

ビッグデータを生み出せない無線センサネットワーク

猿 渡 俊 介^{*}・渡 辺 尚^{**}

^{*} 静岡大学, 静岡県浜松市中区城北 3-5-1

^{**} 大阪大学, 大阪府吹田市山田丘 1-5

^{*} Shizuoka University, 3-5-1 Joshoku, Naka-ku, Hamamatsu, Shizuoka 432-8011 Japan

^{**} Osaka University, 1-5 Yamadaoka, Suita, Osaka 565-0871 Japan

^{*} E-mail: saru@inf.shizuoka.ac.jp

^{**} E-mail: watanabe@ist.osaka-u.ac.jp

キーワード：無線センサネットワーク, ビッグデータ, 無線 LAN, 無線電力伝送, エナジーハーベスト
JL 002/02/4202-0086 ©2002 SICE

1. はじめに

自分の頭の中で描いたものが物理空間上に即座に反映される。筆者猿渡が10年前の卒業論文のテーマを探し始めた時に実現したいと思った研究の最終ゴールのイメージである。当時、情報工学科の学生であった筆者猿渡は、パーソナルコンピュータ上、インターネット上であれば、そして時間さえ許せば頭の中で描いたものはある程度は実現できる感覚があった。パーソナルコンピュータとインターネットの次に来るコンピュータ・ネットワークはどのようなものだろうか。当時の筆者の頭の中では、コンピュータの織りなす電脳空間とわれわれの生活する物理空間が融合するものになるだろうという漠然としたイメージがあった。

物理空間を扱うコンピュータ・ネットワークを考えた場合に、当時圧倒的に足りていなかったのが物理空間の情報を電脳空間に取り込むための入力機能である。パーソナルコンピュータは基本的にはキーボードとマウスしか入力機能を持っていない。物理空間と電脳空間を密結合するためにはセンサやアクチュエータをネットワークに接続しなければならない。そしてそのためにはまずは入力機能である無線センサネットワーク技術を確立すべきである。

このような観点から、無線センサネットワークのハードウェアプラットフォームである U³(図1)¹⁾ や、無線センサネットワークのアプリケーションの一つである地震センサネットワーク(図2)²⁾ に取り組んできた。しかしながら、無線センサネットワークの研究を進めれば進めるほど2つの大きな壁が存在することが分かってきた。本稿では、まずは2節において無線センサネットワークの魅力について再考したのちに、3節で現状の無線センサネットワークの課題、4節で課題を打破するための技術的アプローチについて、5節で社会的アプローチについて述べる。最後に6節でまとめとする。

2. 無線センサネットワークの魅力

無線センサネットワークの原点として、1999年の ACM MobiCom で発表された Smart Dust のコンセプト論文³⁾ が挙げられる。Smart Dust とは、MEMS 技術を用いて作られたセンサ、無線通信機能、CPU、太陽光パネル、バツ

テリが組み合わさってできた数ミリ四方の無線センサノードである。Smart Dust を空から散布して、それぞれのセンサノードが互いに通信し合いながら物理空間の情報を集める。応用としては、戦場に磁気センサを具備した Smart Dust を散布することで戦車や自動車を追跡するといったサイエンスフィクションのようなシナリオが描かれていた。

Smart Dust のコンセプトはどの点にインパクトがあったのであろうか。筆者は小型である点とワイヤレスである点であると考えている。小型かつワイヤレスであるがゆえに、物理空間のどこにでも高密度にセンサを埋め込むことができる。当時は Smart Dust をペンキに入れて壁に塗りこむというアイデアもあった。パーソナルコンピュータと比べても Smart Dust の小ささは桁違いであり、まさに次世代コンピュータ・ネットワークの風格がある。

Smart Dust を起点として、ここ15年間で様々な観点で無線センサネットワークの研究がなされてきた。無線センサネットワークでは、これまで想像もしなかったような場所にセンサを埋め込むことができるため、応用範囲が広い。例えば、畜産業のようなこれまで情報通信があまり使われて来なかった分野にも適用できる。酪農などの畜産業では、牛という資産の回転率で経営効率が決まるため、発情期を正確に把握することが重要となる。発情期の雌牛の歩数は

