

# **Kynäsyötteet**

**Harri Hohteri**

Helsinki 8. lokakuuta 2001

HELSINGIN YLIOPISTO

Tietojenkäsittelytieteen laitos

## **Kynäsyötteet**

Harri Hohteri

Käyttöliittymätutkimus-seminaari

Tietojenkäsittelytieteen laitos

Helsingin yliopisto

8. lokakuuta 2001, 19 sivua

Tässä seminaariesitelmässä käsitellään käyttäjän kynällä suorittamia syötteitä - kynäsyötteitä. Menetelmiä kynäsyötteille on paljon mutta niistä pyritään kattamaan olennaisimmat vähintään pintapuolisesti. Esitelmä käsittelee kynällä suoritettavaa interaktiota – kynäkomentoja – lyhyesti ja tutustuu erilaisiin tekstinsyöttömenetelmiin laajemmalti, kuitenkin painottaen kirjoitusnopeutta ja tekniikan helppoutta käyttäjälle.

Aiheluokat(Computing Reviews 1998): H.5.2, I.3.6

Avainsanat: käyttöliittymät, kynäsyötteet, tekstin syöttäminen

# Sisältö

1	Kynäsyötteet .....	4
2	Tekniikat.....	5
2.1	Kynäkomennot (engl. gestures) .....	6
2.2	Digitaalinen muste (engl. digital ink) .....	7
2.3	Kosketusnäppäimistöt (engl. softkeyboards) .....	8
2.3.1	QWERTY .....	9
2.3.2	T-9.....	9
2.3.3	OPTI I & II .....	10
2.3.4	Metropolis.....	10
2.4	Unistrokot (engl. unistrokes) .....	11
2.4.1	Unistrokes .....	12
2.4.2	Graffiti.....	12
2.4.3	T-Cube .....	13
2.4.4	Quikwriting .....	14
2.4.5	Cirrin.....	15
2.5	Käsiala (engl. natural handwriting).....	15
3	Yhteenveto.....	16
4	Lähteet.....	19

# 1 Kynäsyötteet

Kynäsyötteet levisivät yleiseen tietoisuuteen 1990-luvun alussa Applen Newton MessagePad PDA-laitteessa. Newton oli suunniteltu ensisijaisesti kynäsyöttein käytettäväksi. Siinä päällekkäisten ikkunoiden lukumäärä oli minimoitu ja siten käyttäjää rohkaistiin keskittymään yhteen ikkunaan (dokumenttiin) kerrallaan. Ydinohjelmat olivat muistio, tehtävälista, kalenteri ja osoitekirja. Oletuksena Newton tunnisti käyttäjän käsialan tekstiksi (käsiala, ks. 2.5) kirjoitettaessa, mutta käyttäjä pystyi myös valitsemaan digitaalisen musteen (digitaalinen muste, ks. 2.2) ja tunnistamaan sen myöhemmin. Newton ymmärsi myös muutamia erilaisia kynäkomentoja (kynäkomennot, ks. 2.1) liittyen tekstinkäsittelyyn ja piirtämiseen. Newtonin käsialan tunnistamista kritisoitiin laajalti esittelyn jälkeen, mutta viimeisissä malleissa tunnistaminen oli parantunut merkittävästi.

Sittemmin 3Comin Palm PDA-laitteesta on tullut suosittu kynäsyötteinen alusta. Palmin näyttö on pienempi kuin Newtonin. Sillä on samat ydinohjelmat kuin Newtonilla. Palm ei tunnista normaalia käsialaa, vaan käyttää Graffiti-aakkosia (ks. 2.4.2), jotka tulee kirjoittaa niille varatulle alueelle ruudulla. Palm ei myöskään käytä eleitä tekstinkäsittelyyn vaan erikoiskomentoja. Esim. suorittaakseen POISTA-komennon käyttäjän tulee kirjoittaa komentomerkki ja sen jälkeen d-merkki.

Kynää on käytetty useissa tietokoneohjelmissa niin tavallisilla kuin seinäkokoisillakin näytöillä. Ohjelmat ovat olleet taulukkolaskentaa, tekstinkäsittelyä, levynhallintaa, musiikkieditoreita, yhtälöeditoreita, käyttöliittymän suunnittelutyökaluja, lentoliikenteen valvonnan käyttöliittymää ja muistio-ohjelmia.

