyy arvoja, jotka ovat paljon enemmän kuin välineellisiä, vaikka teknisesti tarkastellen vastaava (eli samat tekniset mitat täyttävä) uusi vasara ajaisikin saman asian kuin vanha työväline. Sama koskee informaatioteknologian sovelluksia: vaikka käyttöliittymä nähdään usein vain välineenä jonkin oleellisemman hallinnassa, siihen tehdyt muutokset heijastuvat koko sovelluksen käyttöön. Siksi käyttöliittymää ei voi kehittää ottamatta huomioon sovelluksen sisältöä. Samasta syystä käyttöliittymän laadun kriteereitä ei ole mielekästä formuloida sisältöriippumattomiksi.

Sovelluksen käytettävyyttä (usability) arvioidaan yleisimmin Shneidermanin (1987) tai Nielsenin (1993) tapaan helposti mitattavien käyttöliittymän ominaisuuksien, kuten sovelluksen käytön oppimiseen tarvittavan ajan, käytön nopeuden, käyttäjän tekemien virheiden määrän, muistettavuuden ja subjektiivisen miellyttävyyden perusteella. Käytännössä tällaisen kriteeristön käyttö on johtanut hyvin yhdenmukaisiin käyttöliittymiin. Graafisen käyttöliittymän läpimurto on hyvä esimerkki suuntauksesta, jossa pyritään samankaltaistamaan käyttöliittymät täysin riippumatta sovelluksen sisällöstä. Eri aloilla on kuitenkin törmätty ongelmiin, jotka johtuvat yksioikoisesta käyttöliittymien harmonisoinnista. Esimerkiksi koulutussovelluksien kohdalla tekniikan, sisällön, asiayhteyden, arvojen ja muiden monisyisten seikkojen yhteys toisiinsa on niin kiinteä, että ajatus pit-

källe standardoidusta käyttöliittymästä tuntuu etäiseltä (vrt. Peled, Peled & Alexander 1992). Jopa graafinen käyttöliittymä sinänsä *direct manipulation* -periaatteineen (Shneiderman 1987) on asetettu kyseenalaiseksi ongelmanratkaisutehtävissä (Cope & Simmons 1994; Holst, Churchill & Gilmore 1997), samoin kuin muuten tehokkaana pidetty animaatio (Dyck 1995). Yleensäkin graafisten tehokeinojen innokas käyttö on tutkimuksen valossa ristiriitaista (Brown & Schneider 1992; Hazari & Reaves 1994; Petre & Green 1990). Esimerkiksi usko kuvakkeiden viestinnälliseen voimaan on vailla näyttöä (Griffin & Gibbs 1992).

Pitkälle viety analyttisyys sovelluskehityksessä ja – kuten edellä esitetystä ilmenee – siitä johtuva käyttöliittymäsuunnittelun irrallisuus on vaikeasti vältettävissä nykyaikaisessa sovelluskehitysprojektissa. Projekti koostuu tyypillisesti monien eri alojen asiantuntijoista, joista kunkin vastuulla on tietyn osa-alueen suunnittelu. Asiantuntemuksen pirstoutumista vastaan voidaan taistella tietoisesti asennoitumalla sovelluskehitysprojektiin poikkitieteellisesti paitsi ryhmä-, myös yksilötasolla: projektin jäsenet voivat kartuttaa asiantuntemustaan myös muiden jäsenten erikoisaloilta työskennellessään heidän kanssaan. Card, Moran ja Newell (1983) kannustavatkin systeemisuunnittelijoita psykologisen tiedon soveltajiksi (s. 12), ja toisaalta Wickens ja Carswell (1997) pitävät psykologien panoksessa sisällön hallintaa ratkaisevana. Tällainen projektin yksittäisten jäsenten laaja-alaisuus on hyödyllistä ainakin kahdesta syystä. Ensinnäkin, kommunikointi ryhmän sisällä tehostuu kun kukin on edes jonkin verran perillä toisten jäsenten edustamien tieteenalojen paradigmoista. Toiseksi, ainakaan kaikkein triviaaleimpien detaljien suhteen ei päätöksentekoon tarvita aina kyseisen ongelman erityisosajaa, vaan päätöksiä voidaan tehdä vähäisemmälläkin asiantuntemuksella. Esimerkiksi graafikko voi kuviota suunnitel-

lessaan soveltaa tietojaan ihmisen havaintotoiminnoista, vaikka hänen erityisosaamisensa liittyisikin puhtaasti estetiikkaan.

Tässä työssä abstraktiotaso pyritään pitämään niin korkealla että tutkimustehtävää voidaan lähestyä aidosti poikkitieteellisesti. Työ ei ota kantaa olemassa oleviin käyttöliittymien standardeihin ja käytäntöihin. Käyttöliittymää ei tässä eroteta muusta sovelluksesta. Tarkastelun keskeinen kohde, *informaation esittäminen käyttäjälle*, kattaa sekä sisällön että muodon.

1.1 Tutkimustehtävä

Tässä tutkimuksessa perehdytään informaation esittämisen problematiikkaan erityisesti multimediamyönteisessä. Keskeisiä teemoja ovat multimodaalisuus ja toisteisuus. Kysymyksenasettelu kohdistuu tilanteisiin, joissa käyttäjälle tarjotaan käyttöliittymässä useita samanaikaisia viestejä. Tutkimustehtävänä on luoda käsitteellinen pohja, jonka perusteella voi lähteä arvioimaan erilaisten viestikombinaatioiden tarkoituksenmukaisuutta ja laatua. Tarkemmin määriteltynä tehtävä voidaan jakaa kolmeen osaan. Tutkimustehtävänä on

1. määrittellä käsitteellinen ympäristö, jonka sisällä käyttöliittymäelementtien välisiä suhteita voidaan analysoida,
2. etsiä teoreettisia näkökulmia samanaikaisten viestien esittämisen kognitiivisiin vaikutuksiin sekä
3. arvioida näiden teoreettisten näkökulmien kontribuutiota käyttöliittymäsuunnitteluun erityisesti ensimmäisessä tutkimustehtävässä tuotetun mallin valossa.

Tutkimus tähtää toisin sanoen sellaisen tiedon hankkimiseen, joka tukee kompleksisten informaatioympäristöjen analyttistä rakentamista. Analyysissä on lähtökohtana ihminen (käyttäjä) informaation prosessoijana.

1.2 Tutkimuksessa sovellettavat tieteenalat

1.2.1 Kognitiotieteiden kontribuutio

Ihmisen ajattelun ja käyttäytymisen ymmärtäminen ihmisen ja koneen välisessä vuorovaikutuksessa on tullut sitä tärkeämmäksi, mitä heterogeenisemmäksi käyttäjien joukko on tullut. Sekä kaupalliselta että yksilön kannalta on oleellista luoda tuotteita, joita ihmiset osaavat käyttää. Ei siis olekaan yllättävää, että käyttöliittymien suunnitteluun tekniikan asiantuntijat ovat hakeneet apua ensisijaisesti kognitiotieteistä, erityisesti kognitiivisesta psykologiasta. Tässä työssä kognitiivisen psykologian malleihin tukeudutaan pohdittaessa intentionaalisen toisteisuuden tarkoituksenmukaisuutta käyttöliittymien suunnitteluperiaatteena.

Perinteisessä, kognitiivista psykologiaa hyödyntävässä asetelmassa ihmisen ominaisuudet nähdään tekniikan kehittämistä rajoittavina reunaehtoina, jotka on pakko ottaa huomioon. Hyvällä käyttöliittymällä on silloin lähinnä välineellistä arvoa, koska perimmäinen tarkoitus on esimerkiksi lisätä työn tehokkuutta tai miellyttää käyttäjää. Myös kognitiivinen psykologia on tällöin väline, ei kehittämisen kohde. Aidosti poikkitieteellisessä työssä eri tieteenalat pitäisi kuitenkin nähdä itsessään kehittämisen kohteina, ei ainoastaan jonkin "salatun tiedon" lähteinä. Informaatioteknologian käyttö ja kehittäminen voidaankin nähdä mielenkiintoisena ja antoisana kognitiotieteiden tutkimusympäristönä.

Ihmisen henkisten toimintojen kuvaamiseen on luonnollisesti lukemattomia näkökulmia. Palmer ja Kimchi (1986) luokittelivat erilaisia lähestymistapoja. Heidän luokittelunsa on kolmijakoinen, mutta he korostavat niiden muodostavan jatkumon:

- Fyysinen lähestymistapa. Koska huomio kohdistetaan fyysisiin, havaittaviin ja mitattaviin ilmiöihin, ollaan lähellä luonnontieteitä. Lähestymistapa on äärimmäisen reduktionistinen ja primääri mielenkiinnon kohde on yksittäinen fyysinen ilmiö. Ongelma henkisten ilmiöiden kannalta on se, että yksittäisen mitattavan hermostollisen tapahtuman tulkinta henkiseksi ilmiöksi on arveluttavaa. Parempi olisikin nähdä tutkimuskohteeksi tässä tapauksessa hermosto kuin henkiset ilmiöt.
- Funktionaalinen lähestymistapa. Tässä lähestymistavassa keskeistä on henkisten prosessien kuvaaminen, ei niinkään prosessien fyysinen syntymekanismi.
- Fenomenologinen lähestymistapa. Mielenkiinnon kohde on subjektiivinen, tiedostettu kokemus. Ero fyysiseen ja funktionaaliseen lähestymistapaan on sekä ontologinen että epistemologinen. Subjektiiviset havainnot ja tulkinnat nähdään ainoaksi tarkoituksenmukaiseksi tavaksi tutkia henkisiä ilmiöitä. Itse tutkimuskohde, tiedostettu kokemus, on aivan toisella tasolla kuin fyysiset tapahtumat.

Esitetty jatkumo fyysisen ja fenomenologisen näkemyksen välillä heijastaa samalla tieteenfilosofista tasapainoilua: Tutkiako vain yksiselitteisesti todennettavia ilmiöitä riippumatta siitä ovatko ilmiöt sinänsä tutkimisen arvoisia? Vai voidaanko tiedeyhteisön sisällä perehtyä myös ilmiöihin, jotka ovat merkityksellisiä mutta joita ei voida kuvata kvantitatiivisesti tai muutenkaan objektiivisesti? Eli kuten *consciousness studies* –traditiota edustava David Chalmers (1995) ilmaisi: kun "vaikeita ongelmia" ei voida perinteisesti

sen luonnontieteellisen, reduktionistisen mallin mukaan tutkia, valitaan helpompia ongelmia tilalle.

Tämän työn kannalta tärkein henkinen ilmiö, inhimillinen informaation prosessointi, näyttäisi välttävän kiperimmät tieteenfilosofiset kysymykset sijoittamalla selkeästi fyysisen ja fenomenologisen lähestymistavan välimaastoon, mitä ilmeisemmin funktionaalisen tutkimustradition piiriin.

Tutkittaessa henkisiä ilmiöitä puhtaasti fyysisinä tapahtumina otetaan – ainakin implisiittisesti – kantaa ontologisiin kysymyksiin (vrt. fyysinen lähestymistapa, s. 8). Toisen ääripään, fenomenologisen ajattelun (s. 8), suhteen ei taas voi tehdä mitään itsestään selviä ontologisia oletuksia; fenomenologian ydin onkin ontologian sijaan epistemologiassa. Funktionaaliset lähestymistavat ovat tässä suhteessa vielä avoimempia. Funktionaalisia kuvauksia voidaan tehdä oikeastaan miltä ontologiselta ja epistemologiselta pohjalta hyvänsä.

Tyypillinen funktionaalinen tapa kuvata henkisiä ilmiöitä on informaation prosessoinnin mallintaminen (*IP-approach*). Suuri osa IP-orientoituneesta tutkimuksesta on luonteeltaan kvantitatiivista kokeellista tutkimusta. Näinollen IP-tutkimus on epistemologiansa puolesta usein lähellä puhtaasti luonnontieteisiin nojaavaa tutkimusta (Palmer & Kimchi 1986). Ääriesimerkkejä luonnontieteelle ominaisten tutkimusotteiden puolestapuhujista IP-tutkimuksessa ovat Van der Heijden ja Stebbins (1990), jotka halusivat erottaa koko IP-koulukunnan epämääräiseksi kokemansa kognitiivisen psykologian piiristä. Myös Massaro ja Cowan (1993) kaipaavat luonnontieteille ominaista objektiivisuutta ja täsmällisyyttä IP-tutkimukseen.

IP-tutkimuksen kentän ontologisesta ja epistemologisesta heterogeenisyydestä huolimatta Palmer ja Kimchi (1986) löytävät eri tutkimuksista yhteisiä piirteitä. Yhteisten piirteiden määrittelyllä Palmer ja Kimchi pyrki-

vät hahmottamaan, mistä IP-tutkimuksessa oikeastaan on kyse. He kiteyttävät analyysinsä yhteisistä piirteistä viiden kohdan luetteloon:

1. Informaation kuvaus. Kaikki henkiset tapahtumat voidaan kuvata kolmi-vaiheisina informaation prosessointitapahtumina – syöte, operaatio ja tuloste.
2. Rekursiivinen osittaminen. Kaikki henkiset tapahtumat voidaan rekursiivisesti jakaa yhä uudelleen osatekijöihinsä, kunnes alkeistapahtumien taso on saavutettu.
3. Informaatiovirran jatkuvuus. Kaikki operaatiot tulee voida suorittaa syöteinformaation varassa, toisin sanoen edeltävän vaiheen tulosten varassa.
4. Informaatiovirran dynamiikka. Operaation suorittamiseen tarvitaan kaikkia syötteitä sekä riittävästi aikaa.
5. Fyysinen ilmeneminen. Informaation käsittelyyn liittyvissä tapahtumissa informaatio näkyy järjestelmän tiloina ja operaatiot tilojen muutoksina. Tilat ovat nimeltään representaatioita ja tilojen muutokset prosesseja.

IP-orientaation luonne näkyy luettelosta selvästi. IP-tutkimuksessa tutkimuskohteena ovat henkiset prosessit, jotka puolestaan nähdään tunnistettavien aliprosessien summana. Tulkinnat ovat siksi yleensä reduktiivisia ja tutkimusmenetelmät perustuvat luonnontieteiden tapaan eristää yksittäinen ilmiö kokonaisuudesta tarkkaan kontrolloiduin tutkimusasetelmin ja tilastollisin menetelmin.

Pyrkimys löytää universaaleja totuuksia kaikille ihmisille yhteisistä piirteistä sävyttää voimakkaasti IP-tutkimusta. Yksilöiden väliset erot, puhumattakaan eri kulttuurien edustajien välisistä eroista, jää yleisiä lainalaisuuksia selvittävän tutkimuksen jalkoihin. Kuitenkin esimerkiksi juuri kulttuuriympäristöllä on voitu todeta olevan tärkeä merkitys yksilön tapaan

ymmärtää viestejä (esimerkiksi Griffin & Gibbs 1992). Tämä antaa aiheen olettaa myös informaation prosessoinnissa olevan laadullisia eroja erilaisissa ympäristöissä eläneiden ihmisten välillä.

Inhimillisen informaation prosessoinnin mallintamisessa tietokoneen toiminnan käyttö metaforana on vanhaa perua. Jo yksittäiset käsitteet paljastavat vanhan tavan havainnollistaa henkisiä ilmiöitä teknisin termein. Esimerkiksi *muisti* ja *prosessointi* ovat käsitteitä, joilla on jo pitkään viitattu henkisiin rakenteisiin, ikäänkuin ne olisivat fyysisesti identifioitavissa samaan tapaan kuin koneissa (Neisser 1967, s. 6; van der Heijden & Stebbins 1990). Gardner (1985, ss. 6, 40) sanoo jopa suoraan että tietokone on kognitiotieteissä keskeisin ihmismielen metafora. Samaan näkemykseen perustunevat myös ponnistelut simuloida kognitiivisia prosesseja tietokoneen avulla (esimerkiksi Colin & Loftus 1975).

Ihmismielen käsittely vain yksiselitteisesti identifioitavina, mekaanisina toimintoina rajaa kuitenkin suuren määrän mielenkiintoista ja tärkeää tutkimuksen ulkopuolelle. Gardnerin (1985) mukaan esimerkiksi affektiot sekä historialliset, kulttuuriset ja kontekstuaaliset seikat on tietoisesti jätetty vähälle huomiolle kognitiotieteissä niiden monimutkaisuuden takia. Tällainen asenne ei anna kovinkaan edustavaa kuvaa kognitiotieteistä: Chalmersia (vrt. s. 8) mukaillen voisi sanoa, että Gardner, jos kuka, jättää vaikeat ongelmat ratkaisematta ja tutkii sen sijaan jotain muuta.

Rajoitteistaan huolimatta IP-orientaatiolla on vahvuuksia, joiden takia sitä käytetään, soveltuvien osien, tämänkin tutkimuksen yhtenä teoreettisena viitekehyksenä. IP-tutkimus tarjoaa suuren määrän tieteellisesti arvokasta, empiiristä tutkimustietoa. Lisäksi sen käyttämät käsitteet ja metaforat ovat helposti tulkittavissa useiden eri tieteenalojen paradigmoista käsin. Poikkitieteellisessä työssä tämä onkin ensiarvoisen tärkeää.

1.2.2 Viestintätieteiden kontribuutio

Viestintätieteiden roolia tässä työssä on vaikeaa kuvailla, koska viestintätieteiden eri koulukuntien paradigmat ovat niin erilaisia, että niitä on vaikeaa käsitellä saman teeman sisällä. Koulukuntien karkeana jakona käytetään tässä tavanomaista, esimerkiksi Fisksen (1990) käyttämää luokittelua prosessikoulukuntaan ja semioottiseen koulukuntaan. Prosessikoulukuntaan Fiske laskee kaikki informaatioteoriasta (Shannon & Weaver 1949) johdetut teoriat. Semioottisia näkemyksiä taas yhdistää tutkimuskohde, merkkien tulkinta.

Viestinnän prosessimalleissa viestintä merkitsee informaatioyksikön kopioimista tai siirtämistä lähettäjältä vastaanottajalle. Malleja havainnollistavat piirroukset sisältävät ainakin lähettäjän, vastaanottajan ja nuolen edellisestä jälkimmäiseen (sisältöä korostavissa malleissa *lähettäjän* ja *vastaanottajan* korvaavat *lähetetty* ja *vastaanotettu viesti* tai *merkitys*). Eri mallit sisältävät lisäksi erilaisia välivaiheita matkalla lähettäjältä vastaanottajalle.

Prosessimalleja voidaan syyttää äärimmäisen mekaanisesta viestintänäkemyksestä. Esimerkiksi viestinnässä tarvittavat taidot ovat viestin koodaaminen, purkaminen ja viestintäkanavan käyttö. Viestin vastaanottajasta tarvitaan tietoa, jotta viesti tulisi tulkittua toivotulla tavalla. Viestintä on vastaanottajaan *vaikuttamista*. Viestin vastaanottaminen puolestaan on tässä näkemyksessä melko passiivinen tai mekaaninen toimenpide. Vaikka tällainen näkemys ihmisen toiminnasta vaikuttaakin aikansa eläneeltä, prosessimalleilla on eittämättömät etunsa. Ennen kaikkea, ne ovat paradigmatiaan sopusoinnussa IP-mallien kanssa. Viestintää teknisessä ympäristössä voidaan näin käsitteellistää tekemättä jyrkkää eroa ihmisen ja koneen roolien välille. Viestintä on tässä paradigmassa pohjimmiltaan informaation siirtymistä yhdestä fyysisestä paikasta toiseen.

Hieman yksinkertaistaen voidaan sanoa, että prosessimalleissa merkitys koodataan tehokkaasti fyysiseksi viestiksi, vastaanottajan ominaisuudet huomioon ottaen. Sitten viesti lähetetään viestintäkanavan välityksellä. Kanava valitaan siten, että viestin informaatio säilyy mahdollisimman muuttumattomana prosessissa, jossa informaatio siirtyy lähettäjältä vastaanottajalle. Lopullisena tavoitteena on saada vastaanottajassa tarkoin määritelty muutos aikaan.

Semiotiikassa viestinnän käsite eroaa täysin informaatioteoriaan perustuvien prosessimallien viestintäkäsitteestä. Semioottisissa viestintämalleissa ei lähdetäkään liikkeelle olemassa olevasta merkityksestä, joka mekaanisesti koodataan ja sitten lähetetään. Sen sijaan koko viestinnän keskeisenä prosessina nähdään fyysisen viestin tulkinta. Prosessimalleissa viestillä oli "vastaanottaja", viestintätapahtuman objekti, rooliltaan melko passiivinen fyysisen viestin purkaja. Semiotiikassa tästä objektista on tullut subjekti, koko prosessin aktiivinen keskus. Viestiä ei enää otetakaan vastaan ja pureta, vaan merkit tulkitaan mitä suurimmassa määrin subjektiivisesti ja omaehtoisesti.