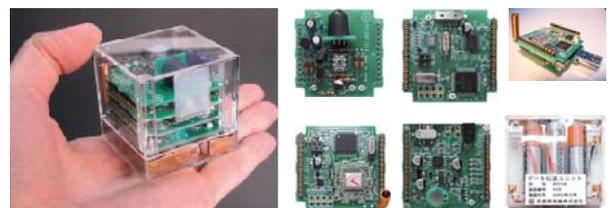


図1 無線センサネットワークテストベッド: U³



図2 地震センサネットワーク

8,000~12,000 歩/日 (通常期は 2,000~3,000 歩/日) であるとともに、雄牛に追いかけるので円状に歩くことが多くなることを利用すれば、加速度センサや歩数計などを利用して発情期を的確に把握することができる。発情期の雄牛は、上下運動が多くなるとともに、雌牛を追いかけるために円状に歩くことが多くなることから、雄牛の発情期の把握も可能である。さらに、発情開始から 15 時間以内に受精すると雌牛が、15 時間以降に受精すると雄牛が生まれる確率が高いことが知られているため、発情期を把握することができれば雄牛や雌牛の産み分けも可能となる。

すでに無線センサネットワークが展開されている例として、スマートグリッドが挙げられる。図 3 にスマートグリッドの全体像を示す。スマートグリッドは、通常の発電機で生成される電力、太陽電池や風力発電などのクリーンエネルギー、電気自動車に蓄積された電力、家庭内で利用される電力をリアルタイムに取得して電力の発電量・蓄積量・消費量を最適化するシステムである。これに向け、国内外のメーカを中心に、電力メータの無線センサネットワーク化を実現するスマートメータが展開されている。既に日本でも、遠隔検針を目的として電力会社やガス会社がスマートメータを導入した例が存在する。

無線センサネットワークによって人と人との関係性をセンシングしてビジネスの効率化を図ろうというのがビジネス顕微鏡である⁴⁾。ビジネス顕微鏡では、赤外線センサ・加速度センサ・マイク・無線通信デバイスを内蔵した名札型のセンサノードを社員が装着し、組織内での対面コミュニケーションの頻度や活動状況の可視化を行っている。センサからの情報を利用して社員のコミュニケーションタイプをマネージャ型・社交型・特定型・個人作業型に自動分類したり、活動量を可視化したりすることで、組織運営に伴うリスクの低減や生産性向上を目指している。

3. ビッグデータに対する現状の無線センサネットワークの課題

無線センサネットワークと全く異なる方向から電腦空間上で物理空間の情報を扱うことが注目されている。データベース分野に端を発したビッグデータである。これまでの電腦空間では、ビッグデータとして、第 1 のメディアである

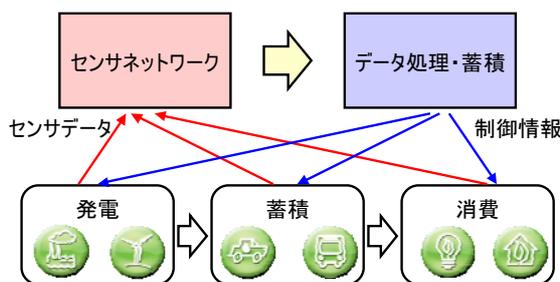


図 3 スマートグリッド

人が目から取り込む情報である画像・映像、第 2 のメディアである人が耳から取り込む情報である音声、第 3 のメディアである文字として表記されたテキストを扱ってきた⁵⁾。これらのメディアは人を中心としたメディアである。現在の Google, facebook, Amazon といった新興企業はこれらのビッグデータを有効活用しながら成長している。

これからビッグデータの鍵となるのがモノを中心とした第 4 のメディア、センサデータである⁵⁾。様々な場所に高密度に埋め込んで物理空間の情報を電腦空間に取り込むことのできる無線センサネットワークと、センサデータを扱うビッグデータ処理とは、一見相性が良いように見える。しかしながら、現在の無線センサネットワークを用いてビッグデータを生み出すためには乗り越えなければならない課題が 2 つある。