Kynä soveltuu hyvin useimpiin näistä ohjelmista. Tosin on havaittu, että käyttäjät hyödynsivät kynää navigointiin ja paikallistamiseen, mutta eivät tekstinsyöttämiseen. Käyttäjät pitivät tekstinsyöttämisen interaktiota kehittymättömänä. [2]

## 2 Tekniikat

Foley, Wallace ja Chan (1984) tunnistivat kuusi yleistä toimintoa, jotka heijastivat käyttäjän aikeita ohjelmien käytössä:

- *valitse* kohde
- *sijoita* kohde yhteen, kahteen, kolmeen tai useampaan ulottuvuuteen
- *suuntaa* kohde yhteen, kahteen, kolmeen tai useampaan ulottuvuuteen
- *mustaa* = vedä viiva
- *tekstitä* = kirjoita tekstiä
- *anna arvo* = määritä liukulukuarvo [7]

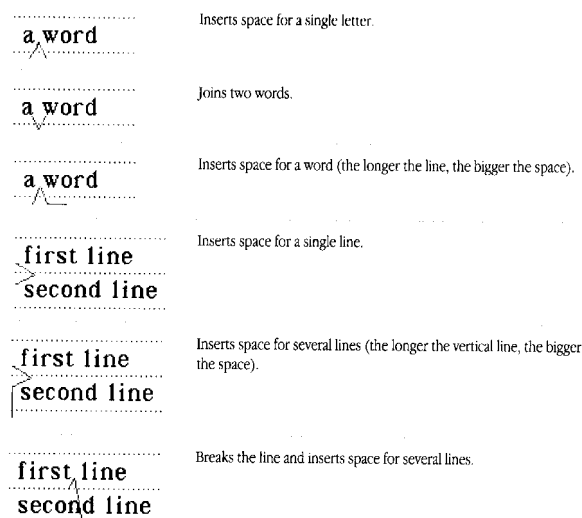
Nämä voidaan vielä yleistää kahteen kategoriaan: informaationsyöttämiseen (piirroksset, tekstit) ja muuhun interaktioon. Jos Palmin tapa toteuttaa interaktiota jätetään huomioimatta voidaan kynäsyötetekniikoista eleet kohdistaa muuhun interaktioon, eleet ja digitaalinen muste piirroksiin ja muut tekniikat tekstinsyöttämiseen.

## 2.1 Kynäkomennot (engl. gestures)

Kynäkomennot eli kynällä tehdyt merkit ja liikkeet, joilla suoritetaan komento, ovat arvokas osa kynäkäyttöisiä käyttöliittymiä. Kynäkomennoilla on myös huonot puolensa. On erittäin haasteellista suunnitella hyviä komentoja, jotka ovat helppoja oppia ja muistaa. [2]

Kynäkomennossa voidaan objekti ja komento yhdistää yhdellä kynän vedolla ja tästä syystä kynäkomennot ovat nopeita. Niitä käytetään yleisemmällä tasolla kuin tekstimuotoisia komentoja ja ne ovat usein ikonisia, joten ne on helpompi muistaa. Kynäkomentoja käytetään erikokoisilla näytöillä: pienistä PDA-näytöistä isoihin näyttöihin. Isoissa näytöissä säätimet ovat yli kädenmitan päässä. PDA-käyttäjät ovat ilmaisseet, että kynäkomennot ovat voimakkaita, tehokkaita ja sopivia, mutta ne ovat myös vaikeita muistaa ja niitä tulkitsevat laitteet ärsyttävän usein tunnistavat komennon väärin. Muiden käyttäjien mielestä kynäkomennot ovat kömpelöitä. [2]

Kynäkomennot voidaan jakaa osiin ja täten saada niistä helposti ohjelmallisesti tunnistettavia. Kynäkomento voi muodostua sarjoista perusmuotoja kuten viivoista, kaarista, nuolista, ympyröistä, risteistä [2]. Kynäkomento voidaan myös suorittaa yhdellä vedolla. Tällaista



Kuva 1. Esimerkkejä kynäkomennoista

yhden vedon komentoa kutsutaan nimellä unistroke. Unistroke-tekniikassa ydinajatuksena on, että komennot suoritetaan vain yhdellä vedolla ja siten ne eroavat toisistaan niin merkittävästi, että ne on helppo tunnistaa eri komennoiksi.

