

Applications of Short-Range Wireless Communication in Wearable Computers:
A Case Study in WatchPad 1.5水谷晶彦† 玉川憲† 勝野恭治†
Akihiko Mizutani Ken Tamagawa Yasuharu Katsuno

1. まえがき

電子機器の小型・高性能化に伴い、広義のウェアラブルコンピュータは既に生活の中に広く浸透している。特にこの数年来、携帯電話は、我々のコミュニケーションのあり方を大きく変えてきた。しかし、狭義のウェアラブル、即ち常時着用できるコンピュータは、まだ実現の途上にある。

ところで、常時着用するウェアラブルコンピュータでは、肉体的にも社会的にも違和感無く受け入れやすい事が必須となる。また、これを有効に活用するには、無線によって周囲の情報処理機器と通信する必要もある。このような意味から、我々の研究グループでは、腕時計という形態に着目し、研究プラットフォームとして、短距離無線通信 Bluetooth を搭載した腕時計型コンピュータ WatchPad 1.0 (Linux Watch)[1]及び WatchPad 1.5[2]を試作した。

本稿では、WatchPad 1.5 の仕様を簡単に述べ、Bluetooth を利用した3つの実装例を報告する。

2. WatchPad 1.5

WatchPad では、最初から時計型のフォームファクタに特化したシステム設計を行った。サイズと電池の制約のため、ユーザインタフェースや記憶容量、プロセッシングパワーが十分でなくとも、無線通信によって外部資源を借りる事によってこれらを補うという設計方針をとった。このため、可能な限りの I/O インタフェースを装備させた。図1は WatchPad 1.5 の外観、表1は主な仕様である。

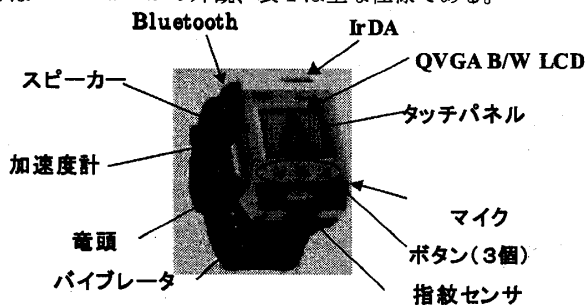


図1. WatchPad 1.5外観

通信機能は、Bluetooth と IrDA を備え、クレードルに装着すれば、RS232C や SD メモリカードも使用できる。また、ユーザインタフェースの不足を補うため、多数のセンサを配置した。マイクとスピーカは、PC との通信による音声認識を意図し、Bluetooth モジュールに直結している。このほかに、指紋センサ、加速度センサ、タッチパネル等を装備する。

次節ではこの WatchPad を用いた実験の中、特にウェアラブルの特性である個人性・移動性・アドホック性を Bluetooth との連携によって実現したものを紹介する。

寸法/重量	65×46×16 mm / 43 g (ベルトを除く)
CPU	Cirrus Logic EP7312 (18 - 74 MHz)
記憶容量	DRAM 8 MB/Flash ROM 16 MB
表示装置	320x240 dots 反射型LCD (モノクロ)
通信機能	Bluetooth v1.1, IrDA v1.2
入力装置	タッチパネル, 電頭, ボタン (3個)
その他	スピーカ, マイク, バイブレータ 指紋センサ, 加速度センサ
電源	Rechargeable Li-Ion Battery (300 mAh)
クレードル	RS232C, AC-Adapter/Dry cell (AAx4)
OS	Linux 2.4.18

