

# **World Wide Webin käyttö mobiililaitteilla**

Antti Oulasvirta

Helsinki 16. marraskuuta 2001

Käyttöliittymätutkimus-seminaari

HELSINGIN YLIOPISTO

Tietojenkäsittelytieteen laitos

World Wide Webin käyttö mobiililaitteilla

Antti Oulasvirta

Käyttöliittymätutkimus-seminaari

Tietojenkäsittelytieteen laitos

Helsingin yliopisto

16.11.2001, 25 sivua

Mobiililaitteiden web-selainten on arvioitu olevan seuraava suuri menestyssovellus World Wide Webille. Mobiililaitteiden näytön, verkkoyhteyden, syöttölaitteiden sekä tietojenkäsittelykapasiteetin rajoitukset tekevät pöytätietokoneille suunniteltujen web-sivujen selaamisen kuitenkin hankalaksi, hitaaksi ja epämiellyttäväksi. Eräs ratkaisu on suunnitella web-sivut erikseen mobiililaitteille. Tämä on kuitenkin kustannustehotonta. Käytettävyyttä voidaan parantaa myös muokkaamalla selaimen ja laitteen käyttöliittymiä. Web-sivun tiivistäminen ja osittaminen, navigoinnin ja informaation käyttämisen erottaminen sekä erilaisten näkymien hyödyntäminen mahdollistaa joidenkin käytettävyysohjelmien ratkaisun. Parhaaseen tulokseen päästään yhdistelemällä ratkaisuja.

Aiheluokat (Computing Reviews 1998): H.5.2, H.5.4, H.1.2

Avainsanat: mobiililaitte, World Wide Web, käyttöliittymä, käytettävyys

## Sisältö

1 Johdanto .....	1
2 Mobiililaitteiden teknisten rajoitusten käytettävyysvaikutukset.....	2
2.1 Verkkoyhteys .....	2
2.2 Syöttölaitteet.....	2
2.3 Tietojenkäsittely .....	3
2.4 Näyttö.....	3
3 Mobiilit käyttötilanteet.....	5
4 Käyttöliittymäratkaisuja .....	6
4.1 Sivuston suunnitteleminen erikseen mobiiliselaimelle: Web Clipping ja WAP...6	
4.2 Sivun tiivistäminen: MS Mobile Explorer ja ProxiWeb .....	8
4.3 Sivun osittaminen: Digestor ja RSVP.....	10
4.4 Navigoinnin ja tiedon käyttämisen erottaminen: N9000 ja m-Links .....	13
4.6 Focus+Context -näkyvä: WEST.....	16
4.7 Tekstuaalinen yleisnäkyvä: PowerBrowser.....	18
5 Yhteenveto.....	21
Lähteet.....	22

## 1 Johdanto

*Mobiililaitteella* tarkoitetaan pientä, mukana kuljetettavaa *i. mobiilia* tietokonetta. Mobiililaitteita ovat mm. taskutietokoneet, kämmenmikrot sekä kännykät. Mobiililaitteiden web-selainten *i. mobiiliselainten* on arvioitu olevan seuraava suuri menestyssovellus World Wide Webille [Nie99]. Keskeisiä mobiilin web-käytön käyttöliittymäongelmia on kuitenkin vielä ratkaistavana. Tässä esitelmässä näitä ongelmia lähestytään etsimällä mobiilin webin käytön *erityisominaisuuksia* pöytä tietokoneiden web-käyttöön verrattuna.

Mobiililaitteiden käyttöliittymäsuunnittelussa on pöytä tietokoneisiin verrattuna huomioitava kolme niiden erityispiirrettä: ensinnäkin mobiililaitteen rajoittavat tekniset ominaisuudet – mm. näyttö, tekstinsyöttö, tietojenkäsittelykapasiteetti ja verkkoyhteys, toiseksi niihin liittyvät erilaiset käyttötarpeet sekä kolmanneksi mobiilit käyttötilanteet. Nämä piirteet on havaittu jo 1990-luvun alusta [LaK93], ne ovat edelleen keskeisiä myös mobiiliselainten käyttöliittymäsuunnittelussa ja niitä käsitellään myös tässä esitelmässä.

Suuri osa nykyisistä web-sivuista on suunniteltu pöytä koneiden ominaisuuksia silmälläpitäen. Mobiililaitteiden tietojenkäsittely-yksiköiden, syöttölaitteiden, verkkoyhteyksien ja näytön ominaisuudet ovat heikompia kuin pöytä tietokoneiden. Luvussa 2 tarkastellaan, kuinka nämä ominaisuudet vaikuttavat mobiilin webin käytettävyyteen. Laitteen teknisten rajoitusten lisäksi myös mobiilit *käyttötilanteet* asettavat erityisvaatimuksia käyttöliittymäsuunnittelulle. Näitä seikkoja tarkastellaan luvussa 3. Varsinkin mobiililaitteiden teknisten rajoitusten asettamien ongelmien ratkaisemiseksi on ehdotettu erilaisia lähestymistapoja. Luvussa 4 käydään läpi konkreettisia käyttöliittymä ratkaisuja ja arvioidaan niitä. Eräs ratkaisu on suunnitella web-sivut erikseen mobiililaitteille. Tämä on kuitenkin kustannustehotonta. Käytettävyyttä voidaan parantaa huomattavasti muokkaamalla selaimen ja laitteen käyttöliittymiä. Web-sivun tiivistäminen ja osittaminen, navigoinnin ja informaation käyttämisen erottaminen sekä erilaisten näkymien hyödyntäminen mahdollistaa joidenkin käytettävyyso ongelmien ratkaisun. Parhaaseen tulokseen päästään yhdistelemällä ratkaisuja.

## **2 Mobiililaitteiden teknisten rajoitusten käytettävyysvaikutukset**

Web-sivut on suunniteltu pääasiassa pöytätietokoneille. Web-sivujen suunnitteluohjeistoissa [Spo97] neuvotaan mm. suunnittelemaan sivut tietylle erottelutarkkuudelle (esim. 800x600) ja pyrkimään tiettyyn latausaikaan. Mobiililaitteiden ominaisuudet vaihtelevat laitteesta riippuen. Parhaimmissa erottelukyky on jopa 320x240 (Compaq Ipaq), heikoimmissa noin 128x128 (WAP-selaimet). Yhtä suuria eroja on myös muissa mobiililaitteiden ominaisuuksissa. On kuitenkin selvää, että yleisellä tasolla mobiililaitteiden tietojenkäsittely-yksiköiden, syöttölaitteiden, verkkoyhteyksien ja näytön ominaisuudet ovat heikompia kuin pöytätietokoneiden. Seuraavassa pohditaan, mikä vaikutus näillä rajoituksilla on pöytäkoneille suunniteltujen web-sivujen käyttöön mobiililaitteissa.

### **2.1 Verkkoyhteys**

Mobiililaitteiden verkkoyhteydet ovat hitaampia kuin pöytäkoneilla, joten web-sivun lataaminen saattaa olla huomattavan hidasta [Buy00]. Latausaikojen kasvamisen tiedetään vaikuttavan negatiivisesti käyttäjäkokemukseen [Spo97]. Mobiililaitteiden verkkoyhteyksien käytön laskutusperiaatteet ovat lisäksi usein sellaisia, että käyttäjä maksaa latauksen keston mukaan [GSS00]. Hjelmeroos, Ketola ja Räihä [HKR99] esittävät, että mobiililaitteiden käyttäjät saattavat kuitenkin hyväksyä pidemmät latausajat.

### **2.2 Syöttölaitteet**

Mobiililaitteissa on käytössä erilaisia syöttömenetelmiä, kuten kynäkirjoitus (esim. Unistrokes), näppäimistöt ja -virtuaalinäppäimistöt (esim. mini-Qwerty), ennakointi (T9) ja valintasyöttö (esim. Cirrin, Quikwriting). – Yleisellä tasolla mobiililaitteiden tekstinsyöttö on pöytätietokoneeseen verrattuna hitaampaa, rasittavampaa ja virheellisempää [Buy00].

## 2.3 Tietojenkäsittely

Pöytätietokoneissa on enemmän muistia ja tallennuskapasiteettia sekä tehokkaammat keskusyksiköt kuin mobiililaitteissa. Tämä asettaa rajoituksia sille, kuinka monimutkaista komputaatiota selain voi sivun esittämiseksi käyttää.