## **2.2 Digitaalinen muste (engl. digital ink)**

Normaalisti kynäsyötteet tulkitaan välittömästi tietokoneiden ymmärtämään muotoon: käsiala tekstiksi ja piirrokset matemaattisten funktioiden kuvaajiksi. Tulkinta eli käsialan tunnistaminen on vaikeaa, koska ihmiset eivät kirjoita täydellisesti. Apple Newtonin käsialatunnistus pystyi tunnistamaan 70,1 % oikein ihmisten käsialoja, joita muut ihmiset tulkitsivat asteikolla 1 (erittäin siisti) – 5 (erittäin huolimaton) keskiarvosanalla 2,8. Kirjoitusnopeudet verrattaessa paperille ja näytölle kirjoittamisessa erosivat viisi sanaa minuutissa (27,3 ja 22,5 vastaavasti). Paperille kirjoittamista verrattaessa tekstiksi tunnistettuun kynäsyötteeseen oli ero kirjoitusnopeudessa 18 sanaa minuutissa paperille kirjoittamisen eduksi. Tunnistetun tekstin kirjoittamista hidastaa virheiden korjaus. [6]

Vaikkakin 70%:n tunnistustarkkuus kuulostaa kohtalaisen korkealta, on käytännön kirjoitusnopeudessa selvä ero. Kuitenkin näytölle kirjoitetaan lähes yhtä nopeasti kuin paperillekin, joten on kehitetty digitaalinen muste, jossa näyttö toimii kuin paperi ja kynä jättää jälkeensä digitaalista mustetta. Digitaalinen muste on mahdollista tulkita jälkikäteen tietokoneen ymmärtämään muotoon (laiska tunnistaminen), mutta on myös esitetty digitaalisen musteen nostamista ensisijaisten tietotyyppien luokkaan. Jotta tietotyyppi voitaisiin luokitella ensisijaiseksi, tulee sen täyttää kolme perusvaatimusta:

- siirrettävyys. Tietotyypin tulee olla käytettävissä erilaisilla laitealustoilla.

- muokattavuus. Tietotyypillä tulee voida toteuttaa perustoiminnot (kopiointi, liittäminen, tuhoaminen ja poisto).
- hakukelpoisuus. Tietovarastoista tulee voida etsiä hakuavaimilla tietotyyppien ilmentymiä. [6]

### **2.3 Kosketusnäppäimistöt (engl. softkeyboards)**

Käsiala on kiistämättä luonnollisin tapa tekstin syöttämiselle PDA-laitteissa. Nykyisten käsialantunnistajien tarkkuudet ovat 85% - 93%. Tunnistetun käsialan kirjoitusnopeudet ovat 16 – 18 sanaa/min. Siksi on herännyt mielenkiintoa kosketusnäppäimistöratkaisuihin ensisijaisena tiedonsyöttövälineenä. [3]

Kosketusnäppäimistöjä on kehitetty useita erilaisia, joiden paremmuutta on lähinnä mitattu mittarilla sanaa/min. Koska näppäimistöjen tehokkuutta mitataan matemaattisella kaavalla (Fittsin laki) laskemalla yleisimpien näppäinten etäisyyttä toisistaan ja laskemalla välimatkoihin kuluvaan aikaan, ovat kyseessä teoreettiset nopeudet. Käytännön nopeudet ovat riippuvaisia kielestä ja käyttäjän kokemuksesta. Kirjainten tiheydet vaihtelevat eri kielissä. Siinä missä englanninkielen yleisimmät kirjaimet ovat e, t ja a, ovat esimerkiksi a, i ja n yleisimmät suomenkielessä. Kuten jo todettua on ihmisen vaikeaa muistaa tai ”poisoppia” jo aikaisempia oppejaan. Useimmat käyttäjät muistavat QWERTY-näppäimistön rakenteen, joten muut tehokkaiksi väitetyt näppäimistöt menettävät tehoaan käyttäjän etsiessä näppäimen oikeaa sijaintia. Huomioida tulee myös näytön rajoitettu tila. Teoreettisesti tehokkaat näppäimistöt voivat olla käytännössä liian tilaa vieviä ollakseen käytännöllisiä.



