

TextileNet: ウェアラブルコンピュータ向け ネットワーク基盤システム

TextileNet: Network System for Wearable Computing

秋田 純一* 戸田真志†

1 はじめに

ウェアラブル、ユビキタスといった言葉が注目を集めて久しい。ウェアラブルあるいはユビキタスをキーワードとした新しいタイプのシステムも数多く提案されており、情報デザイン、ファッション等さまざまな観点から議論されている。しかしこの種のシステムでは、基本的な事項としてコンピュータ、センサ等の敷設・接続方法が問題となる場合が多く、特に電源とデータ通信路の確保は重要な問題として指摘されている。本格的なウェアラブル・ユビキタス社会迎え、個人がそれぞれのライフスタイルに応じて自由にウェアラブル・ユビキタスを楽しむためには、各デバイス(コンピュータ、センサ等)の設置の自由度を確保しつつ、容易な敷設を可能とするような基盤システムが必要であると思われる。すなわち、各デバイスに必須の電源供給路と通信路を基盤として提供し、服に見立てた場合のブローチの如く、あるいは壁に見立てた場合の壁飾りの如く、各デバイスを自由にアレンジできる、という発想である。

筆者らは、このような考えに基づき、衣服や壁面の表と裏を導電性素材とすることで2面の電極とみなし、このような衣服や壁面の上の任意の位置に装着されたデバイスへの電力供給と相互通信を実現するネットワーク基盤 TextileNet を提案し、試作を行った [1]。この試作システムでは、衣服への印加電圧が高いために安全性の問題があること、およびデバイス間の通信速度が低いという問題点があった。本稿では、これらの問題点を改善する次世代の TextileNet の実装と評価について述べる。

2 設計と試作、評価

TextileNet のコンセプトを図 1 に示す。衣服や壁面のように、表と裏の平面電極に装着されたデバイスは、電気的には2本の信号線にバス型に接続されているとみなすことができる。そこでこの2本の信号線に、バッテリーなどを備える電源供給モジュールからの電力供給と、そこに重畳された通信路に用いることで、TextileNet の目的は達成される。2本の信号線を用いた電源・信号重畳方式は、いわゆる電灯線モデム (PLC) である ECHONET [2] や

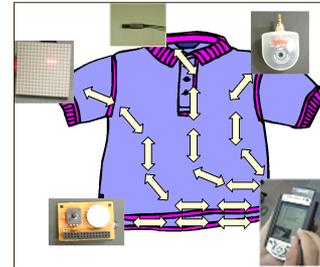


図 1: TextineNet のコンセプト

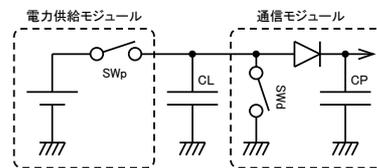


図 2: 通信モジュールのアーキテクチャ

1-Wire [3] がある。このうち電灯線モデム (PLC) は、家庭内 LAN を対象としているために信号線への印加電圧が高く、また送受信回路が大規模であるために TextileNet には向いていない。また Laerhoven らは、1-Wire を用いて壁面や衣服に配置できるデバイスの提案と試作を行っている [4] が、1-Wire の制約から、デバイスへの供給可能電力はきわめて少ない。また応用面を考えるとデバイスに内蔵される送受信回路 (トランシーバ) は小型であることが望ましいことから、次世代の TextileNet の設計にあたっては以下の方針を設定した。

- 信号線への印加電圧を安全上問題ない程度まで低くする
- デバイスに内蔵されるトランシーバはできるだけシンプルにする
- 電源供給モジュールは多少複雑で大規模でも構わない

2.1 通信モジュール

上記設計方針に基づき、設計した TextileNet システムのモジュールの構成を図 2 に示す。このシステムは、電源供給と制御を行う1台の「電源供給モジュール」と、そこから電力供給をうけつつ通信を行う複数台の「通信モジュール」からなる。2面の導電性電極からなる衣服は、電気的にはコンデンサ C_L とみなせ、そこに 7V 程度