## 2.4 Näyttö

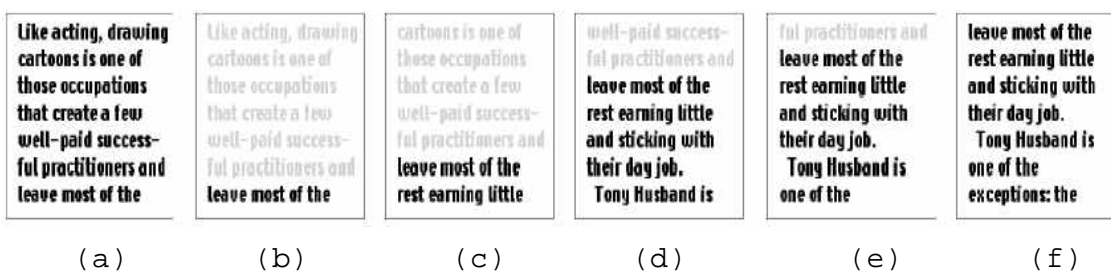
Mobiililaitteiden näytöt ovat pöytätietokoneissa käytettäviä heikompia erottelutarkkuudeltaan ja väriskaalaltaan sekä pienempiä kooltaan.

Pieni näyttö vaikuttaa web-sivun *sommitteluun* (engl. layout). Sommittelu ohjaa käyttäjän tarkkaavaisuuden siirtymistä lukemisen aikana. Pieni näyttö rajoittaa erityisesti rivien pituutta ja määrää. Näiden rajoitusten vaikutukset lukunopeuteen tunnetaan melko hyvin: Mikäli rivit ovat pitkiä, rivin alkukohdan löytäminen on vaikeaa ja hidasta. Jos ne puolestaan ovat liian lyhyitä, yhdellä fiksaatiolla saadaan vähemmän tietoa. Lisäksi on havaittu, että lyhyillä riveillä fiksaation määrä ja pituus sekä sakkadien määrä kasvaa, jolloin lukeminen on erityisen hidasta [DyH01, DyK98]. 55 merkkiä rivillä havaittiin soveltuvan parhaiten tekstinyymmärtämisen ja lukunopeuden kannalta rivin pituudeksi [DyH01]. Duchnickyn ja Kolarsin [DuK83] kokeessa puolestaan osoitettiin, että näytön korkeuden vaikutus lukunopeuteen oli pienempi kuin näytön leveyden. Kapea näyttö aiheutti lukemisen huomattavan hidastumisen, mutta näytön korkeudeksi riitti vain neljä riviä. Tämä tulos on toistunut myös muissa tutkimuksissa [Jon99]. Dillon, Richardson ja McKnight [DRM90] havaitsivat lisäksi, että näytön korkeus vaikutti siihen, kuinka paljon sivua jouduttiin *vierittämään* (engl. scroll) taakse- ja eteenpäin. Ilmeisesti tekstin lineaarinen lukeminen on tyydyttävällä tasolla mahdollista jo melko pienillä näytöillä, kunhan näyttö on tarpeeksi leveä. Esimerkiksi Casiopeian Internet Explorer pystyy esittämään 65 merkkiä rivillä yhteensä 11:llä rivillä [Jon99].

Kun tekstiä on lyhyen rivipituuden takia jatkuvasti vieritettävä, tekstin integroiminen mielessä vaikeutuu. Lisäksi vierittämisen tapahduttua saattaa olla vaikea löytää oikeaa kohtaa, josta lukemista tulisi jatkaa. Esimerkiksi Staggers [Sta93] osoitti, että vain yhdelle sivulle aseteltu

lomake oli huomattavasti nopeampi täyttää kuin kahdelle tai kolmelle sivulle jakaantuneet lomakkeet, joiden käytössä tarvittiin vierittämistä. Yleisesti pitkien siirtymisten katsotaan vierittämisessä olevan hyödyllisempiä kuin lyhyiden [DyK98]. Asia ei kuitenkaan ole niin yksinkertainen, sillä esimerkiksi Buchanan ym. [Buc01] eivät löytäneet eroja vertikaalista, horizontaalista tai sivuttaista vierittämistä käyttävien koehenkilöiden suorituksista WAP-tiedonhakutehtävissä. Melchior [Mel00] pyrki ratkaisemaan vierittämisen ongelmat näyttämällä animaation sivun vaihtumisesta (ks. kuva 1). Animaatiossa vanha sivu (1a) muuttuu harmaaksi ja uusi teksti “työntää” sen pehmeästi pois (1b–f). Alustavassa kokeessa suurin osa viidestä käyttäjästä koki tämän ns. Wiping-menetelmän hyödylliseksi, mutta perusteellisempi tutkimus tarvitaan muiden vaikutusten selvittämiseksi.

Näytön rajoituksilla on vaikutus myös värien ja grafiikan esittämiseen. Web-sivuilla grafiikalla ja väreillä saattaa usein olla merkitystä sisällön (esim. tilastolliset kuvaajat, karttapalvelut) tai navigoinnin (esim. image map -elementit) kannalta. Ongelma koskee erityisesti mustavalkonäyttöjä, joille grafiikan konvertoiminen ole helppoa. Hyvään tulokseen muunnoksessa päästäisiin valikoimalla algoritmi ja sen parametrit kuvan ominaisuuksien mukaan. Valinta vaatii kuitenkin paljon laskentatehoa [RiB01]. Grafiikan esittäminen vaatii siis kompromissin sisällön, latausajan ja laskenta-ajan välillä.



**Kuva 1:** Wiping-menetelmä tekstin vierittämiseksi [Mel00]

### 3 Mobiilit käyttötilanteet

Laitteen teknisten rajoitusten lisäksi myös mobiilit käyttötilanteet asettavat erityisvaatimuksia käyttöliittymäsuunnittelulle. Mobiiliselaimessa tarvittavat palvelut poikkeavat pöytäkoneella käytetyistä palveluista [Buc01]. Palvelun tyyppin mukaan määrittyy paljolti se, mitä käyttötilanteen ominaisuuksia on suunnittelussa huomioitava.

Eräs ääriesimerkki palvelun käyttötilanteen merkityksestä liittyy mobiiliselaimen käyttöön autolla ajamisen aikana. Mobiiliselaimen avulla olisi mahdollista tarjota esimerkiksi reitinetsintä- tai ruuhkatiedotuspalveluita ajoa nopeuttamaan. Ajosuoritus ei kuitenkaan saa vaarantua selaimen käytön takia. Auto-onnettomuuksissa merkittävin tekijä on tutkimusten mukaan ollut tarkkaavaisuuden siirtyminen pois ajosuorituksesta, esimerkiksi matkustajien tai irrallisten esineiden kanssa vuorovaikuttamisen takia [BuL00]. Ajon turvallisuuden takaamiseksi auton mobiiliselainten käyttöliittymissä tulisivat ensisijaisesti panostaa käytön nopeuteen. – Katse ei saisi siirtyä pois tieltä yli kahdeksi sekunniksi ja kokonaissuoritukseen saisi kulua korkeintaan 15 sekuntia. Burns ja Lansdownin mukaan nykyisillä mobiiliselaimilla on käytännössä vaikeaa täyttää näitä ehtoja [BuL00].

Käyttötilanteen *ulkoisista olosuhteista* käyttöön vaikuttavat mm. valaistus, melu ja lämpötila. *Kognitiivisia tekijöitä* ovat mm. tarkkaavaisuuden jakaminen, muistikuormitus ja käytettävissä olevat modaaliteetit l. aistinpiirit. Esimerkiksi Pascoe, Ryan ja Morse [PRM00] löysivät neljä erityispiirrettä biologisten käyttämien mobiililaitteiden käyttötilanteista: 1) palvelun käyttö eri tilanteissa (kävellessä, seistessä, työpaikalla, pimeässä), 2) tilannekohtaisesti rajoitettu tarkkaavaisuus, 3) ajoittainen erittäin nopea vuorovaikutus laitteen kanssa sekä 4) käyttötapojen ja -tarpeiden kontekstisidonnaisuus. Pascoe ja Morse [PaM98] selvittivät myös arkeologien teknologian käyttöä kaivauksillaan Sevillassa. Erot biologisten ja arkeologien välillä olivat selkeät: arkeologeille vuorovaikutuksen nopeus ja tuki rajoitetulle tarkkaavaisuudelle eivät olleet niin kriittisiä kuin biologeille. Vastaavasti Kristoffersen ja Ljungberg [KrL99] tutkivat telekommunikaatioalan asentajien teknologian käyttöä ja päätelmäsuudessaan korostivat



laitteen tukea rajoitetulle tarkkaavaisuudelle ja käyttöä erilaisissa tilanteissa ja asennoissa (kuten asentajan kiivetessä sähkötolppaan). Lisäksi *sosiaalisilla tekijöillä* on vaikutus käyttöön. Joidenkin arvioiden mukaan mobiililaitteen ostopäätöksessä vaikuttaa laitteen oletettu sosiaalinen vaikutus. Esimerkiksi jotkut käyttäjät haluavat käyttöliittymän vuorovaikutustyylin edustavan yksilöllisyyttä [Kei00]. Käyttöliittymä ja laitteen muotoilu ja käyttö vaikuttavatkin osoitetusti siihen, millaisia ominaisuuksia muut ihmiset näkevät laitteen käyttäjässä [DEA99]. Lisätutkimusta tarvittaisiin kuitenkin sen selvittämiseksi, mitkä ja miten käyttöliittymän ominaisuudet vaikuttavat arvostuksiin.

