

ヒューマンセントリックIoTに向けた フロントデバイス技術

Front-end Device Technology for Human-Centric IoT

● 沢崎直之
● 中本裕之

● 石原輝雄

● 毛利真寿

● 村瀬有一

● 榎井昇一

あらまし

あらゆるヒト・モノ・環境の情報がデジタル化され、ネットワークにつながるIoT (Internet of Things)の時代を迎えている。IoTにおけるフロントデバイスは人の活動する場に配置され、実世界の様々なモノからリアルタイムにデータを取得し、タイムリーに必要なサービスをユーザーに提供する役割を担う。フロントデバイスの動向として、携帯するデバイスでは個人の健康や行動情報を連続的に取得したり、パーソナライズサービスに有用なデータを効率的に取得したりする場合に利用され始めている。環境側に配置されるデバイスでは、人がいない場所や時間帯の環境情報を継続的に取得することや、人の行動を観察する場合に利用され始めている。筆者らはこの動向に対し、ウェアラブルスタイルでICTを利用するユーザーインターフェース技術や、メンテナンスフリーでデバイスを制御する技術を開発している。

本稿では、人の活動の場を常時ICTで支えることを目指して開発したグローブ型入力デバイス、指輪型入力デバイス、メンテナンスフリービーコンなどの開発事例や、エネルギーハーベスト向け昇圧コンバーターなどの将来技術の取組みを述べる。

Abstract

We are now in the age of the Internet of Things (IoT), in which all information about humans, things and the environment is digitized and connected to networks. Front-end devices in the IoT, which are provided in places where people carry out activities, play the role of acquiring data from various things in the real world, in real time, and offering the necessary services to users in a timely manner. The trends of front-end devices show that portable devices are beginning to be used for continuously acquiring information about personal health and behavior and efficiently acquiring data useful for personalized services. Meanwhile, devices placed in the environment are beginning to be used to continuously acquire environmental information in unmanned locations or hours and observe the behavior of people. In response to these trends, we are developing user interface technology that uses information and communications technology (ICT) through wearable devices and technology that controls devices without requiring maintenance. This paper presents examples of our development of a glove-style input device, ring-type input device and maintenance-free beacon. They have been developed with the aim of constantly supporting people's fields of activities. This paper also describes our approach to future technologies such as a booster converter for energy harvesting.

まえがき

あらゆるヒト・モノ・環境の情報がデジタル化され、ネットワークにつながるIoTの時代を迎えている。富士通は、生活者、企業、社会の実現したい「コト」や、やらなければならない「コト」を人間中心の考え方で把握し、提供価値をお客様と共創することで、豊かな社会を築く「ヒューマンセントリックIoT」の実現を目指している。IoTにおけるフロントデバイスは、実世界のリアルタイムなデータを取得し、サービスをユーザーに提供する役割を担う。

本稿ではフロントデバイスの開発事例とその将来技術の取組みを説明する。

フロントデバイスに期待される機能

フロントデバイスは、「人が携行するデバイス」と「環境側に配置されるデバイス」に大別できる(図-1)。IoTの進化に伴い、フロントデバイスでは、継続的にきめ細かく実世界の情報を取得するための技術開発が活発になっている。携行するデバイスでは、必要なときに取り出して使用するスマート端末から、常時身に付けて使用するウェアラブルデバイスへと進展している。ウェアラブルデバイスは、自動的に生体情報を検知するセンシング機能や即応性の高いユーザーインターフェース機能によって、個人の健康状態や行動のデータを継続的に取得したり、パーソナライズサービスに有用なデータを効率的に取得したりするなどの利用

が期待される。

一方、環境側に配置されるデバイスは、ネットワークにつながった設備や道具から空間に分散配置する小型の環境センサーへと進展している。環境センサーは、人がいない場所や時間帯の環境情報を継続的に取得することや、分散配置したセンサーで人の行動を多面的に観察する場合などでの利用が期待される。

