

# ウェアラブルコンピューティングのディペンダビリティを確保する 入出力デバイス

Input/Output Devices for Achieving Dependability on Wearable Computing

武田誠二 岸野泰恵 柳沢 豊 須山敬之 寺田 努 塚本昌彦\*

**Summary.** 近年、コンピュータの小型化・高性能化に伴いコンピュータを身につけて利用するウェアラブルコンピューティングへの注目が高まっている。ウェアラブルコンピューティング環境では、体にコンピュータ（以下、ホスト PC）やセンサなどを身につけるため軽量化されたシステムが望ましく、ディペンダビリティの確保のために機器の多重化や冗長化を行う事は難しい。そこで、筆者らの研究グループでは、ホスト PC がシステム障害により動作しなくなると、末端のセンサや表示機器が自動的に直接通信し、情報提示を継続することでディペンダビリティを確保する手法を提案した。本研究では提案手法の実現に向け、様々な入出力デバイスおよび情報表示機構の設計と実装を行った。

## 1 はじめに

近年コンピュータの小型化・高性能化に伴いコンピュータを装着し、常時情報支援が受けられるウェアラブルコンピューティングに対する注目が高まっている。ウェアラブルコンピューティングではホスト PC を体に装着して使用するため、振動や衝撃などによる故障のリスクが高く、クリティカルな状況でシステムを利用する場合、ウェアラブルコンピューティングの信頼性を高める事が必要不可欠である。従来、コンピュータの信頼性を高めるための手法としては機器の多重化や冗長化が一般的であるが、ウェアラブルコンピューティング環境は、体に様々な機器を装着するため軽量化されたシステムが望ましく、従来手法の適用が難しい。そこで筆者らの研究グループでは、ホスト PC がシステム障害により動作しなくなると、自動的に末端のセンサや表示機器が直接通信を行い、情報提示を継続する事でディペンダビリティを確保する手法を提案している [1]。

本研究では提案手法を実現する入出力デバイスおよび情報提示の切り替え手法の実装を行い、アプリケーションを実装して動作を確認する。

## 2 システム設計

本研究の想定環境では、ユーザはホスト PC を体に装着し、無線通信によって各種の入出力デバイスと接続されている。通常はホスト PC が入力デバイスからの情報を受け取り、ホスト PC 上で動作する

アプリケーションの出力を出力デバイスに提示している。提案手法を実現するため、入出力デバイスおよびホスト PC は、データを受信時に応答を返す仕組みになっており、送信側はデータを送信して一定時間以上応答が返ってこなかった場合にデータを再送する。一定回数再送しても送信先から応答が返ってこない場合には送信先に障害が発生していると認識し、入力デバイスが出力デバイスに直接データを送るモードに切り替わる。障害の検出とデータ通信の自動切り替えの例を図 1 に示す。

### 2.1 フィルタ

入出力デバイス間を直接接続する場合、センサ等の入力値が出力デバイスで提示できるものでなかったり、ユーザにとって意味がわからない値である場合がある。そこで、ホスト PC は障害が発生する前にあらかじめフィルタと呼ぶデータ変換モジュールを各入出力デバイスに配置しておく。フィルタは、出力デバイスが情報表示し易い形式にデータを変換するためにデバイス上に実装されているソフトウェアであり、入出力デバイスが通信を行っている場合にはデータを送受信する度に使用される。出力デバイスは有機 EL ディスプレイの様に数値やグラフなど様々な形式でデータを出力できるデバイスがある一方、LED のように明るさのみしか出力できないものもある。よって LED に送られてきたデータを加工せずに使用すると、ユーザがセンサ値の意味を理解できなくなる可能性がある。これを防ぐために、データが一定値以上であれば ON、それ以外は OFF といったように出力デバイスの表示からユーザが値の意味を理解できるデータ型に変換する必要がある。それを行うのがフィルタである。また表現能力が高いデバイスが接続されている場合も、GPS を利用し目的地までの距離を有機 EL ディスプレイで表示

Copyright is held by the author(s).