Kuutin [Kuu00] mukaan nykyiset mobiilin tietojenkäsittelyn käyttöliittymäratkaisut ja -tutkimukset ottavat kantaa lähinnä laitteiden, mutta ei käyttötilanteiden asettamiin ongelmiin. Tässä esitelmässä ei myöskään syvennyttä käyttötilanteiden problematiikkaan. Käyttötilanteiden erityisvaatimukset on kuitenkin syytä ottaa tapauskohtaisesti huomioon web-palvelun käyttöliittymäsuunnittelussa.

## **4 Käyttöliittymäratkaisuja**

Seuraavassa esitetään ja arvioidaan konkreettisia käyttöliittymäratkaisuja edellä luvussa 2 esitettyihin käytettävyysoongelmiin. Ongelmien ratkaiseminen näyttäisi koskettavan mobiililaitteen, sen selaimen sekä web-sivujen käyttöliittymiä.

### **4.1 Sivuston suunnitleminen erikseen mobiiliselaimelle: Web Clipping ja WAP**

Suoraviivainen ratkaisu vierittämisen ja latausaikojen ongelmiin on suunnitella sivusto erikseen mobiiliselainta varten. Toisaalta voidaan tehdä mobiiliselaimille erillinen versio sivustosta, mutta toisaalta suunnitella olemassaoleva sivusto silmälläpitäen pöytätietokoneiden lisäksi myös mobiililaitteiden erityisvaatimuksia.

WAP (engl. Wireless Application Protocol) [GSS01] ja Web Clipping [Gom01] edustavat ratkaisua, jossa mobiiliselaimelle tehdään erillinen versio sivustosta. Näistä esitellään tässä vain Web Clipping, joka on Palmiin kämmenmikrojen selaimissa käytetty menetelmä web-sivuston jäsentämiseksi erikseen määriteltyjen, sivustokohtaisten lisäsääntöjen avulla [Gom01]. Sääntöjoukko ladataan mobiililaitteeseen. Sääntöjen avulla alkuperäisestä sivusta voidaan jättää joitakin osia pois kokonaan, esimerkiksi kuvia tai tekstikappaleita, tai esittää niistä vain karsittu tai tiivistetty versio (ks. kuva 2). Web Clippingin hyödyntäminen on mahdollista vain, jos sivustoa päivitetään johdonmukaisesti. Erityisesti pienissä mobiililaitteissa Web Clipping tai WAP antavat paremmat mahdollisuudet käytettävien web-palveluiden tuottamiseen kuin web-sivun esittäminen sellaisenaan tai tiivistettynä. Käytettävän sivun suunnitteleminen mobiiliselaimelle ei kuitenkaan ole yksinkertaista.

Mobiililaitteen näytön, tekstisyötön, verkkoyhteyden sekä tietojenkäsittelyn rajalliset ominaisuudet asettavat web-sivua suunniteltaessa päätavoitteiksi näyttötilan käytön optimoimisen sekä vuorovaikutuksen (erityisesti tekstinsyötön) ja latausaikojen minimoimisen. Näiden tavoitteiden saavuttamisessa apuna on olemassa yleisiä heuristiikkoja l. peukalosääntöjä, jotka pääasiallisesti on sovellettu ihminen-tietokone-vuorovaikutustutkimuksessa hyväksi havaituista suunnitteluohjeista (esim. "tarjoa mahdollisuus peruuttaa kriittinen operaatio") [Spo97, Ger96] tai jotka liittyvät laitekohtaisiin ominaisuuksiin (esim. "jos rivin pituus on pidempi kuin 35 merkkiä, se katkeaa tietyillä selaimilla") [ChD01, GSS01].

Seuraavassa esitetään muutama mobiilin web-sivuston suunnitteluohjeissa usein toistuva, karakteristinen heuristiikka, joihin suunnittelussa on normaalien suunnittelutapojen *lisäksi* syytä kiinnittää huomiota. Ensinnäkin näyttötilan optimoimiseksi lauseet tulisi pitää lyhyinä ja ytimekkäinä [Jon99, Buc01, GSS01] ja sivun osakokonaisuudet tulisi ryhmitellä tiiviisti. Toiseksi vuorovaikutuksen määrän vähentämiseksi olisi tärkeää esittää sivun tärkein sisältö sekä navigointirakenteet sivun ylälaidassa [GSS01]. Käyttäjän asetukset on myös muistettava [GSS01]. Lisäksi voidaan tarjota hakupalveluita [Jon99] ja pikanäppäimiä. Kolmanneksi latausaikojen pienentämiseksi tulisi kiinnittää huomiota sivun kokoon [HKR99], ja erityisesti



**Kuva 2:** Web Clipping -sovellus Palmin kämmenmikrossa

grafiikan käyttöön sekä tiedon löytämiseksi vaadittavien latausten määrään [Jon99]. Lisäksi tulisi antaa mahdollisuus esimerkiksi tulostaa, tallettaa tai lähettää sähköpostilla web-sivu [Sch01]. Neljänneksi olisi pyrittävä sivuston konsistenssiin ja helppoon opittavuuteen [GSS01].

Hyviksi havaittuja heuristiikkoja noudattamalla web-sivuston suunnittelu erikseen mobiiliselaimeille saattaa johtaa käytettävään sivustoon. – Sivuston suunnitteleminen jokaiselle päätelaitteelle erikseen ei kuitenkaan ole kustannustehokasta vaan johtaa useissa tapauksissa kahden rinnakkaisen sivuston suunnitteleamiseen, toteuttamiseen sekä ylläpitämiseen [Buy01]. Web Clippingin ja WAP:n ongelmana on lisäksi selauksen rajoittuminen vain niihin sivustoihin, joista on tehty oma versio kyseiselle laitteelle.

#### **4.2 Sivun tiivistäminen: MS Mobile Explorer ja ProxiWeb**

Toinen lähestymistapa ongelmaan on tehdä automaattisesti sivuston mobiilia selausta auttavia muutoksia. Yksinkertaisin ratkaisu lyhyiden rivien sekä vierittämisen aiheuttamiin ongelmiin on *tiivittää* web-sivua kirjasinleikkausta tai kuvia pienentämällä sekä minimoimalla hyödyntämättömän tilan määrä.

Esimerkiksi uudemmissa taskutietokoneissa, kuten Compaqin Ipaqissa, näytetään web-sivut sellaisenaan, mutta paremman kokonaiskuvan saamiseksi käyttäjä voi valita sovitus-toiminnon (engl. fit to screen), joka vähentää tyhjän tilan määrää ja pienentää kuvia (ks. kuva 3). Lisäksi käyttäjä voi jättää kuvat lataamatta, pienentää kirjasinleikkausta tai piilottaa osoitekentän. Vastaava tiivistäminen voidaan tehdä myös välipalvelimessa, kuten ProxiWeb [Buy01].

Tämän ratkaisun hyvänä puolena on se, että web-sivut esittyvät mobiililaitteessa lähes samalla tavalla kuin pöytätietokoneissakin (ns. eksternaalinen konsistenssi [HKR99]). Tiivistämisen huonona puolena on ensinnäkin sen soveltuvuus vain verrattain korkean erottelutarkkuuden näytöille. Toiseksi pelkällä tiivistämisellä ei saada nykyisillä maksimissaankin noin 320x240:n erottelutarkkuuden näytöillä vähennettyä vierittämistä tarpeeksi. Tämän osoittivat Jones ym. [Jon99], jotka pyysivät koehenkilöitään suorittamaan tiedonhakutehtäviä Reutersin web-sivustolta käyttäen joko pientä (640x480) tai isoa (1024x768) näyttöä. Jones ym. havaitsivat, että pienen näytön käyttäjät olivat suorituksissaan keskimäärin noin 50 % vertailuryhmää heikompiä. Vaikka kokeessa käytetty “pieni” näyttö on erittäin suuri verrattuna mobiililaitteiden näytöihin, pakotti se tekemään huomattavan paljon poikittaista ja alaspäin vierittämistä. Oletettavasti tämän takia pienen näytön käyttäjät hyödynsivät noin kaksi kertaa useammin sivuston omaa hakukonetta kuin ison näytön käyttäjät. Myöskään kirjasinleikkauksen pienentäminen ei ole hyvä ratkaisu, koska tekstin luettavuuden raja tulee vastaan.