3.1 技術的課題: 通信と電力

無線センサネットワークの大きな利点がワイヤレスであることである。ワイヤレスであるがゆえに、有線という物理的な束縛から解放されて簡単に空間に埋め込むことができる。ところが、通信のワイヤレス化は簡単でも電力のワイヤレス化は難しい。現状では電力に電池を用いているが、電池は保持しているエネルギーが有限であるため、根本的な解決にはならない。

無線センサネットワーク技術を用いて単 3 電池 1 本でどれだけデータを集めることができるであろうか。単 3 電池 1 本あたりが具備するエネルギー量は大まかに見積もると 10,000 J である。MEMSIC 社から発売されている MICAz を初めとして様々な無線センサネットワークで利用されている RF モジュール CC2420 の駆動電圧は 3.0 V、送信電力 0 dBm での消費電流が 17.4 mA、通信速度が 250 kbps である。すなわち、CC2420 で 1 ビット送信するのに必要なエネルギー量は大まかに見積もると 0.1 μJ となる。単 3 電池のエネルギーを全て物理空間のデータ取得に利用できたとしても、単 3 電池 1 本分である 10,000 J ではせいぜい 1 GB のデータしか得ることができない。

1 GB は上限であって、実際に集めることができるデータ量はさらに小さくなる。無線センサノードでは、センサを駆動するエネルギー、CPU を駆動するエネルギー、通信距離を伸ばしたい場合には送信電力の増分のエネルギー、マルチホップする場合には中継エネルギー、一時的に内部ストレージに保存する場合にはフラッシュメモリを読み書きするエネルギー、時刻同期に要するエネルギーなど、送信エネルギー以外にもさまざまなエネルギーを消費する。

現在の無線センサネットワークにおける省電力化技術は、基本的には送信データサイズや送信頻度を下げることによってスリープ時間を増やすことで実現されているため、抜本的な解決にはならない。現在のスマートメータでは電池を 10 年も持たせる仕組みが実現されているが、通信頻度は 1 日 1 回程度と少ない。単 3 電池 1 本分で長寿命動作したと

しても、センサからのデータの取得間隔を大きくしているに過ぎないため、実際に得られるデータ量は1 GBを超えない。

3.2 社会的課題: 導入・維持・管理

仮に通信と電力の技術的な課題が解決したとしても、誰が無線センサネットワークを導入・維持・管理するかといった社会的な課題が残る。誰が初期費用を負担するのか、誰が維持・管理するのか、維持・管理に要する費用は誰が負担するのかなどを設計できなければ無線センサネットワークがどんなに有益であったとしても普及することはない。さらに、無線センサネットワークでビッグデータを生み出せるようになったとすると、ビッグデータをどのように維持・管理するかも考えなければならない。

「無線」というキーワードを無視した場合、今の街では、既に多くのセンサがネットワーク化されている。下水道局の水量センサ、道路に付けられた渋滞センサなどは有線によってネットワーク化されている。しかしながら、有線であったとしても、導入・維持・管理の問題はある。例えば、それぞれのセンサデータがそれぞれ異なる組織に属しているがゆえに、組織横断的にセンサデータを利用して新しいサービスを立ち上げるといったことは現状では困難である。

センサデータを活用する試みとして、スマートタウン・スマートシティが挙げられる。スマートタウン・スマートシティでは、住民やセンサ等を通じて収集したビッグデータを利活用して街機能の効率化、街の魅力向上、新たなビジネスや産業の創出等に寄与することを目指した試みがなされている。行政がセンサデータを管理することで、異なる組織に属するセンサデータの利活用がし易くなると考えられる。しかしながら、既存の試みの多くは最終的には自治体で維持管理費用を捻出することを想定している。少子高齢化が進む日本においては、センサネットワークの維持管理費用を自治体、すなわち市民が税金として負担するようなモデルでは普及が限定的になると考えている。

4. 技術的アプローチ

4.1 エナジーハーベストと無線電力伝送

3.1 節に示したように、無線センサネットワークでビッグデータを生み出すためには電力の問題は避けて通ることができない。少なくとも、バッテリー駆動で消費電力を気にしている限りは無線センサネットワークがビッグデータを生み出すコア技術になることはない。バッテリー以外で電力の無線化を考える必要がある。

