

人体通信の最新技術

生体情報センシングと人体通信の融合がもたらすものは

近年、WBAN(Wireless Body Area Network)における、人体近傍の通信の研究が盛んに行われているが、その中でも人体そのものを情報通信の伝送路とする「人体通信」が注目されている。また、その人体通信技術と生体情報センシング技術の融合がもたらす新しいビジネス市場に期待が高まっている。本稿では人体通信の概要と期待されるヘルスケア応用について報告する。

株式会社アンプレット 代表取締役社長
東京電機大学 工学部 電子工学科 講師
工学博士 根日屋 英之

はじめに

人体通信は、かつて、軍事技術として研究されていたが、1996年に米国IBMのThomas G. Zimmerman氏が、人体通信に関する論文を発表し、企業が注目するトリガとなった。

人体通信が日本国内で大きく注目されたのは、CEATEC JAPAN 2007でのNTTドコモとアルプス電気の展示である。その翌週に、東京大学名誉教授の月尾嘉男氏が、ご自身がパーソナリティーを務めるラジオ番組で、「映画『E.T.』でエリオット少年とE.T.が指と指を触れ合って会話をするシーンが、現実可能になってきた。」という説明をされ、CEATEC JAPAN 2007で注目された人体通信を一般の人にもわかりやすく紹介した。昨年のCEATEC JAPAN 2009ではアルプス電気が、図1に示すような1チップ化したASICを搭載した大きさが11mm×11mm×2mmの電界(人体)通信モジュールを展示した。

人体通信はセキュリティ性が高く、送信電力が少ないことが特徴である。手で触れるだけでその人を特定し戸の開錠や施錠をしたり、自動車のエンジンをス

タートさせることができ、電子チケット、電子マネー、ウェアラブル・コンピューティングの世界などへの応用が考えられている。

人体通信機器の回路構成は、無線通信機器の回路構成とほとんど同じである。無線通信のアンテナに相当する部分が、人体通信では、筋電位や心電情報などの生体情報センシング機器に用いる電極の技術で設計されることが多い。また、生体情報センシング機器は人体通信の受信機と回路構成が似ていることから、人体通信機器を流用した生体情報の取得が提案されている。人体通信で情報通信を行いながら、同時に生体情報を取得し送ることができるので、遠隔医療やヘルスケアへの応用が期待されている。

通信方式による分類

人体通信は、通信周波数として数百kHzからUWB帯までの研究が報告されている。その伝播路は、体内伝搬、人体の表面伝搬、空間伝搬の三つが考えられるが、搬送波が数百kHzから数十MHzの周波数帯では人体表面に沿う電界や、そこに流れる微小電流による通信が行われているため、通信範囲は人体近傍にとどまっていると考えられている。人体通信の通信方式には以下の四つが提案されている。

- ① 電流方式：図2に示すように、人が電極に触れることにより、人体に微弱電流(数百 μ A程度)を流し、その電流に変調をかけて情報を伝達する。主に数百kHzから数十MHzの搬送波が用いられている。
- ② 電界方式：図3に示すように、送りたい情報で

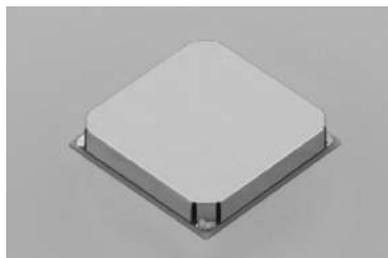


図1 アルプス電気の電界(人体)通信モジュール

人体表面に沿う電界に変化を与え通信を行う。このとき、人は直接、電極に触れる必要はなく、電極に手をかざしたり、または靴を履いていても地面側の電極と人体間で通信が行える。主に数 MHz から数十MHz の搬送波を用いている。

- ③ UHF 帯電磁波方式：図 4 に示すように、UHF 帯の電磁波による人体通信が、主に欧州で研究されている。従来、波長が短い UHF 帯の電磁波は直進性が強いと考えられているが、英国のクイーンズ大学の Gareth A. Conway 氏と William G. Scanlon 氏は、人体から空間への不要放射を

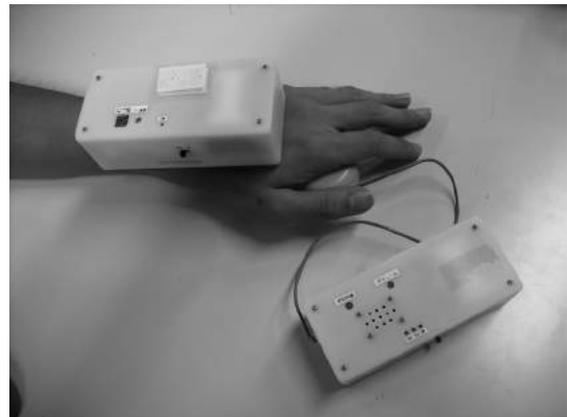


図 5 弾性波（超音波）方式人体通信の試作機
(写真提供：拓殖大学 前山利幸氏)