(a)



(b)

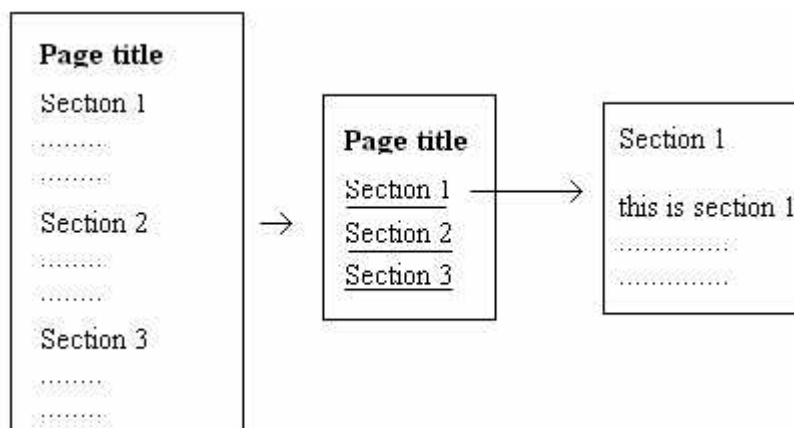
**Kuva 3:** Web-sivu ennen (a) ja jälkeen (b) tiivistämisen MS Mobile Explorerissa

### 4.3 Sivun osittaminen: Digestor ja RSVP

Koska sivun tiivistäminen ei näytä tarpeeksi vähentävän sen selaamisessa vaadittavaa ponnistelua, toinen mahdollisuus on tiivistämisen lisäksi *osittaa* sivu useaksi sivuksi. Tähän pyrkivät Digestor ja RSVP.

Digestor on Fujin ja Xeroxin kehittämä välipalvelin, joka osittaa ja jäsentää mobiiliselaimelle lähetettävän web-sivun useaksi sivuksi [BiS97]. Ensimmäiselle tulossivulle tehdään linkit uusille sivuille, jotka muodostuvat alkuperäisen sivun osakokonaisuuksista (ks. kuva 4). Bickmoren ja Schilitin [BiS97] mukaan ositteluheuristiikat perustuvat havaintoihin siitä, miten asiantuntija jakaisi sivun osiin. Osittelun lisäksi yritetään välisivuille saada informatiivinen kuvaus tulevasta sisällöstä. Tähän päästään esimerkiksi ottamalla kuvaukseen ensimmäinen lause osiosta, tekemällä osiosta yhteenveto, jättämällä tarpeettomaksi luokiteltua materiaalia (mm. mainokset ja tyhjä tila) pois sekä käyttämällä osion kuvista pienennettyjä versioita. Digestor kokeilee muuttaa annettua sivua useilla heuristikkujen kombinaatioilla ja valitsee niistä vähiten näyttötilaa vievän.

Digestor ei sovellu erittäin pienikokoisille näytöille, mutta paremminkin esimerkiksi taskutietokoneille, koska ositetutkin sivut ovat melko suuria [Sch01]. Lisäksi uusi navigointirakenne ei ole konsistentti ja saattaa olla jopa ristiriitainen sivun alkuperäisen rakenteen kanssa. Jostakin syystä Digestorin kehitystä ei ole jatkettu.

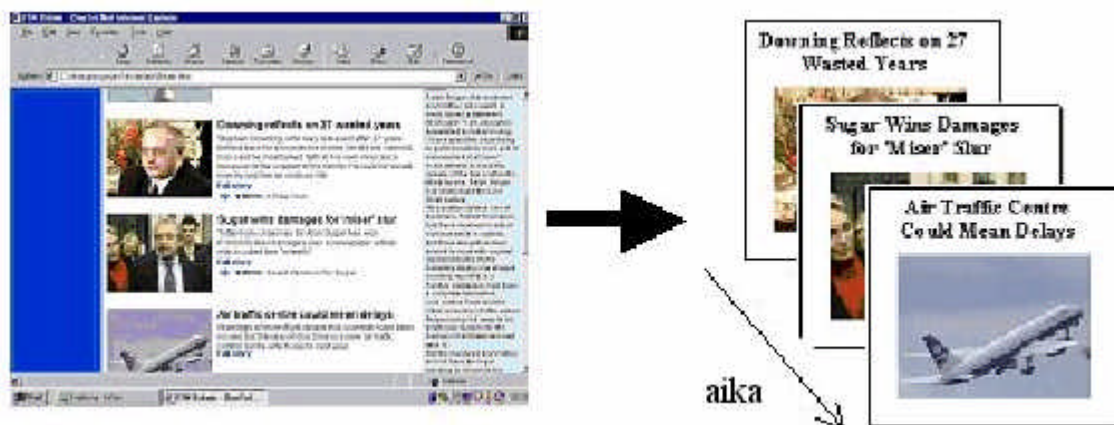


**Kuva 4:** Digestor [BiS97] osittaa web-sivun useaksi sivuksi

RSVP-tekniikassa (engl. rapid serial visual presentation) [BSC01] välipalvelin muodostaa web-sivun linkeistä kortteja (engl. cards), jotka esitetään käyttäjälle yksitellen nopeassa tahdissa samassa kohden näyttöä, jolloin silmän ei tarvitse liikkua. Käyttäjä keskeyttää presentaation haluamansa linkin kohdalla (ks. kuva 5). RSVP-selaimen käyttöliittymän suunnittelussa on kiinnitetty huomiota siihen, että käyttäjällä olisi mahdollisuus tietää selaushistoria ja etenemismahdollisuudet sivulla.

RSVP:n käyttöliittymä on jaettu neljään osaan (kuva 6a). Keskellä esitetään linkki tietoineen (ruutu 2). Vasemmalla on selaushistoria-palkki (ruutu 1), oikealla RSVP-palkki (ruutu 3) ja ylhäällä otsikko (ei numeroa). Historia-palkissa on visualisoitu selaushistoria (ympyrä 4) sekä tarjotaan mahdollisuudet navigoida eteen- tai taaksepäin (ympyrät 6 ja 5). RSVP-selaus käynnistetään ja pysäytetään RSVP-palkin painikkeesta (ympyrä 1). RSVP-palkissa on esitetty myös kyseisen sivun linkit (ympyrä 3). Kun RSVP-tilaan siirrytään (kuva 6b), sivun linkit esitetään yksitellen "linkkipakasta". RSVP-palkki näyttää presentaation etenemisen valkoisella neliöllä.

RSVP- ja WAP-selaimia vertailevassa kokeessa havaittiin, että muutaman harjoituskerran jälkeen RSVP-selaimen (18 tekstiriviä) käyttäminen oli lähes yhtä nopeaa kuin WAP-selaimen (4 riviä). WAP oli nopeampi oletettavasti siksi, että se tarjosi käytettävät linkit suoraan luettavaksi näytöltä, kun niitä RSVP:ssä piti selata ja etsiä [BSC01].



**Kuva 5:** RSVP-selaimen [BSC01] muodostamia kortteja peräkkäispresentaatioissa



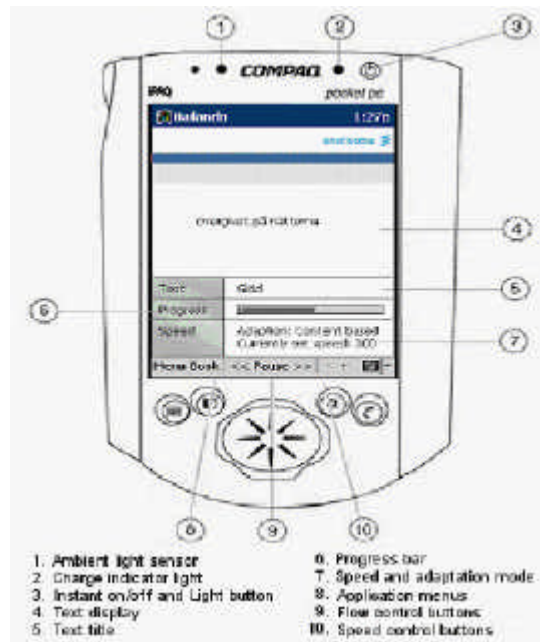
(a)



(b)

**Kuva 6:** RSVP-selaimen [BSC01] käyttöliittymä otsikko- (a) ja selaustilassa (b)

RSVP-tekniikkaa soveltuu myös web-sivun tekstin esittämiseen (ks. kuva 7). Teksti esitetään muutaman sanan yksiköinä [Gol01]. Kun Goldberg ym. [GSA01] lisäsivät presentaation esitysnopeutta, tekstin lukeminen saavutti näytöltä normaalisti esitetyn tekstin lukemisen nopeuden, heikentämättä tekstinymmärtämistä edes hyvin pitkissä teksteissä. RSVP:n lisäetuna on se, ettei käyttäjän tarvitse vierittää tekstiä. RSVP-lukeminen koettiin kuitenkin raskaammaksi kuin näytöltä koko tekstin lukeminen (NASA-Task Load Index). Goldberg ym. [Gol01] yrittivät ratkaista ongelman muuttamalla tekstiyksikön esitysaikaa sen mukaan, kuinka paljon niiden oli muissa kokeissa vaativan aikaa. Tämän ratkaisun testaaminen on kuitenkin vielä kesken.