Tässä työssä pyritään käyttämään rinnakkain semiotiikan ja prosessimallien paradigmoja. Semiotiikan anti työlle on viestintänäkemyks (Peirce 1953, Saussure 1983). Tähän viestintänäkemykseen pyritään yhdistämään prosessimallien käsitteistöä, jota on helpompi käyttää viestin laadinta- ja tulkintaprosessien yhteyden kuvaamiseen.

1.3 Tutkimuksen rakenne

Tutkimuksen alkuun sijoittuu ensimmäinen tutkimustehtävä (s. 6), toisteen käsitteen funktionaalinen määrittely (luku 2). Jotta toisteisten viestien laatimisen relevanssia voitaisiin arvioida ihmisen informaation prosessoin-

nin kannalta, siirrytään käsiteanalyysin jälkeen tarkastelemaan tarkkaavaisuustutkimuksia, erityisesti toisteisia elementtejä sisältävän käyttöliittymän suunnittelun kannalta (luku 3). Lopuksi, luvussa 4, arvioidaan esitettyjen mallien ja käsitteiden käyttökelpoisuutta sovellussuunnittelussa (kolmas tutkimustehtävä).

2 Toiste eli redundanssi

Sanavalinnoilla voi verbaalissa kommunikoinnissa olla kauaskantoiset seuraukset. Suhtautumisemme sanavalintoihin heijastaa paitsi kieli-, myös viestintäkäsityksiämme: Mikäli pidämme viestintää lähinnä mekaanisena merkitysten koodaus-, siirto- ja purkutapahtumana, voimme suhtautua luotavaisin mielin esimerkiksi automatisoitujen tulkkipalveluiden tulevaisuuteen. Sen sijaan semioottinen viestintäkäsitys johtaa huomattavasti varovaisempaan näkemykseen kyvystämme verbalisoida merkityksiä tiukan analyttisesti. Mielikuvat, jotka sana virittää tai luo, ovat mitä suurimmassa määrin subjektiivisten tulkintojen tulosta. Tulkinta on luova prosessi. Siksi sanan herättämät merkitykset ovat vaikeasti ennustettavia ja monitasoisia.

Keskeisten käsitteiden täsmällinen määrittely on tieteellisen toiminnan kulmakivi. Arkikäytössä taas täsmällinen määrittely ei välttämättä ole kaiken ydin. Sitäkin tärkeämmäksi nousee käsitteelle annettu nimi. Varsinkin, jos nimetään ilmiö olemassa olevalla sanalla, sanan aikaisempi käyttö voi olla ratkaisevaa käsitteeseen suhtautumisessa. Koska tässä työssä tähdätään paitsi tieteellisyyteen, myös käsitteen käyttökelpoisuuteen todellisessa so-

velluskehitystyössä, keskeisten käsitteiden nimeämisen tulee olla hyvin perusteltua.

Tämä tutkimus kietoutuu redundanssin, jonka suomalaisena vastineena käytetään usein substantiivisia toiste, käsitteen ympärille. Redundanssiksi on aiemmin nimetty ilmiöitä hyvin monenlaisissa konteksteissa. Aluksi onkin syytä käydä läpi, missä erilaisissa asiayhteyksissä sitä on käytetty, jotta voitaisiin arvioida käsitteen nimen sopivuutta tämän työn yhteyteen.

2.1 Redundanssin määritelmiä

Redundanssin ehkä tavanomaisin käyttö on saanut alkunsa informaatioteoriasta. Shannon ja Weaver (1949, s. 13) määrittivät sen viestin tarpeettomaksi osaksi. Määritelmässä redundanssi on se osa viestiä, joka voidaan jättää pois menettämättä informaatiota. Tavallaan se voidaan näin ollen ymmärtää jopa informaation vastakohdaksi: yksittäinen merkki sisältää joko informaatiota tai redundanssia (vastakkainasetteluun palataan sivulla 20). Esimerkiksi attribuuteilla "unnecessary" (Shannon & Weaver 1949, s. 13; Longman Dictionary 1984, s. 1243; Staniland 1966, s. 15) tai "nonessential" (Longman Dictionary 1984, s. 1243) kuvataan käsitettä tässä mielessä. Samansävyisiä ovat myös attributit "superfluous", "tautological" ja "verbose" (Longman Dictionary 1984, s. 1243). Tällainen näkemys redundanssista on luonnollinen tietojenkäsittelyn yhteydessä. Silloin käsitellä viitataan resurssien haaskaamiseen tai optimoinnin puutteeseen. Mutta myös esimerkiksi kielitiede on käyttänyt käsitettä vastaavassa merkityksessä (Weik 1977, s. 293; Edwards 1992; Paul 1992). Lingvistisissä tutkimuksissa, joissa on tutkittu mahdollisuutta lyhentää lingvististä koodia, on todettu englannin kielen olevan noin 50-prosenttisesti redundanttia (Shannon & Weaver 1949, s. 13; Web Dictionary 1997). Tämä merkitsee

sitä, että englannin kielen sanoista voidaan jättää keskimäärin puolet kirjaimista pois ymmärrettävyyden kärsimättä. Ymmärrettävyys tarkoittaa tässä sitä, onko sana tunnistettavissa eli onko vaaraa sekoittaa sanat keskenään. Samanlainen käsitys on toisaalla esitetty neutraalimmin, ilman edellä mainittujen esimerkkien kielteistä sävyä. Ilmaisut "...voidaan poistaa ilman oleellisen informaation menetystä" (Maynard 1975, s. 158, kirjoittajan suomennos) tai "...määrä joka ylittää minimitarpeen" (Weik 1977, s. 293, kirjoittajan suomennos) eivät ota kantaa siihen, onko redundanssissa kyse siinä vältettävästä ilmiöstä. Neutraali sävy on saavutettu näissä määritelmässä pyrkimällä kattavaan ilmiön kuvaukseen. Voimakkaita affektioita herättävät sanat on näin voitu jättää pois ja välttää negatiivisten konnotaatioiden muodostuminen. Englannin kielessä arkikäytössä sanalla näyttää kuitenkin olevan voittopuolisesti negatiivinen sävy. Ehkä kaikkein voimakkaimmat negatiiviset affektiot liittyvät sanan käyttöön automaation yhteydessä: kun ihmisiä korvataan tuotantolaitoksessa koneilla, tulee näistä työntekijöistä redundantteja ja heidät pyritään saneeraamaan pois (Staniland 1966, s. 15; Longman Dictionary 1984, s. 1243). Vaikka kyseinen redundanssi-sanan käyttö ei liitykään suoranaisesti informaatioteknologiaan (paitsi että juuri informaatioteknologia tekee monista työntekijöistä redundantteja), sen arkikielessä sama sävy ei voi olla vaikuttamatta konnotaatioihin myös erilaisessa kontekstissa.

Tietotekniikka-alan sanakirjoista voi helposti löytää redundanssin käsitteelle myös selkeästi positiivissävytteisen merkityksen: tietojenkäsittelyssä ja esimerkiksi tekoälytutkimuksessa redundanssi on keino lisätä järjestelmän stabiiliutta. Määritelmässä puhutaan varmuusyksiköistä ja ylimääräisestä informaatiosta, jota voidaan käyttää häiriötilanteissa (Mercadal 1990, s. 241), luotettavuuden lisäämisestä ja kommunikationkanavan ylläpitämisestä (Web dictionary 1997) sekä varmistusmahdollisuuden tarjoami-

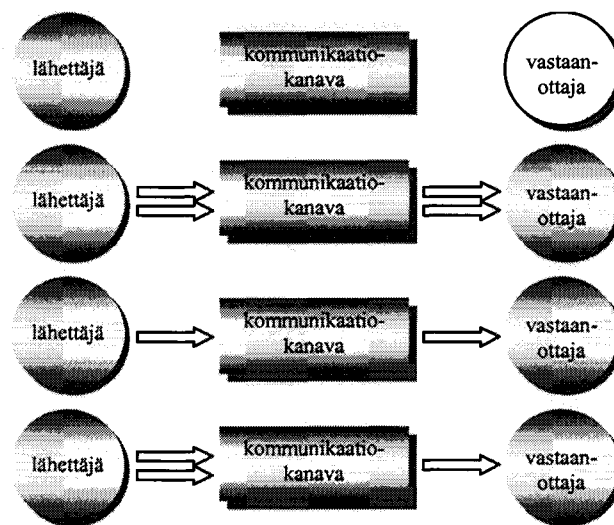
sesta (Weik 1977, s. 293). Nämä kuvaukset antavat käsityksen jostakin hyvin oleellisesta ja tärkeästä ilmiöstä – ajatus tarpeettomasta tai haitallisesta on hyvin kaukana.

Koostaen edellä mainitusta voidaan todeta, että tietojenkäsittelyssä redundanssin käsitettä käytetään hyvin erilaisissa konteksteissa. Vaikka käsitteen sisältö onkin eri konteksteissa saman tyyppinen, konteksti määrää käsitteen sisällön sävyä hyvin voimakkaasti. Käsitteeseen liittyvät sävyt ulottuvat selvästi negatiivisesta selvästi positiiviseen. Arkikielessä redundanssi on käytössä pääsääntöisesti sellaisissa yhteyksissä, missä sävy on negatiivinen.

2.2 Redundanssi viestinnän analyysissä

Redundanssilla on, kuten edellä mainittiin, hyvinkin negatiivisia konnotaatioita. Tällaisen käsitteen valitseminen merkitsemään ilmiötä sisältää riskin, että negatiiviset mielikuvat käsitteestä siirtyvät tässä tutkimuksessa esiteltävään asiayhteyteen. Redundanssi on kuitenkin valittu tämän työn keskeiseksi käsitteeksi, koska sen aikaisempi käyttö, erityisesti viestinnän tutkimuksen saralla, on hyvin lähellä tässä työssä esiteltävää määrittelyä. Viestinnän tutkimuksessa redundanssi-käsitettä on käytetty monen viestin integroinnin analysoinnissa. Viestien integrointi liittyy usein eri modalityettien käyttöön. Televisioviestintä on tavallisin sovellusalue (esimerkiksi Reese 1983; Drew & Grimes 1985; Hanson 1993; Basil 1994), mutta samaan tapaan käsitettä on käytetty interaktiivisten viestintäympäristöjen tutkimuksessa (esimerkiksi Edwards 1992; Miller 1993) sekä ihmisen havaintotoimintojen tutkimuksissa (Green & Anderson 1956). Näiden lisäksi on paljon tutkimusta, jossa käsitellään samaa ilmiötä, mutta sitä ei kuvata yksittäisellä redundanssi-sanalla vaan monimutkaisemmilla ilmauksilla, kuten

"visual-verbal symbiosis" (Braden 1992) ja "close coordination between audio and video" (Drew & Grimes 1985). Bahrack ja Gharrity (1976) nimittivät keskenään redundantteja visuaalisia ärsykeitä riippumattomiksi, viitaten ärsykkeiden vaikutusten samankaltaisuuteen. Merkitykseltään samantyyppinen on myös tyypillinen kuvan ja tekstin yhteyden analyysi, jossa yhdistelmät luokitellaan yhdistelmän relevanssin mukaan (Levin & Lesgold 1978; Haring & Fry 1979; Levie & Lentz 1982).



Kuvio 1. Lähetetyn ja vastaanotetun informaation määrä viestintätapahtumassa. (Edwards 1992)

Edwards (1992) havainnollisti yksinkertaisella kuviolla¹ redundanssin merkityssisältöä viestinnän kannalta (kuvio 1). Kuvio on ymmärrettävä siten, että sekä lähettäjä että vastaanottaja voivat olla yhtä hyvin ihmisiä kuin koneitakin. Viestintä on prosessi, jossa lähettäjä pyrkii muuttamaan vastaanottajan tilaa lähettämällä viestejä viestintäkanavan välityksellä (kuvion ensimmäinen rivi). Toisella rivillä viestit on lähetetty ja toivottu muutos saatu

¹ Kuvioista voi helposti havaita, että se perustuu viestinnän prosessimalleihin: viesti kulkee viestintäkanavan kautta lähettäjältä vastaanottajalle (vrt. s. 12).

aikaan vastaanottajan tilassa (tilan muutosta kuvataan värin vaihtumisella alkutilasta). Kolmas rivi kuvaa tilannetta, jossa informaatiota tarjotaan vastaanottajalle vain juuri sen verran, mikä on välttämätöntä, jotta vastaanottajan tila muuttuisi. Juuri tämä tapaus kuvaa tilannetta, johon informaatioteorian mukaan pyritään. Kommunikointikanavaa kuormitetaan mahdollisimman vähän, ja silti lopputulos on toivotun kaltainen. Informaatioteoriaan perustuvien viestintämallien käsitteistössä itse asiassa vain tämä, toivotun muutoksen kannalta välttämätön määrä informaatiota, on varsinaisesti informaatiota. Jos informaatiota tästä lisätään, ylimäärä ei olekaan enää informaatiota vaan toistetta, redundanssia. Niinpä informaatio ja redundanssi ovat näissä prosessimalleissa toistensa vastakohtia: viestin sisältö voidaan luokitella joko informaatioksi tai redundanssiksi (toisensa pois sulkien).

Edwardsin ajatus redundanssista viestinnässä kulminoituu kuviossa alimmalla rivillä. Siinä on kuvattu tapaus, jossa viestejä lähtee kaksi, mutta vain toinen niistä pääsee perille. Lopputulos on toivotun kaltainen, koska kumpi tahansa lähetetyistä viesteistä olisi vastaanotettuna riittänyt vastaanottajan tilan muuttumiseen. Lähetetty viesti sisälsi, informaatioteorian käsittein, sekä informaatiota että redundanssia. Kommunikointikanavassa tapahtui kuitenkin jotakin, joka esti toista viesteistä tulemasta perille. Niinpä vain informaatiota tuli vastaanottajalle saakka.

Neljättä tapausta voidaan tulkita monella eri tavalla. Edwardsin oma tausta liittyy näkövammaisten kanssa työskentelyyn, joten hänen ensisijainen tarkoituksensa oli havainnollistaa useamman kuin yhden aistin kautta tapahtuvan viestinnän merkitystä. Hänen ajatuksessaan redundanssia tulisi käyttää tarjoamaan riittävästi informaatiota esimerkiksi sekä näkö- että kuuloaistin kautta niille, joilla toinen aisteista ei toimi. Redundanssin määritelmistä Edwardsin malli lienee lähinnä informaatioteknologian piirissä

käytettyä varmistukseen viittaavaa määrittelyä (s. 17), varsinkin jos mallia sovelletaan Edwardsin tapaan aistivammoista kärsiviin käyttäjiin. Mutta selväpiirteisyytensä vuoksi mallia voidaan soveltaa havainnollistamaan redundanssin merkitystä myös keskimääräisen, aistitoiminnoiltaan terveen käyttäjän ja koneen välisessä viestinnässä. Tällöin yksilöllisiä, kommunikointiin oleellisesti vaikuttavia tekijöitä ovat, aistivamman sijasta, vaikkapa kognitiiviset tyyli- tai tottumukset. Käyttäjät priorisoivat informaation eri esitysmuotoja: toinen ottaa viestin vastaan ensisijaisesti visuaalisesti, toinen taas luottaa enemmän kuuloaistiinsa. Yhdelle kuvat ovat tärkeitä, toinen ymmärtää paremmin kielellisen viestin. Näissä tapauksissa redundanssi merkitsee, ei niinkään varmistusta, vaan valinnanvapautta tai adaptaatiota.

Ilmeisistä eduistaan huolimatta redundanssia ei voi pitää itseisarvoisena viestintäympäristön suunnitteluperiaatteena. Sen käytön vaikutuksista tutkimukset antavat hyvin ristiriitaisen kuvan (Lang 1995). Esimerkiksi hyvin toisiinsa liittyvän (yleensä tätä kuvataan sanalla redundanti) videon ja kerronnan yhdistelmän on todettu tehostavan muistamista ja ymmärtämistä (Reese 1983; Drew & Grimes 1985), muistamista myös tekstin ja kuvan yhdistelmän (Findahl 1971, Haring & Fry 1979) sekä kerronnan ja kuvan yhdistelmän (Severin 1967; Levin & Lesgold 1978). Sen sijaan esimerkiksi motorisessa tehtävässä Miller (1993) ei nähnyt redundanssissa mitään etua.

Hsia (1971, 1977) puhuu yli- ja aliredundanssista sekä ihanneredundanssista näiden ääripäiden välillä. Hän päättelee, että on olemassa jokin sopiva määrä redundanssia, jolla vältetään liian toisteisuuden aiheuttama epävarmuus ja toisaalta liian vähäisen toisteisuuden aiheuttama tehtävän vaikeutuminen.

Hsian käsitteet yli- ja aliredundanssi vievät redundanssin käsitettä huomattavasti pidemmälle kuin tyypillinen, esimerkiksi kuvan ja tekstin keskinäisen suhteen analysoinnissa käytetty luokittelu, jossa redundanssia

joko on tai sitten ei ole. Näin Hsia toi redundanssin ilmenemiseen määrällisen ulottuvuuden. Hsian määritelmän perusteella voisi puhua redundanssin sijasta redundanssin asteesta: ei luokiteltaisikaan viestien välisiä suhteita sen perusteella, onko niissä redundanssia vai ei, vaan tutkittaisiin, missä määrin redundantteja viestit ovat. Mutta tämäkään ei missään tapauksessa riitä sellaisen määritelmän perustaksi, jolla voitaisiin ymmärtää tai selittää, miksi redundanssi on toisinaan tehokas, toisinaan suorastaan haitallinen ilmiö viestinnässä. Tarvitaan paljon syvemmälle luotaavaa laadullisia ulottuuksia sisältävä määritelmä.

Aiemmassa tutkimuksessa redundanssista ollaan oltu kiinnostuneita lähinnä sen suhteen, miten se vaikuttaa viestinnän tehokkuuteen. Ihmisen suhteen tutkimuksen tarkempia kohteita ovat olleet muistaminen ja ymmärtäminen. Näissä tutkimuksissa on kaksi piirrettä, jotka rajoittavat niiden arvoa redundanssin ymmärtämisessä osana inhimillistä viestintää. Ensimmäkin redundanssia ilmiönä ei ole juurikaan analysoitu, vaan käsite on otettu ikään kuin annettuna – tutkimus ei ole pyrkinytkään ilmiön ymmärtämiseen vaan on käyttänyt ikään kuin olemassa olevaa käsitettä muuttujana. Toiseksi, tutkimukset rajoittuvat koeasetelmiin, joista on helposti kerättävissä kvantitatiivista aineistoa. Redundanssi on ikään kuin latistettu "tutkittavissa olevaksi" ilmiöksi joskus arveluttavillakin yksinkertaistuksilla. Esimerkiksi tutkimus, jossa kuvan ja tekstin yhteyttä kuvaillaan "täydellisen redundantiksi" (Haring & Fry 1979), osoittaa, että kuvallisen ja verbaalin viestinnän laadullisiin ominaispiirteisiin ei ole paneuduttu. Kuvan ja tekstin viestinnälliset ominaisuudet ovat niin erilaisia, että kuvan ja tekstin viestien määrittäminen samoiksi osoittaa jo melkoista ilmiöiden yksinkertaistamista, jopa niin rajua, että tutkimusasetelman relevanssi tutkimuskohteeseen nähden on hyvin kyseenalainen.

2.3 Redundanssimalli: redundanssin funktionaalinen määritelmä

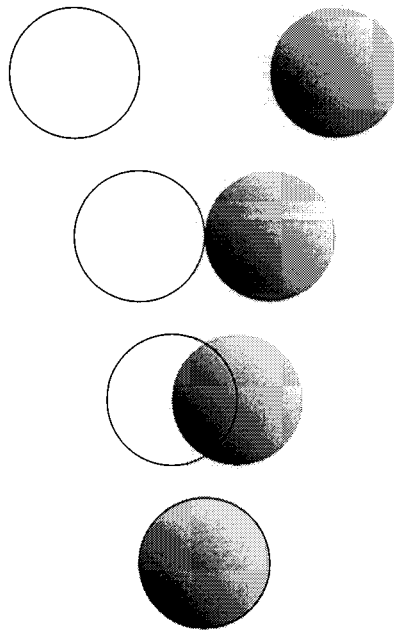
Jotta redundanssin käsitettä voitaisiin lähestyä, on syytä ensin sijoittaa se osaksi jotakin suurempaa kokonaisuutta. Toisin sanoen on kysyttävä, millaisten ilmiöiden joukkoon redundanssi kuuluu. Tässä työssä tätä käsitteellistä ympäristöä käytetään lisäksi hyväksi itse määrittelyssä: käsitettä lähestytään ulkopuolelta – sen rajat etsitään lähikäsitteiden avulla.