筆者は、環境発電技術や無線電力伝送技術が電力の無線化の鍵であると考えている。環境発電技術としては、太陽電池、圧電、振動、熱、音響雑音、電波と様々な技術が存在する。無線電力伝送技術としては古くから電波を用いた電力伝送が研究されており、既にRF-IDなどに応用されている。近年では、電磁界の共鳴現象を利用した電磁界共鳴

方式が登場し⁶⁾、マルチホップで電力伝送する方式も検討され始めている。

これらの環境発電技術や無線電力伝送技術の中でも、筆者らは無線LANによって発せられる電波に着目している。無線LANの広帯域化は留まるところを知らない。現在のIEEE 802.11nでは既に商品レベルで600 Mbpsのスループットを達成しており、次世代のIEEE 802.11acでは5GHz帯において数Gbpsの通信が実現される見通しである。

また、携帯電話網のデータオフロードとしても無線LANが積極的に利用され始めている。携帯電話ではスマートフォンの登場も相俟ってデータトラフィックが年々倍増しており、携帯電話網だけでは支えきれなくなりつつある。データトラフィックの増加に対して、各通信キャリアはスマートフォンによるデータ通信を無線LANに逃がすデータオフロードで対応しようとしている。

このように、無線LANが高速化されると同時に無線LANが使用される機会が増えるため、無線LANの電波をレクテナを用いた環境発電のエネルギー源にできる可能性がある。さらに、無線LANの電波を受動的に環境発電に使うのではなく、能動的に無線LANから無線電力伝送するという手も考えられる。電波で電力伝送することを前提とすれば、将来的に無線LANシステムと無線電力伝送システムとを融合できる可能性もあり、無線LANを展開していけばいつでもどこでもネットワーク接続と電力供給が可能な環境ができると考えられる。

無線LANがエネルギー源となることを視野に入れ、筆者らは環境発電駆動の無線センサネットワークの研究を進めている。環境発電では、バッテリーと異なり、電力の充電と消費を繰り返す不安定な動作モデルとなる。例えば、無線LANの電波からエネルギーを得る場合、無線LANのトラフィックやセンサノードとアクセスポイントの間の人の動きなどで得られるエネルギー量が変化する。電力供給が不安定であると、各ノードは周囲のノードがその瞬間に受信可能であるか、充電中かを把握することが困難となる。

このような環境発電駆動の電力供給量が常に変動して不安定になるという問題に対し、筆者らは、レートレス符号化を適用することで高いデータ収集効率を実現するデータ収集プロトコルBurnetを提案している⁷⁾。Burnetでは、各端末が電力に余力がある限り、レートレス符号化を用いて異なるパケット情報を持つ符号化パケットを生成することで、電力を有効活用しながら無駄な通信を削減している。供給電力の変動によってパケット損失が発生したとしても、符号化パケットから損失したパケットの復号を可能としている。

4.2 無線LANとの融合

4.1 節では、無線LANの電波からセンサノードのエネルギーを得るエナジーハーベスティングの無線センサネットワークについて述べた。無線LANの電波からエネルギー

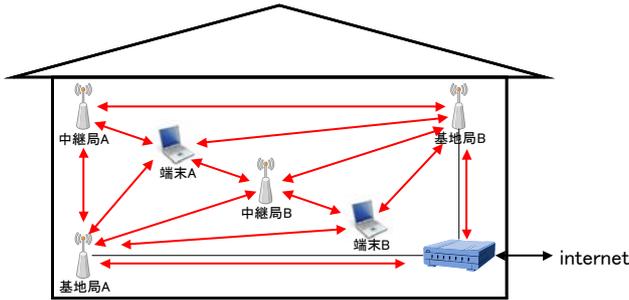


図4 多数の基地局・中継局連携による無線 LAN

を得ることを前提とした場合、空間の各点においてアクセスポイントからの距離が近い方が電波の減衰が少ないため、空間に存在する基地局は多い方が望ましい。さらに、多数の基地局が存在する無線 LAN では、各基地局が連携することで通信のスループット向上も期待できる。

このような観点から、筆者は多数の基地局・中継局連携による無線 LAN の研究を進めている^{8), 9)}。図 4 に多数の基地局・中継局連携による無線 LAN の全体像を示す。図 4 では、1 つの空間に存在する多数の基地局と中継局が連携しながら 1 つの無線 LAN システムを構築している。基地局は有線でネットワーク接続されている。中継局は有線で電力供給されているものの、無線で基地局と端末との通信を中継する。