**Kuva 7:** RSVP:n käyttö tekstin lukemisessa [Gol01]

Hyvänä puolena Digistorissa ja RSVP:ssä on yritys osittaa ja tiivistää web-sivu hallittavan kokoiisiin yksiköihin mobiiliselaimelle. Menetelmien perusongelmat ovat kuitenkin samankaltaisia: Ensinnäkin sivustolla navigoinnin ongelmana on navigointirakenteen piilottuminen uusiin kortteihin tai alisivuihin. Vaikka RSVP osoitetusti toimii tekstin lukemisessa [GSA01], tiedonhakutehtävissä jopa WAP osoittautui RSVP:tä paremmaksi huolimatta WAP:n nelirivisestä näytöstä. Toiseksi web-sivun jäsentäminen mielekkäisiin osakoko-naisuuksiin ei ole helppoa. Digestorin tai RSVP:n kehittäjät eivät ole tarjonneet viitteitä osituksen suorituskyvystä satunnaisilla web-sivuilla.

#### 4.4 Navigoinnin ja tiedon käyttämisen erottaminen: N9000 ja m-Links

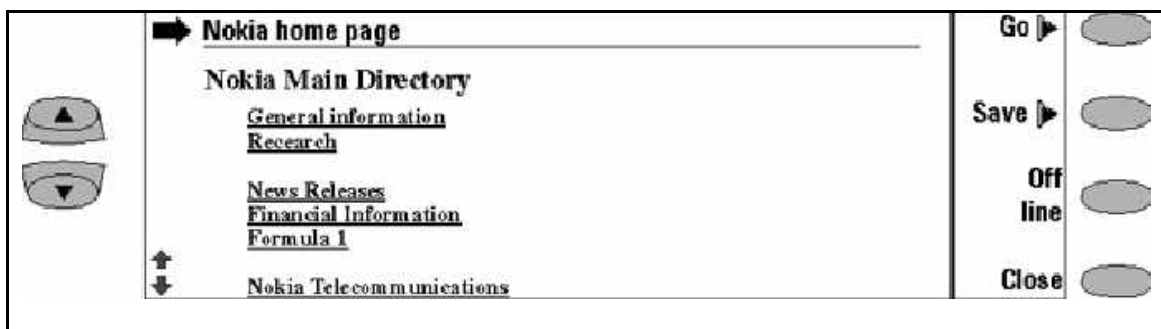
Edellä on havaittu web-sivun tiivistämisen olevan riittämätöntä vierittämisen riittäväksi vähentämiseksi. Sivun osittaminen puolestaan näytti johtavan uusiin ongelmiin navigoinnin kanssa. Seuraavassa esitellään käyttöliittymäratkaisuja, joiden taustalla on käsitteellinen erottelu sivustolla *navigoimisen* sekä löydetyn *tiedon käyttämisen* välillä. Yleisellä tasolla käyttöliittymän on web-sivuilla navigoinnin auttamiseksi tarjottava riittävästi vihjeitä 1) sivuston



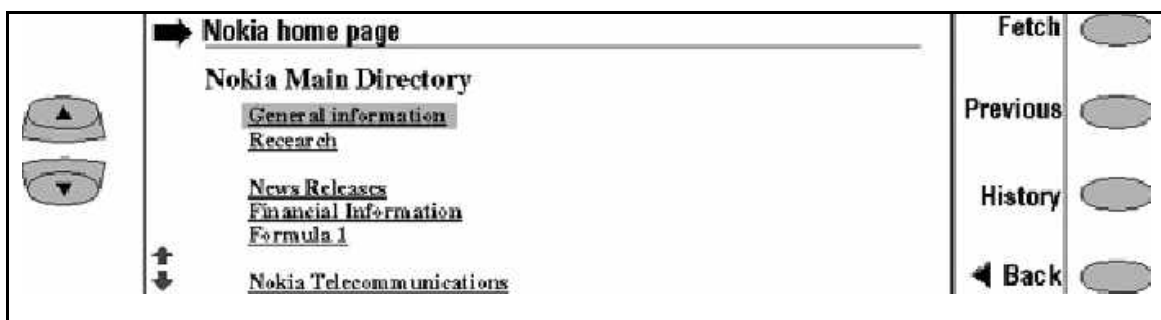
rakenteen ymmärtämiseksi, 2) päämäärään johtava reitti valitsemiseksi, 3) reitillä etenemisen monitoroimiseksi sekä 4) päämäärään saapumisen tunnistamiseksi.

Yksinkertaisin esimerkki navigoinnin ja toiminnan erottamisesta on Nokian Communicator N9000:n mobiiliselain, joka erottaa oman tilan navigointiin (linkkien valitseminen) sekä oman tilan dokumentin katseluun. Tilojen erottamiseen päädyttiin, koska ei haluttu käyttää valikkoja tai ylimääräistä osoitinlaitetta (esim. kynä). Käyttäjätutkimuksissa tämä ratkaisu osoittautui vaikeaksi ymmärtää [HKR99]. Tilojen näkymät web-sivuun ovat lähes identtiset (ks. kuva 8).

Kypsempi versio ajatuksesta on Schilitin ym. kehittämä m-Links. Schilit ym. [Sch01] havaitsivat, että lukemisen lisäksi Internetin käyttäjät mm. tulostavat, sähköpostittavat sekä tallettavat löytämäänsä tietoa. Tähän havaintoon perustuen he tekivät hyvin pienille mobiililaitteille suunnatussa m-Links-selaimessaan eron navigoinnin ja toiminnan välillä. Navigointivaiheessa on ainoastaan tarkoitus etsiä haluttu sivu (kuva 9a). Toimintavaiheessa puolestaan valitaan sivua vastaava toiminto (9b), esimerkiksi sen lukeminen (9c). Linkkitekstien valinnassa pyritään informatiivisuuteen mm. hakemalla linkin päässä olevan sivun otsikko, tarkastelemalla alt-tekstiä tai linkkitekstiä.



(b)

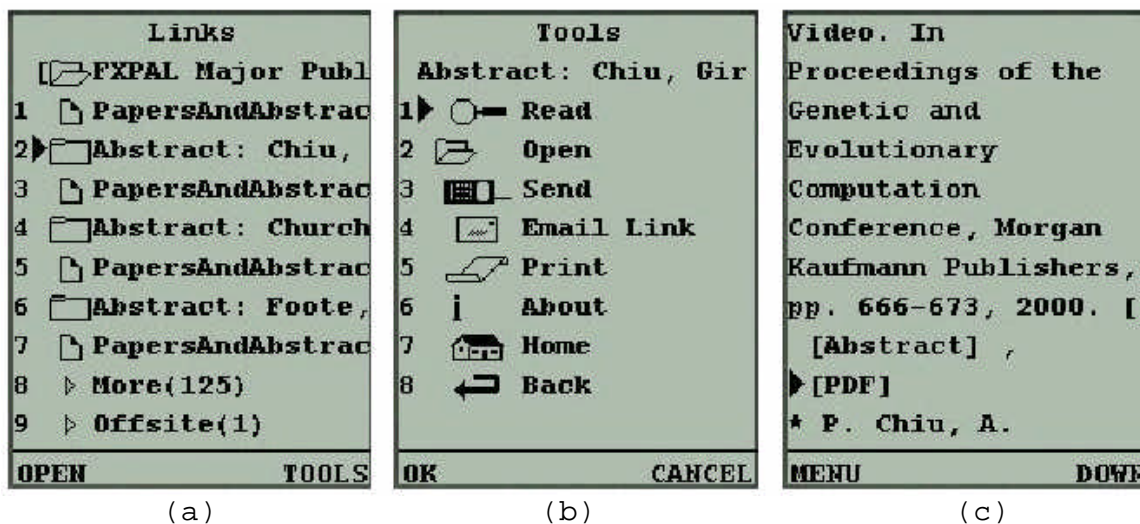


(a)