Basil (1994) luetteli eri mahdollisuudet, millainen kahden viestin välinen suhde voi olla. Hänen luettelonsa perustuu Ekmanin ja Friesenin (1969) luokitteluun verbaalien ja non-verbaalien viestien suhteista kasvokkaisviestinnässä. Ekmanin ja Friesenin mukaan non-verbaali viesti voi toistaa, havainnollistaa tai korostaa verbaalista viestiä. Se voi myös olla ristiriidassa, ennakoida, sopia yhteen tai korvata verbaalisen viestin. Näiden lisäksi, non-verbaali viesti voi olla täysin riippumaton verbaalista viestistä. Basil muokkasi listaa ja päätyi omaan luokitteluunsa eri modaliteeteilla esitettyjen viestien välisistä suhteista. Basilin mukaan mahdolliset suhteet ovat redundantti, korvaava, täydentävä, ristiriitainen ja korostava.

Basilin luettelo on hyvä pohja lähdettäessä etsimään keinoja kuvata niitäkin viestien välisiä suhteita, joita on vaikea kuvata yhdellä käsitteellä. Tässä työssä tehtävää on lähestytty muodostamalla dimensioita, joista on määritelty vain ääripäät. Näiden ääritapausten ajatellaan tässä määrittävän jatkumon, jolle muut tapaukset voidaan sijoittaa.

Ensimmäinen määriteltävä dimensio on yksinkertainen. Sen lähtökohdaksi on se, että kaksi viestiä voivat olla merkityksiltään identtisiä tai täysin erillisiä. Tästä eteenpäin näihin tapauksiin viitataan sanoilla *redundantti* suhde ja *erillinen* suhde (vrt. Pirhonen 1997: *redundant* ja *distinct*). Kuvio 2 havainnollistaa suhteita. Kuviossa ympyrät (valkoinen ja harmaa) kuvaa-

vat viestejä, jotka sisältävät joukon merkityksiä. Ensimmäisellä rivillä viestit ovat sisällöltään täysin erillisiä, toisistaan riippumattomia. Neljännen rivin tapauksessa taas kaksi viestiä ovat identtisiä keskenään, joten kyseessä on täysin redundantti suhde. Näiden ääripäiden väliin jäävät tapaukset, joissa viestien sisällöt sivuavat toisiaan tai ovat osittain päällekkäisiä (kuvion toinen ja kolmas tapaus).



Kuvio 2. Mahdolliset suhteet kahden viestin välillä. (Pirhonen, 1998a)

Kuvion toisen rivin tapausta, jossa viestit sivuavat toisiaan, kaksi viestiä kuvaavat saman kohteen eri puolia. Ensimmäisen viestin sisältö voisi olla esimerkiksi "Pekalla on pitkä tumma tukka" ja toisen "Pekka käyttää korva-rengasta". Viestejä yhdistää se, että ne kertovat Pekasta. Mutta koska ne kertovat Pekasta aivan eri asioita, ne eivät ole redundantteja vaan pikemminkin täydentävät toisiaan, muodostaen yhdessä kuvan nuorukaisesta.

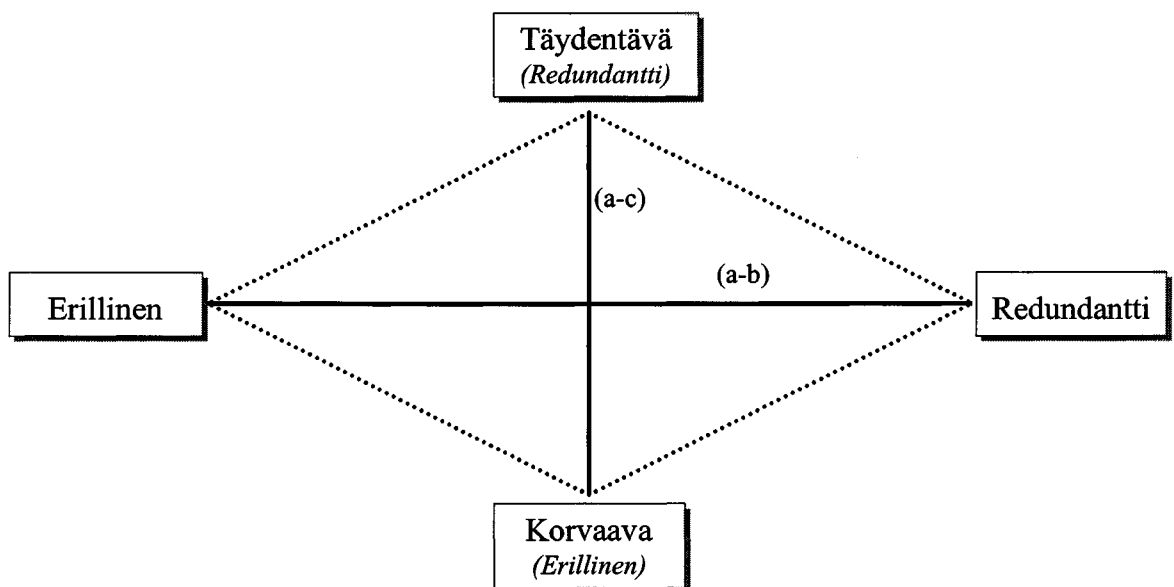
Basilias (1994) mukailleen tällaisesta suhteesta käytetään jatkossa nimeä *täydentävä* suhde (Basililla *complementing*¹, vrt. myös Pirhonen 1997). Mutta jos jälkimmäisen viestin sisältö olisikin ollut "Pekka on monikansallisen yhtiön pääjohtaja", jälkimmäinen viesti ei varmaankaan vastaisi niitä odotuksia, joita ensimmäinen viesti herätti. Jälkimmäinen viesti itse asiassa muuttaa radikaalisti sitä mielikuvaa, joka meille on tullut Pekasta ensimmäisen viestin perusteella. Voidaan edelleen väittää, että tässäkin tapauksessa jälkimmäinen viesti täydentää ensimmäistä. Mutta ennen kaikkea jälkimmäisen viestin vaikutus mielikuvan synnyssä on se, että se *korvaa* aiemmin syntyneen mielikuvan uudella: nyt emme mielläkään Pekkaa tyypilliseksi nykyaikaiseksi nuoreksi, vaan boheemiksi yritysjohtajaksi. Tällaista viestien välistä suhdetta nimitetään jatkossa *korvaavaksi* suhteeksi². Ekmanin ja Friesenin käsitteistössä *täydentävää* suhdetta kuvataan siten, että ensimmäinen viesti ennakoi (anticipate) jälkimmäistä. *Korvaava* suhde voidaan nähdä siis tämän vastakohtana, jolloin toinen viesti on yllättävä ensimmäisen viestin valossa. Hieman toisella tapaa ilmaistuna ero täydentävän ja korvaavan suhteen välillä on siinä, miten kahden viestin yhdistelmä sopii kokemusmaailmaamme.

Kuvio 2 kuvasi vain yhden dimension kahden viestin välisistä suhteista: dimension, jonka ääripäinä olivat erillinen ja redundanttinen suhde. Dimensio on vaaka-akselina seuraavassa kuviossa (kuvio 3). Vaaka-akselin voidaan sanoa kuvaavan kahden viestin sisältämän yhteisen informaation määrää. Vasemmalla reunassa sitä ei ole lainkaan ja oikealla ääripäässä kaikki informaatio on yhteistä. Puolivälisessä dimensiota on tapaus, jota edellisessä kuviossa havainnollistettiin toisiaan sivuavilla ympyröillä (täydentävä tai

¹ Ekmanin ja Friesenin (1969) lähinnä vastaava englanninkielinen käsite on *augment*.

² Kuvio 2 ei tee eroa täydentävän ja korvaavan suhteen välille, vaan kumpaakin havainnollistaa toinen rivi.

korvaava suhde). Kuvio 2 kuvasi vain yhden dimension kahden viestin välisistä suhteista: dimension, jonka ääripäinä olivat erillinen ja redundanttisuhde. Dimensio on vaak akselina seuraavassa kuviossa (kuvio 3). Vaaka akselin voidaan sanoa kuvaavan kahden viestin sisältämän yhteisen informaation määrää. Vasemmalla reunalla sitä ei ole lainkaan ja oikealla ääripäässä kaikki informaatio on yhteistä. Puolivälissä dimensiota on tapaus, jota edellisessä kuviossa havainnollistettiin toisiaan sivuavilla ympyröillä (täydentävä tai korvaava suhde).

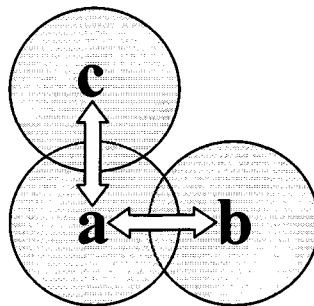


Kuvio 3. Mahdolliset viestien väliset suhteet.

Nyt malliin on lisätty toinen dimensio, jonka ääripäitä ovat juuri korvaava ja täydentävä suhde. Jos vaakadimensio ilmensi yhteisen informaation määrää, tämä pystydimensio taas ilmentää suhteen sopimista olemassa oleviin mielikuviin. Kuvion katkoviivalla rajaamalle alueelle voidaan sijoittaa käytännössä kaikki sellaiset viestien väliset suhteet, jotka tulevat kyseeseen käyttöliittymäsuunnittelussa (tämän rajauksen ulkopuolelle jääviin tapauksiin palataan sivulla 29). Kun kuvion keskipisteestä lähdetään oikealle,

pystysuunnassa liikkumavara kapenee tasaisesti. Tämä on looginen seuraus siitä, että mitä identtisempiä viestit ovat sisällöltään, sitä vähemmän niissä on sellaista informaatiota, jota ei ole toisessa viestissä – toisin sanoen viesteissä on yhä vähemmän toista viestiä täydentävää tai korvaavaa informaatiota. Kun taas liikutaan keskustasta vasemmalle, liikkumavara pystysuunnassa pienenee jälleen. Tällöin liikkumavaran pienenemisen selittää se, että mitä erillisempi suhde on eli mitä vähemmän viesteillä on tekemistä keskenään, sitä vähemmän toinen viesti herättää odotuksia toisen suhteen. Toisin sanoen pystyulottuvuus menettää vähitellen merkityksensä siirryttäessä vasemmalle.

Kuvion pystyakselin merkitys voidaan tulkita toisellakin tavalla. Tuon dimension todettiin kuvaavan viestien yhdistelmän sopivuutta aiempaan kokemusmaailmaamme. Siten tarkasteltavaksi voidaankin ottaa kolme eri kohdetta: kaksi eri viestiä ja aiempi kokemuksemme kyseisten viestien sisällöstä. Tulkintaa on havainnollistettu kuviolla (kuvio 4).



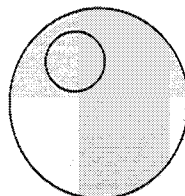
Kuvio 4. Suhteet, jotka määrittävät mallin dimensiot.

Kuviossa *a* ja *b* viittaavat yksittäisiin viesteihin ja *c* aikaisempiin mielikuviiimme viestien sisällöstä. Nyt *a*:n ja *b*:n välinen suhde viittaa juuri edellisessä kuviossa (kuvio 3) määriteltyyn vaakadimensioon: *a*:n ja *b*:n suhde on jotakin *erillisen* ja *redundantin* väliltä. Mutta myös suhteen aikaisem-

piin mielikuviin voidaan nähdä vaihtelevan välillä erillisestä redundanttiin: odotuksien mukainen suhde on redundantti suhde mielikuvien ja viestin todellisen sisällön välillä; toisaalta mielikuvien vastaisessa, yllättävässä suhteessa mielikuva ja viesti ovat erilliset. Näin pystydimension ääripäät *täydentävä* ja *korvaava* voitaisiin korvata sanoilla erillinen ja redundantti, jolloin vaaka- ja pystydimension ero on vain siinä, että vaakadimensiolla verrataan kahta viestiä toisiinsa, kun taas pystydimensio kuvaa viestin ja mielikuvan suhdetta. Käytännössä aluksi esitetyt käsitteet *täydentävä* ja *korvaava* lienevät kuitenkin kuvailevuutensa vuoksi käyttökelpoisempia. Vaihtoehtoiset käsitteet on kuitenkin kuviossa (kuvio 3) esitetty suluissa. Kuviossa on myös viitattu yhteyteen seuraavaan kuvioon (kuvio 4): pystyakseli kuvaa suhdetta a-c ja vaaka-akseli suhdetta a-b.

Esitetty malli pyrkii kuvaamaan käytännössä kattavasti erilaiset viestien väliset suhteet silloin, kun viestit sisältyvät käyttöliittymäelementteihin. Mutta mallin rakentamisen lähtökohtana olevissa Ekmanin ja Friesenin (1969) sekä Basilin (1994) malleissa on vielä kaksi tapausta, joita tämä malli ei ainakaan itsestään selvästi kata. Ensinnäkin, molemmat lähtökohdista olevat mallit kuvailevat suhdetta, jossa toinen elementti korostaa toisen jotakin osaa (Ekmanilla ja Friesenillä *accent* ja Basililla *emphasizing*). Tällainen suhde tulkitaan nyt esitetyssä mallissa havainnollistamalla suhdetta analogisesti edellisten kuvioiden kanssa. Kuvio 5 havainnollistaa korostavan suhteen luonnetta. Toinen viesti (pieni ympyrä) korostaa jotakin ensimmäisen viestin osaa. Suhde voidaan tulkita kuitenkin jo aiemmin esitetyillä käsitteillä: Ensimmäisen viestin (iso ympyrä) näkökulmasta toinen viesti on täysin redundantti, koska toinen viesti sisältää vain sellaista informaatiota, joka on myös ensimmäisessä viestissä. Mutta toisen viestin näkökulmasta ensimmäinen viesti sisältää paljon uniikkia informaatiota, jonka suhde toiseen viestiin voitaisiin taas analysoida sen perusteella, miten yh-

distelmä sopii mielikuviimme. Koska korostava suhde voidaankin näin selittää muilla mallin käsitteillä, se on erikoistapaus, jonka voidaan katsoa sisältyvän mallin kuvaamaan kenttään (kuvio 3), mutta joka kannattaa erityisluonteensa vuoksi nimetä erikseen.



Kuvio 5. Korostava suhde.

Toinen tapaus, joka vaatii tarkempaa tarkastelua, on lähtökohtana olevien mallien kuvaama *ristiriitainen* suhde (*contradicting*). Jos ensimmäinen viesti on sisällöltään "Pekalla on vihreät silmät" ja toisen "Pekalla on siniset silmät", viestien suhde on ristiriitainen. Kun mallia sovelletaan mediasovelluskehitykseen, ristiriitaisen suhteen merkitys lienee marginaalinen. Mikäli tällaisia suhteita ilmenee, kyse lienee yleisimmin virheestä tai erehdyksestä, jonka on aiheuttanut informaatiokatkos työryhmän sisällä. Jos päältä katsoen ristiriitaisia yhdistelmiä rakennetaan tarkoituksellisesti, on suhde pikemminkin *korvaava*, koska silloin on pyritty särkeämään yhteyksiä oletettuihin mielikuviin. Ja jos käytännössä ainoa tie ristiriitaiseen suhteeseen on virhe, ristiriitaista suhdetta ei ole tarpeen sisällyttää tällaiseen malliin, jota on tarkoitus käyttää erityisesti suunnittelun apuna – toisin sanoen, virheitä ei tehdä suunnitelmallisesti.

2.4 Redundantin viestin luomisesta

Edellä esitellyn mallin soveltamisen perusolettamus on, että redundanssi on vain erään dimension teoreettinen ääritapaus. Käytännössä kaikissa tapauksissa, vaikka pyrittäisiin merkityksiltään täysin identtisiin viesteihin, viestit eroavat viimeistään subjektiivisella tasolla toisistaan. Väitettä on helpointa perustella hyvin tutulla ja yksinkertaisella esimerkillä, liikennevaloilla. Jalankulkijoiden liikennevalot on hyvä esimerkki tarkkaan harkitusta redundanssista, koska niiden välittämä vitaali viesti on mahdollisimman yksinkertainen: joko jalankulkija saa ylittää kadun tai sitten ei saa. Tämä yksinkertainen viesti on koodattu Pohjoismaissa neljään eri muotoon. Ensinnäkin, punainen väri merkitsee kieltoa, vihreä sallimista. Punaisen ja vihreän värin viesti tulkitaan liikenteessä samalla tavalla lähes koko maailmassa. Toiseksi, palavan valon sijainti kertoo, onko lupa ylittää katu – ylempi kieltää, alempi sallii. Pohjoismaissa käytetään lisäksi ikonista informaatiota liittämällä kieltoa merkitsevään valoon seisova ja sallimista merkitsevään valoon kävelevä ihmishahmo. Vastaavasti Pohjois-Amerikassa tekstit "walk" ja "don't walk" ovat yleisiä liikennevaloissa. Pohjoismaissa valoihin on liitetty useimmiten myös äänisignaali, jossa harva katkoääni merkitsee kieltoa ja tiheä sallimista. Kaikissa näissä samanaikaisesti esitettävissä viesteissä sisältö on sama. Ilmeisin syy redundantteihin viesteihin on ihmisten erilaisuuden huomioonottaminen. Värisokea kykenee ottamaan viestin vastaan, vaikkei erotakaan punaista vihreästä, koska hänelle jää vielä useita muita vaihtoehtoja (paikka, ikoni, ääni). Sokea selviää äänen avulla. Liikennevaloesimerkin esitti myös Edwards (1992), juuri aistivammaille tarkoitettujen käyttöliittymien kehittelyn yhteydessä.

Liikennevaloesimerkissä eri muodossa esitetyt viestit näyttävät äärimmäisen samansisältöisiltä. Mutta miksi juuri punainen merkitsee kiel-

toa? Mikä on tämän valinnan viesti? Entä miksi ylempi valo kieltää? Vies- tiikö kulttuuristamme jotakin se, että ensisijaisesti kielletään? Tämän tyyp- pisiä kysymyksiä esittämällä voidaan aina päästä tasolle, jossa jokaisella eri muotoisella viestillä on lopulta jotakin uniikkia sisältöä. Liikennevalot ovat tietysti siinä mielessä huono esimerkki, että uniikin sisällön etsiminen saattaa vaikuttaa teennäiseltä ja epärelevantilta (mitä se epäilemättä onkin), mutta tässä yhteydessä se palveleekin ainoastaan ääriesimerkkinä siitä, mi- ten yksinkertaisenkin viestin esittämisessä merkityksiä voidaan pohtia lo- puttomasti merkityksenantoprosessin tavattoman kompleksisen luonteen vuoksi. Vähänkään monimutkaisemman viestin tulkinnan yhteydessä sa- mansisältöisiksi aiottujen viestien erojen osoittaminen on paljon helpom- paa. Asian toteaminen tässä yhteydessä on tärkeää, jotta vältettäisiin naiivit yksinkertaistukset eri viestien välisistä yhteyksistä. Tässä työssä pyritään siis huomattavasti hienosyisempään analyysiin kuin esimerkiksi Haring ja Fry (1979) tekivät luokitellessaan jotkut suhteet täysin redundanteiksi. Myös Levien ja Lenzin (1982) kuvaamissa tutkimuksissa kuvan ja tekstin yhteyksiä on tutkimusongelmien yksinkertaistamiseksi luokiteltu aivan liian karkeasti. Redusointi helpottaa kvantitatiivista analyysiä, mutta sa- malla on aina olemassa se vaara, että oleellista informaatiota on menetetty redusoinnin yhteydessä. Levin ja Lesgold (1978) ovat omassa raportissaan pehmentäneet jyrkkää luokittelua puhumalla ensin täysin päällekkäisistä viesteistä, mutta selittämällä myöhemmin että viestit ovat perussisällöltään ("basic propositional content") samoja.

3 Tarkkaavaisuustutkimus ja käyttöliittymäsuunnittelu

Tarkkaavaisuus (attention) on noussut aika-ajoin intensiivisen tutkimuksen kohteeksi kognitiivisessa psykologiassa jo yli sadan vuoden ajan. Jo 1891 William James pohti samoja ongelmia, jotka ovat olleet näihin päiviin saakka tutkijoiden päänvaivana. Tänä aikana muuttunut tieteenfilosofia ja erilaiset aikakaudet ovat muuttaneet näkemyksiä ihmisestä ja kognitiosta, mutta itse tutkimuksen kohde on pysynyt samana¹.

3.1 Käsitteitä ja käsityksiä tarkkaavaisuudesta

Tarkkaavaisuus on arkikielen käsite, eikä sen käyttö tieteessä ole antanut sille juurikaan uusia merkityksiä. Tieteelliset määritelmät näyttävät tyytyvän toteamaan olemassa olevan käsitteen ytimen. Jopa alueen ehkä tuotteliain tutkija, Daniel Kahneman, tukeutuu sanakirjamääritelmään varmistukseksi, että on ottanut kaikki relevantit näkökulmat huomioon (Kahneman

¹ Koska vallitseva paradigma on käsitteellistymisen ja jopa havaintojen yksi kulmakivi, on – tarkkaan ottaen – hieman arveluttavaa väittää tutkimuskohteen pysyneen "samana" vuosien saatossa, vaikka tutkimuskohteesta (esimerkiksi tarkkaavaisuus) käytettäisiinkin samaa termiä.