このように、フロントデバイスには実世界で生じている人の活動状況や環境の変化を検知し、その場に最適なサービスを提供するために必要となる技術が求められる。例えば、ヒューマンインターフェースの面では、従来の端末対面型ではなく、活動の中でICTを利用可能な五感を利用したユーザーインターフェースや、個人差に適応した装着や設置場所の柔軟な選択を可能にする技術が求められる。更に、莫大な数のデバイスを連携し、継続的に利用するための運用・維持面を想定した省電力技術やエナジーハーベスト技術(環境発電)が重要となる。

フロントデバイスの開発事例

本章では、富士通研究所が開発したフロントデバイスの開発事例を紹介する。ウェアラブルデバイスの事例として、スマートフォンと連携して使用するグローブ型入力デバイスと指輪型の入力デバイスを、また環境側に配置するデバイスとしてメンテナンスフリービーコンを取り上げる。

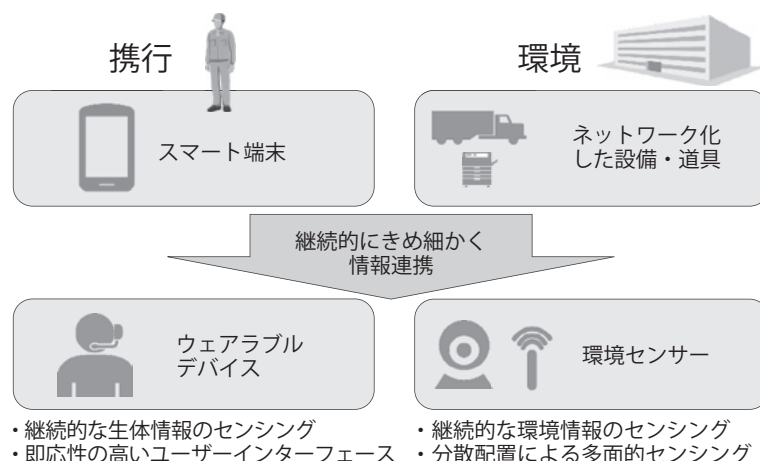


図-1 IoTの進化とフロントデバイス

● グローブ型入力デバイス

スマートフォンやタブレットなどのスマート端末を用いた作業記録の電子化や作業効率の向上など、作業現場を支援する試みが行われている。更に、工場や施設の点検といった手作業が頻繁に発生する現場では、情報閲覧にヘッドマウントディスプレイ（以下、HMD）も適用され始めている。しかし、HMDは画面を直接タッチできないため、作業しながら情報操作できる新たな入力インターフェースが求められている。

そこで、筆者らは作業行動を起点としてICTを活用する入力ウェアラブルデバイスとして、グローブ型の入力デバイスを開発した⁽¹⁾。外観と構成を図-2 (a)、施設点検の応用シーンを図-2 (b) に示す。本デバイスは情報のゲートウェイとして用いるスマートフォンと近接無線Bluetoothで接続し、指先のNFC（Near Field Communication）リーダと片手の手先の動きを使ったジェスチャ入力機能を有している。NFCリーダは、NFCタグを貼った作業対象物や作業場所にタッチするという単純な行動で情報を絞り込む目的で利用する。一方、手先のジェスチャは、タグで絞り込んだメニューなどを

選択操作するなどに利用する。ジェスチャ入力の実用性は、通常の作業の動きとジェスチャの動きを識別する性能がポイントとなる。

そこで、本デバイスには作業中の様々な手先位置で直接ジェスチャ入力モードに移行できる操作インターフェースを設けている。具体的には、図-2 (c) に示すように、意識して手首を甲側に曲げる背屈状態を検知し、背屈状態のままの手先の軌道でジェスチャを入力する。このような背屈状態は、通常の行動ではほとんど現れることなく片手で実現できるため、高い信頼性と操作性でジェスチャ入力を可能にする。手先の軌道は手首部に搭載したモーションセンサーで推定し、図-2 (d) に示す六つのジェスチャに対して、98%の認識率を実現した。今後、手先のNFCアンテナ部を作業手袋と一体化し、手袋装着が必須な点検や組立現場での適用を検討する。

● 指輪型入力デバイス

本節では、操作姿勢のまま片手で情報操作できるグローブ型入力デバイスのメリットを維持し、デバイスの小型化とセンサー処理を高度化させた指輪型の入力デバイスを紹介する。指先の動きで