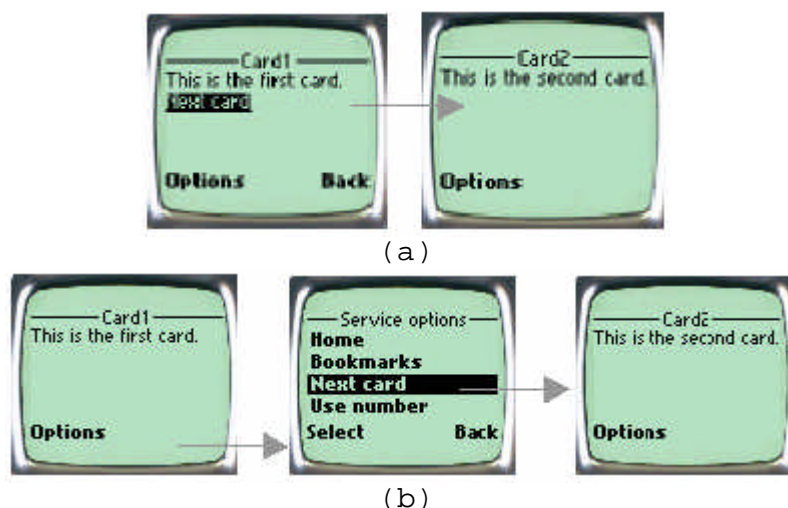
**Kuva 8:** Nokia N9000 mobiiliselaimen selaus- (a) ja navigointitilat (b) [HKR99]

Lisäksi linkit kategorisoidaan sen mukaan, osoittavatko ne kyseiseen sivustoon vai sen ulkopuolelle. Mikäli sivulla on puhelinnumeroita tai osoitteita, niille annetaan oma linkki. Sen sijaan se pystyy käsittelemään useita dokumenttityyppejä, mm. lukemaan PowerPoint-esityksien tekstit. mLinksin avulla ei pysty selaamaan sivuja, joissa toiminnallisuutta sidottu esimerkiksi JavaScriptin avulla asiakkaalle.

m-Linksin käytettävyyttä ei valitettavasti myöskään ole testattu, joten on vaikea arvioida käyttöliittymäratkaisujen onnistumista suoraan. Muissa toteutuksissa toimintovalikon lisääminen on hidastanut suoritusta tiedonhakutehtävissä. Esimerkiksi Chitello ja Dal Cin [ChD01] antoivat koehenkilöilleen tehtäväksi suorittaa erilaisia tiedonhakutehtäviä mobiiliselaimella (WAP). Koeryhmässä linkit valittiin suoraan (kuva 10a), kun taas vertailuryhmässä linkkiä vastaava toiminto tuli ensin valita toimintovalikosta (10b), kuten mLinksin. Koeryhmä suoritti tehtävät 9 % nopeammin kuin vertailuryhmä. Suoran valinnan käyttöliittymäratkaisua myös pidettiin loppukyselyssä parempana. Toimintovalikko oli vain lisännyt yhden ylimääräisen askeleen toimintoketjuun.



**Kuva 9:** m-Linksin [Sch01] navigointitila (a) ja toimintotila (b) sekä lukemistila (c)



**Kuva 10:** Linkkien valitseminen suoraan (a) ja toimintovalikon (b) kautta [ChD01]

Toimintovalikon toteutusta merkittävämpi ongelma liittyy kuitenkin m-Linksin tapaan esittää navigointitilassa löydetty sivu kokonaisena (kuva 9c). Eräs tyypillinen web-sivujen käyttötarkoitus on tiedonhaku, jossa jokaisen sivun kohdalla on tehtävä päätös siitä, mikä tekstin merkitys on hakutavoitteen kannalta. m-Linksin käyttäjä joutuu käymään läpi suuren osan sivusta pystyäkseen tekemään päätöksen oikean tiedon löytymisestä. Tässä läpikäynnissä joudutaan mm. vierittämään ekstensiivisesti.

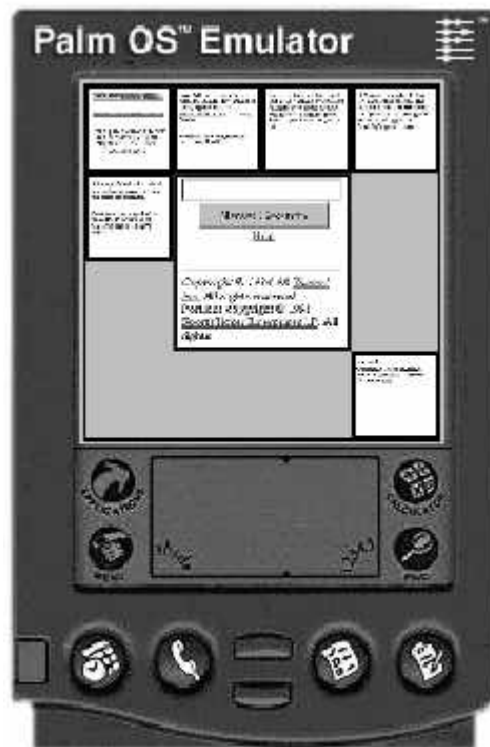
#### 4.6 Focus+Context -näkyvä: WEST

Tiedonhakuun liittyvässä web-lukemisessa yleinen menetelmä *silmäily* (engl. skimming) [Spo97], jonka ominaispiirteitä on joidenkin tekstin osien sivuuttaminen sekä pyrkimys nopeuteen [DyH01]. m-Links ei tyydyttävästi pysty tarjoamaan sellaista näkymää tarkasteltavaan web-sivuun, että tiedon poimiminen olisi helppoa. Sisällön silmäilyn helpottamiseksi yksi vaihtoehto on esittää visuaalinen yleisnäkyvä sisältöön.

WEST (WEB browser for Small Terminals) on Palmille kehitetty mobiiliselain, joka ensin lingvistisellä käsittelyllä sekä kuvien käsittelyllä yrittää pakata sivun pienempään tilaan [Bjö99]. Välipalvelin muuttaa käsiteltävän web-sivun useaksi 160x160 pikselin kortin (engl. card) pakaksi (engl. deck), analysoi kaikki sivun linkit ja liittää niihin viitattua sivua kuvaavan avainsanalistan. Avainsanalistat tehdään sanojen esiintymisfrekvenssiin perustuen. Nämä tiedot siir-

retään WEST:lle, jossa sivu esitetään ns. Flip Zooming -tekniikalla (ks. kuva 11), joka on eräs Focus+Context -suunnittelumalli. Flip Zooming esittää pienennetyn yleisnäkymän korteista ja pakoista (engl. thumbnail view), avainsananäkymän (engl. keyword view) sekä linkkinäkymän (engl. link view).

Käyttäjä voi käydä kortteja tai pakoja läpi järjestyksessä yksitellen tai valita suoraan haluamansa kortin. Linkkinäkymä mahdollistaa navigoinnin, avainsananäkymä puolestaan auttaa sivun lataamista koskevassa päätöksenteossa. Yleisnäkymä auttaa sisällön silmäilyssä. Käyttäjä voi *tarkentaa* näkymänsä mihin tahansa pakan korteista (engl. flip zoom) menettämättä kontekstia. Näytöllä kerralla näkyvien korttien ja pakkojen lukumäärä on selkeyden takia rajoitettu seitsemään. Interaktioon tarvitaan vain neljä komentonäppäintä. Björkin ym.[Bjö99] tekemän alustavan käytettävyydestin eksperttikäyttäjät pitivät WEST:tä parempana verrattuna HotJava-selaimeen, mutta sen opetteleminen oli hidasta. Björk ym. [Bjö99] ehdottavat myös muita Focus+Context -suunnittelumalleja – kuten Fisheye, Document Lens, Pad++, Cone Trees, Elastic Windows, Web Book ja Zippers – hyödynnettäväksi mobiiliselaimissa, kun mobiililaitteiden tietojenkäsittelykapasiteetti kasvaa nykyisestä.



**Kuva 11:** WEST [Bjö99] ja Flip Zooming

WEST:n hyvä puoli on visuaalinen, tarkennettava yleisnäkyvä sivuun. Lisäksi se yhdistää sivun tiivistämisen ja osittamisen välipalvelimella. Ongelmana on oletettavasti se, että suuremmissa sivuissa paljon tietoa piilottuu sivupakkoihin ja -kortteihin, kuten RSVP:ssä.