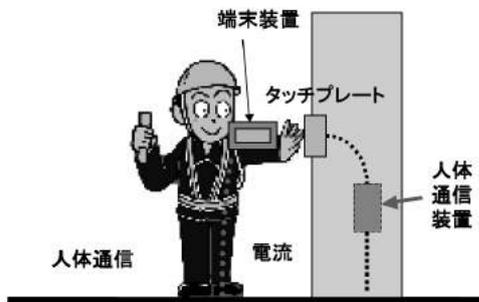


図 2 電流方式人体通信



図 3 電界方式人体通信

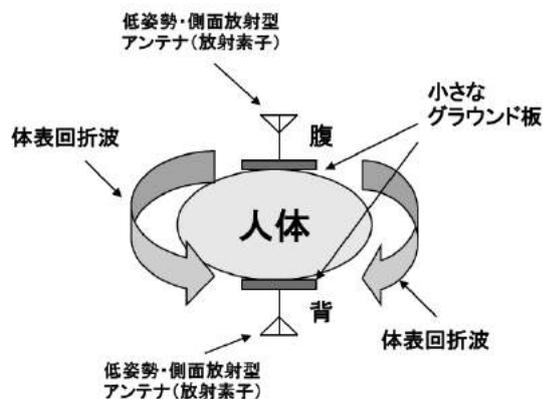


図 4 UHF帯電磁波方式人体通信

抑え、人体に沿った表面波のような伝搬をさせるための低姿勢（高さが低い）側面放射型 UHF 帯アンテナを用い、直進する電磁波の一部を人体の表面に沿って伝搬させる体表回折波（Creeping Wave）に関する論文を発表している。

- ④ 弾性波方式（超音波方式）：電流方式人体通信研究の先駆者である拓殖大学の前山利幸氏のグループは、図 5 に示す実験装置を試作し、電磁波を利用しない弾性波方式（超音波方式）による人体通信の研究を行っている。

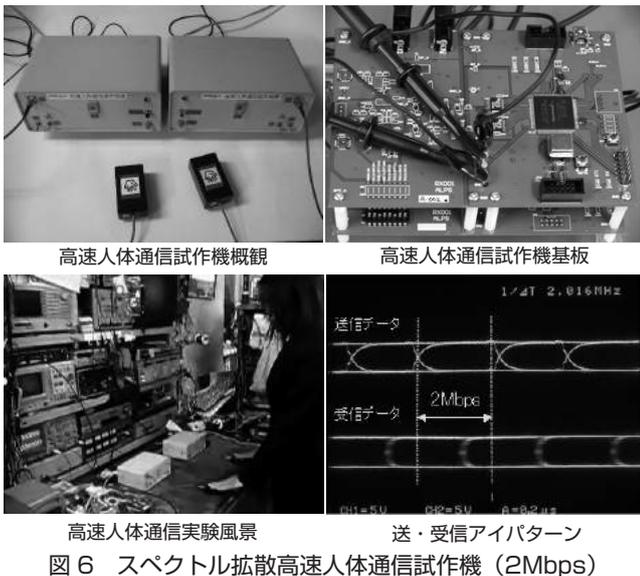
人体通信に使われている技術

人体通信装置は、小型で低消費電力の低速狭帯域通信と、大容量の情報を短時間で送る高速広帯域通信に大別される。

前者はシンプルなアナログ変調や FSK、PSK、ASK などの狭帯域デジタル変調が用いられ、電池駆動でも長時間の運用ができるように工夫されている。

後者は、大容量高速通信を行うために多値変調や OFDM のようなマルチキャリア方式、また、外来雑音や干渉に強いスペクトル拡散方式などの広帯域通信技術が用いられている。筆者はアルプス電気と共同で電界方式によるスペクトル拡散高速広帯域人体通信の研究を行っている。図 6 に共同開発した電界方式の 2Mbps 高速人体通信試作機の概観、試作機基板、実験風景、ベースバンド信号（上段は送信データ、下段は受信データ）のアイパターンを示す。

最新技術動向



高速人体通信試作機概観
高速人体通信試作機基板
高速人体通信実験風景
送・受信アイパターン
図6 スペクトル拡散高速人体通信試作機 (2Mbps)

