

Onehand – Keyboards im mobilen Einsatz

Timo Ernst

Seminar Perzeption und Interaktive Technologien

WS 2005/2006 Universität Ulm

timo.ernst@uni-ulm.de

ABSTRACT

Dieses Paper behandelt die Konzepte von Onehand – Keyboards und die Möglichkeiten diese im mobilen und praktischen Einsatz zu verwenden.

1. Einleitung

Mobilität wird in unserer heutigen Zeit immer wichtiger, in der tragbare, computergestützte Lösungen nicht nur beliebter, sondern auch notwendiger werden. Was in den letzten Jahren noch stationär war ist inzwischen fast ausnahmslos mobil geworden, nicht zuletzt dank des Handybooms dessen Ende nicht abzusehen ist. Eine völlig neue Generation an jungen, technisch interessierten Menschen begeistern sich für diese multimedialen Produkte. Aber auch Geschäftsleute kommen heute kaum noch ohne PDA, Notebook und Handy aus. Daher steigt die Nachfrage nach einfach erlern- und bedienbaren, alternativen Eingabemöglichkeiten.

Auf den folgenden Seiten beschäftigen wir uns mit Ideen, Konzepten und Realisierungen zu mobilen Onehand – Keyboards, doch was versteht man eigentlich unter diesem Begriff „Onehand“?

- x Ist es ein Gerät, mit dem man nur mit einer Hand tippen kann oder etwas das man ausschließlich einhändig bedient?
- x Ist ein Klapphandy ein solches Gerät, wenn man doch zwei Hände braucht um es auf zuklappen, obwohl für die eigentliche Nutzung anschließend eine einhändige Bedienung möglich wäre?
- x Ist ein PDA, den man zwar mit einer Hand bedienen könnte, jedoch mit der anderen irgendwie festhalten (bzw. auf eine Unterlage stellen/legen) müsste ein solches Gerät?

Leider gibt es keine feste Definition im Sinne einer DIN oder ISO-Norm. Also erfinden wir einfach eine:

A fully onehanded, mobile input device is a tool with a userinterface which can be turned on, worn (hold), utilized and turned off by using only one hand.

Oder noch einfacher: Ein mobiles Onehand – Keyboard ist einfach eine Eingabemöglichkeit für ein tragbares Endgerät, welches eine Person mit nur einem Arm bedienen könnte.

Die Motivation hinter diesen alternativen Eingabegeräten ist relativ offensichtlich: QWERTZ–Tastaturen, wie sie an PC–Systemen eingesetzt werden, sind mobil absolut unpraktikabel, da zu groß, zu schwer und zu unhandlich. Es gibt also immer einen Tradeoff zwischen Portabilität und Usability. Daher versucht man zum Bei-

spiel für GPS-Navigationssysteme in Autos oder mobile Computersysteme wie PDAs usw. Alternativen zu finden. Ein Ansatz hierzu ist das sehr weit verbreitete Konzept von Chord-Keyboards.

1.1 Historie

Chord – Keyboards gibt es bereits seit 1836 als Wheatstone und Cooke den „Five-Needle Telegraph“ erfanden. Dieses Gerät konnte mit Hilfe von Eisennadeln, die entweder eine Position nach links oder rechts auf einem Gitter einnehmen konnten, 20 verschiedene Buchstaben darstellen. Die Zeichen J,C,Q,U,X und Z blieben allerdings außen vor. Gesteuert wurden diese Nadeln durch ein paar wenige Tasten, deren Kombination die verschiedenen Positionen der Nadeln auf dem Gitter ergab.

An Chord-Tastaturen wurde in den darauf folgenden Jahren weiter entwickelt. Erste digitale Ansätze basierten auf der Idee alle Zeichen des ASCII – Satzes mit einem Byte, also 7 Bits darzustellen (IBM benutzte früher das letzte Bit eines Bytes zum Paritycheck. *Mit steigender Qualität der Datenträger und Leitungen wurde dieses redundant*). Theoretisch könnte man also alle Buchstaben des Alphabets aus dem ASCII- Standardzeichensatz mit 7 Fingern darstellen, vorausgesetzt, man kannte all ihre Binärcodes und für den Onehandbetrieb jemanden mit ebenso vielen Fingern an einer Hand. Der Vorteil dieser Chord-Konzepte waren eine schnellere Eingabe und die Heilung der im Volksmund genannten Krankheit „Hunt and Peck“ in der User auf ihre Tastaturen sehen und die Tasten „auf Sicht“ eintippen. Der Grund für die Erhöhung der Tippgeschwindigkeit bei Chordkeyboards ist, dass die Finger auf den Tasten des Eingabegeräts ruhen. Ein Bewegen der Finger von einer Taste zur nächsten ist nicht nötig, was den größten Geschwindigkeitsverlust beim Tippen verursacht. Weiterhin entfällt das sog. „Homing“ von Maus zu Tastatur, da bei Onehand-Lösungen eine Hand auf dem Zeigegerät ruht und die andere auf dem Keyboard.