### 2.3.1 QWERTY

Yleisin kosketusnäppäimistö on kopio tavallisesta QWERTY-näppäimistöstä. QWERTY ei kuitenkaan ole optimaalisin kynäsyötteille johtuen näppäimistön historiallisista syistä. Kuten myöhemmin todetaan on QWERTY-näppäimistön kirjoitusnopeus n. 30 sanaa/min olettaen, että käyttäjä koskettaa välilyöntiä siinä kohdassa mistä on lyhin etäisyys välilyönnistä seuraavaan merkkiin. Jos näin ei tehdä, on kirjoitusnopeus alle 30 sanaa/min. [5]

### 2.3.2 T-9

T-9-näppäimistöllä on useita yksilöllisiä piirteitä, jotka tekevät siitä potentiaalisen vaihtoehdon QWERTYlle. Näppäinten asettelu on sama kuin tavallisessa puhelimessa, mutta yksittäisten numeroiden asemesta yhteen näppäimeen on ryhmitelty joukko kirjaimia (esim. ABC...DEF...GHI). Tästä seuraa, että käyttäjällä on kookkaampia näppäimiä kuin, jos näppäimet olisi ryhmitelty yksi per näppäin. Käytössä on ennakoiva tekstinsyöttö, joka perustuu sanakirjaan ja algoritmiin. Algoritmi yrittää päätellä käyttäjän tarkoittamaa sanaa. Järjestelmän menestys perustuu sen kykyyn päätellä asiakehyksestä oikea sana tilanteessa, jossa samat näppäimet tuottavat useampia vaihtoehtoja.

Kaikesta huolimatta T-9:llä on kolme houkuttelevaa ominaisuutta:

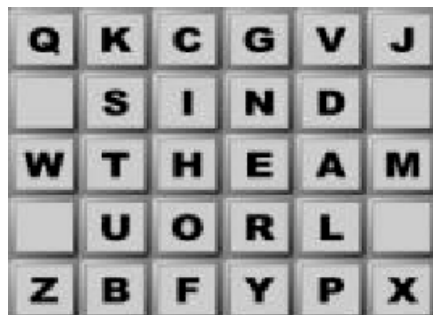
- Näppäinasettelu on käyttäjille entuudestaan tuttu.
- Näppäinten lukumäärän vähentyminen johtanee nopeampaan näppäilynopeuteen ja vähentyviin virheisiin.
- Näppäinten keskinäinen etäisyys on lyhyempi.

Tutkimustulokset kuitenkin osoittavat, että QWERTY-näppäimistön kirjoitusnopeus PDA-näytöllä on 26 sanaa/min ja T-9-näppäimistöllä 19 sanaa/min. [3]

### 2.3.3 OPTI I & II

OPTI I -kosketusnäppäimistö on kehitetty yritys ja erehdys –metodilla. OPTI II on sen paranneltu versio. OPTI-näppäimistöjen erikoisuutena on useat välilyöntinäppäimet, joita mm. QWERTY-näppäimistössä on vain yksi. Tämä perustuu siihen tosiasiaan, että minkä tahansa kielen yleisin merkki on välilyönti. Näin ollen optimaalisesti sijoittamalla välilyöntinäppäimiä saadaan kirjoitusnopeutta nostettua 36:sta 40:eenunaan/min olettaen, että käyttäjä liikuttaa kynää kohti lähintä välilyöntinäppäintä. [5]

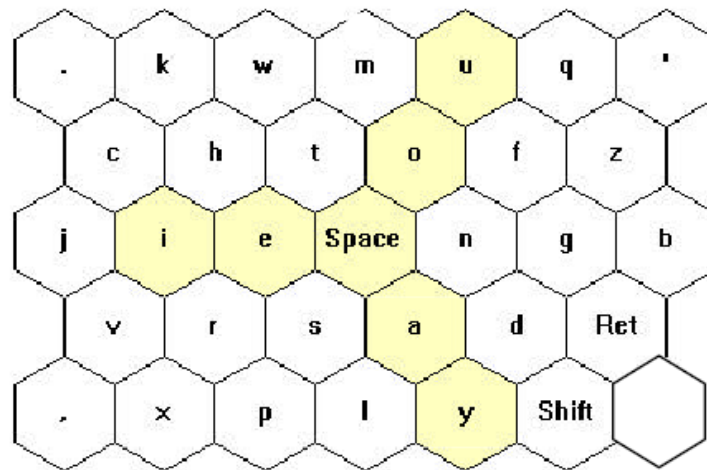
Jos oletetaan optimistiseksi keskiarvoksi 38 sanaa/min, saavutetaan 27%:n etu QWERTY-näppäimistöön verrattuna. Tämä kirjoitusnopeus on myös enemmän kuin, mitä ihminen pystyy kirjoittamaan paperille nopeimmillaan. Käytännön testeissä havaittiin, että käyttäjät saavuttavat kirjoitusnopeuden 44 sanaa/min kahdenkymmenen 45 minuutin session jälkeen. [5]