人体通信技術の医療応用

これまで人体通信は、人体を伝送路として通信を行う「情報通信機器」に着目する応用がほとんどであったが、最近ではそのアプリケーションも情報通信業界のみならず、医療分野、ヘルスケアやエステ分野、自動車産業、ロボット産業、FA 業界などへと広い分野に広がっている。人体通信は人体を媒体とした通信であるので、特に人体通信の医療分野応用への注目度が高い。

図7に10MHzの人体通信受信機の一例を示す。図に示すように、受信機の電極では、搬送波が10MHzの通信信号と共に生体情報も受信している。電極の給電点に、本来の情報通信を行うための中心周波数が10MHzのバンドパスフィルタと、低い周波数に分布する生体情報を通過させる遮断周波数が500Hz

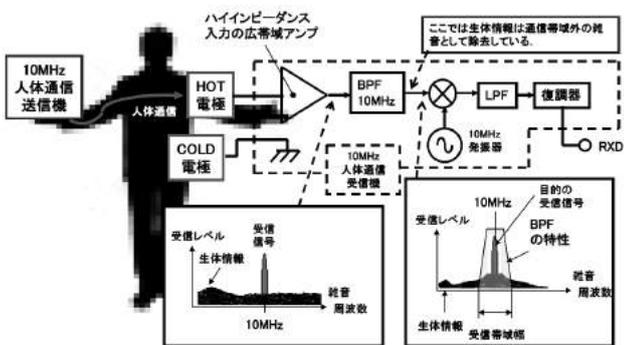


図7 人体通信受信機が受信している信号

程度のローパスフィルタから構成される信号分配器(デュープレクサ)を設ければ、電極から混在して入力される10MHzの通信信号と低周波領域の生体情報を分離でき、図8に示すような生体電位測定機能付き人体通信受信機となる。また、電極から得られる生体情報を、図9に示すように人体通信送信機内で本来の送信する情報に重畳して送出すると、人体通信を行いながら生体情報も同時に人体通信受信機に向けて送る生体電位測定機能付き人体通信送信機が実現できる。図10に簡易的な心電情報測定機能付き人体通信送信機のブロック図を示す。

すでにワイヤレス心電計やワイヤレス脈動計などが製品化されているが、それらのほとんどは生体情報センシング回路と微弱無線回路や2.45GHzの近距離無線通信用回路を組み合わせた構成になっている。この

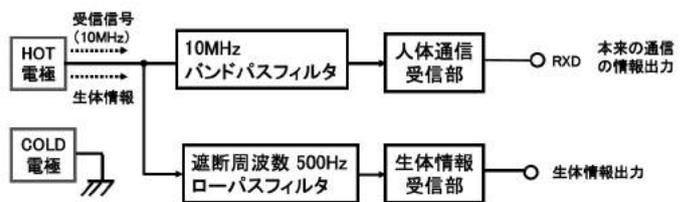


図8 生体電位測定機能付き人体通信受信機 ブロック図

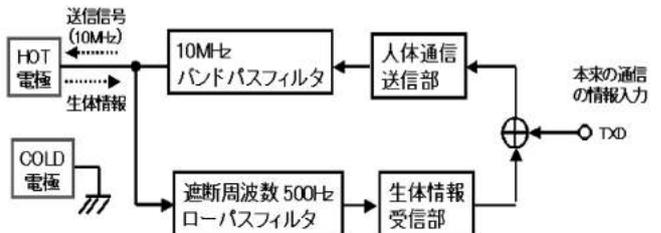


図9 生体電位測定機能付き人体通信送信機 ブロック図

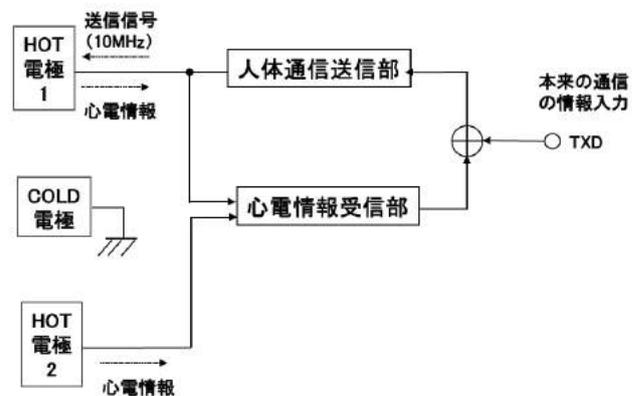


図10 心電情報測定機能付き人体通信送信機 ブロック図

近距離無線通信回路を人体通信回路に置き換えると、人体通信回路の多くの部分が生体情報センシング機能として流用でき、そして、無線通信のアンテナに相当する人体通信の電極を生体情報センサの電極として共用できるので、非常にシンプルな構成の装置が構成できる。また、病院などで使用するときには留意しなければならない他の無線通信システムや医療機器との干渉も、人体通信を用いると少なくできる。