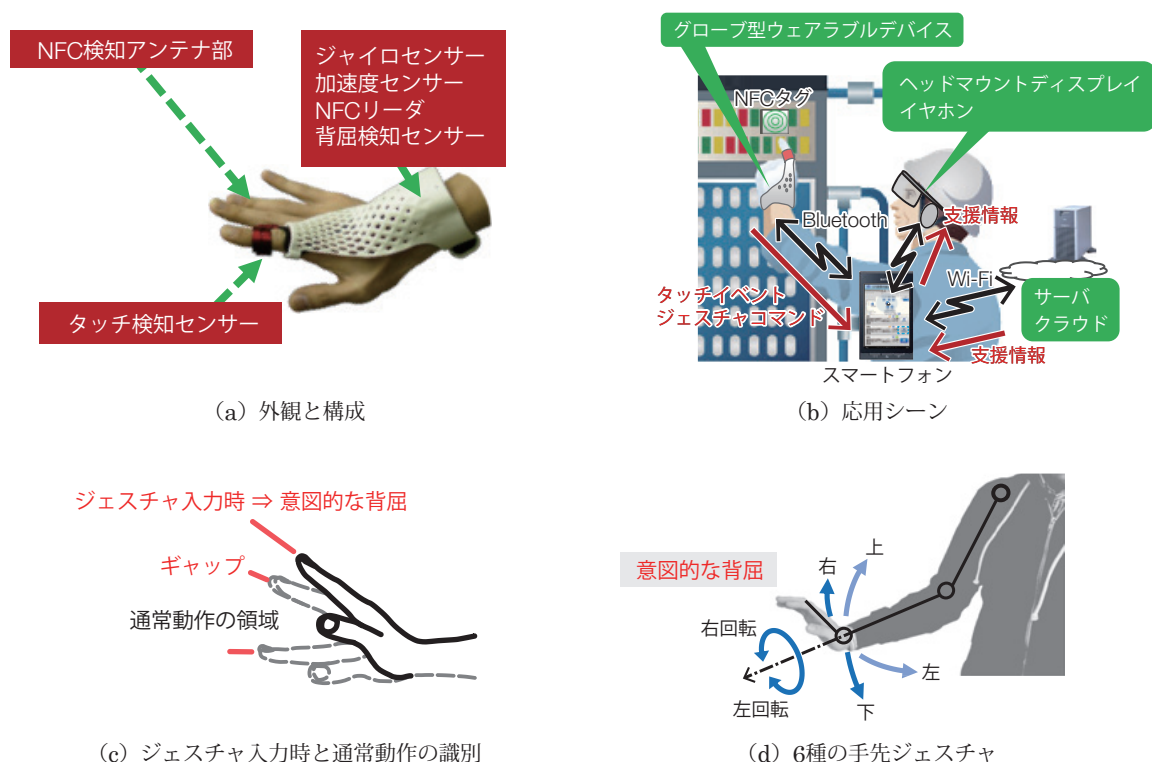


図-2 グローブ型入力デバイス

空中に数字や文字を手書きできることを共通機能として、図-3 (a) のNFCリーダ機能を搭載したタイプと、図-3 (b) のカメラによるQRリーダ機能を搭載したタイプの2モデルを開発した。いずれの指輪にも、モーションセンサー、センサー処理マイコン、近接無線のBluetooth Low Energy (BLE)、および充電可能な二次電池を搭載している。NFCのリーダ機能を搭載した指輪には、指先側端部にタグ検知部を設けており、指先を曲げてタグに近接させて操作ボタンを押したタイミングで検知する。カメラによるQRコードの認識は、応答性を重視して画像処理拡張マイコンで処理する方法を採用している。QRコードタグの認識は、ターゲットとなるタグに手先でアクセスし、親指で操作ボタンを押すタイミングで実行する。読み取りに際して、指輪に搭載したカメラがターゲットとなるQRコードに向いているか判別できるように、LEDライトでターゲティングできる機能も搭載している。また、点検作業などで狭い場所にある不具合