表1. WatchPad 1.5仕様

3. 実装例

3.1 パーソナライゼーション

WatchPad によるパーソナライゼーションへの応用例として、我々は、個人に特化した情報をポスタに見立てたスクリーン上に表示するシステムを試作した (図2)。

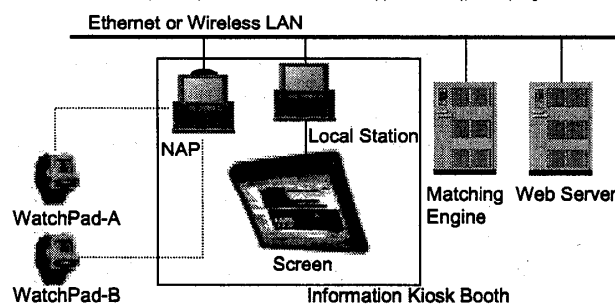


図2. インフォメーションキオスクシステム

このシステムは、スクリーンを制御するローカルステーションが、ユーザの接近をネットワークアクセスポイント (NAP) で検知し、ウェブサーバ内のコンテンツをユーザの固有情報とマッチングして表示する仕組みである。これを使用して、一般的情報を表示するスクリーンにユーザが近づくとユーザの嗜好に合うコンテンツに変更され、スクリーン正面に立つと個人情報提示するシナリオを実装した。

試作では、ユーザ ID として Bluetooth の MAC アドレスを、距離検出には送信電力と受信信号強度を用いたが、シナリオを実現するためにはこれらで充分であり、追加の機器も一切の操作もなく、時間と場所に応じてユーザに適した情報を提示できる可能性を示せた。ウェアラブル機器の個人への帰属性を利用したアプリケーションの一例である。

3.2 ハンドオーバー

前節では、ウェアラブルコンピュータが移動する毎に異なる内容を表示する例を示したが、逆に移動によってネットワーク接続性が変更されてはならない事例も多い。例え

†日本アイ・ビー・エム (株) 東京基礎研究所

ば、音声ナビゲーションを受信しながら移動するような場合である。また、センサのデータ取得や、データ更新のために、移動中もユーザの関与しないところで通信が行われる可能性もある。

802.11b 等の無線 LAN では移動によっても比較的容易に他のアクセスポイントと再接続可能であるが、Bluetooth は電波到達距離が約 10m と短い上、デバイス探索や接続に秒単位の時間を要する[3]。このため、歩行速度程度でも、電波の到達範囲から外れてしまい、通信が継続できない虞が大きい。そこで、NAP と WatchPad が協調して短時間のうちにハンドオーバを行うシステムを試作した。(図 3)

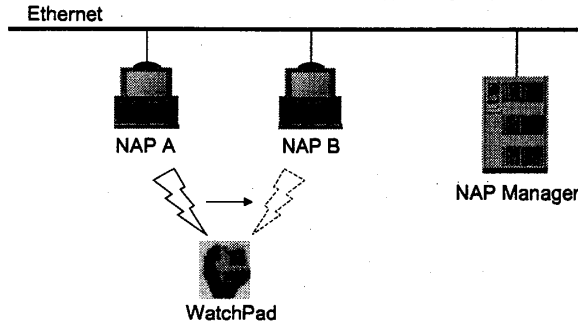


図3. ハンドオーバシステム

システムは複数の NAP とこれを管理する NAP Manager (NM) とからなる。NM は構内の全 NAP の位置とこれに接続している WatchPad の情報を管理する。

ハンドオーバは WatchPad が受信信号の減衰を検出した時点で開始される。WatchPad と通信中の NAP A が NM にハンドオーバ要求を行い、WatchPad を切断する。同時に NM はハンドオーバ先(NAP B)を選択して NAP B が新たに WatchPad への接続を確立する。

ハンドオーバは全て NM の制御の下に同期をとって行われ、スペック上は、トリガから 200ms 以内に完了できる[3]。しかし、実験で使用した CSR 社の Bluetooth チップでは、page scan の設定を細かく行うことができなかつたため、ハンドオーバには約 1 秒の時間を要した。それでも歩行中に途切れることなく通信を行うという初期の目的は十分に果たすことができる。