* 金沢大学工学部, akita@is.t.kanazawa-u.ac.jp

† 公立はこだて未来大学, toda@fun.ac.jp

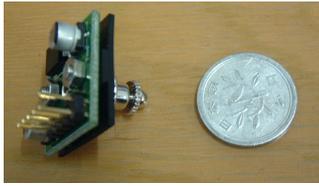


図 3: 試作した通信モジュール

の直流電圧を印加する。この電圧は、接続される通信モジュールで消費される電力によって徐々に低下していくが、設定した電圧の範囲におさまるようにスイッチ SW_p が制御される。通信モジュールがデータを送信する際には、スイッチ SW_d によって一定時間 t_0 だけ衣服表面の電位を下げることで、「0」のデータを送信する。このときに一時的に衣服表面の電位が下がるが、通信モジュールが備えるコンデンサ C_P に蓄える電荷によって電力の供給は継続される。電源供給モジュールは、この衣服表面の電位の低下を検出すると競合を避けるために一時的にスイッチ SW_p を OFF とするが、 t_0 後には、再び SW_p を ON とし、衣服表面電位を再び電力供給が可能となる電圧まで回復させる。このような「適応型能動プルアップ制御」によって、安定した電力供給と高速通信が可能となる。

設計した通信モジュールを図 3 に示す。大きさは $20\text{mm} \times 20\text{mm} \times 5\text{mm}$ (針を除く) であり、備える針によって衣服の表と裏と電氣的に接触させる。試作回路では、1Mbps 程度の通信速度と 1W 程度の電力供給が可能であることが確認された。

なお複数の通信モジュールが同時に通信を開始した場合には混信が起こるが、これに対して Ethernet と類似の CSMA/CD 方式による再送制御によって、等価的に時分割で複数の通信モジュール間の通信を可能とする上位のプロトコル層を現在実装中である。

2.2 導電性素材を用いた衣服

前述したように、筆者らは、市販の電磁波シールドクロスを利用し、導電性衣服を試作した [1]。TextileNet アーキテクチャでは、ウェアラブルデバイスは、ピン型器具を用いて衣服を貫通させ装着するが、この時、衣服の両面が電氣的に短絡することがある。これは、ピン型装着器具が衣服を貫通する際、電磁波シールドクロスの導電性系をばらけさせ、ピンの貫通時にできる穴を経由して表裏面の導電系が接触してしまうことが一因である。同様の理由から縫製時にも、短絡の問題が見られる。この問題を解決するためには、

- ピンの滑りをよくする (ピン側を加工する)
- 導電系がばらけないようにする (布側を加工する)



図 4: 試作した導電性素材 (白色部がフィルムでラミネートした部分)

の主に 2 つの方法が考えられるが、今回は後者について検討すべく、導電性布を試作した。また、本来電磁波シールドクロスは衣服としての利用を想定した商品ではないため、色合いや手触り等の風合いにも問題がある。そこで風合いの向上に関する検討も併せて行った。

今回試作した導電性布では、銀メッキナイロン糸を利用して独自に製作した導電ニットの片面をウレタン製のフィルムでラミネートしている。これによりピン貫通時の導電系のばらけを抑制した。風合いについては、柔軟性、伸縮性共に、(定量的な評価は不十分なものの) 前回の試作時より向上させることができた。また、染色加工も施し、導電性布として十分な電氣的性能を保持していることを確認した。今回試作した導電性布の様子を図 4 に示す。

3 まとめ

衣服や壁面の表と裏を導電性素材とすることで 2 面の電極とみなし、このような衣服や壁面の上の任意の位置に装着されたデバイスへの電力供給と相互通信を実現するネットワーク基盤 TextileNet の改良型の設計、試作および基礎評価を行った。システム構成の改良によって、印加電圧の低下、供給可能電力の増加、および通信速度の向上を実現することが基礎的な評価によって示された。また導電性素材からの衣服の縫合方法の改良によって安定性と衣服としての着心地の向上を図ることができた。

参考文献

- [1] 戸田真志・秋田純一, 「TextileNet: ユビキタス環境のためのセンサ・アクチュエータ接続方式」, インタラクシオン 2004 論文集, pp.247-248, 2004.3.
- [2] <http://www.echonet.gr.jp/>
- [3] <http://www.maxim-ic.com/>
- [4] K.V.Laerhoven et al., "Pin&Play: The Surface as Network Medium," In IEEE Communications Magazine, Vol.41 No.4., pp.90-96, 2003.4.