箇所の画像を記録できるように、カメラ画像をスマート端末に転送する機能も搭載した。

空中での手書き文字入力機能に関して、文字の認識は無線連携するスマート端末側で行う。空中手書き文字の処理フローを図-3 (c) に示す。文字の入力は、指輪の側面に搭載した操作ボタンを親指で押し込むことで開始し、一筆で1文字を書き終わったら操作ボタンの押し込み力をリリースすることで、通常の指の動きと文字の入力動作の区間を識別する。誤入力に対する訂正コマンドも、この入力区間の指先の動きで判別する。文字入力の終了時に親指を物理的にボタンから離反させる必要はなく、また文字の大きさ、入力位置を意識する必要もないため、連続的に操作しても疲労は少ない。文字の軌跡は、指輪型入力デバイスに搭載したモーションセンサーのデータから、体の揺れの動きと比較して手書き文字による動きが支配的な運動成分を抽出し、疑似的に生成している。一筆書きの文字の中で、余分と推定される軌跡を削

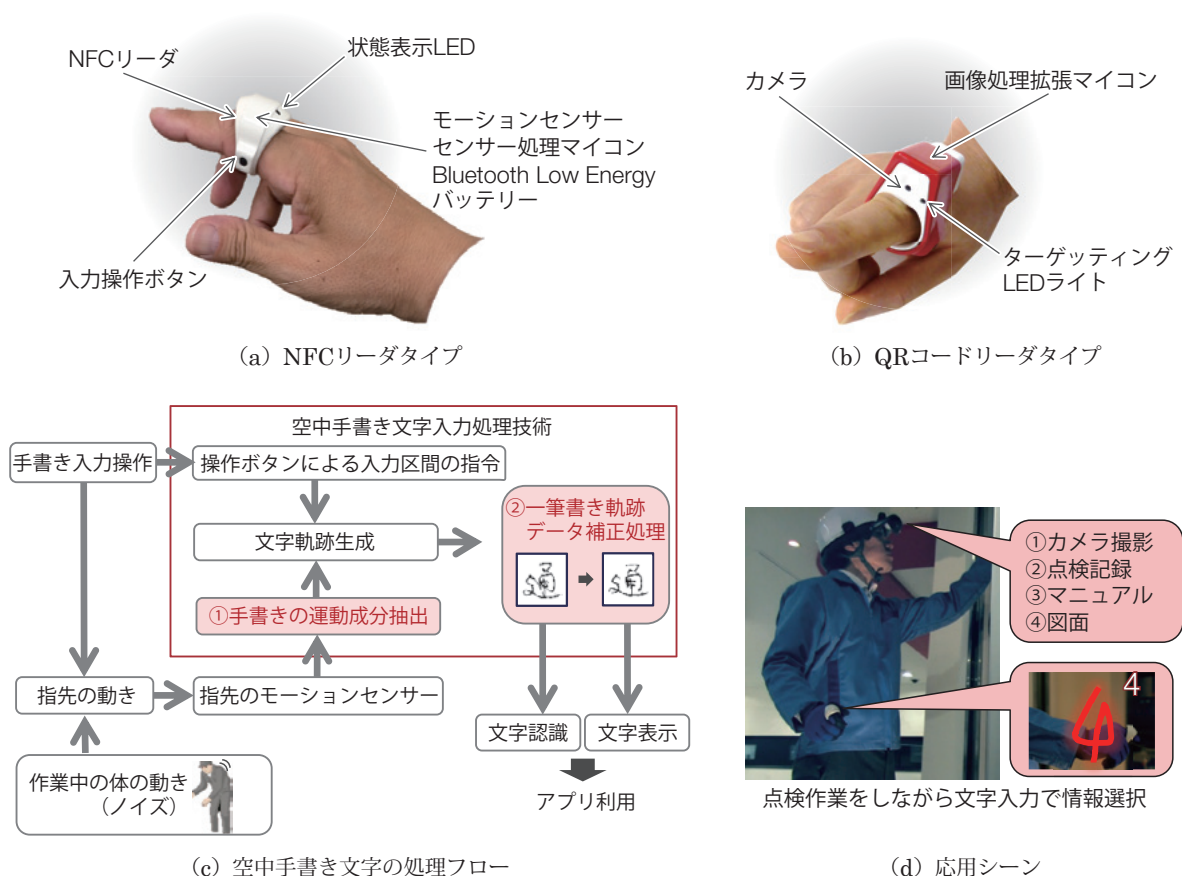


図-3 指輪型入力デバイス

除するなどの軌跡の補正処理を行った後に、文字の認識処理を行っている。認識率は、数字と大文字のアルファベットに限れば95%以上を達成しており、操作に慣れると数字入力軌跡を見ずに行えるようになる。数字の認識結果は、HMD内のメニュー番号の選択や、メーター点検やピッキング業務における数値記録に利用する {図-3 (d)}。

● メンテナンスフリービーコン