また、WatchPad がどの NAP に接続されているかが常に NM に把握されるため、ユーザのロケーショントラッキングやナビゲーションを行うことも可能である。

3.3 対面通信

ウェアラブル機器では、対面でのアドホック通信の機会が増大すると予想される[4]。しかし、IP アドレス等で通信相手を指定する事に比べて、「目の前にいる通信相手」を判別することは必ずしも容易ではない。貧弱な入出力機構ではこれは更に困難となる。そこで、我々は、対面通信の開始にゼスチャを利用することを試みた。

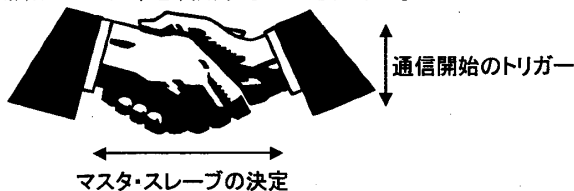


図4. 握手による対面通信開始方法

通信を開始しようとする 2 人のユーザが WatchPad を着用している手で握手する。端末はこの握手の垂直方向の動き(対称運動)を通信開始のトリガとし、同時に水平方向の動き(非対称運動)によって Bluetooth のマスタを決定する。これによって、特別な操作なしにマスタ・スレーブを一意に決定して通信を開始できる。(図 4) また、トリガとなった加速度計のデータを最初に交換し、一定以上の相互相関がある場合のみ通信を継続する事とした。

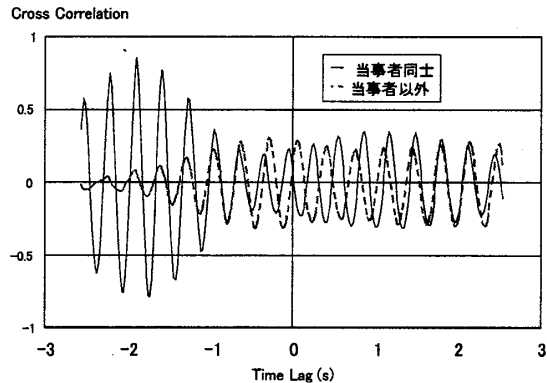


図5. 握手時の加速度の相互相関係数

図 5 は握手時の加速度計出力の相互相関係数を、当事者同士の場合と当事者同士でない場合についてプロットしたものである。同じ握手動作をしていてもこの 2 つのデータの間には明らかな差異が見られる。これによって、誤って第三者と通信してしまう事を防止することが可能となる。なお、デバイス間で時刻調整を行っていないため、グラフのタイムラグの絶対値には意味はない。

4. まとめ

本稿では、WatchPad 1.5 と Bluetooth を使用した 3 つの実装例を紹介したが、ウェアラブルコンピュータと無線の組み合わせにより、これまでの PC 同士とは異なる通信の可能性が示された。更にセンサやネットワークモビリティなどを組み合わせることにより、存在を意識せずに使えるコンピュータへと近づいて行くことが期待できる。

謝辞

本研究は、通信・放送機構の平成 13 年度スーパーインターネット技術開発事業の研究委託により実施いたしました。

参考文献

- [1] Chandra Narayanaswami, Mandayam Raghunath, "Application Design for a Smart Watch with a High Resolution Display," *Proc. International Symposium on Wearable Computing*, 2000, pp. 7-14.
- [2] 上條昇, 井上忠宣, 岸本幸一郎, 玉川憲, *Linux 対応腕時計型コンピュータ: WatchPad*, マイクロメカトロニクス Vol.46, No. 2, 2002, pp. 20-27.
- [3] Specification of Bluetooth Systems 1.1, February 22, 2001, <http://www.bluetooth.com/dev/specifications.asp>
- [4] James A. Davis, Andrew H. Fugg, Brian N. Levine, "Wearable computers as packet transport mechanisms in highly partitioned ad hoc networks," *Proc. International Symposium on Wearable Computers*, 2001, pp. 141-148.