Kuva 2. OPTI II -kosketusnäppäimistö

### 2.3.4 Metropolis

Metropolis täysin matemaattisin menetelmin kehitetty näppäimistö toisin kuin muut esiteltyt kosketusnäppäimistöt. Metropolis perustuu samannimiseen algoritmiin, jolla on alunperin tutkittu molekyylien käyttäytymistä eri energiatiloissa. Yhdistämällä Metropolis-algoritmi Fittsin lakiin luotiin näppäimistö, jota visuaalisesti hienosäätämällä saavutetaan Fittsin lailla 43 sanan minuuttinopeus. [5]



Kuva 3. Tyyllitelty Metropolis-kosketusnäppäimistö

## 2.4 Unistrokot (engl. unistrokes)

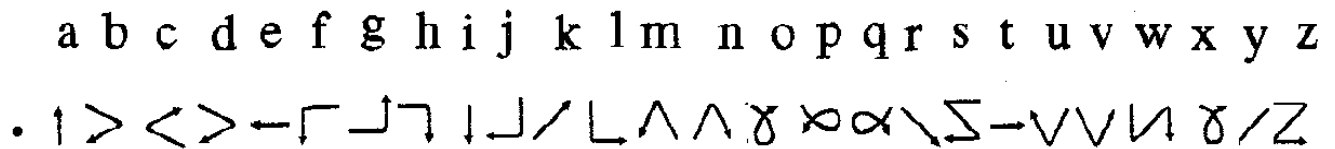
Unistrokot eli yhdellä vedolla tehdyt syötteet ovat osoittaneet hyödyllisyytensä tekstisyöttöisissä kynäkäyttöliittymissä. Kuitenkin ne ovat erittäin heterogeeninen ryhmä kynäkomentoja, joiden ainoa yhdistävä tekijä on suoritustapa – yksi veto. Useita unistroke-aakkosia on esitelty ml alkuperäinen Unistrokes, Graffiti, Quikwriting ja T-Cube. [1]

Unistrokot esiteltiin tekstin syöttämisen tavaksi, koska luonnollisessa tekstin tunnistamisessa oli havaittu ongelmia. Unistrokot ovat vaihtoehtoisia merkkisarjoja roomalaiselle merkistölle. Koska jokainen merkki on tehty yhdellä vedolla on merkkien erottaminen toisistaan helppoa.

Yksi veto on yksi kirjain, mikä ratkaisee yhden tekstin tunnistamisen ongelmista. Tämä yksinkertaistaa ja nopeuttaa tunnistamista huomattavasti. [1]

### 2.4.1 Unistrokes

Unistrokes on aakkosto, joka esitteli unistroke-käsitteen. Unistrokes-aakkosto muodostuu viidestä perusvedosta, jotka voidaan kääntää neljään eri asentoon. Nämä kaksikymmentä eri vetoa voidaan vielä aloittaa kummasta tahansa päästä viivaa, joten 26-merkkiselle aakkostolle on riittävästi koodeja (40). Alkuperäinen Unistrokes-aakkosto ei määritellyt kuinka skandinaaviset merkit tulisi koodata, eikä käytännön esimerkkejäkään ole. Unistrokes-aakkostossa englanninkielen yleisimmät kirjaimet ovat mahdollisimman helppoja tehdä tietynsuuntaisella suoralla viivalla. Välilyönti tehdään pelkällä kynän painalluksella. Käyttäjät oppivat aakkoston 10 minuutissa ja teoreettisen kirjoitusnopeus on 3,4 merkkiä sekunnissa. Tämä on noin puolet kymmensormijärjestelmän nopeudesta. Käytännössä Unistrokes-aakkoston nopeus on 37 sanaa minuutissa. [8]