Am PC können User mit der QWERTZ-Tastatur ca. 40 Wörter pro Minute erreichen. Geübtere Typisten sogar etwas mehr [6]. Bei Chord Tastaturen schwankt die Rate allerdings noch stärker und hängt von der Erfahrung des Benutzers mit dem Gerät ab. Zum Vergleich einige Ergebnisse aus der Untersuchung „Wearable Computers“ [7] mit einem Gerät des Typs „Twiddler“:

Versuchsperson	Wörter / Minute (wpm)
Anfänger nach 400 min. Übung:	26
Anfänger nach 250 Stunden Übung	47
Fortgeschrittener User	67

Letztere Versuchsperson nutzte einen Twiddler bereits seit Jahren privat zu Hause. Wir sehen also, welches Potential Chordkonzepte

in sich birgen und wie groß der Geschwindigkeitsvorteil zu herkömmlichen Tastaturen sein kann.

Ein gravierender Nachteil dieser Geräte ist natürlich, dass diese Art der Eingabe erst gelernt werden muss. Anders als zum Beispiel QWERTZ - Tastaturen, bei denen Benutzer auch ohne Kenntnis des 10-Fingersystems Texte schreiben können, müssen Mutige die korrekte Handhabung ihrer Chord-Eingabegeräte erst erlernen.

Das erste kommerziell erfolgreiche Gerät dieser Art war der „Microwriter“ [5] welcher 1980 entwickelt wurde und die Maße 23cm x 12cm x 5cm hatte. Zur Eingabe standen 6 Knöpfe zur Verfügung während ein Einzeilen – LCD Display für die Ausgabe zuständig war. Im Inneren verrichtete ein 8-Bit Mikroprozessor die Rechenarbeit, der mit 16 KB RAM Arbeitsspeicher auskommen musste. Die komplette Verwaltung der Dokumente mit diesem Writer wurde über ein ROM (*Read Only Memory*) gesteuert. Angetrieben wurde der Microwriter von ein paar Batterien auf Nickel-Cadium-Basis die für ein paar Stunden Betrieb reichten (*Immerhin länger als heutige Notebooks!*).

Mit diesem Gerät konnten geübte Typisten Texte schreiben, editieren und mit einem externen Drucker, den man an den Writer anschließen konnte, sogar zu Papier bringen [5].

1.2 Ideen und Konzepte

Der oben beschriebene Microwriter basierte auf folgender Idee: Fünf Finger sollten sechs Tasten bedienen können, wobei die Zeigefinger vier Tasten bedienen, während der Daumen eine doppelte Aufgabe hatte. Liegt die Hand in der Ruhestellung auf dem Writer, so konnte man alle Buchstaben des Alphabets (*26 Zeichen zzgl. 3 Umlaute und das „scharfe S“*) darstellen ($2^5 - 1 = 31$ mögliche Kombinationen), denn:

Sei b die Bitinformation pro Finger (= 2) und c die Anzahl Bits (Finger).

Dann ergibt sich die Anzahl an mögl. Chords x_1 aus:

$$x_1 = b^c - 1 = 31$$

Die 6. Taste, die mit dem Daumen bedient wurde ist das Analogon zur Shift-Taste auf gewöhnlichen QWERTZ – Tastaturen mit der man Großbuchstaben, Zahlen und Sonderzeichen eingeben konnte. Dieses eher ungewöhnliche Konzept war jedoch erfolgreicher als gedacht. Die meisten Benutzer gewöhnten sich nach ein paar Trainingsstunden sehr schnell an das neue Gerät. Wer viele Sonderzeichen hintereinander tippen wollte, musste große Geschwindigkeitseinbußen in Kauf nehmen, da hierfür die „Shift-Taste“ sehr oft benutzt werden musste. Seit dem Ursprung dieser Idee wurde das MicroWriter-Konzept weiterentwickelt und findet heute zum Beispiel in Bellaire's CyKey Einsatz. Dieser kann über einen Infrarotsender praktisch mit jedem Computer verwendet werden – und somit auch mit PDAs. Durch die kompakte Bauweise ist der CyKey klein und handlich ausgefallen (*125mm x 80mm x 6,5mm – Entspricht den Maßen einer Postkarte und der Dicke eines Bleistifts*). Allerdings kann man hierbei nicht wirklich von einer mobilen Onehand – Lösung (Nach unserer Definition) reden, denn schlussendlich benötigt man doch eine Unterlage oder eine zweite Hand um das Gerät festzuhalten. Eine einfache Halterung zur Befestigung am Gürtel oder woanders am Körper würde dieses Problem allerdings schon lösen. Schnelle Eingaben unterwegs am PDA oder Handy wäre somit kein Problem.