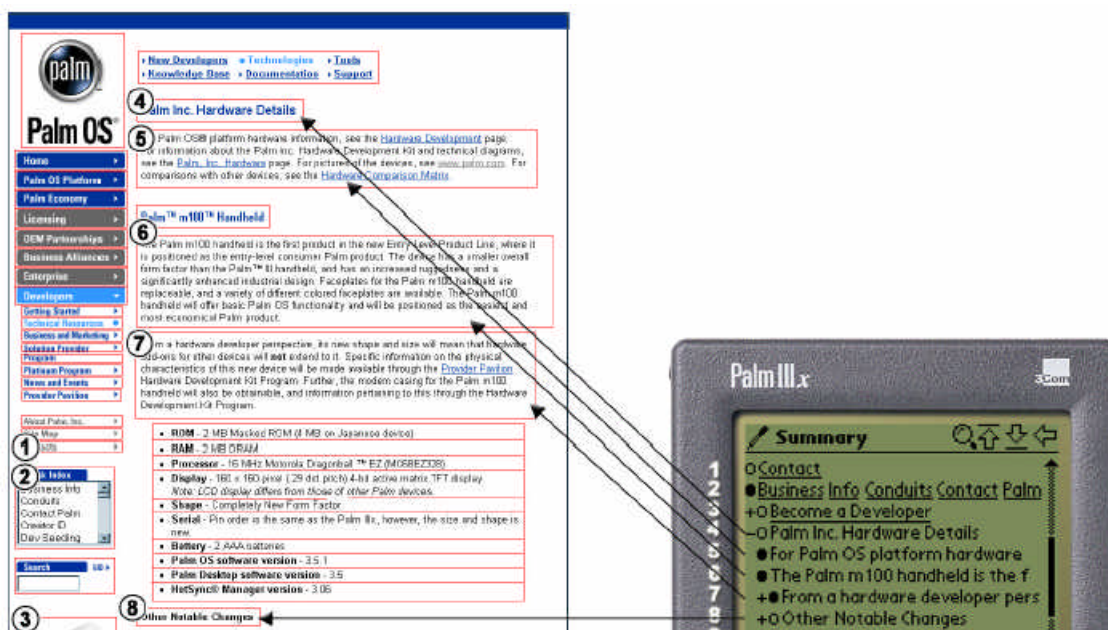
#### 4.7 Tekstuaalinen yleisnäkyvä: PowerBrowser

PowerBrowser on Stanfordin yliopistossa Palmille kehitetty mobiiliselain, jossa yhdistyvät sekä valmiiksi välipalvelimella käsitellyt sivut että useat tiedon löytämistä helpottavat lisäominaisuudet selaimessa. Välipalvelimella pyritään tekemään kaikki laskentatehoa vaativa käsittely. Välipalvelin hakee automaattisesti sivuja asiakkaan selaamasta sivustosta ja mahdollistaa näin sivustokohtaisen hakupalvelun. WEST:stä poiketen PowerBrowser tarjoaa *tekstuaalisen* yleisnäkyvän sivusta (ks. kuva 12) ja sivustokohtaisen hakupalvelun sekä paremman tuen navigaatioon.

Käyttäjä aloittaa selauksen joko syöttämällä haluamansa web-osoitteen, valitsemalla kirjanmerkki-valikosta tai käyttämällä PowerBrowserin hakupalvelua (ks. kuva 14a). Syöttöä helpottamaan alasetovalikkoon on lisätty yleisimpiä web-osoitteiden alku- ja loppuliitteitä (esim. “.com”). Sivuston linkeissä voi navigoida hyperteksti-näkyvän (kuva 14b) avulla. Pystyviivojen määrä linkkitekstien edessä indikoi sivun etäisyyttä juuresta. Navigointireitin löytämistä helpottamaan esitetään myös sisäsolmut rakenteessa. Solmujen laventaminen ja supistaminen tapahtuu suoramanipuloimalla yksinkertaisten eleiden avulla. Kaikki muutokset puussa tapahtuvat animoiden. [Buy00]

Suurikokoiset sivut PowerBrowser pyrkii osittamaan pienempiin yksiköihin (engl. chunk), joista jokaisesta näkyy yleisnäkyvässä vain otsikko, mutta joista halutessa saadaan progressiivisesti esille avainsanat ja yhteenveto tai koko teksti (kuva 13a) [BGP01]. Näin ei kadoteta kontekstia kuten esimerkiksi RSVP:ssä. Avainsanojen ja yhteenvetolauseen todettiin käytettävyydestä olevan hyvä menetelmä verrattuna muihin tekstintivistysmenetelmiin [Buy01]. Ratkaisun tavoitteena on, että käyttäjä pystyy yhteenveton avulla tekemään päätöksen ennen koko sivun lataamista, toisin kuin esim. m-Linksissä, jossa ennakkoinformaatio rajoittui linkkiteksteihin.

Sivua tai sen osaa voi tarkastella myös tekstinäkymässä (ks. kuva 15a). Navigoinnin monitorointia ja reitin valintaa helpottamaan PowerBrowserissa on myös navigointihistorianäkymä [Buy00] (kuva 15b). PowerBrowser mahdollistaa myös web-lomakkeiden käyttämiseen (kuva 13b). Tämä vaatii kuitenkin lomakkeen kenttään viittaavan selitteen (esim. "Etunimi") löytämistä HTML-koodista. Kaljuvee ym. [Kal00] näyttivät, että PowerBrowserin algoritmi pystyi tähän 95 %:ssa satunnaisesti valituista web-lomakkeista.



Kuva 12: PowerBrowser jäsentää web-sivun osakokonaisuuksiin [Buy01]



(a)

(b)

Kuva 13: Progressiivinen tekstin laventaminen (a) [BGP01] ja lomakkeen täyttäminen (b)

PowerBrowserissa [Kal00]

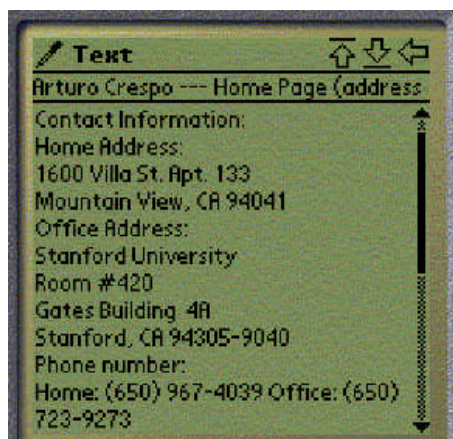


(a)

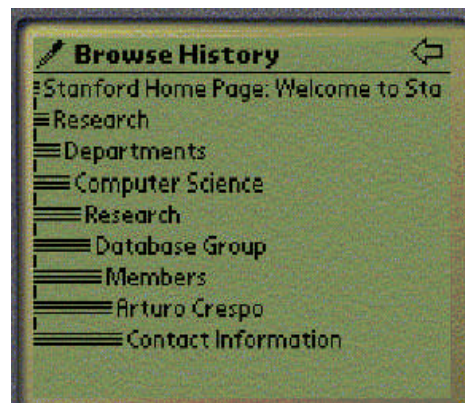


(b)

**Kuva 14:** PowerBrowserin [Buy00] aloitusnäkö (a) ja hypertekstinäkymä (b).



(a)



(b)

**Kuva 15:** PowerBrowserin tekstinäkymä (a) ja navigointihistorianäkymä (b)

PowerBrowserissa yhdistyvät useimmat edellä mobiiliselaimille tärkeiksi havaitut ominaisuudet: tuki navigoinnin kaikkiin vaiheisiin, sivustokohtainen hakukone, tekstuaalinen ja progressiivisesti laventuva näkö ja välipalvelimen tehon hyödyntäminen. PowerBrowserin käytettävyys riippuu paljolti kuitenkin tekstintivistämisen sekä osittamisen onnistumisesta, koska näillä tekijöillä on kriittinen rooli tekstuaalisessa käyttöliittymässä. Näiden tekijöiden arviointi vaatisi kuitenkin lisätutkimuksia. Käytettävyystutkimusten tulokset ovat kuitenkin olleet rohkaisevia. Ainakin yksinkertaiseen sivun tiivistämiseen verrattuna PowerBrowserin

yhdistelevä lähestymistapa näyttäisi olevan toimivampi. Buyukkokten ym. [Buy00] vertasivat PowerBrowseria ProxiWeb-palveluun, joka vain tiivisti web-sivun sisältöä käsittelemällä kuvia ja poistamalla tyhjää tilaa. – PowerBrowserin käyttäjät selvisivät noin 45 % nopeammin ja noin 42 % vähemmällä kynäliikkeillä tiedonhakutehtävistä.

## 5 Yhteenveto

Mobiililaitteen näytön pieni koko vaikeuttaa pöytäkoneille sommitellun web-sivun esittämistä. Tämä johtaa runsaaseen pysty- ja poikittaisvierittämiseen, jonka seurauksena suoritustaso heikkenee. Vastaavasti hidas verkkoyhteys johtaa latausaikojen kasvuun. Myös tekstinsyöttö on hidasta ja virheellistä. Näitä mobiililaitteiden rajoitusten asettamia käytettävyysongelmia voidaan lähestyä usealla eri tavalla.

Kun web-sivu suunnitellaan erikseen mobiiliselaimelle, voidaan jo suunnittelussa ottaa huomioon sekä tunnetut hyväksi havaitut suunnitteluperiaatteet että laitekohtaiset ohjeet. Näin luultavasti onkin mahdollista tehdä käytettävät web-sivut mobiilikäyttöön, mutta ongelmaksi osoittautuu kustannukset rinnakkaisten sivustojen ylläpitämisessä.