\* Seiji Takeda and Masahiko Tsukamoto, 神戸大学大学院工学研究科, Yasue Kishino, Yutaka Yanagisawa and Takayuki Suyama, NTT コミュニケーション科学基礎研究所, Tsutomu Terada, 神戸大学大学院工学研究科 / 科学技術振興機構さきがけ

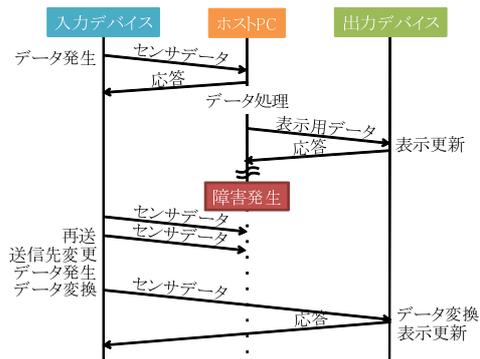


図 1. 障害の検出とデータ通信の自動切り替えの例

したい時には、目的地の座標の記憶、現在地の座標と目的地の座標から距離を計算、数値の表示といった複雑な処理を行う場合にもそれぞれの処理を行うフィルタを用いる。フィルタは入力デバイスと出力デバイスにそれぞれ配置できるため、受信側に特有の処理は出力デバイスに、送信側でよく行う処理は入力デバイスにと柔軟にフィルタ配置を行える。なおフィルタはホスト PC が正常に動作している時に無線で各デバイスに配布される。

各デバイスに配布するフィルタの種類やシステム障害時に各データをどのデバイスで表示するかの決定は、利用する入出力デバイスや動作中のアプリケーションの種類から自動で決める [2]。例えば心拍数やユーザの姿勢を利用した健康管理システムを利用している際には、心拍は重要度が高いため、有機 EL ディスプレイにグラフを描画するフィルタを配布し、逆に姿勢のデータは詳細な数値よりも現在の姿勢の善し悪しのみが分かればよいため、体に負担がかかる姿勢の時に LED が点灯するフィルタを配布する。

### 3 実装

提案システムを実装した。入出力デバイスには筆者らの研究グループで開発した Cilix[3] を搭載したデバイス (図 2) を用いた。Cilix は .NET で作成した実行ファイルが実行でき、無線通信が行える。センサは心拍センサ、湿度センサ、温度センサ、二軸加速度センサ、方位センサ、照度センサの六種類、出力デバイスは LED、振動素子、ブザー、有機 EL ディスプレイの四種類を実装した。

Cilix 上のフィルタは Microsoft Visual C# を用い、LED 等の ON/OFF しか表現できないデバイスでデータを表示する時にデータを二値化する二値化フィルタ、変動が大きいセンサの値の時に出力が頻繁に変化し、データの意味が理解出来ないのを防ぐ移動平均フィルタ、加速度からユーザの姿勢を認識する姿勢認識フィルタ、加速度からユーザの行動認



図 2. Cilix を搭載したデバイス

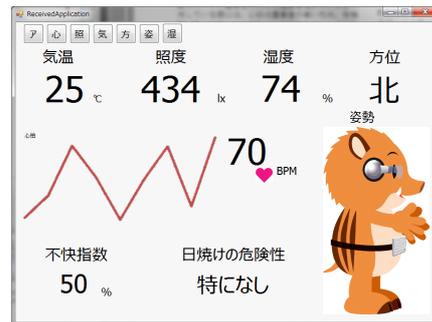


図 3. アプリケーションの画面

識を行う際に利用する FFT フィルタ、加速度の差から現在のユーザの速度を計算する場合などに利用する時間積分フィルタ、温度と湿度の値から不快指数を計算する不快指数計算フィルタ、有機 EL ディスプレイにデータの推移をグラフで描画するグラフ描画フィルタ、有機 EL ディスプレイに文字を表示する文字表示フィルタ、方位センサの値を方位に変更する方位変換フィルタおよび直前の値と現在の値の差分を取得する差分フィルタを実装した。

ホスト PC 上のソフトウェアとして、入出力デバイスのフィルタの書き換え及びデータの送受信、システム障害を仮想で実行する機能を有したデバイス管理ソフトウェアを実装した。また、提案システムを利用したアプリケーション例として、ランニング支援システムを実装し、実際に利用した。このシステムでは通常時、アプリケーションは実装したセンサの値を元に、心拍数の推移のグラフ、気温、湿度、不快指数、ユーザのランニング時の姿勢、ユーザの向き、日焼けの危険性の度合いを図 3 に示すように頭部装着型ディスプレイに表示する。ホスト PC に障害が発生した場合には、方位センサは方位変換フィルタ、有機 EL ディスプレイはグラフ描画フィルタ及び文字表示フィルタを利用し、心拍の推移のグラフと方位を腕に装着した有機 EL ディスプレイに描画し、加速度センサは移動平均フィルタ、振動素子は姿勢認識フィルタ及び二値化フィルタを利用し、ユーザの姿勢が適切でない時に腰につけた振動