1.3 Empirische Untersuchungen zu Chord Konzepten

Masaaki Fukumoto und Yoshinobu Tonomura haben in ihrem Paper „Body Coupled FingerRing: Wireless wearable Keyboard [1]“ u.a. eine Evaluationsstudie vorgestellt, in dem sie die Geschwindigkeiten, die mit Hilfe von Chordeingabegeräten erreicht werden beschreiben. Dabei mussten 10 Probanden alle möglichen 212 Sequenzen (31 + 181) pro Person so schnell sie konnten eingeben. Die Sequenz sollte so oft wiederholt werden, bis mindestens eine korrekte und komplette Sequenz erreicht wurde. Als Untergrund diente ein normaler Schreibtisch mit einer 5mm dünnen Unterlage. Als Eingabegerät kam das von den beiden Japanern selbst entwickelte FingerRing zum Einsatz. Beim Testen wurde davon ausgegangen, dass die Input Zeit, also die Dauer der Eingabe, die Schwierigkeit einer Tastenkombination reflektiert. Eine besondere Eigenschaft, die bei dieser Evaluation entdeckt wurde, ist dass Leute die Klavier spielen können eine etwas höhere Tippgeschwindigkeit erreichen (Um das 1,5-Fache). Wahrscheinlich ist diese aus der höheren Muskelkraft und Fähigkeit, die Finger zu spreizen zurückzuführen, die durch das Klavierspielen trainiert wurde. Um diesen Effekt weiter zu untersuchen, wurden die Testpersonen in eine Nicht-Piano und in eine Piano-Gruppe unterteilt. Dabei konnte festgestellt werden, dass der Effekt, der durch das „Orderly Typing“ verursacht wurde (Näheres dazu unter „Wearable Input Devices“) bei der Piano-Gruppe am größten war. Die aber wohl wichtigste Erkenntnis aus dieser Evaluation ist wohl, dass dass bei gleicher Tippgeschwindigkeit eine doppelte so hohe Anzahl an Symbolen bzw. Zeichen eingegeben werden konnte, wenn die Probanden ein Gerät benutzten dass das Orderly-Typing unterstützt statt eines konventionellen Chordkeyboards.

2 Heutige Realisierungen und ihr Potential im mobilen Einsatzbereich

Natürlich gibt es nicht nur Chord – Eingabegeräte. Zum Beispiel gibt es auch Versuche, das QWERTZ-Konzept weiterzuentwickeln. Hierbei wurde das Board in der Mitte geteilt und die rechte Hälfte einfach „weggeworfen“ (bzw. auf andere Tasten verteilt) oder „unwichtigere“ Zeichen einfach komplett weggelassen bzw. durch Mehrfachbelegungen auf andere Tasten ausgelagert. Das Ergebnis war ein leichtes, kleines und handliches Eingabegerät das mit einer Hand bedient werden konnte und dazu alten QWERTZ – Einsteigern mehr oder weniger eine vertraute Umgebung bietet. Ein sehr verbreitetes und erfolgreiches kommerzielles Beispiel unserer Zeit ist das Frogpad. Im Prinzip handelt es sich hierbei um eine halbierte QWERTZ-Tastatur bei der allerdings die alte Anordnung verloren gegangen ist. Stattdessen hat man die Tasten neu angeordnet. Dazu wurde die englische Sprache analysiert und herausgearbeitet, welche Buchstaben besonders häufig vorkommen. Diese wurden dann für die menschliche Hand besonders einfach und schnell erreichbar angeordnet (möglichst mittig) während „unwichtigere“ Zeichen weiter Außen Platz fanden. Dies führt dazu, dass man die Finger kaum bewegen muss und der größte Zeitverlust hierdurch minimiert wird. Das Frogpad ist inzwischen dermaßen erfolgreich, dass die Entwicklung weiter geht. Zum Beispiel wurde das Pad bereits erfolgreich mit PDAs kombiniert und ist somit auch für den komplett mobilen Einsatz gerüstet.