1973, s. 3). James (1891) kuvailee tarkkaavaisuutta ominaisuutena, joka auttaa meitä huomaamaan, erottelemaan, muistamaan ja reagoimaan (s. 424 - 425). Titchener (1908) kuvaa tarkkaavaisuuden "tietoisuuden selkeydeksi" (luku V). Sperling (1984) lähestyy tarkkaavaisuuden käsitettä ihmisen eri muistijärjestelmien kautta. Hänelle tarkkaavaisuus merkitsee informaation valintaa hyvin lyhytkestoisesta mutta laajasta näkömuistista (Visual Information Storage, VIS) varsinaiseen lyhytkestoiseen muistiin. Sack ja Rice (1974) määrittelevät tarkkaavaisuuden luettelemalla sen keskeiset ominaisuudet, joihin he näkevät kyvyn kohdistaa tarkkaavaisuus, kyvyn vastustaa häiriöitä eli säilyttää tarkkaavaisuus sekä kyvyn siirtää tarkkaavaisuus toiseen kohteeseen.

Vaikka tarkkaavaisuuden määritelmiä vaivaa epämääräisyys ja epäyhtenäisyys, itse tutkimustraditio on jostakin syystä säilynyt elinvoimaisena jo yli vuosisadan. Ilmeisesti ilmiö on niin monisyinen että sen verbalisointi tiiviissä muodossa on mahdotonta. Koska kuitenkin käytännön tutkimus ei ole vuosien saatossa kaatunut kommunikointivaikeuksiin käsitteen sisällöstä, siitä täytyy mitä ilmeisimmin vallita laaja yhteisymmärrys. Formaali määritelmä on siinäkin mielessä ehkä tarpeeton, että tarkkaavaisuus ei ole niinkään yksittäisten tutkimusten tutkimuskohde, vaan laaja kognitiotieteisiin liittyvä viitekehys.

3.2 Tarkkaavaisuus tutkimuksen kohteena

Useimmat tarkkaavaisuustutkimuksen uranuurtajat jakavat käsityksen, jonka mukaan kiinnostus tarkkaavaisuuteen liittyvän tutkimuksen tekemiseen on vaihdellut aikakausittain hyvin merkittävästi (esimerkiksi Broadbent 1958, s. 109; Kahneman 1973, s. 1). Selvimmän aallonpohjan alueen tutkimukselle aiheutti, yleisesti hyväksytyyn selityksen mukaan, behaviorismin

nousu käyttäytymistieteissä 1900-luvun alussa¹. Watsonin formuloima behaviorismi näytti pyyhkäisevän koko kognitiivisen psykologian pois tieteen piiristä aina 1950-luvulle saakka. Tuolloin kognitiivisen psykologian nousu reaktiona behaviorismia vastaan tarjosi uuden mahdollisuuden myös tarkkaavaisuustutkimukselle.

Tieteen paradigmojen muutoksien ohessa tutkimuksen ulkopuolisen maailman muuttumisen voidaan helposti nähdä vaikuttaneen tarkkaavaisuustutkimuksen suosioon. Elävästä elämästä nousevat tutkimustarpeet lisäsivät selvästi ainakin 1950-luvulla kiinnostusta ihmisen tarkkaavaisuuteen liittyvään problematiikkaan. Yleisimmin esille nostettu käytännön ongelma 1950-luvulta oli lentoliikenteen voimakkaan kasvun aiheuttamat muutokset lennonjohtajien toimintaan. Lentoliikenteen kasvu merkitsi lennonjohtajille informaatiovirtojen kasvua. Lennonjohtoon suunnitellun teknologian kehittämisessä oli tärkeää tietää ihmisen tapa ja kyky käsitellä suuria informaatiomääriä (Kahneman & Treisman 1984).

Tarkkaavaisuustutkimuksen alku sijoittuu 1800-luvun lopulle. Vaikka kirjallisuus ei tunnekaan syy-yhteyttä tarkkaavaisuustutkimuksen ja teollisen vallankumouksen välillä, lienee todennäköistä, että ainakin yhtenä vaikuttimena tutkimustradition syntyyn ovat olleet ne kysymykset, joita täysipäiväinen ihmisen ja koneen välinen vuorovaikutus herätti. Yleistäen voidaan todeta, että ihminen on sopeutunut hyvin toimimaan luonnollisissa ympäristöissä, mutta teknisissä ympäristöissä interaktion toimiminen tarkoituksenmukaisesti ei ole itsestään selvää. Teknologiaa tulisikin kehittää hyödyntäen ihmisen ajattelusta ja toiminnasta hankittua tietoa, mitä omalta osaltaan juuri tarkkaavaisuustutkimuskin tuottaa. Siksi onkin hämmästyttä-

¹ Lovie (1983) kyseenalaistaa yleisen näkemyksen, jonka mukaan tarkkaavaisuustutkimus olisi lopahtanut behaviorismin myötä. Hänen mukaansa tällainen vaikutelma syntyi vain, koska behaviorismi sai enemmän julkisuutta.

vää, että tarkkaavaisuustutkimuksen soveltaminen teknologian kehittämisessä ei ole sitten 1950-luvun saanut kovin paljoa uusia ulottuvuuksia. Lennonjohtajat eivät suinkaan ole ainoat, jotka kohtaavat ongelmia kasvavan informaatiotulvan alla. Multimedian aikakaudella, jolloin tavanomaisia toimistosovelluksia myöten ollaan siirrytty graafisiin käyttöliittymiin, kaiken tiedon ihmisen tavasta hahmottaa ympäristönsä tapahtumia luulisi olevan tervetullutta käyttöliittymien suunnittelussa ja yleisemminkin sovellussuunnittelussa. Käyttöliittymän suunnittelun tärkeimpänä kysymyksenä on, miten informaatio tulisi esittää ihmiselle. Monta vastausta löytyy niistä tutkimuksista, joita ihmisen tarkkaavaisuudesta on tehty vuosikymmenien saattossa. Siksi tässä raportissa ruoditaan tarkkaavaisuuteen liittyvää tutkimustraditiota ja etsitään siitä sovellussuunnittelun kannalta arvokkaita näkökulmia.

3.3 Tarkkaavaisuus eri näkökulmista

Ihmisen ja koneen vuorovaikutuksen analysoinnissa tyypillistä on nähdä ihminen ja kone kokonaisuutena, jossa ihminen on yksi osa muiden joukossa. Vuorovaikutuksessa on silloin oleellista saumattomuus: koneen tulee olla suunniteltu siten, että ihminen sopeutuu vaivattomasti toimimaan sen rinnalla (Card, Moran & Newell 1983, s. 403-404). Koska kone on alusta alkaen ihmisen suunnittelema, sitä voidaan suunnitella yhä uudelleen vastaamaan yhä paremmin saumattomuuden vaatimusta. Sen sijaan ihminen on ominaisuuksiltaan monessa suhteessa muuttumaton. Niinpä ihmisen ja koneen vuorovaikutuksen analyysissä ihminen nähdään rajoitteena, joka asettaa tekniikan suunnittelulle reunaehdot. Ihmisen rajoitteet nousevat tällaisen lähestymistavan keskeiseksi kysymykseksi. Tarkkaavaisuustutkimuk-

sesta suuri osa onkin keskittynyt etsimään ihmisen rajoja informaation käsitteijänä.

3.3.1 Rakennemallit vs. kapasiteettimallit

Tarkkaavaisuutta koskevat teoriat ja mallit on perinteisesti jaettu useisiin kategorioihin. Karkeimman tason jako on jako rakenne- ja kapasiteettimalleihin.

Rakennemallit pyrkivät kuvaamaan informaation käsittelyn rakennetta ja selittämään sen avulla prosessin pullonkauloja. Esimerkiksi analysoitaessa ihmisen mahdollisuuksia suoriutua kahdesta tehtävästä samanaikaisesti, rakennemalleilla kuvataan kohdat, joissa tehtävät haittaavat toinen toisensa suorittamista. Jos kumpikin tehtävä tarvitsee samanaikaisesti sellaista prosessointia, joka voidaan suorittaa vain peräkkäisesti, toisen tehtävän on odotettava kunnes toinen on suoritettu.

Kapasiteettimallit eivät puutu yksityiskohtaiseen informaation prosessoinnin rakenteeseen, vaan niissä keskeinen käsite on prosessointikapasiteetti, jota käytetään enemmän tai vähemmän. Suorituskyvyn heikkeneminen selitetään kapasiteetin riittämättömyytenä tai vajaakäytöllä.

3.3.2 Rakennemallit

Rakennemallit jaetaan eri luokkiin sen mukaan, missä vaiheessa prosessointia pullonkaulan oletetaan olevan. Yleisin oletamus on, että hyvin varhaisessa prosessoinnin vaiheessa ihminen pyrkii reagoimaan havaintojen suureen määrään valitsemalla vain osan havainnoista varsinaiseen prosessointiin. Toisen, usein edellisen kanssa ristiriitaisena nähdyn käsityksen mukaan, ihminen kyllä kykenee prosessoimaan pitkälle lähes kaikkea havaitsemaansa, mutta ei kykene reagoimaan tarkoituksenmukaisesti kuin osaan.

Varhaiseen valintaan viitataan myös puhuttaessa informaation suodattamisesta. Näiden mallien tuotteliain työstäjä, Daniel Broadbent, oletti aisti-informaation tallentuvan hyvin lyhyeksi ajaksi väliaikaiseen varastoon. Tästä informaatiosta vain osa suodattuu, pitkälti automaattisesti, varsinaiseen prosessointiin (Broadbent 1958). Suodattuminen on Broadbentin mallin mukaan välttämätöntä, koska mallissa oletetaan, että siirtokapasiteetti havaintomuistista eteenpäin on rajallinen ja tapahtuu aina peräkkäisjärjestyksessä. Näin tulkittuna esimerkiksi kahden näennäisesti samanaikaisen tehtävän suorittaminen kognitiossa ei olekaan todellisuudessa rinnakkaista, vaan nopeaa vuorottelua kahden tehtävän välillä. Suorituskyvyn ratkaisisi ainoastaan informaatiovirtojen kokonaisintensiteetti, ei tehtävien määrä tai tehtävien laadulliset erot.

Broadbentin ajattelua kritisoitiin aikanaan erityisesti siksi, että hänen tutkimuksiansa empiirinen aineisto perustui lähinnä ääni-informaation prosessointiin. Broadbent vältti näin esimerkiksi visuaalisen informaation mukaan tuoman monimutkaisuuden. Mallia pyrittiinkin pian kehittämään sellaiseksi, että sillä kyettäisiin selittämään myös kompleksisempien empiiristen asetelmien tuloksia. Toinen mallin modifiointiin pakottanut tekijä oli empiirinen näyttö sellaisten ärsykkeiden prosessoinnista, joihin tarkkaavaisuus ei ollut kohdistettu (Kahneman & Treisman 1984). Broadbentin suodatin-ajattelua lievennettiin olettamalla, että suodatin ei suinkaan kokonaan hylkää tarkkaavaisuutta vaille jäänyttä kanavaa, vaan ainoastaan karsii sitä kautta tulevaa informaatiota (Moray 1959, Treisman 1960). Treisman tuli tähän tulokseen kokeissaan, joissa koehenkilön tuli toistaa kuulemaansa tekstiä. Koehenkilön toiseen korvaan tuli kuulokkeista toistettavaa tekstiä ja toiseen samanaikaisesti jotakin muuta. Kun kesken istuntoa oikean ja vasemman kanavan signaalit yllättäen vaihdettiin keskenään (eli oikeaan korvaan kuului se teksti mikä sitä ennen tuli vasempaan korvaan ja päinvas-

toin), suuri osa koehenkilöistä jatkoi toistotehtäväänsä ikään kuin mitään ei olisi tapahtunut, eikä edes huomannut kanavien vaihtumista. Useimmat heistä toistivat kuitenkin vaihtumisen yhteydessä pari sanaa hylätystä tekstistä. Tätä Treisman piti todisteena hylätyn kanavan jonkin asteisesta prosessoinnista. Treismanin Broadbentin suodatinteorian pohjalta kehittämää teoriaa kutsutaankin usein vaimentumisteoriaksi (attenuation theory). Mutta myöhemmin Treisman suhtautui kriittisesti koko ajatukseen yhdestä, koko kognitiota hallitsevasta pullonkaulasta. Monipuolistaessaan koeasetelmia hän löysi paljon tilanteita, joihin Broadbentin lanseeraamaan ja Treismanin itsensä edelleen kehittämää ajatusta suodattamisesta – tai edes vaimentamisesta – ei voitu soveltaa. Hän pyrki kehittämään teoriaa edelleen, vastaamaan paremmin kokeidensa tuloksia (Treisman 1964b).

Broadbentin ja Treismanin edustaman, varhaisen valinnan näkemyksen kanssa joskus hyvinkin ristiriitaisena on nähty malli, jonka mukaan informaation prosessoinnin varsinainen pullonkaula on reagoinnissa (kirjallisuudessa *selective-set* –paradigma tai *late selection*, Deutsch & Deutsch 1963). Mallin mukaan reagointi viestiin riippuu viestin tärkeydestä sen vastaanottajalle sekä yleisestä vireystilasta. Toisaalta reagointi nostaa vireystilaa, joten sama viesti, joka ensin ei aiheuta reaktiota, saattaa aiheuttaa reaktion jonkin tärkeän viestin aiheuttaman vireystilan nousun jälkeen. Puhuttaessa viestien tärkeydestä viitataan vastaanottajan olemassa oleviin rakenteisiin: viesteillä viritetään olemassa olevat rakenteet ja reaktio syntyy tämän tuloksena.

Vastakkainasettelu varhaisen ja myöhäisen valinnan mallien välillä lienee, kuten Kahneman ja Treisman (1984) toteavatkin, tarpeeton. Mallit käsittelevät vain erilaisia tilanteita: Broadbentin ajatusten lähtökohta oli uuden informaation vastaanottaminen ja uusien rakenteiden muodostumi-

nen sen pohjalta. Deutsch ja Deutsch puolestaan korostivat olemassa olevien rakenteiden virittämistä ja päivittämistä tulevien viestien perusteella.

1970-luvulla saatiin yhä uusia todisteita siitä, että tarkkaavaisuus on mahdollista jakaa useamman samanaikaisen tehtävän kesken siten, että suoritus on yhtä hyvä kuin erikseen suoritettaessa (*divided attention* –paradigma). Häviöttömän tarkkaavaisuuden jakamisen ehtona esitettiin yleensä tehtävien keskinäinen "riittävä erilaisuus". Väistämättä tällainen ehto nostaa keskeiseksi kysymyksen, mitä on riittävä erilaisuus. Ilmauksella viitattiin laadullisiin eroihin. Kognition kannalta riittävän erilaisuuden määrittelemisen ja analysointi viekin koko kognition rakenteen ja toiminnan analysointiin. Analyysin tuottamien mallien tulee olla ainakin jossain määrin modulaarisia, jotta niiden avulla voitaisiin selittää esimerkiksi samanaikaisten tehtävien menestyksellinen suorittaminen. Toisin sanoen maleissa oletetaan, että kognitiossa on erilaisia rakenteita erilaisia tehtäviä varten.

3.3.3 Automatisoituneet vs. kontrolloidut prosessit

Edellä esitellyt mallit käsittelevät tarkkaavaisuutta lähinnä ihmisen informaation prosessoinnin välineenä, jota tarvitaan havaintoprosessien rajoittuneisuuden vuoksi. 1970-luvulla tarkkaavaisuuden tutkimuksessa painopiste siirtyi rajoittuneisuuden tutkimisesta prosessien automatisoitumisen analysointiin (Kahneman & Treisman 1984). Tähän liittyvä trendi oli myös kapasiteettimallien kehittäminen.

Automatisoitumista 70-luvulla tutkineiden Walter Schneiderin ja Richard M. Shiffrinin ajattelussa silmiinpistävin ero vanhempaan tarkkaavaisuustutkimukseen on heidän keskittymisensä harjoituksen vaikutuksiin. Siinä missä esimerkiksi Broadbent kuvasi staattista, kaikille ihmisille samankaltaista kognitiivista arkkitehtuuria, Schneider ja Shiffrin tutkivat

muutosta, joka suorituskäytössä tapahtui harjoituksen seurauksena sekä esimerkiksi noviisin ja ekspertin suorituskäytösten eroa. Schneiderin ja Shiffrinin ajattelu kulminoituu käsitteellisesti vastakkainasetteluun automaattisen ja kontrolloidun prosessin välillä: Kun suoritusta harjoitellaan, se automatisoituu vähitellen. Automatisoituminen on tehokkaampaa, jos harjoituksissa vähintään yksi oleellinen komponentti – esimerkiksi ärsyke tai vaadittava reaktio – pysyy samana (Schneider & Fisk 1982). Harjoituksessa suoritus täytyy myös viedä loppuun, pelkkä yritys ei riitä. Automatisoitumisen myötä suoritus kuormittaa lyhytkestoista muistia yhä vähemmän. Toisaalta kontrolli vähenee. Pitkälle automatisoitunutta toimintaa on siksi vaikea tietoisesti kontrolloida. Automatisoituneen toiminnan muuttaminen on vaikeaa ja se sitoo erittäin paljon resursseja. (Schneider & Shiffrin 1977; Shiffrin & Schneider 1977; Schneider, Dumais & Shiffrin 1984)

Automatisoitumisen merkitystä korostavien tutkijoiden mukaan tarkkaavaisuuden rajallisuuteen liittyvät ongelmat koskevat lähinnä vain kontrolloituja prosesseja. Koeasetelmissa on todennettu äärimmäisen monimutkaiselta vaikuttavien suoritusten, joissa koehenkilön on täytynyt suorittaa kahta kognitiivisesti vaativaa tehtävää samanaikaisesti. Menestyksellisen suorituksen edellytyksenä on, että vähintään toinen tehtävistä on automatisoitunut: Kokenut konekirjoittaja pystyi kirjoittamaan näkemäänsä tekstiä koneella ja samanaikaisesti suorittamaan toista verbaalista tehtävää (Shaffer 1975). Toisessa samaa ilmiötä havainnollistavassa kokeessa musiikin opiskelijat kykenivät toistamaan kuulemaansa tekstiä samalla kun he soittivat pianoa suoraan nuoteista (Allport, Antonis & Reynolds 1972).

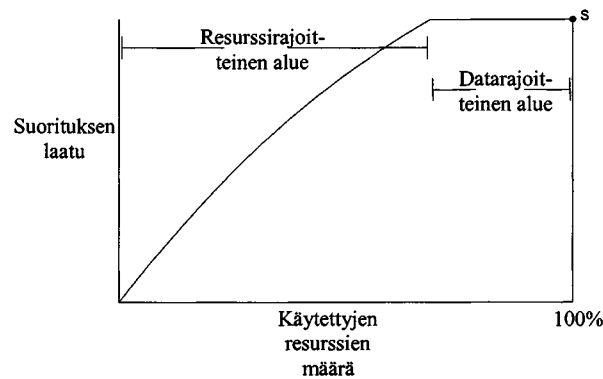
Kontrolloidun ja automatisoituneen toiminnan suhteesta voidaan sanoa, että ihmisen kognitiivinen järjestelmä näyttää oletusarvoisesti pyrkivän automatisoimaan toiminnat. Automatisoitumisprosessissa kontrolloitu prosessointi on ikään kuin väline päämäärän saavuttamiseksi. Automatisoi-

tumisen lisäksi kontrolloitua prosessointia tarvitaan automatisoituneen prosessin keskeyttämiseen ja muuttamiseen. Lisäksi on prosesseja, joita ei voi automatisoida. On myös syytä korostaa, että Schneider ja Shiffrin eivät suinkaan pidä mitään prosessia täydellisen automatisoituneena tai kontrolloituna. Prosessin nimeäminen jommaksi kummaksi merkitsee pikemminkin prosessoinnin painottumista nimettyyn suuntaan.

3.3.4 Kapasiteettimallit

Rakennemalleissa ihmisen informaation prosessoinnin rajoituksia ja pulonkauloja selitettiin rakenteilla ja niihin liittyvillä mekanismeilla. Eri mallit erosivat toisistaan siinä, missä informaation prosessoinnin vaiheessa pulonkaulan katsottiin syntyvän. Yhteinen perusidea oli, että informaation prosessointiin liittyy aina jossakin vaiheessa peräkkäiskäsittelyä, jolloin esimerkiksi kahdesta samanaikaisesta tehtävästä aina toinen joutuu odottamaan pääsyään kyseiseen prosessiin. Niinpä kahden tehtävän samanaikainen suorittaminen ei olisikaan rinnakkaista prosessointia, vaan nopeaa edestakaista kytkentää tehtävästä toiseen.