図 4. デバイスの出力の様子

子を振動をさせ、LED は不快指数計算フィルタと閾値フィルタを利用し、不快指数の数値に応じて赤、黄、青のLED を点灯させる。このような変換によりユーザは心拍の推移と方位を有機 EL ディスプレイから、姿勢の善し悪しを振動センサから、そして不快指数を三色の LED で三段階表示で取得でき、ホスト PC に障害が起きた場合にも情報表示が継続されることを確認した。なおホスト PC がシステム障害時の出力デバイスの表示の様子を図 4 の (a) と (b) にそれぞれ示す。

#### 4 まとめ

本研究ではウェアラブルコンピューティング環境において、ホスト PC にシステム障害が発生した場合に末端のデバイス間で直接通信を行うことで、ディペンダビリティを確保するデバイスの実装を行った。また、実際にアプリケーションを実装し、提案する機構が動作することを確認した。

#### 未来ビジョン

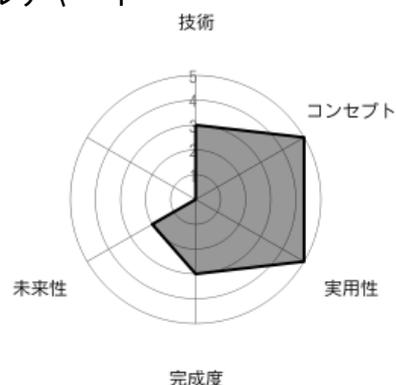
将来、町中の人々がコンピュータを身に付けて利用する事が当たり前になり、そうなる事で、人はよりコンピュータに依存していくことになる。依存度が高まった場合に問題になってくるのが、コンピュータが使えない状況に陥る事である。そこで今までよりも更にコンピュータのディペンダビリティの確保が必要となってくる。

そこで注目されるのが本稿の提案手法である。本研究は将来的には、利用するデバイスを変更すると、ホスト PC はそれを認識し、自動的にデバイスの組み合わせによってそれぞれのデバイスに適切なフィルタを配布する。これによりユーザには何の負担もなく、好きな入出力デバイスを身につける事が可能になると考える。そうすることで利用できる

#### 参考文献

- [1] 田中 聡, 柳沢 豊, 寺田 努, 塚本昌彦: “デバイス間バイパスによるウェアラブルコンピューティングの信頼性確保,” マルチメディア, 分散, 強調とモバイル (DICOMO2009) シンポジウム, pp. 181–187 (July 2009).
- [2] 田中宏平, 寺田 努, 西尾章治郎: “ウェアラブルコンピューティングのためのユーザ状況を考慮した知覚影響度に基づく情報提示手法,” マルチメディア, 分散, 強調とモバイル (DICOMO2008) シンポジウム, pp. 1479–1486 (July 2008).
- [3] 岸野泰恵, 柳沢 豊, 田中 聡, 寺田 努, 塚本昌彦, 須山敬之: “小型無線デバイスのための CLI 仮想マシン,” マルチメディア, 分散, 強調とモバイル (DICOMO2009) シンポジウム, pp. 893–900 (July 2009).

#### アピールチャート



アプリケーションも飛躍的に増え、医療現場で手術中に機器のエラーによる事故を防いだり、日常でメールを送信する場合にシステム障害や、通信エラーによるメールの送り忘れを防ぐことができると考える。更に、ユビキタス環境との連携を行う事で、ユーザが表現能力の高い出力デバイスを身に付けていない時であっても、周辺にある大画面ディスプレイ等の周辺環境と組み合わせる事で情報を継続して取得できると考える。

このようにどのユーザもこれまでよりも気軽かつ安心してコンピュータを利用できる社会が来る事で、より新しいコンピュータの使い方が出てくるかもしれない。

今回の提案システムは上記を実現する第一歩であり、未来につながるシステムであると考えている。