Kuva 4. Unistroke-aakkosto

### 2.4.2 Graffiti

Graffiti on Palm Computingin kehittämä unistroke-aakkosto. Aakkoston vedot ovat monimutkaisempia kuin Unistrokes-akkoston ja muistuttavat latinalaista aakkostoamme. Ongelma esimerkiksi o-kirjaimen ja 0-numeron tulkitsemisessä on ratkaistu kirjoittamalla ne

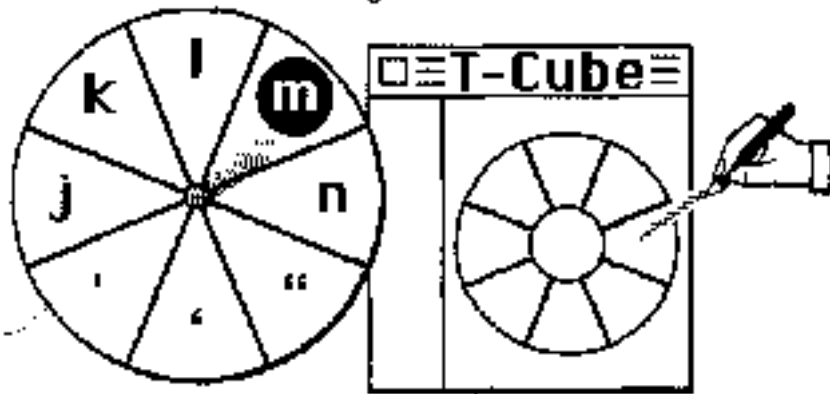
eri alueelle (Palm) tai antamalla erityinen numerosyöttötilan aktivoimiskomento ennen numeroiden syöttämistä (alkup. Graffiti). [11]

Kokeneilla käyttäjillä kirjoitusnopeus on Graffiti-aakkostolla on 20 sanaa/min, mikä on huomattavasti vähemmän kuin alkuperäisellä Unistrokes-aakkostolla. Palm-laitteiden kaupallinen menestys on kuitenkin osoittanut, että käyttäjät arvostavat helppoa omaksumista nopeuden asemesta.

### **2.4.3 T-Cube**

T-Cube hyödyntää unistroke- ja ohjelmistonäppäimistö-tekniikoita. Näytöllä olevasta kahdeksansektorisesta ympyränmuotoisesta näppäimistöä valitaan haluttu sektori, jolloin uusi kahdeksansektorinen ympyrä ilmestyy ruudulle. Näin yhdellä suoralla viivalla pystytään valitsemaan haluttu merkki. Koska lähtöympyrässä on lisäksi keskialue, on kaikkiaan mahdollista tuottaa 72 erilaista merkkiä. Kirjoitusnopeudet eivät käytännössä ole nopeampia kuin alkuperäisellä Unistrokes-aakkostolla. [10]

T-Cube -tekniikkaa on kritisoitu siitä, että se vaatii käyttäjältä silmäkontaktin. Toisin sanoen käyttäjän on katsottava aloitussektori lähtöympyrästä. [4]

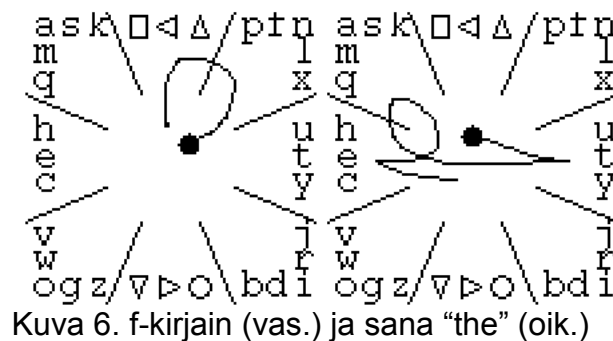


Kuva 5. T-Cube –kosketusnäppäimistö, lähtöympyrä oikealla

#### 2.4.4 Quikwriting

Quikwriting on yksi useista ehdotuksista tekstinsyöttämiselle kynällä. Tekniikka yhdistää ohjelmistonäppäimistön ja unistroke-idean kynäkomentoon. Kun Quikwriting-tila aktivoidaan, ponnahtaa ruudulle näppäimistö, josta valitaan tietyllä logiikalla haluttavat kirjaimet yhdellä vedolla. Koska kynänveto on yhtenäinen ja se muodostaa toistettavan komennon, jolla aina aikaan saadaan aina sama syöte, voidaan sitä ajatella kynäkomennoksi.