多数の基地局を連携させた場合、受信信号を基地局間で交換できるため、干渉除去を積極的に利用することができる。干渉除去とは、2 つの通信が衝突した場合に一方の信号が既知であれば衝突信号から既知の信号を除去してもう一方の信号を抽出する技術である。

干渉除去を利用した無線通信方式として、重畳符号化を用いた無線 LAN メディアアクセス制御プロトコル TSPC-MAC (Traffic-aware Superposition Coding Medium Access Control) を提案し⁹⁾、GNU Radio 上での実装を進めている¹⁰⁾。重畳符号化を理解するためには逐次干渉除去を知る必要がある。

図 5 に逐次干渉除去の例を示す。図 5 では、端末 A と端末 B が基地局 A に対して同時にフレームを送信して 2 つのフレームが重なったものを基地局 A が受信している。端末 B の方が端末 A よりも基地局 A に近かった場合、基地

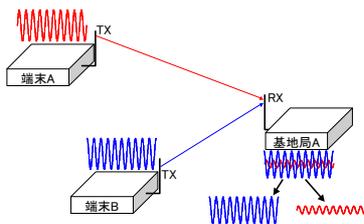


図5 逐次干渉除去

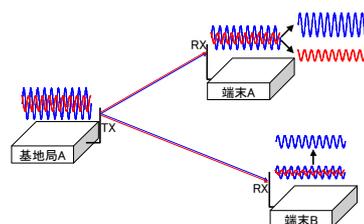


図6 重畳符号化

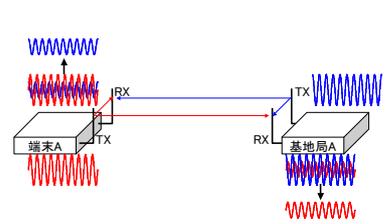


図7 無線全二重通信

局 A はキャプチャ効果によって端末 B からのフレームのみを復調することができる。復調した端末 B からのフレームを用いて端末 B からの信号を復元し、受信信号から端末 B の信号を除去すると、端末 A からの信号のみが残るため、端末 A からのフレームも復調できる。

図 6 に、重畳符号化の例を示す。基地局 A は、端末 A 宛てのフレームと端末 B 宛てのフレームを重ね合わせて 1 つの信号にして 2 つの端末に同時に送信する。基地局 A に近い場所に存在する端末 A は、前述した逐次干渉除去を用いて 2 つのフレームを復調する。端末 B は端末 A に比べて基地局 A よりも遠い場所に存在するため、端末 A が受信したよりも小さい電力で重畳フレームを受信する。端末 B が受信した重畳フレームでは、端末 A 宛ての信号がノイズに埋もれて復調できなくなるため、端末 B 宛てのフレームのみが復調できる。

中継局を利用した無線 LAN として、無線全二重通信を用いて通信スループットを損なうことなくマルチホップ通信を活用する方法について検討している。無線全二重通信では、複数のアンテナと干渉除去を組み合わせることで、1 つの周波数帯で同時に送受信することを可能としている。図 7 に無線全二重通信の動作を示す。端末 A と基地局 A が同時にフレームを送信した場合、自身が送信する信号を自分で受け取ってしまうため、端末 A が受信する信号は基地局 A から送信された信号と端末 A が送信した信号が重なったものとなる。無線全二重通信では、端末 A は自身が送信した信号を知っているため、アナログ回路による干渉除去とデジタル回路による干渉除去の 2 つを組み合わせることで基地局 A からの信号を復調する。

筆者らは、マルチホップ通信に対応した全二重通信 MAC プロトコルとして、RFD-MAC (Relay Full-duplex MAC) を提案している⁸⁾。中継局が基地局からフレームを受信しながら端末に対してフレームを送信できるため、半二重通信の中継よりも高いスループットを実現できる。RFD-MAC では、傍受したフレームに含まれる次に送るべき後続フレームを保持しているかどうかの 1 ビットの情報を基にセカンダリ送信の送信元ノードを選択することで、全二重通信が発生する機会を増加させる。RFD-MAC をシミュレーションにより評価した結果、CSMA/CA に比べてスループットが約 1.6 倍向上することが分かった。現在、ライス大学の