Kapasiteettimallien lähtökohtana on juuri kahden samanaikaisen tehtävän suorittamiseen liittyvä problematiikka. Nämä mallit ovat kehittyneet melko irrallaan rakennemalleista (Wickens 1980). Niinpä niiden käsitteistö ja tapa lähestyä informaation prosessointia on abstraktioltaan melko eri tasoista kuin rakennemalleissa. Kapasiteettimalleissa ei puhuta niinkään rajoitteista vaan – nimensä mukaan – kapasiteetista. Kapasiteetin kokonaisuusmäärä on ratkaisevaa, ei niinkään samanaikaisten tehtävien määrä tai laatu. Tarkkaavaisuuden jakamisessa kahteen tehtävään on kapasiteettimallien mukaan kyse resurssien allokoinnista yksittäiseen tehtävään ja eri tehtävien välillä.



Kuvio 6. Suoritus-resurssi -funktio. (Wickens 1984)

Kuvio 6 kuvaa hypoteettista funktiota, jonka mukaan suorituskyky nousee tehtävälle allokoitujen resurssien funktiona. Mallin mukaan nousua tapahtuu (*resurssirajoitteinen alue*), kunnes suoritus on täydellinen (saavutaan kuvion *datarajoitteiselle alueelle*). Tämän jälkeen lisäresurssit eivät luonnollisesti enää vaikuta suorituksen laatua parantavasti. Wickensin malli on rakennettu johtamalla hypoteesi koe-tuloksista, joissa tehtäviä on samanaikaisesti kaksi, koska yhden tehtävän sisällä käyttöön otettujen resurssien määrää on hyvin vaikeaa mitata.

Kuvio 7 puolestaan kuvaa resurssien jakoa kahden samanaikaisen tehtävän välillä. Käyrä I kuvaa tapausta, jossa tehtävät A ja B käyttävät jotakin samaa resurssia, jolloin toisen tehtävän suorittamiseen käytetyt resurssit ovat toiselta pois. Näin tehtävän B suorittaminen heikkenee tehtävän A suorituksen funktiona ja päinvastoin. Käyrä II kuvaa suorituksia erikseen suoritettuina. Mikäli käyrän I muoto¹ lähenee jossakin tapauksessa käyrän II muotoa, voidaan päätellä, että tehtävät joko eivät käytä samoja resursseja

¹ Wickensin mallissa oletetaan, että kahden tehtävän yhtäaikaisen suorittaminen ei kuitenkaan koskaan ole täysin häviötöntä, vaan jo toisen samanaikaisen tehtävän olemassaolo alentaa suorituksen tasoa enemmän tai vähemmän. Näin ollen ideaalitapauksessa, jossa kaksi tehtävää eivät kilpaile resursseista, käyrä on käyrän II muotoinen mutta tasoltaan alempi (kuviossa *kilpailutilanteesta johtuva hävikki*).

identifioida tarkemmin eri tyyppiset rakenteet ja ennustaa eri tyyppisten tehtävien vaikutus toisiinsa.

3.3.5 Visual Search –paradigma

Tarkkaavaisuuteen liittyvä kirjallisuus käsittelee yleensä rakenne- ja kapasiteettimalleista erillään tutkimustraditiota, joka on keskittynyt analysoimaan katseella tapahtuvaa hakua. Tällaisen tutkimuksen sovellusalueita on lukemattomia, ja luultavasti siksi visuaaliseen hakuun liittyvää tutkimusta on tehty hyvin paljon.

Rabbitt (1984) kuvailee visuaalista hakua aktiiviseksi prosessiksi, jossa etsimme merkityksellisiä yhteyksiä voidaksemme päättää ensinnäkin, mihin kohdistamme katseemme, ja toiseksi, mitä etsimme seuraavaksi. Keskeisin teema visuaalisen haun tutkimuksessa on hakustrategia. Niistä oletetaan yleisesti (Moray 1978; Rabbitt 1981) ainakin, että

- opimme tehokkaasti uusia hakustrategioita,
- tallennamme ne pitkäkestoiseen muistiin ja
- valitsemme muististamme nopeasti tarkoituksenmukaisen strategian.

Jo pitkään (Neisser 1967) vallalla olleen käsityksen mukaan visuaalinen haku voidaan jakaa kahteen vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa (pre-attentional) erotamme jonkin näkemämme kokonaisuuden ominaisuuden orientaatiota varten. Toisessa vaiheessa (attentional) kiinnitämme huomion yksityiskohtiin. Ensimmäisessä vaiheessa, kokonaisuuden hahmottamisessa, esimerkiksi väri tai muoto voi olla hahmottamisen perusta. Esimerkiksi kun koehenkilöille annettiin luettavaksi teksti, jossa luettavan tekstin rivien välissä oli muuta tekstiä toisella värillä, tämä toinen teksti ei häirinnyt lainkaan lukemista (Willows & McKinnon 1973). Kolminumeroisten lukujen etsiminen taas osoittautui sitä vaikeammaksi, mitä enemmän värejä käytet-

tiin (Cahil & Carter 1976). Väri näyttää siis tyypilliseltä ominaisuudelta pyrkiessämme löytämään kokonaishahmon.

Kun näemme suurikontrastisen mustavalkoisen kuvan, josta emme ensin erota hahmoa lainkaan, ja sitten vihjeen perusteella tajuaamme mitä kuva esittää, tajuaamme silmänräpäyksessä myös kaikkien yksityiskohtien merkityksen (Frisby 1979). On myös osoitettu, että kun yksittäiset objektit on esitetty merkityksellisessä tai tavanomaisessa yhteydessä, näkymät sekä silmäillä tehokkaammin että muistetaan paremmin (Biederman, Glass & Stacy 1973; Biederman, Rabinowitz, Glass & Stacy 1974). Näyttääkin ilmeiseltä, että merkityksen etsiminen edeltää yksityiskohtien havaitsemista.

Objektien *luokittelu* on tärkeä visuaalisen haun strategia. Corcoran ja Jackson (1979) rakensivat mielenkiintoisen koeasetelman, jonka tulokset osoittavat tehokasta luokittelua yksittäisen ominaisuuden perusteella. Testissä koehenkilöiden tuli etsiä Ø-merkkiä muiden merkkien joukosta. Muut merkit olivat testissä joko suorista viivoista koostuvia kirjaimia (kuten K tai X) tai pyöreälinjaisia kirjainmerkkejä (esimerkiksi O, C tai G). Testissä koehenkilöt näyttivät luovan nopeasti muotoon perustuvan hakustrategian: testiosioista toiseen siirryttäessä siirtovaikutus oli voimakas sekä siirryttäessä saman tyyppin testistä toiseen (eli peräkkäisissä testeissä oli kummassakin etsittävien merkkien lisäksi vain esimerkiksi pyöreälinjaisia kirjaimia) että testityypin vaihtuessa (vaihdettiin pyöreälinjaisesta merkistöstä suoralinjaiseen). Sen sijaan siirryttäessä sekä pyöreä- että suoralinjaisia merkkejä sisältävään osioon siirtovaikutus oli negatiivinen. Rabbittin (1967) ja Neisserin (1963) havainnot ovat samansuuntaisia. Rabbit tuleekin siihen tulokseen, että luokittelu on tehokasta silloin, kun luokittelun perusteena on yksi ainoa ominaisuus, kuten edellä kuvatussa koeasetelmassa merkkien linjojen suoruus. Luokitteluprosessi monimutkaistuu nopeasti sitä mukaan kun luokitteluperusteena olevien ominaisuuksien lukumäärä kasvaa. Rabbitt arvioi-

kin (1984, s. 281) hänen (1959) ja Pollackin (1963) raportoimista tuloksista, että luokitteluaika kasvaa luokkien määrän ja kunkin luokan sisältämien tapausten tulon suhteessa. Tosin Greenin ja Andersonin (1956) tutkimuksessa tällaista voimakasta kasvua ei voitu havaita: siinä koehenkilöt etsivät esimerkiksi punaista kolmiota muiden kuvioden joukosta, eikä muiden kuvioden variaatioiden lukumäärällä voitu todeta olevan yhteyttä etsinnän tehokkuuteen. Rabbitt (1978) selitti tämän olevan mahdollista vain silloin, kun etsittäviä objekteja erottelevat ominaisuudet ovat informaation prosessoinnin kannalta erillisiä (kuten tässä tapauksessa väri ja muoto). Mikäli ominaisuudet olisivat olleet integroituneita (Garner & Felfoldy 1970; Felfoldy & Garner 1971), muiden kuvioden lukumäärä olisi Rabbittin mukaan vaikeuttanut tehtävää oleellisesti.

Luokittelustrategiaan viittaavat myös Inglingin (1972) tulokset, joiden mukaan tietty kirjain on helpompaa löytää numeroiden kuin kirjainten joukosta. Vastaavasti tietty numeromerkki löytyy helpommin kirjainten kuin numeroiden joukosta. Mutta on osoitettu myös, että minkä tahansa kirjaimen etsiminen numeroiden joukosta on yhtä tehokasta kuin tietyn kirjaimen etsiminen (Brand 1971; Gleitman & Jonides 1976; Jonides & Gleitman 1976; Egeth, Atkinson, Gilmore & Marcus 1973). Koehenkilöt näyttivät siis aivan ilmeisesti luokittelevan merkin kirjaimeksi tai numeroksi jo ennen sen yksikäsitteistä identifiointia. Samaan viittaisi huomattavasti monimutkaisempia ärsykeitä sisältänyt koe, jossa piti etsiä tuttuja kasvoja (Bruce 1979): poliitikon kasvokuvan löytäminen näyttelijöiden kuvien joukosta osoittautui nopeammaksi kuin saman kuvan löytäminen toisten poliitikkojen kuvien joukosta.

Jos tehtävän merkit määrittyvät kahden ominaisuuden perusteella, tehokkainta olisi aloittaa luokittelu eniten hylättäviä vaihtoehtoja poissulkevasta ominaisuudesta. Esimerkiksi jos tehtävässä värejä on viisi ja muotoja

kaksi, olisi värien mukaan luokittelulla aloittaminen tarkoituksenmukaisinta. Tällaisesta hakustrategioiden optimoinnista on jonkin verran empiiristä näyttöä, mutta kompleksisessa tilanteessa todennäköinen strategia on toinen (Rabbitt, Cumming & Vyas 1977, 1979b): kun koehenkilöiden piti etsiä monimutkaista objektia, he ensin vertasivat sitä hyvin holistisesti edelliseen näkemäänsä objektiin. Mikäli se oli samanlainen, oli reaktio hyvin nopea. Mikäli objekti oli erilainen, jatkui analyysi. Toisin sanoen samankaltaisuuden etsiminen näyttää olevan ensisijainen hakustrategia.

Edellä kuvatun kaltaisissa koeasetelmissä harjoittelulla on merkittävä vaikutus. Rabbittin mukaan ihminen vaihtaa hakustrategiaa harjoittelun myötä. Aluksi pyritään muistamaan etsittävät merkit ja etsimään ne tunnistamalla ne yksitellen. Toisessa vaiheessa opitaan optimaalisia tunnistusvihjeitä (Corcoran & Jackson 1979; Neisser 1963; Rabbitt 1967). Intensiivisen harjoittelun jälkeen ei enää tarvita edes mitään tiettyjä tunnistusvihjeitä vaan haku on mahdollista mitä erilaisimpien ominaisuuksien perusteella (Rabbitt, Cumming & Vyas 1979a; Kristofferson 1977).

3.3.6 Rakenne- ja kapasiteettimallien vastakkainasettelu ja visual search paradigma

Visual search –paradigman sisältä ajateltuna rakenne- ja kapasiteettimallien vastakkainasettelussa on kyse siitä, nähdäänkö inhimillinen informaation prosessointi peräkkäis- vai rinnakkaisprosessointina (Egeth & Dagenbach, 1991). Uudemmissa IP-malleissa ei tällaista vastakkainasettelua ole, mutta informaation prosessoinnin eri vaiheita luonnehditaan edelleen tämän käsiteparin avulla. Mutta jo Neisserin (1967) malli omalla tavallaan oli synteesi rakenne- ja kapasiteettimalleista. Neisserin esittelemä jako pre-attentiiviseen ja attentiiviseen vaiheeseen informaation prosessoinnissa on edelleen tyypillinen viitekehys alan tutkimuksessa. Neisserin mallissa pre-at-

tentiivinen vaihe ei ole kapasiteettirajoitteinen, joten tässä vaiheessa rinnakkaisprosessointi on mahdollista. Sen sijaan attentiivisessa vaiheessa resursseja allokoidaan, ja tämä johtaa usein peräkkäistyypiseen prosessointiin.

Vielä vuosikymmeniä kestäneen intensiivisen tutkimuksen jälkeenkin kysymys peräkkäis- ja rinnakkaisprosessoinnista pysyy hämäränä. Townsend (1990) osoittaa suurella määrällä esimerkkejä, kuinka saman datan voidaan tulkita tukevan keskenään ristiriitaisia malleja. Joissakin tapauksissa ristiriitaisten tulkintojen mahdollisuus on selvä. Esimerkiksi jos kahden samanaikaisen tehtävän suorittamisessa koehenkilö menestyy huommin kuin suorittamalla kummankin tehtävän erikseen, voidaan tulos tulkita monella tavalla. Näkökulmasta riippuen, kyse on tällöin

- ajan jakamisesta kahden prosessin välillä, toisin sanoen kumpaakin prosessoidaan vuorotellen (suodatinteoria),
- ajan jakamisesta reaktioiden välillä (myöhäisen valinnan malli),
- kahdesta samanaikaisesta, kontrolloidusta prosessista, joista kumpikaan ei ole pitkälle automatisoitunut (automatisoitumisnäkökulma),
- yhteisten resurssien jakamisesta, kun resurssit eivät riitä yhtä hyvään suoritukseen kuin tehtäviä erikseen suoritettaessa (kapasiteettimalli) tai että
- jotkut tehtäviin liittyvät prosessit käyttävät samaa resurssia (multiple resource theory).

3.4 Tarkkaavaisuuteen liittyvien mallien ja teorioiden antiinformaation multimodaaliin esittämiseen

3.4.1 Suodatinteoria

Neville Moray, Donald Broadbentin opiskelija 50- ja 60-luvuilta, esittää mielenkiintoisen näkemyksen viimeisten vuosikymmenten tarkkaavaisuustutkimuksesta (Moray 1993). Hän nostaa uudelleen suodatinteorian esille ihmisen ja koneen välisen vuorovaikutuksen pohdiskeluun. Moray ei suinkaan kiellä tutkimuksen osoittaneen moneen otteeseen suodatinteorian puutteita. Sen sijaan, että rakentaisi teorioita teorioiden itsensä vuoksi, hän pyrkii olemaan käytännöllinen ja ajattelemaan teorioiden käyttökelpoisuutta suunnittelussa. Siksi hän puolustaa perusajatukseltaan yksinkertaista suodatinmallia, joka puutteistaan huolimatta pystyy melko hyvin ennustamaan ihmisen käyttäytymistä eikä anna liian optimistista kuvaa ihmisen suorituskyvystä. Tai kuten Moray asian ilmaisi: ihminen ylittää *vähintään* suodatinteorian kuvaamalle suoritustasolle.

Morayn puheenvuoro (1993) vaikuttaa reaktiolta sen tyyppiselle tutkimukselle, joka pyrkii löytämään atomistisen tason perustotuudet ihmisen informaation prosessoinnista. Perinteinen lähestymistapa ei näyttänyt johtavan sovellusarvon parantumiseen, pikemminkin päinvastoin. Schweikert (1992) ilmaisi saman asian hieman toisin. Hänen mukaansa Broadbentin teoria oli viimeisin synteesi; kaikki sitä uudemmat kehittelmät ovat vain haaroja Broadbentin muotoilemassa rungossa. Kehitettiin sitten miten hieno teoria tahansa, ennemmin tai myöhemmin löytyi sen kyseenalaistavia tutkimustuloksia, joiden perusteella edelliseen teoriaan tehtiin muutoksia. Jossain määrin kehitys oli kumuloituvaa, eli uudet mallit korjailivat tai täydensivät edeltäjiään. Mutta sovellettavuuden kannalta kehitys oli kyseenalaista, koska lähes poikkeuksetta mallin edelleen kehittäminen teki

siitä monimutkaisemman ja siksi vaikeakäyttöisemmän. Moray katsoikin, että Broadbentin teoriaan pohjautuvat, mahdollisesti selitysvoimaltaan joissakin tilanteissa paremmat mallit eivät ole kuitenkaan vuosikymmenien kuluessa tuoneet niin paljon uutta alkuperäiseen suodatinteoriaan, että ne kilpailisivat esikuvansa kanssa käyttökelpoisuudessa käytännön suunnittelutyössä. Niinpä Moray pitikin perusteltuna palata juurille, Broadbentin teoriaan, ja väitti että korkeatasoinen suunnitteluprosessi voidaan perustaa sille, koska se selvästi kuvaa ihmisen informaation prosessointia ihmisen ja koneen vuorovaikutuksen suunnittelun kannalta riittävällä tarkkuudella. Lisäksi suodatinteoria on saanut aivan viime aikoina tukea neurofysiologisista tutkimuksista (Mangun, Hillyard & Luck 1992). Niissä todettiin selviä merkkejä varhaisesta valinnasta visuaalis-spatiaalisessa tarkkaavaisuudessa aistispesifillä aivokuoren alueella.

Suodatinteorian parannellut versiot voidaan useimmiten nähdä alkuperäisen, melko radikaalin mallin pehmentämisenä. Hyvä esimerkki tällaisesta on Treismanin teoria (esimerkiksi Treisman 1960), joka tunnetaan yleisesti vaimentumisteorianana. Teorian nimi kuvaa hyvin tätä pehmentämistä: sen sijaan että totaalisesti suodattaisimme sen informaation, johon emme keskitä tarkkaavaisuuttamme, me tämän teorian mukaan pikemminkin vaimennamme sitä.

Verrattaessa alkuperäisen suodatinteorian ja siitä edelleen kehitettyjen, paranneltujen versioiden käyttökelpoisuutta sovellussuunnittelussa on aihetta verrata eri teorioiden perusteella tehtyjä johtopäätöksiä. Lienee selvää esimerkiksi, että esitti käytettävä malli tarkkaavaisuuden ulkopuolelle jäävän informaation suodattuvan kokonaan tai vain vaimentuvan merkittävästi, käyttöliittymän suunnittelun suhteen tehtävä ratkaisu on kummassakin tapauksessa sama: tällaisen informaation esittäminen on tarpeetonta (koska sitä joko ei prosessoida lainkaan tai vain hyvin vähäisessä määrin,

mallista riippuen). Tämäkin tekee Morayn mielipiteen Broadbentin teorian käyttökelpoisuudesta ymmärrettäväksi.

Sovelluskehitysprojektissa monitieteisyys on välttämätöntä (Kim 1990). Multimedian tekeminen on niin monisäikeinen prosessi, että siinä tarvitaan monen eri alan asiantuntemusta. Eri alojen asiantuntijoiden näkemykset saattavat kuitenkin erota hyvin merkittävästi toisistaan (Benson 1993). Jotta kommunikointi ryhmän sisällä onnistuisi, onkin tärkeää, että monitieteisyys on paitsi ryhmän, myös ryhmän jäsenten ominaisuus. Projektiryhmän jäsenten tulisikin olla riittävän laaja-alaisia koulutukseltaan ja näkemyksiltään, jotta he kykenisivät ymmärtämään eri alojen asiantuntijoiden näkökulmia. Niinpä kehitysprojektin pohjaksi valitun kognitiivisen mallin tulisi olla jokaisen ryhmän jäsenen ymmärrettävissä. Koska ei ole realistista olettaa kaikkien jäsenten olevan kuitenkaan varsinaisia spesialisteja joka alalla, helposti omaksuttavat, selväpiirteiset mallit ovat paljon parempi vaihtoehto kuin monimutkaiset, joissakin erikoistapauksissa tarkemmat mallit. Tämäkin tukee Morayn käsitystä Broadbentin yksinkertaisen mallin käyttökelpoisuudesta.

Aivan toinen kysymys on tietenkin kognitiivisten mallien kehittämisen mielekkyys yleisemmällä tasolla. Vaikka tultaisiinkin siihen tulokseen, että multimodaalisten käyttöliittymien suunnittelussa nykyisissä teknisissä ympäristöissä yksinkertainen suodatinmalli on käyttökelpoisin, voi teknisen ympäristön muuttuessa tulla esiin kysymyksiä, joihin suodatinmalli ei enää tarjoa tyydyttäviä vastauksia. Siksi Morayn puheenvuoroa ei pidä ymmärtää lopullisena totuutena, vaan tämän hetken tilanteeseen annettuna suosituksena.