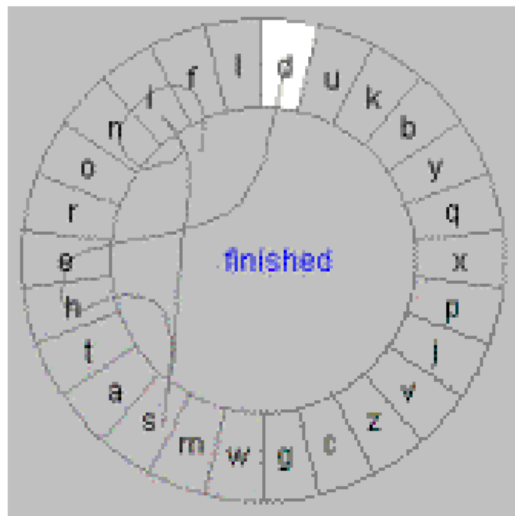
Kirjoitusnopeus on kokeneilla Graffiti-aakkoston käyttäjillä kolme kertaa suurempi käyttäen Quikwriting-tekniikkaa kuin Graffiti-aakkostoa. Eräs hypoteesi on, että yleisimmät sanat muodostuvat ikonisiksi ja ovat siksi helposti muistettavissa. Käytännössä ollaan havaittu, että 2–3 tunnin käytön jälkeen Quikwriting-tekniikkaa voidaan käyttää ilman näppäimistöä. [9]



Kuva 6. f-kirjain (vas.) ja sana "the" (oik.)

### 2.4.5 Cirrin

Sanatasolla toimivalla unistroke-näppäimistöllä käyttäjä voi kirjoittaa minkä tahansa sanan nostamatta kynää tai kirjoittamatta vääriä kirjaimia. Ideaalilanteessa käyttäjän ei tarvitsisi tehdä turhia koukeroita syöttääkseen sanan kuten Quikwriting-tekniikassa. Tavallisella QWERTY-näppäimistöllä tämä ei ole mahdollista, mutta näppäimistöllä, jossa näppäimet on asetettu ympyrän tai monikulmion reunoille tai kahteen rinnakkaiseen palkkiin, on mahdollista



Kuva 7. Sana "finished" Cirrin-kosketusnäppäimistöllä

luoda kynäkomentoja, joilla valitaan halutut kirjaimet nostamatta kynää. [4]

### 2.5 ***Käsiala (engl. natural handwriting)***

Käsialan tunnistamisen päämääränä on alentaa virhemarginaalia. Kuten aiemmin on todettu on nykyisten järjestelmien virhemarginaalit 70 – 90% luokkaa. Kuitenkin suurin ongelma on käsinkirjoittamisen hitaus. On erittäin vaikeata kirjoittaa selvästi ja nopeasti. Käsinkirjoittamisen nopeus on parhaimmillaan 22 sanaa/min, joka on riittävää nimien ja puhelinnumeroiden tallettamiseen, muttei riittävästi keskustelemiseen tai sähköpostiin. [5]

Käsialan tunnistaminen voidaan jakaa kolmeen tyyppiin varsinaiseen käsialaan, tekstaukseen ja niiden sekoitukseen, jossa yhdistyvät molempien tapojen huonot ominaisuudet. Käsialan tunnistamisessa on sanavälien tunnistaminen on suhteellisen helppoa, mutta kirjainten tunnistaminen vaikeampaa, koska algoritmien tulee tunnistaa erilaisia käsialoja. Tästä syystä tunnistusalgoritmeihin liitetään sanakirja, jonka perusteella etsitään tunnistettujen kirjainten perusteella mahdollista sanaa, jonka käyttäjä on kirjoittanut. Tällaiset sanakirjat sisältävät tyypillisesti kymmeniä tuhansia sanoja [2]. Tekstatun käsialan tunnistamisessa yksittäisten kirjainten tunnistaminen on helpompaa, koska yksittäiset kirjaimet muodostavat itsenäisen kokonaisuuden, mutta koska jokainen kirjain on erotettu toisistaan on sanavälien havaitseminen vaikeampaa.