Ein anderes Konzept wird beim WristPC Keyboard verwendet. Um das Gerät auch tatsächlich für den mobilen Einsatz fit zu machen wird es mit einer Schnalle zur Befestigung am Arm ausgeliefert (*Abb. 1*). Daher auch der Name *WristPC* [4]. Allerdings gibt

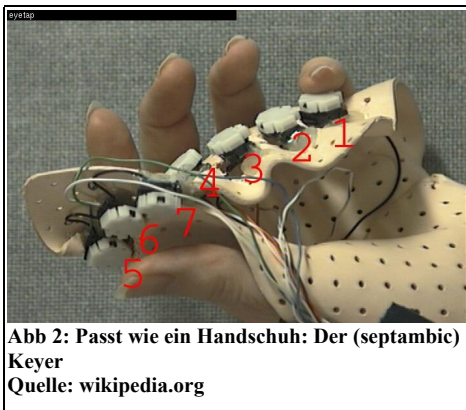
es hierbei einen gravierenden Nachteil. Durch die Befestigung am Arm kann man nicht mehr von einer Onehand-Lösung sprechen, da man nun mindestens zwei Hände braucht (Eine zum „Festhalten“ und die andere zum Tippen). Weiterhin wird die alte QWERTZ-Anordnung übernommen so dass es dem Anwender eher schwer fallen wird, Eingaben mit nur einer Hand zu machen. Eine Verlangsamung der Tippgeschwindigkeit ist wahrscheinlich die Folge. Der einzige Vorteil dieses Konzepts ist also lediglich, dass man das Board nicht mehr aktiv festhalten muss.



Allerdings gibt es Lösungen die das Konzept des Tragens eines Gerätes am Körper besser umsetzen:

2.1 Wearable Input Devices

Eine echte mobile Onehand-Lösung stellt der (septambic) Keyer [2] dar. Dieser ist zunächst einmal auch nichts anderes als ein Chordgerät. Keyer gibt es inzwischen in verschiedenen Varianten. Die Namensherkunft ist auch mehr oder weniger schnell einleuchtend: Diesem Keyboard fehlt einfach das Board (*Daher der Name „Keyer“*. *Das Wort „board“ in „Keyboard“ entfällt einfach*). Hierdurch entbehrt sich die Notwendigkeit einer Unterlage oder einer zweiten Hand zum Festhalten. Man kann also tatsächlich von einer (nach unserer Definition) „echten“ Onehand-Lösung reden. Dieser Keyer wird einfach angezogen wie ein Handschuh (*Abb 2*). Wir unterscheiden hierbei septambische und pantambische Geräte. Ersteres bezeichnet hierbei die 3-Fache Belegung des Daumens. Pantambische Keyer dagegen belegen den Daumen nur einmal.



Eins der wahrscheinlich vielversprechendsten Entwürfe kommt aus Japan. Die Forscher Masaaki Fukumoto und Yoshinobu Tonomura entwickelten das sog. „Body Coupled FingerRing“. Hinter dem etwas eigenwilligem Namen versteckt sich eine geniale Idee die