3.4.2 Myöhäisen valinnan malli

Malli, jonka mukaan suorituskyvyn pullonkaula on vasta prosessoinnin päätösvaiheessa, reagoinnissa (Deutsch & Deutsch 1963, vrt. s. 38 tässä raportissa), on multimodaalien käyttöliittymien kannalta vähintäänkin mielenkiintoinen: käyttäjän ja tyypillisen multimediasovelluksen väliset informaatiovirrat ovat eri suuntiin (ihmisestä koneeseen, toisin sanoen input; koneesta ihmiseen, toisin sanoen output) aivan eri suuruiset. Multimedia-työasema syyttää käyttäjää kohti yhä enemmän visuaalista ja auditiivista informaatiota, kun taas käyttäjän keinot syöttää informaatiota järjestelmään ovat pysyneet kutakuinkin samoina koko henkilökohtaisen tietokoneen olemassaolon ajan. Deutschin ja Deutschin esittämän paradigman sisällä voidaan väittää, että informaation prosessoinnin pullonkaula on tullut käyttöliittymien kehittyessä yhä kapeammaksi ja kapeammaksi. Käyttöliittymien kehittäminen vaikuttaa käytännössä olevan voimakkaasti output-painotteista – käyttäjälle tarjotaan yhä enemmän informaatiota käsiteltäväksi, muttei tarjota mitään uusia välineitä reagoida siihen.

Deutschin ja Deutschin malli tarjoaa käsitteellisiä välineitä pyrittäessä ymmärtämään tarkkaavaisuuden heräämistä. Mallin kehittäjät nostavat esiin kaksi kriittistä tekijää, jotka ratkaisevat sen, herääkö ihmisen tarkkaavaisuus ärsykkeestä: yleinen vireystila ja viestin subjektiivinen merkitys. Tästä näkökulmasta sovellussuunnittelijan tehtävänä on

- pyrkiä nostamaan käyttäjän yleistä vireystilaa ja säilyttämään se korkeana, sekä
- osoittaa käyttäjälle viestin tärkeys.

Mikäli yllä olevat tehtävät järjestettäisiin hierarkkisesti, pitäisi järjestyksen olla päinvastainen, koska tärkeästä viestistä luonnollinen seuraus on vireystilan nousu. Vaikka tässä toinen on toisen seuraus, on ensimmäistäkin tehtävää syytä pitää esillä erillään. Tämä siksi, että Deutschin ja Deutschin

mallin mukaan vähemmän subjektiivista arvoa sisältävään viestiinkin on mahdollista saada responsi, mikäli viireystila on riittävän korkea. Niinpä käyttäjälle tärkeää informaatiota voidaan esittää – mallin mukaan – ainoana tarkoituksena yleisen viireystilan nostaminen, jotta käyttäjä saataisiin reagoimaan myös vähemmän tärkeältä tuntuviin viesteihin ärsykekyynnyksen madalluttua.

3.4.3 Automatisoituminen

Käyttöliittymän suunnittelijalle käyttäjän prosessien automatisoituminen on varsin käyttökelpoinen paradigma. Automatisoitumista ei tulisi pitää sinänsä tavoitteena, koska – kuten automatisoitumista koskevassa luvussa 3.3.3 todettiin – automatisoitumisesta seurauksena on resurssien säästymisen ohessa myös toiminnan kontrolloinnin vaikeutuminen. Suunnittelijan tehtävänä onkin luokitella käyttäjän tehtävät sen mukaan, minkä asteista kognitiivista aktiivisuutta kunkin tehtävän kohdalla pidetään toivottavana. Käyttäjän toiminnan automatisoitumiseen kannattaa pyrkiä seuraavin edellytyksin:

- *Kyseinen prosessi selvästi kilpailee jostakin kognitiivisesta resurssista muiden samanaikaisesti suoritettavien prosessien kanssa.* Automatisoimalla prosessi resurssit vapautetaan muiden prosessien käyttöön.
- *Itse automatisoitumisprosessi ei kilpaile resursseista sovelluksen sisällön kannalta keskeisten prosessien kanssa.* Koska automatisoituminen ei ole itsetarkoitus, siihen ei ole tarkoituksenmukaista uhrata resursseja, joita tarvittaisiin tärkeämpiin tehtäviin. Jos kuitenkin automatisoituneella prosessilla voidaan olettaa olevan käyttöä pitkällä aikavälillä tai useissa sovelluksissa, automatisoitumiseen voidaan pyrkiä. Tällöin automatisoitunut prosessi nähdään laajasti sovellettavana välineenä, jonka valmistamiseen kannattaa panostaa.

- *Automatisoitava prosessi ei kytkeydy sovelluksen sisältöön.* Pyrittäessä korkean tason henkisiin prosesseihin, informaation prosessoinnin kontrollointi on ehdoton edellytys. Oikeastaan metakognitiivisten prosessien analysointi kuvaa juuri pyrkimystä saattaa kontrollin alle prosesseja, jotka aiemmin ajateltiin itsestään selvästi automatisoituneiksi. Mutta jos sovelluksen käyttöön liittyvä prosessi on hyvin suuressa määrin riippumaton sisällöstä, on perusteltua pyrkiä vapauttamaan resursseja automatisoimalla prosessi. Esimerkiksi käyttöliittymien standardointi on tämän periaatteen mukaista: yhdenmukaistamalla perusrutiineja vapautetaan käyttäjä prosessoimaan sisältöspesifejä kysymyksiä. Yhdenmukaistaminen on tuottaa Schneiderin ja Shiffrinin mallin (vrt. luku 3.3.3) mukaan vääjäämättä automatisoitumista, koska tällöin käyttäjä saa paljon harjoitusta vakiona pysyvissä olosuhteissa.
- *Ei ole odotettavissa tarvetta kontrolloida prosessia.* Jos prosessi on automatisoitunut, sen pitää toimia täsmälleen samalla tavalla kaikissa niissä tilanteissa, joissa sitä käytetään. Pienenkin muutoksen tekeminen automatisoituneeseen toimintaan on hyvin työlästä ja resursseja kuluttavaa.

Nämä automatisoitumisparadigmaan liittyvät päätelmät sisältävät paljon kapasiteettimallien käsitteistöä, koska Schneider et al. (1984) todellakin viittaavat resurssien kuluttamiseen analysoidessaan automatisoitumisprosessia.

3.4.4 Kapasiteettimallien kontribuutio

Kapasiteettimallien, kuten Wickensin (1984) Multiple Resource Theory, anti käytännön suunnittelutyöhön on hyvin erilainen kuin esimerkiksi rakennemallien anti. Kuten kapasiteettimalleja koskevassa luvussa (3.3.4) todettiin, nämä mallit ovat abstraktiotasoltaan huomattavasti korkeammalla

kuin rakennemallit, toisin sanoen ne ovat etäämpänä fyysisestä todellisuudesta. Niiden vahvuus teoriona on niiden ristiriidattomuus empiirisen aineiston kanssa, mutta toisaalta, abstraktiutensa vuoksi, niiden selitysarvo on vähäinen. Niinpä ne voivatkaan tuskin yksinään toimia pohjana millekään suunnitteluohjeille: sovellussuunnittelija ei ole käyttöliittymää suunnitellessaan niinkään kiinnostunut etäisistä periaatteista, kuten yhteisistä ja jaetuista resursseista prosessien välillä; hänelle olisi tärkeämpää tietää tarkasti, mitkä nimenomaiset prosessit jakavat resursseja, ja millä prosesseilla resurssit ovat toisistaan riippumattomia.

3.4.5 Katseella tapahtuva haku

Visual search –paradigma on, toisin kuin kapasiteettimallit, äärimmäisen helposti hyödynnettävissä käytännön suunnittelutyössä. Visual search –paradigmaan liittyvä tutkimus perustuu yleensä tarkoin kontrolloituihin laboratoriokokeisiin. Tulosten perusteella tehdyt tulkinnat ovat usein sellaisenaan sovellettavissa käyttöliittymäsuunnitteluun. Mallit ja teoriat on johdettu induktiivisesti. Mutta monet keskeiset kokeista tehdyt havainnot ovat käyttökelpoisia sellaisenaan, ilman liittämistä teoriaan. Tämä onkin visual search –paradigman sisällä tehdyn tutkimuksen vahvuus käyttöliittymien suunnittelun kannalta: suunnitteluohjeita voidaan antaa melko suoraviivaisesti tutkimustulosten perusteella. Käyttöliittymäsuunnittelijan on helppo löytää visual search –kirjallisuudesta vastaus tavalliseen kysymykseensä: miten visuaalinen informaatio pitäisi esittää, jotta käyttäjä voisi ottaa sen vastaan mahdollisimman vaivattomasti? Kirjallisuudesta saamme mm. seuraavanlaisia vastauksia: etsittävän informaation sisältävien käyttöliittymäobjektien pitää erottua muista käyttöliittymäobjekteista mahdollisimman paljon, esimerkiksi värin (Rabbitt et al. 1977, 1979b), muodon (Neisser 1963; Corcoran & Jackson 1979) tai semanttisen kategorian (Ingling, 1972;

Bruce, 1979) perusteella. Tai: koska peräkkäisissä näkymissä jälkimmäisestä huomataan ensin samankaltaisuudet edellisen näkymän kanssa (Rabbitt et al. 1977), yhtenäistä visuaalista ilmettä kannattaa käyttää helpottamaan kokonaisuuden hahmottamista. Nämä olivat vain yksinkertaisia esimerkkejä siitä, miten selkeitä ohjeita visual search –paradigman tutkimuksien perusteella voidaan käyttöliittymäsuunnittelun tueksi laatia.

Laboratorio-olosuhteita väitetään usein keinotekoisiksi, ja tutkimustulosten sovellettavuus reaalityöelämään asetetaan siten kyseenalaiseksi. Visual search –tutkimusten soveltaminen käyttöliittymiin on kuitenkin harvinaisen ongelmaton, koska koeasetelmat ovat muistuttaneet suurella määrällä normaalia työasematyöskentelyä: niissä koehenkilö on istunut kato-disädeputken tai vastaavan näyttölaitteen edessä etsien näytöltä informaatiota.

Visual search –tutkimukset pureutuvat käyttöliittymien kannalta hyvin atomistisen tason kysymyksiin. Voidaankin väittää, että tästä tutkimustraditiosta nousevat suunnitteluohjeet ottavat kantaa vain käyttöliittymän viimeistelyyn. Toisaalta voidaan väittää, että käytettävyyden ehkä merkittävin osatekijä, subjektiivinen tyytyväisyys, syntyy paljolti juuri hyvän viimeistelyn seurauksena. Jos näin on, siihen kannattaa todella paneutua.

3.4.6 Kooste tarkkaavaisuustutkimuksen hyödynnettävyydestä

Tarkkaavaisuuteen liittyvät teoriat ja mallit ovat olleet akateemisen tutkimuksen aiheena jo vuosikymmeniä. Ne on usein asetettu vastakkain, ikään kuin toistensa kilpailijoiksi, ja argumentteja puolesta ja vastaan on haettu empiirisestä tutkimuksesta. Käyttöliittymiin soveltamisen näkökulmasta monet näistä vastakkainasetteluista ovat epärelevantteja: hyvinkin erilaisilta näyttävät mallit saattavat johtaa aivan samaan lopputulokseen sovellettaessa niitä konkreettiin suunnittelutilanteeseen. Jopa Charles D. Wickens,

kapasiteettimallien merkittävin kehittäjä, tuli siihen tulokseen, että kapasiteettimallit ja rakennemallit käsittelevät aivan samaa ilmiötä, käyttäen vain eri käsitteitä (Wickens 1980; Wickens & Carswell 1997). Käsitteellisesti hän muotoili teorioiden yhteyden toteamalla, että prosessoinnin rakenteet määräävät kapasiteetin. Samantapaisia käsitteellisiä yhteyksiä voidaan löytää monien muidenkin teorioiden väliltä. Esimerkiksi automatisoituminen on hyvin helposti ymmärrettävissä muista teorioista käsin: kun prosessi *automatisoituu*, se vapauttaa tiettyjä *rakenteita* muiden prosessien käyttöön, tehden näin mahdolliseksi esimerkiksi kahden tehtävän samanaikaisen suorittamisen. Kun opimme uusia *hakustrategioita* (esimerkiksi Moray 1978; Rabbitt 1981) uusi tapa toimia hakutehtävässä *automatisoituu*.

Käyttöliittymäsuunnittelun näkökulmasta teorioiden yhteydet ovat vieläkin selvempiä. Kuten yllä todettiin, ovat eri teorioiden perusteella tehdyt päätökset käytännön suunnittelussa yleensä samat. Tätä ei pidä kuitenkaan ymmärtää siten, että yhden teorian tai mallin ymmärtäminen riittää suunnittelijalle. Eri mallit ovat näkökulmaltaan erilaisia ja ottavat kantaa laajuudeltaan erilaisiin seikkoihin. Kun esimerkiksi visual search -tutkimusten perusteella voitiin tehdä detaljitason ratkaisuita, kapasiteettimallit taas pakottavat suunnittelijan miettimään laajempia kokonaisuuksia. Eri mallit voisikin nähdä toisiaan täydentävinä, ja monen mallin tuntemus antaa aina paremmat edellytykset käyttöliittymäanalyysiin kognitiiviselta kannalta.

3.5 Redundanssimalli tarkkaavaisuutta koskevien mallien valossa

Toisteisten käyttöliittymäelementtien luominen ei voi olla itsetarkoituksellista. Vaikka käsitteellisellä tasolla voidaan helposti perustella multimoda-

lin toisteisuuden merkitystä kommunikaatiossa, eivät toisteisuuden edut ole yleensä reaalityodellisuudessa itsestäänselvyyksiä, kuten esimerkiksi sivulla 21 mainituista tutkimuksista voi päätellä. Jokaisella tapauksella on oma erityisluonteensa, joten jokaisessa tapauksessa toisteisuuden tarpeellisuus tulee harkita erikseen. Hsia (1977) muotoilikin asian ymmärrettävästi. Hänen mukaansa toistetta tulee olla sopivasti, ei liikaa eikä liian vähän. Se, mikä määrä toistetta on sopiva, tulee arvioida kahdesta suunnasta: haittojen ja hyötyjen näkökulmista. Suunnittelija tarvitsee siis tietoa siitä, millaisissa olosuhteissa toiste todennäköisesti tehostaa viestintää, ja milloin siitä on viestinnälle pikemminkin haittaa. Jos sama lausutaan tarkkaavaisuustutkimusten muotoilemassa käsitteellisessä viitekehyksessä, suunnittelijan haasteet ovat

- välttää sellaisia käyttöliittymäelementtien yhdistelmiä, missä yhden elementin prosessointi haittaa yhden tai useamman muun elementin prosessointia sekä
- luoda sellaisia toisteisia käyttöliittymäelementtien yhdistelmiä, joissa yhdistäminen tuottaa jotakin sellaista käyttäjän informaation prosessoinnin kannalta toivottavaa, mitä yksittäin esitetyt elementit eivät kykene tuottamaan.

Näitä kahta tavoitetta ei pidä tulkita peräkkäisinä tai hierarkkisina; toisin sanoen toiseen tavoitteeseen pyrkiminen ei edellytä ensimmäisen saavuttamista. Monissa tapauksissa nämä kaksi tavoitetta ovat jopa suoranaudessa ristiriidassa keskenään, jolloin suunnittelijan on tehtävä kompromisseja niiden välillä. Tavallinen ristiriitatilanne on kuvatekstin liittäminen kuvaan: Ihminen ei kykene tarkentamaan katsettaan samanaikaisesti sekä kuvaan että sen alla olevaan tekstiin. Niinpä kuvatekstin liittäminen kuvaan on en-

simmäisen tavoitteen kanssa ristiriidassa¹. Jos kuitenkin kuvatekstin liittämällä kuvan yhteyteen katsotaan saavutettavan jotakin hyvin arvokasta² (jälkimmäinen periaate), on perusteltua tinkiä ensimmäisestä periaatteesta toisen hyväksi.

Usean käyttöliittymäelementin samanaikaiseen prosessointiin (eksaktimmin ilmaistuna: käyttöliittymäelementtien sisältämien viestien prosessointiin) liittyvät ongelmat voidaan tulkita tarkkaavaisuustutkimusten näkökulmasta. Koska useimmat tarkkaavaisuustutkimukset käsittelevät inhimillisen informaation prosessoinnin rajoituksia, on näiden mallien käyttö luontevinta mietittäessä edellä esitetyistä kahdesta periaatteesta ensimmäistä. Tarkkaavaisuustutkimuksen valossa tuleekin kysyä, miten käyttöliittymäelementeistä muodostetaan yhdistelmiä siten, että yhden elementin prosessointi ei haittaa toisen prosessointia tai ainakin haitat olisivat mahdollisimman vähäiset. Tarkkaavaisuustutkimuksen eri traditioiden näkökulmasta sama kysymys voidaan artikuloida esimerkiksi seuraavilla tavoilla:

- Millaisissa yhdistelmissä ajan jakaminen tehtävien kesken on tehokkainta (suodatinmalli)?
- Miten yhdistelmän osat pitäisi muotoilla, jotta niiden esittämisen käynnistämät prosessit eivät jakaisi mitään resurssia keskenään tai jos jakavat, jotta jaettu resurssi olisi varmasti riittävä (multiple resource theory)?
- Millaisia kahden signaalin pitäisi olla muodoltaan, jotta käyttäjä voisi reagoida molempiin luotettavasti (signal detection theory)?

¹ Multimediamyönteisessä tällainen ristiriita on usein vältettävissä tarjoamalla verbaali informaatio audiitiivisessa formaatissa, jolloin katseen kohdistamisen niukkaa resurssia ei tarvitse jakaa kahden elementin edellyttämien prosessien välillä.

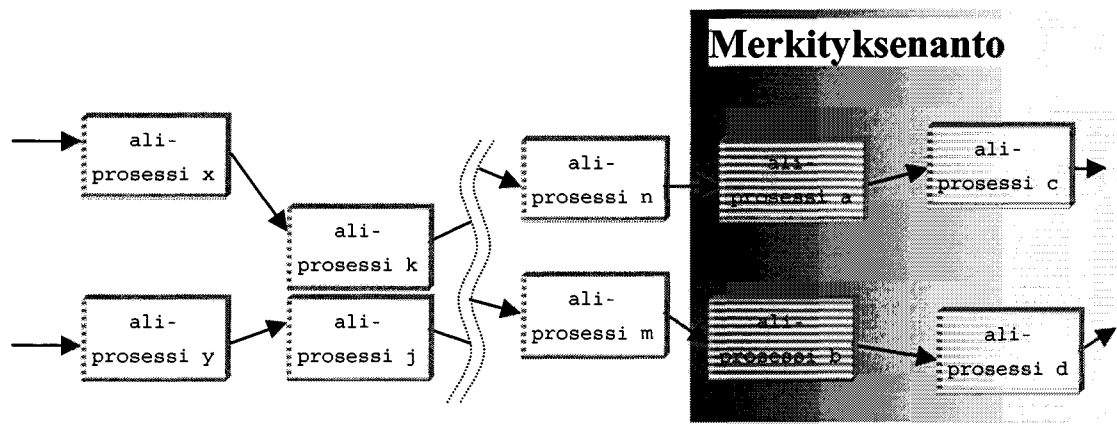
² Hyviä perusteluja kuvan ja tekstin yhteiskäytölle tarjoaa analyysissään Bernsen (1994).

Mallien perusteella tehdyt johtopäätökset koskevat luonnollisesti kaikenlaisia elementtien yhdistelmiä, eivät vain toisteisia. Itse asiassa malleihin liittyvissä koeasetelmissa valtaosassa tehtäväyhdistelmien tehtävät eivät liittyneet sisällöllisesti mitenkään toisiinsa (esimerkiksi Allport et al. 1972; Moray 1959, 1975; Shaffer 1975; Treisman 1960, 1964a, 1964b; Treisman & Davies 1973; Wickens 1976).

Toisteiset yhdistelmät on vielä käsiteltävä erillisenä tapauksena kahdesta syystä. Ensimmäinen syy on koko tämän työn merkitys. Tämän työn keskeinen motiivi on tutkia toisteisuuden merkitystä multimodaalissa informaation esittämisessä. Mikäli olemassa olevan kognitiivisen psykologian tutkimuksen perusteella voidaan yksiselitteisesti esittää, että usean samanaikaisen informaatioyksikön esittäminen on aina yksittäisten informaatioyksiköiden prosessoinnin kannalta ei-toivottavaa, ei koko redundanssin tutkiminen ole mielekästä. Jos sen sijaan voidaan väittää, että muutamia, ymmärrettäviä periaatteita noudattamalla multimodaaleissa käyttöliittymäelementtien kombinaatioissa voidaan tehokkaasti välttää kognitiiviset konfliktit, voidaan toisteisuuden analysoimista jatkaa. Tämän edellytyksenä on toki kuitenkin aina kognitiivisen analyysin pitäminen rinnalla.