Toinen lähestymistapa on tarkemmin huomioida mobiililaitteen asettamat rajoitukset mobiiliselaimen käyttöliittymässä. Tällä pyritään siihen, että mikä tahansa web-sivu olisi mobiililaitteen käytettävissä missä tahansa. Esimerkiksi sivun tiivistämisessä sivulta poistetaan tarpeettomat välit ja pienennetään kuvia. Tämä voidaan tehdä joko välipalvelimessa tai selaimessa. Tiivistyksessä tulevat kuitenkin pian käytännölliset rajat vastaan. Sivua joudutaan tiivistyksestä huolimatta vierittämään paljon, joka tekee käytöstä edelleen hankalaa ja hidasta. Sivun osittamisessa tarjotaan tekstintivistämisen ja ositteluheuristiikkojen avulla näkymä kerrallaan vain pieneen osaan sivusta. Tämän menetelmän ongelma saattaa olla navigointituen katoaminen. Navigoinnin ja tiedon käyttämisen välillä tehty erottelu ottaakin kantaa tähän ongelmaan, mutta esitetyt ratkaisut (m-Links) eivät tue tiedon poimintaa sivulta l. silmäilyä. Silmäilyn tukemiseksi on kaksi erilaista käyttöliittymäratkaisua: Flip Zooming sekä



tekstuaalinen yleisnäkyvä. Lopuksi esitellyssä PowerBrowser-selaimessa yhdistyvät useat keskeiset käyttöliittymäratkaisut: tuki navigoinnin kaikkiin vaiheisiin, sivustokohtainen hakukone, tekstuaalinen ja progressiivisesti laventuva näkyvä ja välipalvelimen hyödyntäminen.

## Lähteet

- BiS97 Bickmore, T.W., Schilit, B.N., Digester: Device-independent access to the World Wide Web. *Computer Networks And ISDN Systems*, Vol. 29, 8(13), 1997, 1075–1082.
- Bjö99 Björk, S. ym., WEST: A web browser for small terminals. *Proceedings of the ACM Conference on User Interface Software and Technology (UIST) '99*, ACM Press, 1999, 187–195.
- BSC01 Bruijn, O., Spence, R., Chong, M.Y., RSVP browser: Web browsing on small screen devices. *Proceedings of Mobile HCI 2001: Third International Workshop on Human Computer Interaction with Mobile Devices*, Lille, France, 2001.
- Buc01 Buchanan, G. ym., Improving mobile internet usability. *Proceedings of the 10th World Wide Web Conference (WWW10)*, 2001, 673–681.
- BuL00 Burns, P., Lansdown, T., E-distraction: the challenges for safe and usable internet services in vehicles. *Internet Forum on the Safety Impact of Driver Distraction When Using In-Vehicle Technologies*, 2000, <http://www.driverdistraction.org> [10.11.2001].
- Buy00 Buyukkokten, O. ym., Power Browser: efficient web browsing for PDAs. *Proceedings of CHI2000*, The Hague, The Netherlands, 2000, 430–437.
- Byu01 Buyukkokten, O. ym., Efficient web browsing on handheld devices using page and form summarization. *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, tulossa vuonna 2001.

- BGP00 Buyukkokten, O., Garcia-Molina, H., Paepcke, A., Focused web searching with PDAs. *Proceedings of the 10th World Wide Web Conference (WWW10)*, 2000, 213–230.
- BGP01 Buyukkokten, O., Garcia-Molina, H., Paepcke, A., Accordion summarization for end-game browsing on PDAs and cellular phones. *Proceedings of CHI2001*, Seattle, 2001, 203–220.
- ChD01 Chittaro L., Dal Cin P. Evaluating interface design choices on WAP phones: Single-choice list sand navigation among cards. *Proceedings of Mobile HCI 2001: Third International Workshop on Human Computer Interaction with Mobile Devices*, Lille, France, 2001.
- DRM90 Dillon, A., Richardson, J., McKnight, C., the effect of display size and text splitting on reading lengthy text from the screen. *Behaviour and Information Technology*, 9(3), 1990, 215–227.
- DEA99 Dryer, D., Eisbach, C., Ark, W., At what cost pervasive? A social computing view of mobile computing systems. *IBM Systems Journal*, 38 (4), 1999, 652–676.
- DuK83 Duchnicky, R.L., Kolars, P.A., Readability of text scrolled on visual display terminals as a function of window size. *Human Factors*, 25, 1983, 683–692.
- DyH01 Dyson, M.C., Haselgrove, M., The influence of reading speed and line length on the effectiveness of reading from screen. *International Journal of Human-Computer Studies*, 54, 2001, 585–612.
- DyK98 Dyson, M.C., Kipping, G.J., The effects of line length and method of movement on patterns of reading from screen. *Visible Language*, 32(2), 1998, 150–181.
- Ger96 Gerhardt-Powals, J., Cognitive engineering principles for enhancing human-computer performance. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 8 (2), 1996, 189–211.
- Gol01 Goldstein, M. ym., Enhancing the reading experience: using adaptive and sonified RSVP for reading on small displays. *Proceedings of Mobile HCI 2001: Third*

- International Workshop on Human Computer Interaction with Mobile Devices, Lille, France, 2001.
- Gom01 Gomes, P. ym., Web Clipping: comprehension heuristics for displaying text on a PDA. *Proceedings of Mobile HCI 2001: Third International Workshop on Human Computer Interaction with Mobile Devices*, Lille, France, 2001.
- GSA01 Goldstein M, Sicheritz K, Anneroth M., Reading from a small display using the RSVP technique. *Nordic Radio Symposium (NRS01)*, Poster Session, Nynäshamn, Sweden, 2001.
- GSS00 Grimstad, T., Stegavik, H., Saastad, E., User interface design guidelines for WAP applications. Telenor Mobile Communications, [http://www.ericsson.no/fredagsklubben/wap\\_guidelines.pdf](http://www.ericsson.no/fredagsklubben/wap_guidelines.pdf) [14.11.2001].
- Jon99 Jones, M. ym., Improving web interaction on small displays. *Proceedings of the 8th International World Wide Web Conference (WWW8)*, 1999, 51–59.
- Kei00 Keinonen, T., Pieniä tarinoita pienistä puhelimista. Teoksessa toim. T. Keinonen, *Miten käytettävyys muotoillaan?*, Taideteollinen Korkeakoulu, 2000, 207–221.
- HKR99 Hjelmeroos, H., Ketola, P., Räihä, K-J., Coping with consistency under multiple design constraints: the case of the Nokia 9000 WWW browser. *Proceedings of Second Workshop on Human Computer Interaction with Mobile Devices*, Edinburgh, Scotland, 1999.
- Kal00 Kaljuvee, O. ym., Efficient web form entry on PDAs. *Proceedings of The 10th International WWW Conference (WWW10)*, Hong Kong, China, 2001, 663–672.
- KrL99 Kristoffersen, S., Ljungberg, F., Making place to make IT work: empirical explorations of HCI for mobile CSCW. *Proceedings of the International Conference on Supporting Group Work (GROUP'99)*, Phoenix, 1999.
- Kuu00 Kuutti, K., Käyttöliittymä- ja käytettävyystutkimuksen haasteet. Teoksessa toim. T. Keinonen, *Miten käytettävyys muotoillaan?*, Taideteollinen Korkeakoulu, 2000, 79–92.

- LaK93 Landay, J.A., Kaufmann, T.R., User interface issues in mobile computing. *Proceedings of the Fourth Workshop on Workstation Operating Systems*, Napa, USA, 1993, 40–47.
- Mel01 Melchior, M., Perceptually guided scrolling for reading continuous text on small screen devices. *Proceedings of Mobile HCI 2001: Third International Workshop on Human Computer Interaction with Mobile Devices*, Lille, France, 2001.
- Nie99 Nielsen, J., Predictions for the Web 2000, 1999, <http://www.useit.com/alertbox/991226.html> [14.11.2001].
- PaM98 Pascoe, J., Morse, D. Developing personal technology for the field. *Persuasive Technology*, 2, 1998, 28-36.
- PRM00 Pascoe, J., Ryan, N., Morse, D., Using while moving: HCI issues in fieldwork environments. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, Vol. 7, 3, 2000, 417-437.
- RiB01 Rist, T., Brandmeier, P., Customizing graphics for tiny displays of mobile devices. *Proceedings of Mobile HCI 2001: Third International Workshop on Human Computer Interaction with Mobile Devices*, Lille, France, 2001.
- Sch01 Schilit, B.N. ym., m-Links: an infrastructure for very small internet devices. *Proceedings of the 7th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking 2001*, Rome, Italy, 2001, 122–131.
- Spo97 Spool, J.M. ym., *Web Site Usability: A Designer's Guide*. User Interface Engineering, North Andover, 1997.
- Sta93 Staggers, N., Impact of screen density on clinical nurses' computer task performance and subjective screen satisfaction. *International Journal of Man-Machine Studies*, 39 (5), 1993, 775–792.