地下やビル内でのGPSでは実現困難な経路誘導や接近時の情報提供を目的とし、センサーノードのメンテナンスフリー化、設置の自由化を特徴とする、フレキシブルで電池交換が不要なビーコンを開発した⁽²⁾。開発したビーコンの外観を図-4 (a) に示す。このビーコンは、フレキシブル太陽電池(PV)を電源とし、その出力を体積やコストの大きな電源ICや二次電池を介さず、小さな蓄電素子のみを電源安定化に使用し、直接BLE無線モジュール(以下、BLE)に接続し、1秒間に3回のビーコン送信を可能にしている。

このメンテナンスフリービーコンでは、図-4 (b)

に示す電源制御を行っている。電源ON後、電源電圧VDDがVref1より小さい場合、BLEはOFF状態で、PVからの電荷は蓄電素子Cに蓄積される。VDDがVref1より大きくなるとBLEがONとなり、同時に電源監視用コンパレータCP1の電源供給を停止することで、不要な電力消費を削減している。BLEの電力消費によりVDDが低下しても、Vref2(<Vref1)以下に低下するまではBLEが通信を継続できるように、Vref1、Vref2と蓄電素子Cの値が調整されている。Vref1、Vref2は、CP1、CP2の内部で生成されている。体積の大きな電源ICを使用することなく電源制御を実行することで、厚さ2.5 mm、重さ3 gのビーコンを実現している。またこのビーコンは、薄く柔らかいため、電波発信位置として障害物の少ない天井灯の隙間にも設置できる。