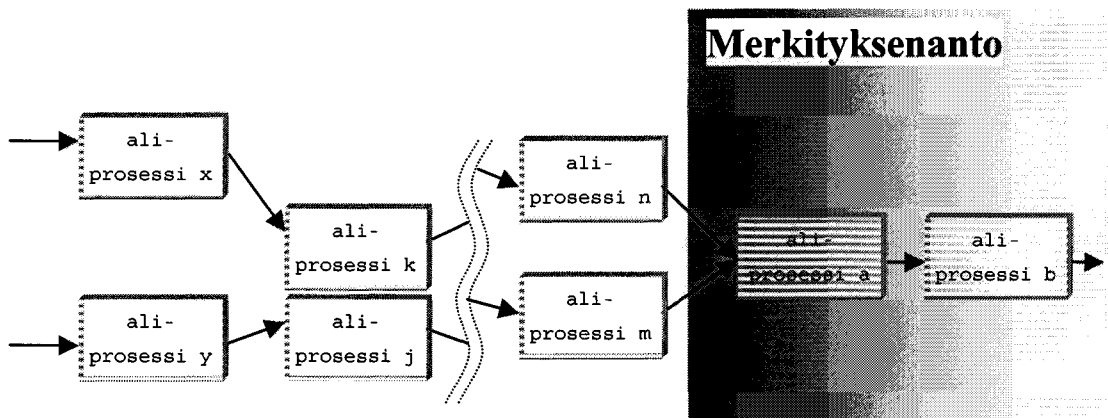
Toinen syy toisteisten yhdistelmien nostamiseen erilliseen käsittelyyn on niiden erikoisluonne ihmisen informaation prosessoinnin kannalta. Tätä erikoisluonnetta on havainnollistettu seuraavilla kuvioilla.

Kuvio 8 havainnollistaa rakennemalleista tutuilla visuaalisilla keinoilla informaation prosessoinnin luonnetta silloin, kun rinnakkainen prosessointi on täydellistä, toisin sanoen rinnakkaiset prosessit eivät missään vaiheessa käytä samaa aliprosessia (ainakaan samanaikaisesti). Jopa prosessien lopullinen output eli ulospäin näkyvä prosessoinnin tulos on luonteeltaan erilainen eri prosesseissa.



Kuvio 8. Häiriötön rinnakkainen prosessointi sisältöjen ollessa riippumattomia.

Kuvio 9 on muuten identtinen edellisen kanssa, mutta nyt rinnakkaiset prosessit sulautuvat merkityksenantovaiheessa. Jos tarkastellaan prosesseja kognitiivisina tehtävinä, voidaan kuviota tulkita siten, että merkityksenannon jälkeen ei ole enää kahta erillistä tehtävää, joten ei ole myöskään huolta informaation prosessointiin liittyvistä konflikteista kahden samanaikaisen tehtävän välillä.



Kuvio 9. Häiriötön rinnakkainen prosessointi sisältöjen ollessa toisteisia.

Edellä esitetyt kuviot ovat tietenkin yksinkertaistettuja malleja, jotka käyttävät väljästi rakennemallien tyypillisiä metaforia, kuten informaatiovirta, identifioitavissa olevat aliprosessit joilla on syöte ja tuloste, ja niin edelleen. Ottamatta kantaa siihen, miten hyvin näin naiivi yksinkertaistaminen sopii informaation prosessoinnin mallintamiseen, se kuitenkin auttane ym-

märtämään toisteisten viestien prosessoinnin erikoisluonnetta rakennemallien käyttämien kuvaustapojen avulla. Oleellinen seikka on se, että toisteisia viestikokonaisuuksia suunniteltaessa ongelmanasettelu on toisenlainen kuin yleensä useiden samanaikaisten viestien esittämisen yhteydessä, koska kaikkein tärkeimmässä vaiheessa, merkityksenannossa, prosessit ovat jo sulautuneet. Näin käyttöliittymän suunnittelussa elementtien yhdistelmien rakentamisessa päähuomio voidaan keskittää merkitysten analysointiin. Asetelmaa tosin mutkistaa huomattavasti merkitysten äärimmäinen subjektiivisuus, toisin sanoen esitettyjen kuvioden toisiinsa täysin sulautuvat informaatiovirrat on todellakin vain täysin teoreettinen ääritapaus, kuten toisteiden analyysissä luvussa 2.4 todettiin.

Edellä on tullut osoitettua, että tarkkaavaisuuteen liittyvällä tutkimuksella on runsaasti sovellutusarvoa suunniteltaessa toisteisia, multimodaaleja kokonaisuuksia käyttöliittymiin. Olemassa olevalle tarkkaavaisuustutkimukselle voidaan perustaa monenlaisia ohjeita ja suosituksia. Lisäksi tarkkaavaisuustutkimukset tarjoavat käyttökelpoisen käsitteellisen ympäristön toisteisen viestinnän suunnittelun tarpeisiin.

Tarkkaavaisuustutkimusten heikkous viestien suunnittelun kannalta on sen voimakas IP-orientoituneisuus. IP-mallit ovat havainnollisia ja helposti omaksuttavia, mutta käsittelevät henkisiä ilmiöitä hyvin mekaanisella otteella, yksinkertaistaen ihmiseen liittyviä kysymyksiä joskus arveluttavallakin tavalla. Tämä tulisi ymmärtää näitä malleja sovellettaessa, eikä pitää niitä ainoana perusteena pyrittäessä ymmärtämään viestin vastaanottamiseen liittyviä ilmiöitä. Tarkkaavaisuustutkimukset kuitenkin täydentävät korvaamattomalla tavalla kokonaisvaltaisempia, mutta heikommin kokeelliseen tutkimukseen perustuvia näkemyksiä.

4 Pohdintaa

4.1 Kriittisiä huomioita

Redundanssin eli toisteen määrittely tässä tutkimuksessa kuvatulla tavalla, mukaan lukien käsiteympäristö, johon se on liitetty, on osoittautunut käyttökelpoiseksi käsitteelliseksi välineeksi käyttöliittymäanalyysissä (Pirhonen 1998b). Se voidaan käsitteellisesti liittää tarkkaavaisuustutkimuksissa kehitettyihin kognitiivisiin malleihin, jolloin redundanssimallia voidaan – ja tulee – käyttää rinnan niiden kanssa. Jotta johtopäätösten teko ei olisi liian yksioikoista, on kuitenkin syytä kiinnittää huomiota muutamaankin seikkaan, jotka antavat aiheita kriittiseen tarkasteluun.

Tapa, jolla kirjallisuutta on käytetty tässä työssä, saattaa antaa melko pinnallisen kuvan kirjoittajan käsityksestä tieteellisestä tiedonmuodostuksesta. Tarkkaavaisuustutkimuksen historia on pitkä, sitä on tehty hyvin erilaisina aikakausina ja erilaisten tieteenfilosofisten trendien vaikutuspiireissä. Tässä työssä on pyritty tulkitsemaan näitä taustoiltaan erilaisia tutkimuksia uudelleen. Kuten alaviitteessä sivulla 32 lyhyesti jo todettiin, on tällainen meta-paradigmaattinen ote hieman arveluttava. Ainakin jos ajatel-

laan kuten T. S. Kuhn (1970), on syytä tiedostaa oma paradigma ja rajata tutkimus sen sisälle. Kuhnilaisessa ajattelussahan eri paradigmojen piirissä tehdyt tulkinnat ovat yhteismitattomia (Kuhn 1970, s. 149); omaksuttu paradigma tarjoaa käsitteet ja näkökulman tutkittavaan asiaan, ja näin ollen se vaikuttaa jopa havaintoihin. Niinpä esimerkiksi behavioristi näkee (ja raportoi) samasta tilanteesta eri asioita kuin konstruktivisti.

Redundanssia koskevaan käsitteelliseen malliin jää vielä tämän työn jälkeen selkeitä puutteita. Selkeimmin esille nousee mallia sovellettaessa (Pirhonen 1998b) se, että siitä puuttuu aikadimensio: se, esitetäänkö toisteiset viestit samanaikaisesti vai peräkkäin, näyttää olevan selkeässä yhteydessä käyttäjien reaktioihin. Kaikkein vaikuttavimmat yhdistelmät olivat samanaikaisesti esitettyjä, kun taas eniten ärtymystä herättivät peräkkäin esitetyt. On myös viitteitä siitä, että samanaikaisuus lisää viestien tehoa: Samanaikaiset, multimodaalit yhdistelmät näyttävät tuottavan nopeimmat reaktiot (Treisman & Howarth 1959). Myös monimutkaisissa kognitiivisissa tehtävissä, kuten ongelmanratkaisussa, viestien samanaikaisuudesta on todettu olevan selkeää etua (Mayer 1992).

Myös redundanssimallin tarkastelu rinnakkain IP-mallien kanssa paljastaa selkeästi tarpeen kehittää mallia sellaiseksi, että temporaalinen aspekti tulee otetuksi huomioon. IP-mallien käytön motiivina tässä tutkimuksessa oli rinnakkaisen prosessoinnin analysointi. Jos viestit esitetään peräkkäin eikä samanaikaisesti, kognitiiviset yhteentörmäykset voidaan tietenkin periaatteessa suurelta osin välttää¹, mutta kuten edellä todettiin, menetetään samalla kenties kaikkein oleellisin siitä, mitä toisteisilla yhdistelmillä voi-

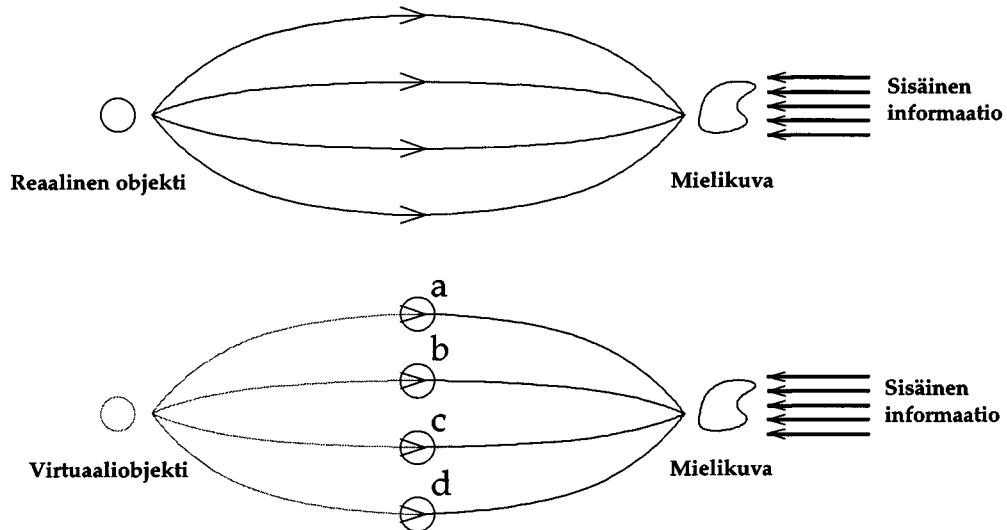
¹ Yhteentörmäysten välttäminen ajoituksen avulla on tietenkin melko mekaaninen ratkaisu, jolla ei välttämättä ole kovin paljon tekemistä todellisen prosessoinnin kanssa. Toisaalta IP-mallit harvoin ottavat edes kantaa temporaalisiin kysymyksiin, joten mallien perusteella olisi mahdotonta arvioida sopivaa viivettä kognitiivisten yhteentörmäysten välttämiseksi eri viestien esittämisen välillä.

taisiin saavuttaa. Näin ollen malliin selvästi pitäisi joko lisätä aikadimensio tai yksinkertaisesti rajata sen käyttö samanaikaisesti esitettyjen elementtien analyysiin.

Samanaikaisuutta viestien esittämisessä puoltaa osaltaan pyrkimys kohti luonnollista interaktiota. Luonnollisissa ympäristöissä olemme tottuneet saamaan samasta objektista erimuotoista informaatiota samanaikaisesti. Kaikki poikkeamat tästä on vaikeata ymmärtää. Esimerkiksi lapsen on vaikeata tajuta, että salama ja vasta vähän ajan kuluttua kuuluva jyrynä ovat saman fyysisen objektin aiheuttamia ilmiöitä. Jos kolmiulotteisen, animoidun painonapin painallus hiirellä, siihen liitetty animaatio (napin painuminen) ja ääni ovat havaittavasti eriaikaisia, koko yhdistelmän mielekkyys katoaa. Kaiken hiiren painonapin painamiseen liitetyn (animaatio ja ääni) suurin merkitys on välittömän palautteen antaminen käyttäjän toiminnan vaikutuksesta sovellukseen ja siitä seuraava kontrollin tunne. Viive heikentää tunnetta ja tekee lopulta multimodaalisuuden tarpeettomaksi; animaatiosta ja äänestä tulee redundantteja sanan negatiivisimmassa (vrt. luku 2.1) mielessä.

4.2 Virtuaaliobjektin luomisesta

Multimedia tarjoaa teknisenä ympäristönä mahdollisuuden luoda multimodaaleja yhdistelmiä, jotka voidaan mieltää kokonaisuuksiksi. Mutta pitäisikö tällainen kokonaisuus ymmärtää viestiksi vai viestien yhdistelmäksi? Tässä kysymyksessä tiivistyy virtuaalisten ympäristöjen ja virtuaalisten objektien suunnittelun problematiikka. Asiaa on havainnollistettu seuraavalla piirroksella (kuvio 10), jossa on asetettu rinnakkain mielikuvan muodostuminen reaalisesta ja virtuaalisesta objektista perusteella.



Kuvio 10. Mielikuvan muotoutuminen reaalisen ja virtuaalisen objektin perusteella.

Reaalitodellisuudessa yksi ja sama fyysinen objekti vaikuttaa ympäristöönsä monella tavalla. Se esimerkiksi

- absorboi osan siihen osuvasta valosta ja heijastaa osan,
- liikkessaan aiheuttaa muutoksia sitä ympäröivään materiaan, sekä
- täyttää identifioitavissa olevan osan tilasta.

Ihmisen kannalta katsoen ensimmäinen ominaisuus aiheuttaa näköhavainnon. Toinen, mikäli objekti tai sen osa liikkuu edestakaisin 20-20000 Hz:n taajuudella, tuottaa ääntä. Kolmannen ominaisuutensa perusteella se on mahdollista tuntea sitä koskettamalla - luetteloa voisi tietenkin jatkaa pitkäänkin. Piirroksessa objektin vaikutus ympäristöön on kuvattu nuolilla. Mielikuva syntyy tämän ulkoisen informaation ja olemassa olevien henkisten rakenteiden (kuviossa: sisäinen informaatio) perusteella.

Alempi piirros kuvaa samanlaisen mielikuvan syntyä tilanteessa, jossa edellä kuvatun kaltainen yksi ainoa, monella tapaa ympäristöönsä vaikuttava fyysinen objekti puuttuu. Tässä tapauksessa ympäristössä tapahtuvien muutosten aiheuttajina on useita, laadullisesti toisistaan eroavia käyttöliitymäelementtejä (a, b, c ja d). Jokainen näistä täytyy tuottaa erikseen. Niitä

yhdistävä fyysinen ominaisuus on se, että ne aktivoituvat saman fyysisen tapahtuman seurauksena, esimerkiksi käyttäjän painaessa nappia.

Kunnianhimoinen suunnittelija haluaa käyttää multimedian mahdollisuuksia mahdollisimman luonnollisten vaikutelmien aikaansaamiseksi. Redundanssimallista voisi helposti tulkita, että edellä kuvatun kaltaisen virtuaaliobjektin osat ovat täydentävässä suhteessa toisiinsa nähden. Jos tavoitteena on esimerkiksi luoda virtuaalinen koira, näytönohjain ja monitori tuottavat kuvan sekä äänikortti kaiuttiminen äänen koirasta. Kuvaa ja ääntä näyttää yhdistävän vain se, että kumpikin koskevat koira. Piirroksesta (kuvio 10) ilmenee kuitenkin oleellinen seikka, joka tekee tilanteen paljon monimutkaisemmaksi: keskeisimmäksi mielikuvan syntymisen elementiksi onkin nostettu jo olemassa olevat rakenteet (kuviossa ”sisäinen informaatio”). Käyttäjän kognitio ei olekaan *tabula rasa*, joka vain odottaa, että sovellus täyttäisi sen informaatiolla. Päinvastoin, kognitio on luultavasti melko suljettu järjestelmä, joka vain tarkkaan valikoiden ottaa vastaan uutta. Kuten jo aiemmin on todettu, ihminen pyrkii uudessakin tunnistamaan vanhan ja navigoi tuntemattomassa etsien tuttua (Rabbitt et al. 1977). Käyttöliittymän suunnittelijan on ymmärrettävä tämä. Edellisessä esimerkissä, virtuaalisessa koirassa, käyttöliittymän suunnittelija on sidottu käyttäjän mielikuviin ja kokemuksiin koirista. Lopultakin hänen luomansa virtuaalikoira kykenee parhaimmillaankin tarjoamaan vain rahtusen uutta ainesta käyttäjän mielikuvaan. Toisaalta oletettuja, olemassa olevia mielikuvia voi hyödyntää kokonaisuutta muovattaessa; ne voi tietoisesti ottaa yhdeksi osaksi kokonaisuutta. Virtuaalinen koira, jossa yhdistyvät kuva ja ääni, ei välttämättä enää olekaan koostunut kahdesta toisiaan täydentävästä elementistä. Käyttäjälle, joka pelkää koiria, luultavasti päällimmäisin viesti sekä koiran näkemisestä että sen äänen kuulemisesta on sama. Tämä, emotionaalispainotteinen viesti tuottaa saman pelkoreaktion. Näin kuva ja ääni

olivatkin jollakin tasolla merkityksiltään toisteisia, redundanteja. Tämä havainto osoittaa kaksiulotteisen redundanssimallin kaipaavan lisää dimensioita. Jos luvussa 2.3 esitelty malli rajataan koskemaan havaittavia tosiasioita, puolustaa kaksiulotteisuus paikkaansa. Mutta edettäessä monimutkaisempiin merkityssisältöihin tarvitaan laajempaa näkemystä. Aivan toinen kysymys onkin sitten se, mikä tämä laajempi näkemys on; millaisia ulottuvuuksia malliin pitäisi lisätä. Poistuttaessa kognitiiviselta tasolta ajaudutaan merkitysten analysoinnissa alueelle, jossa pelkällä rationaalisella päätöksenteolla ei välttämättä päästä parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen. Mutta mallia voi toki soveltaa eri tasoille, kunhan taso ensin määritellään. Jos sovelletaan esimerkiksi Bloomin (1972) perinteistä jakoa kognitiiviseen, affektiiviseen ja psyko-motoriseen tasoon, voidaan analyysiä jatkaa aina yhden tason sisällä. Niinpä voitaisiin edellisen koira-esimerkin yhteydessä todeta, että eri elementit olivat kognitiivisella tasolla täydentävässä suhteessa, mutta affektiivisella tasolla toisteisia.

Kaikesta edellä esitetystä voi päätellä, että käyttöliittymän suunnittelussa tarvitaan monipuolisia kommunikointitaitoja. Luotaessa viestejä eläville ihmisille, eikä vain kognitiivisten mallien kuvaamille kasvottomille ”käyttäjille”, tarvitaan ymmärtämystä paitsi ihmisen informaation prosessoinnista, myös ihmisen tavasta kokea havaitsemaansa *kokonaisvaltaisesti ja aiempaan kokemusmaailmaansa tukeutuen*.

4.3 Kohti korkeatasoisia käyttöliittymiä

Tässä työssä on kehitetty malli käyttöliittymäelementtien välisten suhteiden analyysiin sekä suhteutettu se käsitteellisesti kognitiivisen psykologian malleihin. Käyttökelpoisuudestaan huolimaatta, kuten edellisessä luvussa todettiin, mallia kannattaa kehittää edelleen. Kehitystarpeen painopisteet

ovat temporaalisen dimension huomioon ottaminen sekä laajentaminen kognitiiviselta tasolta. Tässä työssä tulevat vääjäämättä vastaan myös tieteen rajat, joten milloinkaan mallista ei saada niin kattavaa, että yksittäiset käyttöliittymäelementin luomiseen liittyvät ratkaisut voitaisiin perustaa ainoastaan sille. Samaa asiaa voidaan havainnollistaa luokittelemalla käyttöliittymäelementtien (tai elementtikokonaisuuksien) laatua tämän mallin näkökulmasta:

1. Alimmassa luokassa ovat ratkaisut, jotka sisältävät selvästi osoitettavia virheitä IP-mallien näkökulmasta. Jos esimerkiksi esitetään samanaikaisesti verbaali viesti tekstinä ja äänen avulla, voidaan ratkaisua pitää virheellisenä. Perusteena arvioon on silloin IP-malli, jonka mukaan verbaalit tehtävät suoritetaan peräkkäisjärjestyksessä.
2. Keskimmaisessä luokassa ovat ratkaisut, jotka noudattavat tarkasti käytettäviä IP-malleja, jolloin niistä ei ole osoitettavissa edellisen luokan tapaan selviä virheitä. Lopputulos on kuitenkin latteaa, eikä jostakin syystä vaikuta onnistuneelta. Syytä on vain vaikea kuvailla.
3. Tässä vaiheessa tieteen tarjoamat keinot on käytetty ja edetään alueelle, jossa ratkaisut perustuvat paitsi tietoon, myös muun tyyppisiin voimavaroihin, kuten luovuuteen. Nyt ratkaisut, paitsi että ne ovat edellisen luokan tavoin sopusoinnussa sovellettavien IP-mallien kanssa, myös subjektiivisella tasolla yksinkertaisesti koetaan onnistuneina.