Käsialan kirjoittamisen jokainen ihminen osaa ilman opettelua. Poikkeuksen muodostavat ne ihmiset, joiden käsialasta ei tunnistusalgoritmit saa selvää tai tunnistavat väärin. Ne antavat käyttäjälle epämiellyttävän palautteen käyttäjän huonosta käsialasta. Asia minkä käyttäjä on jo hyvinkin itse tiedostanut, mutta ei halua tietokoneen huomauttavan siitä.

### **3 Yhteenveto**

Kynäsyötteet jaetaan kahteen kategoriaan komentoihin ja syötteisiin. Kynäkomennot ovat tehokkaita ja hyväksi havaittuja, mutta niiden suunnitteluun liittyy ongelmia. Ne tulee olla helposti muistettavissa, ja koneellisesti helposti erotettavissa. Tämä ihmisen aiheuttama epätasaisuus on myös eräs haittatekijä tekstin syöttämisessä. Muut haittatekijät tekstin syöttämisessä ovat nopeus ja oppiminen. Kuten oheisesta taulukosta voidaan havaita, eivät nopeimmat tavat tekstin syöttämiselle ole saaneet kaupallisia sovelluksia. Ainoat kaupalliset sovellukset ovat QWERTY-näppäimistöille, käsialan tunnistusalgoritmeille ja Graffiti-



aakkosille. Näillä kaikilla muilla on vankka menneisyys ihmisen historiassa paitsi Graffiti-aakkosilla, mutta sekin tarkoituksellisesti muistuttaa nykyaikaista roomalaista merkistöämme.

QWERTY-näppäimistö	64 sanaa/min	3,5% virhemarginaali
Metropolis	43	
OPTI	38	4,18%
Unistroke	37	
Quikwriting	28	
Käsiala	27	
QWERTY- kosketusnäppäimistö	26	0,6%
Digitaalinen muste	22	
Cirrin	20	
Graffiti	20	<1%
T-9	19	
T-Cube	16	
Microsoft -käsialan tunnistusalgoritmi	16	1-20%

Taulukko 1. Taulukko tekstinsyöttötavoista sanaa/min nopeudella ja virhemarginaalilla. [11]

## 4 Lähteet

- [1] Isokoski, P., Model for Unistroke writing time. CHI2001, 357-364.  
[http://www.cs.uta.fi/~poika/chi2001\\_paper/muwt.htm](http://www.cs.uta.fi/~poika/chi2001_paper/muwt.htm)
  
- [2] Long, C. & Landay, J. & Roew, L. & Michiels, J., Visual Similarity of Pen Gestures. CHI2000  
<http://bmrc.berkeley.edu/research/publications/2000/156/chi00-preprint.html>
  
- [3] Bohan, M., Entering Text Into Hand-Held Devices: Comparing Two Soft Keyboards. Usability News Winter 2000.  
<http://wsupsy.psy.twsu.edu/surl/usabilitynews/2W/softkeyboards.htm>
  
- [4] Mankoff, J. & Abowd, G. (1998), Cirrin: A word-level unistroke keyboard for pen input  
<http://www.cc.gatech.edu/fce/pendragon/cirrin.html>
  
- [5] Zhai, S. & Hunter, M. & Smith, B., The Metropolis Keyboard – An Exploration of Quantitative Techniques for Virtual Keyboard Design.  
<http://www.almaden.ibm.com/cs/people/zhai/papers/Softkeyboard/UISTCamera.pdf>
  
- [6] Lopresti, D. & Tomkins, A. (1995), Computing in the Ink Domain
  
- [7] Buxton, W. (1990). A Three-State Model of Graphical Input. In D. Diaper et al. (Eds), *Human-Computer Interaction - INTERACT '90*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland), 449-456.

<http://www.dgp.toronto.edu/OTP/papers/bill.buxton/3state.html>

- [8] Goldberg, D. & Richardson, C., Touch-Typing with a Stylus. *Proceedings of the INTERCHI'93 Conference on Human Factors in Computer Systems*, (New York 1993), ACM, pp. 80-87.
- [9] Perlin, K., Quikwriting: Continuous Stylusbased Text Entry. In Proc. of UIST '98. ACM, November 1998.
- [10] Venolia, D. & Neiberg, F., T-Cube: A Fast, Self-Disclosing Pen-Based Alphabet
- [11] Isokoski, P., A Minimal Device-Independent Text Input Method, Report A-1999-14, Department of Computer Science, University of Tampere, 1999

<http://www.cs.uta.fi/~poika/g/g.html>