ソフトウェア無線プラットフォームである WARP 上での実装を進めている¹¹⁾。

5. 社会的アプローチ

技術的課題がすべて解決したとしても、簡単に無線センサネットワークを展開できるわけではない。無線センサネットワークを展開するメリットがあったとしても、ビジネスの観点から導入・維持・管理のサイクルを回せなければ社会展開は難しい。

例えば、筆者は鹿島建設の倉田と共に地震センサネットワークを社会展開しようとしている²⁾。地震センサネットワークでは、地震による振動を建物に埋め込まれた加速度センサで計測する。例えば、部屋の上下4隅に設置された加速度センサで地震を計測して加速度を2階積分すると変位が得られるため、地震によって空間がどのように歪んだかを抽出することができる。空間がどのように歪んだかが分かれば耐震基準で用いられている層間変形角を抽出できるため、地震後にその空間が安全かどうかの判断材料になりうる。耐震技術の基盤である地震モニタリングを低コスト・高密度化したいという要求は強く、有線敷設が不要な無線センサネットワークでシステムを構築することの意義は大きい。さらに、現在の広域地震観測網は25 km 毎に1台程度しか地震計が設置されていないが、1つの建物に1つ以上の地震センサがあれば今までにない高密度で地震現象を捉えることができるため、科学的なインパクトも大きい。

地震センサネットワークにはこのようなメリットがあるにも関わらず、導入・維持・管理コストを誰が負担するかという問題を解決できなければ普及は難しい。本節では、筆者が今現在進めようとしている ESCO (Energy Service Company) 事業との連携、ISP (Internet Service Provider) 事業との連携の2つの戦略について述べる。

5.1 ESCO 事業との連携

地震センサネットワークを社会展開するための戦略の1つ目は、ESCO 事業との連携である。ESCO 事業とは、顧客の電気料金等の削減を実施し、削減実績から対価を得るビジネス形態である。例えば、顧客の照明を全て無料でLED照明に切り替え、顧客の電気代で節約できた分から対価を得るといった事業である。

ESCO 事業を実施している企業の中でも、センサネットワークで取得したビッグデータを活用して成功している企業がある。株式会社エービルの BEMS (Building Energy Management Service) である。株式会社エービルでは、電力センサ、照度センサ、人感センサを建物に設置し、センサデータを取得・解析して人が活動する際の快適さを損なわないようにしながら省エネを実現している。特に株式会社エービルでは、建築設備の専門家によって分析がなされるため、空調や冷蔵庫などの個々の設備から壁材などの建物自体の設計まで踏み込んだ省エネを提供することができ

る点に特徴がある。

筆者らは株式会社エービル、朝日機器株式会社と協力して BEMS と地震センサネットワークを連携させることを目指している。具体的には、BEMS のセンサネットワークの一部に地震センサを組み込む。センサネットワークのインフラ部分を共有化することで、導入・維持・管理コストを抑えることができる。また、地震センサを用いて地震の到来を検出した場合にはエレベータ、ポンプ、ファン、空調などの可動部分を持つ装置を事前に停止させることで故障を未然に防ぐといった BEMS だけでは実現できないサービスも提供できる。

BEMS と地震センサネットワークとは以下の2つの共通点があることから親和性が高いと考えている。1つ目は、共により良い建物を実現することを目指している点である。株式会社エービルで対象としている省エネも、地震センサネットワークで対象としている安心・安全も、目に見えないものである。しかしながら、省エネ・安心・安全は住む人の快適さに関わる大事な要素である。将来的な地球環境への影響を考えると、環境や土地と融和した住みやすい建物を実現する意義は大きい。

2つ目は、センサネットワークを導入してから効果分かるまで時間がかかることである。株式会社エービルの ESCO 事業の場合、省エネ機器を導入してポンプ・ファン・空調などの自動制御による運用改善などを行って建物のエネルギー効率を改善し、導入コストを回収するまで数年かかる。さらに長期的な視点で見ると、CO₂削減やピーク電力抑制による発電所の削減など、地球環境への貢献が大きい。地震センサネットワークの場合も長期的な視点に立つ必要がある。複数の小地震を経ての建物の劣化や大地震を受けた際の建物のダメージは、被害として目に見え辛いものの、実際に被害が発生した際には建物崩壊など致命的なものとなる。