Yllä kuvattujen luokkien rajat muuttuvat jatkuvasti. IP-mallien kehittyessä yhä uusia piirteitä voidaan analysoida. Tämä ei kuitenkaan, kuten toisen luokan ominaisuuksien kuvauksesta ilmenee, johda automaattisesti onnistuneiksi koettaviin ratkaisuihin. Matkalla kohti laadukkaita käyttöliittymiä välttämättömiä eväitä ovat ihmistä koskevien tietojen lisäksi luovuus, innovatiivisuus ja kommunikointitaidot.

Lähteet

- Allport, D. A., Antonis, B. & Reynolds, P. 1972. On the division of attention: a disproof of the single channel hypothesis. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 24(2), 225 - 235.
- Bahrick, H. P. & Gharrity, K. 1976. Interaction among pictorial components in the recall of picture captions. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory* 2(2), 103 - 111.
- Barker, P. & King, T. 1993. Evaluating interactive multimedia courseware - a methodology. *Computers & Education* 21(4), 307 - 319.
- Barnard, P. J., May, J. & Blandford, A. 1992. To model or not to model? That is the question. Esprit Basic Research Action 7040: The Amodeus Project, document UM/WP2.
- Basil, M. D. 1994. Multiple resource theory I: Application to television viewing. *Communication Research* 21(2), 177 - 207.
- Benson, P. J. 1993. Problems in Picturing Text. Teoksessa *Art, science & visual literacy*. Selected readings from the annual conference of the international visual literacy association (24th, Pittsburgh, PA, September 30 - October 4, 1992), 107 - 117. (Eric Document Reproduction Service No. ED 373 717)
- Biederman, I., Glass, A. L. & Stacy, E. W. 1973. Searching for objects in real-world scenes. *Journal of Experimental Psychology* 97(1), 22 - 27.
- Biederman, I., Rabinowitz, J. C., Glass, A. L. & Stacy, E. W. 1974. On the information extracted from a glance at a scene. *Journal of Experimental Psychology* 103(3), 597 - 600.
- Bloom, B. S. 1972. Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. New York: McKay.
- Braden, R. A. 1992. Examining Visual Verbal Relationships. Teoksessa *Art, science & visual literacy*. Selected readings from the annual conference of the international visual literacy association (24th, Pittsburgh, PA, September 30 - October 4, 1992), 229 - 238. (Eric Document Reproduction Service No. ED 373 717)
- Brand, J. 1971. Classification without identification in visual search. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 23(2), 178 - 186.
- Broadbent, D. E. 1958. Perception and communication. London: Pergamon.

- Brown, D. W. & Schneider, S. D. 1992. Young learners' reactions to problem solving contrasted by distinctly divergent computer interfaces. *Journal of Computing in Childhood Education* 3 (3-4), 335-347.
- Brown, J. R. & Cunningham, S. 1989. Programming the user interface: Principles and examples. New York: John Wiley & Sons.
- Bruce, V. 1979. Searching for politicians: an information-processing approach to face recognition. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 31(3), 373 - 395.
- Cahill, M. C. & Carter, R. C. 1976. Color code size for searching displays of different density. *Human Factors* 18(3), 273 - 280.
- Card, S. K., Moran, T. P. & Newell, A. 1983. The psychology of human-computer interaction. Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum Associates.
- Chalmers, D. J. 1995. Facing up to the problem of consciousness. *Journal of Consciousness Studies* 2(3), 200 - 219.
- Collins, A. M. & Loftus, E. F. 1975. A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological Review* 82(6), 407 - 428.
- Cope, P. & Simmons, M. 1994. Some effects of limited feedback on performance and problem-solving strategy in a Logo microworld. *Journal of Educational Psychology* 86(3), 368 - 379.
- Corcoran, D. W. J. & Jackson, A. 1979. Flexibility in the choice of distinctive features in visual search with blocked and random designs. *Perception* 8, 629 - 633.
- Deutsch, J. A. & Deutsch, D. 1963. Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review* 70(1), 80 - 90.
- Drew, D. G. & Grimes, T. 1985. The effect of audio-visual redundancy on audio and video recall in television news. Paper presented at the annual meeting of the Association for Education in Journalism and Mass Communication (68th, Memphis, TN, August 3 - 6, 1985). (Eric Document Reproduction Service No. ED 257 130)
- Dyck, J. L. 1995. Problem solving by novice macintosh users: The effects of animated, self-paced written, and no instruction. *Journal of Educational Computing Research* 12(1), 29 - 49.
- Edwards, A. D. N. 1992. Redundancy and adaptability. Teoksessa A. D. N. Edwards & S. Holland (toim.), *Multimedia interface design in education*. NATO ASI Series F: Computer and system sciences, 76. Heidelberg: Springer-Verlag, 145 - 155.

- Egeth, H. & Dagenbach, D. 1991. Parallel versus serial processing in visual search: Further evidence from subadditive effects of visual quality. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 17(2), 551 - 560.
- Egeth, H., Atkinson, J., Gilmore, G. & Marcus, N. 1973. Factors affecting processing mode in visual search. *Perception & Psychophysics* 13(3), 394 - 402.
- Ekman, P. & Friesen, W. V. 1969. The repertoire of nonverbal behavior: Categories, origins, usage, and coding. *Semiotica* 1(1), 49 - 98.
- Felfoldy, G. L. & Garner, W. R. 1971. The effects on speeded classification of implicit and explicit instructions regarding redundant dimensions. *Perception & Psychophysics* 9(3A), 289 - 292.
- Findahl, O. 1971. The effect of visual illustrations upon perception and retention of news programmes. Stockholm: Swedish Broadcasting Corporation. (Eric Document Reproduction Service No. ED 054 631)
- Fiske, J. 1990. Introduction to communication studies. London: Routledge. 2nd ed.
- Frisby, J. 1979. Seeing: Illusion, brain and mind. Oxford: Oxford University Press.
- Gardner, H. G. 1985. The mind's new science. New York: Howard Gardner.
- Garner, W. R. & Felfoldy, G. L. 1970. Integrality of stimulus dimensions in various types of information processing. *Cognitive Psychology* 1(3), 225 - 241.
- Gleitman, H. & Jonides, J. 1976. The cost of categorization in visual search: Incomplete processing of targets and field items. *Perception & Psychophysics* 20(4), 281 - 288.
- Green, B. F. & Anderson, L. K. 1956. Color coding in a visual search task. *Journal of Experimental Psychology* 51(1), 19 - 24.
- Griffin, R. E. & Gibbs, W. J. 1992. International icon symbols: How well are these symbols understood? *Teoksessa Art, science & visual literacy*. Selected readings from the annual conference of the international visual literacy association (24th, Pittsburgh, PA, September 30 - October 4, 1992), 132 - 141. (Eric Document Reproduction Service No. ED 373 717)
- Hanson, L. 1993. Perceptions of between-channel redundancy in television messages. *Teoksessa Art, science & visual literacy*. Selected readings from the annual conference of the international visual literacy

- association (24th, Pittsburgh, PA, September 30 - October 4, 1992), 174 - 184. (Eric Document Reproduction Service No. ED 373 717)
- Haring, M. J. & Fry, M. A. 1979. Effect of pictures on children's comprehension of written text. *Educational Communication and Technology Journal* 27(3), 185 - 190.
- Hazari, S. I. & Reaves, R. R. 1994. Student preferences toward microcomputer user interfaces. *Computers & Education* 22(3), 225 - 229.
- Holst, S., Churchill, E. & Gilmore, D. 1997. Transporting honeybears: A cognitive analysis of the effects of interface manipulation style on a constraint-based planning task. Teoksessa M. J. Smith, G. Salvendy & R. J. Koubek (toim.), *Design of computing systems: social and ergonomic considerations*. Advances in Human Factors/Ergonomics 21B. Proceedings of HCI International '97, San Francisco (CA), Aug. 24-29 1997. Amsterdam: Elsevier, 169 - 172
- Hsia, H. J. 1971. The information processing capacity of modality and channel performance. *AV Communication Review* 19(1), 51 - 75.
- Hsia, H. J. 1977. Redundancy: Is it the lost key to better communication? *AV Communication Review* 25(1), 63 - 85.
- Ingling, N. W. 1972. Categorization: A mechanism for rapid information processing. *Journal of Experimental Psychology* 94(3), 239 - 243.
- James, W. 1891. The principles of psychology. (Vol 1). London: MacMillan.
- Jonides, J. & Gleitman, H. 1976. The benefit of categorization in visual search: Target location without identification. *Perception & Psychophysics* 20(4), 289 - 298.
- Kahneman, D. & Treisman, A. 1984. Changing views of attention and automaticity. Teoksessa R. Parasuraman & D. R. Davies (toim.), *Varieties of attention*. Orlando (F): Academic Press, 29 - 62.
- Kahneman, D. 1973. Attention and effort. Englewood Cliffs (NJ): Prentice Hall.
- Kim, S. 1990. Interdisciplinary cooperation. Teoksessa B. Laurel (toim.), *The art of human computer interface design*. Reading, MA: Addison Wesley, 31 - 44.
- Kristofferson, M. W. 1977. The effects of practice with one positive set in a memory scanning task can be completely transferred to a different positive set. *Memory & Cognition* 5(2), 177 - 186.

- Kuhn, T. S. 1970. *The structure of scientific revolution*. Chicago (ILL): University of Chicago Press. 2nd ed., enl.
- Lang, A. 1995. Defining audio/video redundancy from a limited-capacity information processing perspective. *Communication Research* 22(1), 86 - 115.
- Laurel, B. 1990. *The art of human computer interface design*. Reading (MA): Addison Wesley.
- Laurel, B. 1991. *Computers as theatre*. Reading (MA): Addison-Wesley.
- Levie, W. H. & Lentz, R. 1982. Effects of text illustrations: a review of research. *Educational Communication and Technology Journal* 30(4), 195 - 232.
- Levin, J. R. & Lesgold, A. M. 1978. On pictures in prose. *Educational Communication and Technology Journal* 26(3), 233 - 243.
- Longman dictionary of the English language. 1984. London: Longman Group.
- Mangun, G. R., Hillyard, S. A. & Luck, S. J. 1992. Electrocortical substrates of visual selective attention. Teoksessa D. E. Meyer & S. Kornblum (toim.), *Attention and performance XIV: Synergies in experimental psychology, artificial intelligence, and cognitive neuroscience*. Cambridge (MA): MIT Press, 219 - 243.
- Massaro, D. W. & Cowan, N. 1993. Information processing models: microscopes of the mind. *Annual Review of Psychology* 44, 383 - 425.
- May, J., Barnard, P. J. & Blandford, A. 1992. Using structural descriptions of interfaces to automate the modelling of user cognition. Esprit Basic Research Action 7040: The Amodeus Project, document UM/WP21.
- Maynard, J. 1975. *Dictionary of data processing*. London: Newnes-Butterworths.
- Mercadal, D. 1990. *Dictionary of artificial intelligence*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Miller, S. C. 1993. The effects of redundant visual, auditory, and tactile stimuli on a minimum information tracking task. Teoksessa *Art, science & visual literacy*. Selected readings from the annual conference of the international visual literacy association (24th, Pittsburgh, PA, September 30 - October 4, 1992), 143 - 152. (Eric Document Reproduction Service No. ED 363 297)

- Moray, N. 1959. Attention in dichotic listening: affective cues and the influence of instructions. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 11(1), 56 - 60.
- Moray, N. 1975. A data base for theories of selective listening. Teoksessa P. M. A. Rabbitt & S. Dornic (toim.), *Attention and performance V*. London: Academic Press, 119 - 135.
- Moray, N. 1978. The strategic control of information processing. Teoksessa G. Underwood (toim.), *Strategies of information processing*. New York: Academic Press, 301 - 328.
- Moray, N. 1993. Designing for attention. Teoksessa A. Baddeley & L. Weiskrantz (toim.), *Attention: Selection, awareness, and control: A tribute to Donald Broadbent*. Oxford: Clarendon Press, 111 - 134.
- Neisser, U. 1963. Decision time without reaction time: Experiments in visual scanning. *American Journal of Psychology* 76, 376 - 385.
- Neisser, U. 1967. *Cognitive psychology*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Nielsen, J. 1993. *Usability engineering*. Boston (MA): Academic Press.
- Palmer, S. E. & Kimchi, R. 1986. The information processing approach to cognition. Teoksessa T. J. Knapp & L. C. Robertson (toim.), *Approaches to cognition: contrasts and controversies*. Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum, 37 - 77.
- Paul, S. 1992. Pictorial redundancy, processing time, number of propositions, and comprehensions of compressed speech. *International Journal of Instructional Media* 19(1), 71 - 78.
- Peirce, C. S. 1958. / 1966. *Collected papers of Charles Sanders Peirce*. Volume VII Science and philosophy and volume VIII Reviews, correspondence, and bibliography. Edited by Burks, A. W. Cambridge (MA): Belknap Press.
- Peled, Z., Peled, E. & Alexander, G. 1992. A taxonomy for computer software adoption policy. *Journal of Educational Computing Research* 8(1), 81 - 100.
- Petre, M. & Green, T. R. G. 1990. Is graphical notation really superior to text, or just different? Some claims by logic designers about graphics in notation. Proceedings in the Fifth Conference on Cognitive Ergonomics, Urbino, Italy, September 3 - 6, 1990.
- Pirhonen, A. 1997. Meaningful whole or a jumble? The problem of designing a combination of output elements. *Management* 2(8), 62 - 65.

- Pirhonen, A. 1998(a). Analysis of the concept of redundancy concerning the design of multimodal combinations of output-elements. Teoksessa Werner, B. *APCHI 98*. Proceedings in the 3rd Asia Pacific Computer Human Interaction, July 15 - 17 1998, Shonan Village Center, Japan. Los Alamitos (CA): IEEE, 273 - 278.
- Pirhonen, A. 1998(b). Redundancy as a criterion for multimodal user-interfaces. Jyväskylä, University of Jyväskylä. *Jyväskylä studies in education, psychology and social research 147*. (Diss.)
- Pollack, I. 1963. Speed of classification of words into superordinate categories. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior* 2(2), 159 - 165.
- Rabbitt, P. M. A. 1959. Effects of independent variations in stimulus and response probability. *Nature* 183(4669), 1212.
- Rabbitt, P. M. A. 1967. Learning to ignore irrelevant information. *The American Journal of Psychology* 80(1), 1 - 13.
- Rabbitt, P. M. A. 1978. Sorting, categorization, and visual search. Teoksessa E. C. Carterette & M. Friedman (toim.), *Handbook of perception 9*. New York: Academic Press, 85 - 134.
- Rabbitt, P. M. A. 1981. Cognitive psychology needs models for changes in performance with old age. Teoksessa J. Long & A. D. Baddeley (toim.), *Attention and performance IX*. Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum Associates, 555 - 573.
- Rabbitt, P. M. A. 1984. The control of attention in visual search. Teoksessa R. Parasuraman & D. R. Davies (toim.), *Varieties of attention*. Orlando (F): Academic Press, 273 - 292.
- Rabbitt, P. M. A., Cumming, G. & Vyas, S. 1977. An analysis of visual search: Entropy and sequential effects. Teoksessa S. Dornic (toim.), *Attention and performance IV*. Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum Associates, 363 - 386.
- Rabbitt, P. M. A., Cumming, G. & Vyas, S. 1979(a). Improvement, learning and retention of skill at visual search. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 31(3), 441 - 459.
- Rabbitt, P. M. A., Cumming, G. & Vyas, S. 1979(b). Modulation of selective attention by sequential effects in visual search tasks. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 31(2), 305 - 317.
- Reese, S. D. 1983. Improving audience learning from television news through between-channel redundancy. Paper presented at the annual meeting of the Association for Education in Journalism and Mass

- Communication (66th, Corvallis, OR, August 6 - 9, 1983). (Eric Document Reproduction Service No. ED 229777)
- Sack, S. A. & Rice, C. E. 1974. Selectivity, resistance to distraction and shifting as three attentional factors. *Psychological Reports* 34(3), 1003 - 1012.
- Saussure, F. de 1983. / 1990. Course in general linguistics. Edited by Bally, C. and Sechehaye, A. with the collaboration of Riedlinger, A. London: Duckworth.
- Schneider, W. & Shiffrin, R. M. 1977. Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention. *Psychological Review* 84(1), 1 - 66.
- Schneider, W., Dumais, S. T. & Shiffrin, R. M. 1984. Automatic and control processing and attention. Teoksessa R. Parasuraman & D. R. Davies (toim.), *Varieties of attention*. Orlando (F): Academic Press, 1 - 28.
- Schweickert, R. 1992. Information, time, and the structure of mental events: A twenty-five-year review. Teoksessa D. E. Meyer & S. Kornblum (toim.), *Attention and performance XIV: Synergies in experimental psychology, artificial intelligence, and cognitive neuroscience*. Cambridge (MA): MIT Press, 535 - 566.
- Severin, W. 1967. The effectiveness of relevant pictures in multiple-channel communications. *AV Communication Review* 15(4), 386 - 401.
- Shaffer, L. H. 1975. Multiple attention in continuous verbal tasks. Teoksessa P. M. A. Rabbitt & S. Dornic (toim.), *Attention and performance V*. London: Academic Press, 157 - 167.
- Shannon, C. E. & Weaver, W. 1949. / 1964. The mathematical theory of communication. Urbana: The University of Illinois Press.
- Shiffrin, R. M. & Schneider, W. 1977. Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending, and a general theory. *Psychological Review* 84(2), 127 - 190.
- Shneiderman, B. 1987. Designing the user interface: Strategies for effective human-computer interaction. Reading (MA): Addison-Wesley.
- Sperling, G. 1984. A unified theory of attention and signal detection. Teoksessa R. Parasuraman & D. R. Davies (toim.), *Varieties of attention*. Orlando (F): Academic Press, 103 - 182.
- Staniland, A. C. 1966. Patterns of redundancy. Cambridge: University Press.

- Titchener, E. B. 1908. Lectures on the elementary psychology of feeling and attention. New York: MacMillan.
- Townsend, J. T. 1990. Serial vs. parallel processing: Sometimes they look like tweedledum and tweedledee but they can (and should) be distinguished. *Psychological Science* 1(1), 46 - 54.
- Treisman, A. M. & Davies, A. 1973. Divided attention to ear and eye. Teoksessa S. Kornblum (toim.), *Attention and performance IV*. London: Academic Press, 101 - 117.
- Treisman, A. M. & Howarth, C. I. 1959. Changes in threshold level produced by a signal preceding or following the threshold stimulus. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 11(3), 129 - 142.
- Treisman, A. M. 1960. Contextual cues in selective listening. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 12, 242 - 248.
- Treisman, A. M. 1964(a). Verbal cues, language, and meaning in selective attention. *American Journal of Psychology* 77(2), 206 - 219.
- Treisman, A. M. 1964(b). The effect of irrelevant material on the efficiency of selective listening. *American Journal of Psychology* 77(4), 533 - 546.
- van der Heijden, A. H. D. & Stebbins, S. 1990. The information-processing approach. *Psychological Research* 52(2), 197 - 206
- Vertelney, L. & Booker, S. 1990. Designing the whole-product user interface. Teoksessa B. Laurel (toim.), *The art of human computer interface design*. Reading (MA): Addison Wesley, 57 - 63.
- Web dictionary of cybernetics and systems. 1997. <http://pespmc1.vub.ac.be/ASC/REDUNDANCY.html>.
- Weik, M. H. 1977. Standard dictionary of computers and information processing. 2nd edition. Rochelle Park, N.J.: Hayden Book.
- Wickens, C. D. & Carswell, C. M. 1997. Information processing. Teoksessa G. Salvendy (toim.), *Handbook of human factors and ergonomics*. New York: John Willey & Sons. 2nd ed., 89 - 129.
- Wickens, C. D. 1976. The effects of divided attention on information processing in manual tracking. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 2(1), 1 - 13.
- Wickens, C. D. 1980. The structure of attentional resources. Teoksessa R. Nickerson (toim.), *Attention and performance VIII*. Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum, 239 - 257.

- Wickens, C. D. 1984. Processing resources in attention. Teoksessa R. Parasuraman & D. R. Davies (toim.), *Varieties of attention*. Orlando (F): Academic Press, 63 - 102.
- Wickens, C. D. 1992. Engineering psychology and human performance. 2nd edition. New York: HarperCollins Publishers.
- Willows, D. M. & MacKinnon, G. E. 1973. Selective reading: Attention to the "unattended" lines. *Canadian Journal of Psychology* 27(3), 292 - 304.