ヒューマンセントリックIoTの将来技術

多数のセンサーノードを有するIoTのサービスを実行する上では、デバイスに使用される電池の交

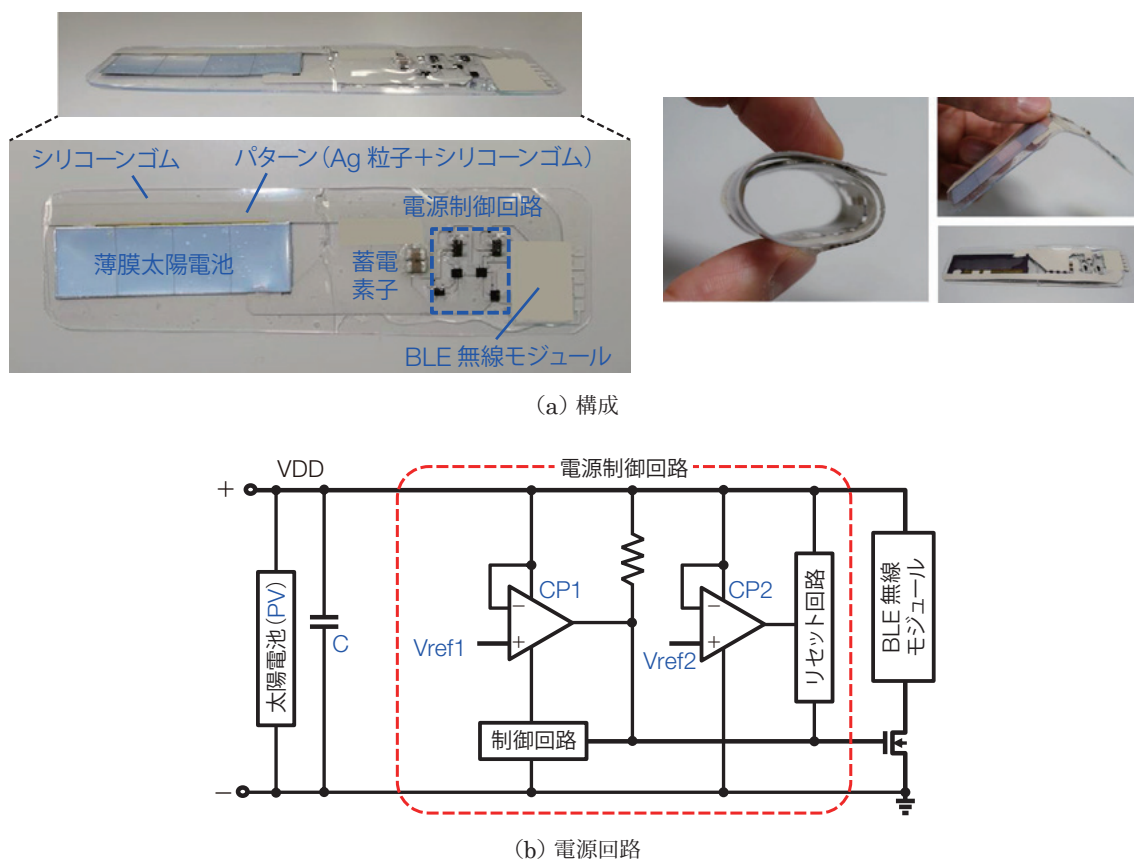


図-4 メンテナンスフリービーコン

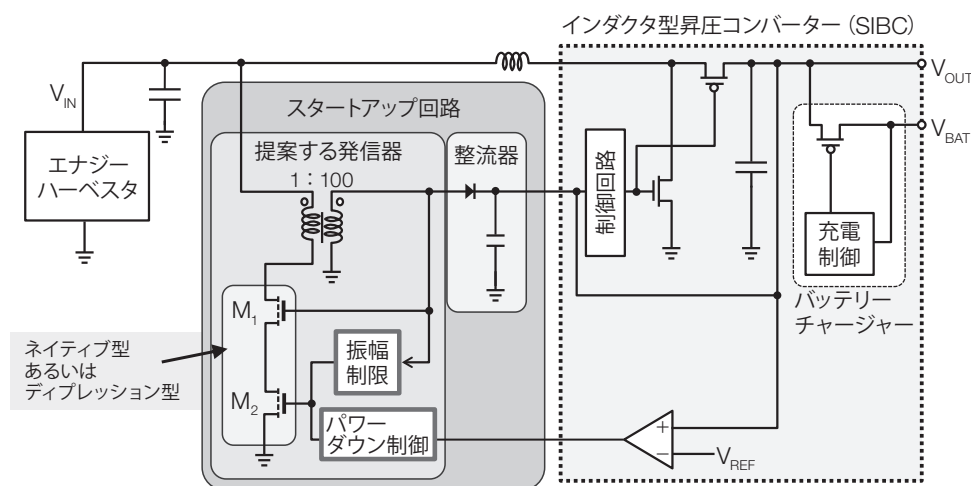


図-5 広入力電圧・高効率昇圧コンバーター

換や充電などに要する人件費が問題となる。電池交換を不要とする手段として、エネルギーハーベスタ技術の利用が注目されている。エネルギーハーベスタ技術は、光、振動、温度差などの環境エネルギーを電気に変換するエネルギーハーベスタと呼ばれるデバイスを用いる技術である。その出力電圧は動作環境によって大きく変化するため、一次電池などと比較すると不安定な電源と言える。

環境の変化に伴うエネルギーハーベスタの出力変動を補償し、その出力電圧を負荷の動作電圧まで増加させるために、昇圧コンバーターが必要となる。筆者らは、これまでの昇圧コンバーターに比べて、広い入力電圧に対応し、高効率で、二次電池への充電機能を備えた昇圧コンバーターを開発した。⁽³⁾

開発された昇圧コンバーターの構成を図-5に示す。メイン回路部では、インダクタの充放電により昇圧を実現するインダクタ型昇圧コンバーター(SIBC: Switched Inductor Boost Converter)を採用している。エネルギーハーベスタからの入力電圧 V_{IN} によって、トランス型発振器と整流器で構成されるスタートアップ回路が動作を開始し、後段のSIBCを V_{IN} よりも高い電圧で駆動する。