aus der Frage entstand, wie man ein möglichst einfaches Eingabegerät bauen könnte, was leicht ist und beim täglichen Hantieren am Schreibtisch kaum stört aber trotzdem die Chordkonzepte effektiv umsetzt. Ergebnis dieser Überlegungen waren einfach 5 Ringe, die man sich über den Finger stülpen konnte. Fukumoto und Tonomura kamen auf diesen Vorschlag durch die strikte Regel, die Fingerkuppen unbedingt freizulassen. Weiterhin sollte das Eingabegerät völlig unabhängig sein von der Unterlage, die man benutzte. Das Anbringen von Sensoren an den Spitzen oder das Drücken irgendwelcher Tasten schied somit gleich aus. Stattdessen einigte man sich auf die Idee mit den Ringen. Eben diese überwachen die Bewegungen der Finger. Überschreitet eine Bewegung einen bestimmten Grenzwert, so wird diese als Eingabe gewertet. Hierdurch können auch verschiedene Kombinationen von Bewegungen aufgezeichnet werden. Dieser Grenzwert wurde anhand von Zusammenhängen zwischen Frequenz und Stärke der Bewegung der Finger ermittelt. Diese Versuche ergaben, dass sich das sog. „Self-Typing“ in einem Bereich von ca. 90Hz abspielt. Ein entsprechender Bandpassfilter bringt in diesem Fall also sehr schnell einen gewünschten Wert ab dem eine Bewegung eines Fingers auch tatsächlich als „Tastendruck“ gewertet werden kann. Doch zurück zum Eigentlichen Gerät: Tests haben ergeben, dass besonders Klavierspieler sehr schnell mit der neuen Technik „tippen“ können (Bis zu 200 Symbole pro Minute [1]). Um allerdings das Gerät komplett portabel zu machen, blieb die Frage, wie denn die Daten von Ringen zum Rechner kommen sollten. Der erste Prototyp sah noch eine unkomfortable Kabelübertragung vor. Später benutzte man die Idee des „Body Coupling“ (Daher auch der Name der Erfindung). Hierbei wird der menschliche Körper als Übertragungsmedium verwendet, der zwar einen relativ hohen Widerstand darstellt, aber trotzdem gerade noch ausreicht, um ein paar Bits von Ring zu Computer zu übertragen. Dabei musste darauf geachtet werden, dass meine keine Ströme durch den Körper führt, der für diesen schädlich sein könnten. Die gesetzlich vorgeschriebene Obergrenze für eben diese ist in Japan zum Beispiel 10-microA @ 1kHz Frequenz, 100microA @ 10kHz, 1mA @ 100kHz und 10mA @ 1MHz. Je höher die Frequenz, desto höher darf also auch der Stromfluss sein. Beim FingerRing wird ein Strom von 160microA bei 100kHz und 50V Spannung angelegt. Der Grund warum man das Body Coupling als Datenübertragungstechnologie gewählt hat liegt darin, dass man bei der Entwicklung unbedingt die folgenden Punkte für kabellose Datenübertragungen beim FingerRing beibehalten wollte:

- ✓ **Easy Miniaturzation**
*Verwendung von extrem kleinen Transmittern (= TX).
Zielgröße: 10mm x 10mm; nicht mehr als ein paar wenige Gramm Gewicht.*
- ✓ **Low Power Consumption**
Das Gerät muss einen Tag lang in Betrieb sein ohne wieder aufgeladen zu werden (TX: Weniger als 1mA Verbrauch bei einer Spannung von ca. 3-5V).
- ✓ **Non line-of-sight communication**
Es darf und kann keine Sichtverbindung zwischen dem TX und dem Empfänger (RX) existieren, da letzterer wahrscheinlich am Gürtel o.ä. befestigt wird.
- ✓ **Multichannel Communication**
Separierung der Signale der einzelnen Finger (Also 5 Signale – Einer pro Finger)

Ein Anwender stellt sich an dieser Stelle sicherlich die Frage: „Wie tippt man mit dem Ding eigentlich?“ - Die Lösung ist eine

Kombination aus gewöhnlichem „Chording“ und dem sog. „Orderly Typing“. Hierbei spielt auch die Reihenfolge in der Chords eingegeben werden eine Rolle, was den Wertebereich der Funktion noch einmal drastisch erhöht. Wir erinnern uns: Gewöhnliche Chordingkonzepte mit 5 Tasten ergaben für die Anzahl der möglichen Zeichen, wie im Abschnitt „Ideen und Konzepte“ gesehen, 31 verschiedene Möglichkeiten.

In der Praxis bedeutet das neue Konzept nun, dass man zunächst einen Code eingibt und anschließend einen zweiten. Dieser gibt allerdings kein neues Zeichen an sondern ergibt aus der Kombination mit dem ersten einen einzelnen. Hierbei erhöht sich die Anzahl der möglichen Kombinationen drastisch von 31 auf 181.

Einen etwas konventionellen aber sehr ausgereiften Eindruck macht das sog. DataEgg.

2.2 (Daten-)Ei des Columbus? - Das DataEgg

„The egg finally makes it possible to use a Personal Computer with one hand instead of three ”
- G. Friedman



Abb 3: Sieht nicht aus wie ein Ei, heisst aber so: Das DataEgg

Quelle: xaphoon.com/dataegg

Mit diesem Slogan wird der wohl vielversprechendste Entwurf zu diesem Thema vorgestellt: Das DataEgg [3]. Eine Mischung aus Chord-Tastatur und Carrera-Bahn-Controller mit LCD-Bildschirm (Abb. 3). Auch dieses Gerät stellt, wie die WearClam oder der septambic Keyer eine nach unserer Definition „echte“ Onehand-Lösung dar.