図11に示すように、ベッドに寝ている人の生体情報と個人識別情報を人体上の人体通信送信機からベッドに取り付けられた人体通信受信機へワイヤレスで送り、そこから公衆回線やインターネットを介して、遠く離れた病院へこれらの情報を伝送すれば、遠隔ヘルスケア・システムが実現できる。図12に筆者らの試作機を用いた実験風景を示す。人が椅子に座るときに、電極を埋め込んだ肘あてに手をのせると、そこで取り出された心電図波形を人体通信送信機により送出し、離れたディスプレイに個人識別情報（ID）と心電図波形を同時に表示するシステムである。

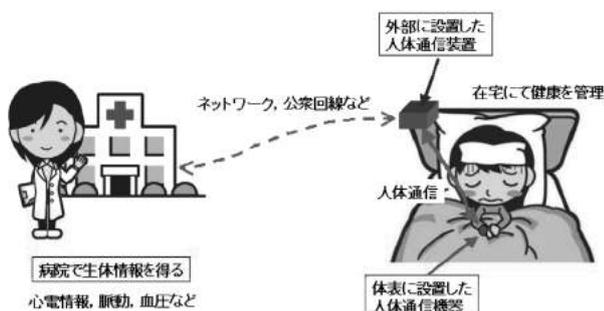


図11 人体通信の遠隔ヘルスケア・システム応用

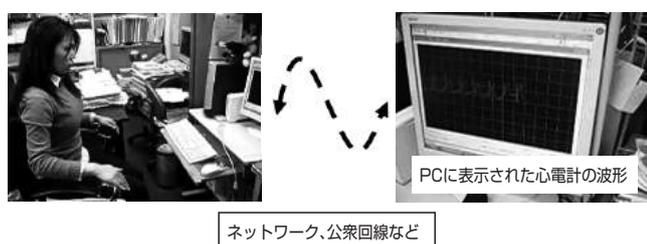


図12 遠隔心電計の試作装置

心電計用の非接触電極

人体通信技術と生体情報センシング技術の融合に関して筆者に問い合わせが多いものに、心電計用の非接触電極がある。東京電機大学の植野彰規氏は、この

分野で著名な研究者である。(http://www.tv-tokyo.co.jp/wbs/toretama/080718.html)

植野氏は、図13に示すように容量結合を応用した布製電極を用いて、微弱な電気信号を検出できることを試作機により立証した。これは、新生児の心電図や呼吸計測において、センサの着脱に起因する医療過誤や新生児への皮膚への障害を減らすことや、病院内の成人用ベッドに組込めば、センサ類を体に装着せずに、昼夜を問わず心停止や呼吸停止を検出することにも応用できる。心電図以外に筋電図を計測することも確認されており、リハビリテーションや福祉分野への応用に期待が高まっている。

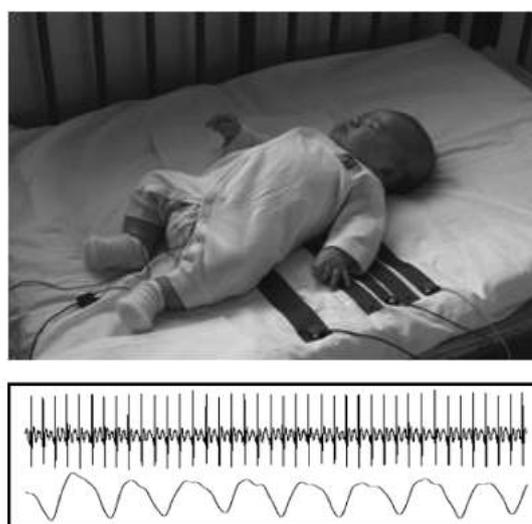


図13 心電計用の非接触電極
(写真提供：東京電機大学 植野彰規氏)

さいごに

筆者の夢は、人体通信技術を用いて脳波と脳波の通信を実現することである。国際電気通信基礎技術研究所(ATR)は、人が目の網膜でとらえた情報を、脳の後頭部にある視覚野から電気信号として取り出し、人間が目で見た画像をディスプレイに映し出すことに世界で初めて成功した。まだ夢物語かもしれないが、この人間情報センシング技術と人体通信技術を併用し、目や耳がご不自由な方の代わりに、健常者が見たり聴いたりした情報を、ご不自由な方に伝送できる人体通信装置が実現できることを願っている。