発振器のメインスイッチ M_1 には、トランスコンダクタンスの高いネイティブ(しきい値が約0 V)型、もしくはディプレッション(しきい値が0 V以下)型MOSFETが使用されており、微小入力電圧でも発振が可能となる。トランスには1:100の巻線比を用いているため、スタートアップ回路の

出力発振振幅は大きな値となる。一方で、入力電圧が高い場合に回路を保護するため、発振器の振幅を自動で制限する振幅制限回路を搭載している。更に、高効率化のため、SIBCが動作を開始した後に、発振器を自動停止するパワーダウ制御回路を追加している。この回路の使用により、人の体温で発電した微小入力電圧を二次電池に充電することや、センサーを動作させることが可能になる。

提案したスタートアップ回路をディスクリート部品で実装し、入力電圧範囲として60 mV ~ 3 Vを達成した。また、最大効率は92%、最小効率は45%と高効率化にも成功している。

富士通研究所では、こうした電源技術に加え、現場の設置・運用上の課題となる無線技術の開発を行っている。すなわち、ヒューマンセントリックIoTを実現するために、医療向けにBAN(Body Area Network)を構成する超低電力無線や、大容量データ転送向けに10 Gbps以上を達成可能な300 GHz帯小型受信機などの無線技術の確立、各種センシング技術を開発している。

む す び

本稿では、ヒューマンセントリックIoT実現に向けた取組みとして、ジェスチャ入力可能なグローブ型入力デバイスと、これを高度化し、指先の動きによる文字認識やQRコード認識を可能にする指輪型デバイスという2種類のウェアラブルデバイス、および環境設置で経路誘導などを目的とした

電池交換が不要なメンテナンスフリービーコンを紹介した。

今後は、エネルギーハーベスト向け電源技術、無線送受信の低消費電力化・高速化技術、各種センシング技術などのフロントデバイスの基盤技術を実用化し、お客様への提供価値の高いヒューマンセントリックIoTを実現していきたい。

参考文献

- (1) S. Jiang et al. : Developing a Wearable Wrist Glove for Fieldwork Support : A User Activity-Driven Approach. SICE International Symposium on

Control Systems, p.22-27, 2015.

- (2) A. Muramatsu et al. : Thin and Flexible IoT-supporting beacon requiring no battery replacements. The 6th International Conference on Integrated Circuits, Design, and Verification (ICDV 2015), Session II, paper #15, 2015.

- (3) H. Gao et al. : A 60 mV-3 V input range boost converter with amplitude-regulated and intermittently operating oscillator for energy Harvesting. IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), p.3283-3290, 2015.

著者紹介



沢崎直之 (さわさき なおゆき)

ユビキタスシステム研究所
ユビキタスデバイスプロジェクト 所属
現在、ユビキタスデバイスのビジネス
応用技術の研究開発に従事。



村瀬有一 (むらせ ゆういち)

ユビキタスシステム研究所
ユビキタスデバイスプロジェクト 所属
現在、ユビキタスデバイスによるユー
ザーインターフェースやセンシング技
術の研究開発に従事。



石原輝雄 (いしはら てるお)

ネットワークシステム研究所
メンテナンスフリーセンシングプロ
ジェクト 所属
現在、IoT用センサーノードのビジネス
応用の研究開発に従事。



桒井昇一 (ますい しょういち)

ネットワークシステム研究所
メンテナンスフリーセンシングプロ
ジェクト 所属
現在、IoT用センサーノードに関する無
線・センシング技術の研究開発に従事。



毛利真寿 (もうり まこと)

ネットワークシステム研究所
メンテナンスフリーセンシングプロ
ジェクト 所属
現在、IoT用センサーノードに関する信
号処理技術の研究開発に従事。



中本裕之 (なかもと ひろゆき)

ネットワークシステム研究所
メンテナンスフリーセンシングプロ
ジェクト 所属
現在、IoT用センサーノードに関する無
線・電源技術の研究開発に従事。