Entwickelt wurde das Gerät von Gary L. Friedman. Sein Ziel ist es, das Dataegg zu kommerzialisieren, da es zur Zeit nur als Prototyp vorliegt. Die Idee war, ein Gerät zu entwickeln, welches den folgenden Ansprüchen genügt:

- ✓ **Kompaktheit:** Das Gerät sollte möglichst klein aber vielseitig sein
- ✓ **Sofortige Verfügbarkeit:** Benutzt wie ein Pager, aber die Funktionsvielfalt eines PDAs.
- ✓ **Geschwindigkeit:** Schnelles Erreichen und Eingeben von Information
- ✓ **Bedienbarkeit:** Schnelles Erlernen des neuen Konzepts

Die Vorteile dieses „Eis“ liegen klar auf der Hand: Es vereint die Portabilität heutiger mobiler Systeme mit den klassischen Konzepten des Schreibens mit Chordtastaturen. Dabei ist ausdrücklich hervorzuheben, dass es hierbei tatsächlich möglich ist vollwertig mit einer Hand Eingaben zu tätigen. Und dies auch noch sehr schnell. Strickt man dieses Konzept weiter und integriert zum Beispiel einen modernen PDA und fügt eine Art Steuerkreuz (Wie im oberen Beispiel in Abb. 3) hinzu, so könnte man sehr einfach eine Maus emulieren. Der bisher übliche Stift um Eingaben zu machen würde somit entfallen. Dass solche Konzepte erfolgreich sein können, zeigt IBM mit seinen ThinkPads. Hierbei wird der bei Notebooks übliche Touchpad durch einen kleinen „Nippel“ ersetzt, der nicht minderwertiger in seiner Bedienführung ist. Viele Behaupten sogar, sie kämen mit diesem Mini Joystick besser aus als mit den altmodischen Touchpads.

3. Ausblick

Dieses Paper zeigt einige neue und innovativen Konzepte wie man Konzepte zu Onehand-Keyboards auf mobile Computersysteme übertragen kann. Am vielversprechendsten sind sicherlich das DataEgg und das etwas futuristische FingerRing. Wenn die Erfinder es schaffen diese Konzepte serienreif zu entwickeln und sich ein entsprechender Geldgeber finden lässt, werden sich diese Konzepte wahrscheinlich sehr schnell etablieren. Vorbei wären die Zeiten der umständlichen Eingabe bei mobilen Systemen wie PDAs oder mobilen Navigationsgeräten-Geräten. Einen großen Nachteil allerdings teilen sich beide: Die Schreibweise muss erst erlernt werden. Wie bereits erwähnt, genügen in der Regel bereits wenige Stunden Training um mit Chord Konzepten umgehen zu können doch da die menschliche Faulheit oft keine Grenzen kennt, könnte es durchaus passieren dass sich die (gute) alte QWERTZ-Tastatur bzw. der berühmte Stift bei PDAs weiterhin durchsetzt, obwohl „Chording“ eigentlich um ein vielfaches effektiver wäre. Eigentlich.

4. Literatur

- [1] Fukumoto, M. und Tonomura, Y. Introduction of a wearable, mobile Chord Keyboard. In *“Body Coupled FingerRing”*: *Wireless Wearable Keyboard*. (NTT Human Interface Laboratories. 1-1 Hikari-no-oka, Yokosuka-shi, Kanagawa-ken, 239 Japan))
- [2] From Wikipedia.org, the free encyclopedia <http://en.wikipedia.org/wiki/Keyer>
- [3] Gary L. Friedman, Brief Information about the DataEgg. In *“Introducing the DataEgg”* www.xaphoon.com/dataegg
- [4] L3 Systems, Informations about the Wrist PC Board <http://www.l3sys.com/keybd/keybd.html>
- [5] From Wikipedia.org, the free encyclopedia <http://en.wikipedia.org/wiki/Microwriter>
- [6] Tiki'labs sas Summary for W3C Mobile Web <http://www.w3.org/2006/07/MWI-EC/PC/tikilabs.pdf>
- [7] Jamie Cooley, Wearable Computing. In Summary of Georgia Tech. In *Wearable Computing Research Papers* http://ocw.mit.edu/NR/rdonlyres/Media-Arts-and-Sciences/MAS-963Spring2004/1F691507-96A8-40D6-A783-BB66F4FF55E9/0/wearable_class11.pdf