5.2 ISP 事業との連携

5.1 節では ESCO 事業と地震センサネットワークを連携させて、ESCO 事業の付加価値として安心・安全を提供することを示した。株式会社エービルの ESCO 事業は建物であれば住宅であっても適用できるビジネスモデルである。一方で、建物であればどこにでも展開可能である事業であるがゆえに地域に密着したサービスの展開が困難であるという課題もある。

筆者らは、地域に根付いた形でセンサネットワークを展開することを目指してスマートタウンサービスプロバイダという新しい形態の ISP 事業を浜松市に展開する検討を浜松地域活性化 ICT 技術研究組合と共同で進めている。スマートタウンサービスプロバイダとは、インターネット接続サービスとともに、センサネットワークによる地域情報の収集・管理や地域密着型の市民ネット放送などの物理空間での基本サービスを提供するスマートタウン時代の新しい

形の通信事業者である。店舗・企業ホームページ、BEMS、防犯カメラサービス、顧客動線検出サービス、建物劣化診断、市民ネット放送などをパッケージ化して基本サービスとして提供することを想定している。ISPがインターネットへの接続性と電子メールや個人用ウェブサイトといった電脳空間での基本サービスを提供してインターネットを普及させたように、スマートタウンを具現化するためにはスマートタウン時代に即した通信事業者が必要である。

スマートタウンサービスプロバイダでは、初期導入コストと運用コストをスマートタウンサービスプロバイダの利用料として徴収することを想定している。具体的には、浜松市内の中小企業を対象としている。例えば、繁華街の各店舗は店内の端末をインターネットに接続するためにISPと契約している。これらの店舗に対してインターネット接続に合わせて、カメラ、電力センサ、地震センサなどの各種センサを接続して防犯カメラサービス、省エネサービス、地震が来た際の店舗安全サービスをウェブサービスとして提供する。各店舗では、例えば地震が来た際には自宅から防犯カメラを通して店舗のダメージ状況をチェックするといったことが可能となる。

スマートタウンサービスプロバイダは災害対策としても重要であると考えている。現在の情報通信技術は電脳空間を中心として発展してきたため、いつでも・どこでも同じサービスを得られるというメリットがある。一方で、今だけ・ここだけといった地域密着型のサービスに対する貢献度は低い。例えば、データセンタを集約して海外に置くなどしてサーバ管理の低価格化が実現できるものの、災害が発生して地域に密着した情報が今まさに必要となった状況では外部とのネットワーク接続が失われて利用できないという問題が発生する。データセンタ、地域IX、公衆無線LANを地域密着型で提供することで、日常時のみならず非常時でも有用なサービスが提供できる。

スマートタウンサービスプロバイダに似たコンセプトで既に成功している例として地域ブログサービスが挙げられる。浜松市では、株式会社シーポイントによって地域ブログサービス「はまぞう」が運用されている。株式会社シーポイントは浜松地域活性化ICT技術研究組合にも参画している。はまぞうでは、浜松市のユーザが浜松市の情報を中心にブログ記事を書いており、2013年6月現在2万5000人を超えるユーザ数と1日2500を超える記事の投稿がある。浜松地域の情報が集まるワンストップ的な役割を果たしている。

6. おわりに

ユビキタス、スマートグリッド、M2M、ビッグデータ、サイバーフィジカルシステム。なぜ、次から次へと新しい流行語が出てくるのであろうか。新しい流行語が登場したとき、その技術が実現するある種の夢や魔法のようなイメ

ジがついてくる。例えばビッグデータでは「とりあえずデータを集めればすごいことができる」というような漠然としたイメージである。

夢のような、魔法のようなイメージを持って大きな課題に取り組むとき、研究者は情熱を持って研究を進めることができる。一般的に、大きな課題の解決に向けて、複数の小さな課題に分解して取り組むアプローチが採られる。しかしながら、小さな課題に取り組む過程で個々の課題に対して近視眼的になってしまい、大きな課題の形がぼやけ、研究の本質を見失って最終的には研究への情熱が消えてしまう。

無線センサネットワークも他の流行語と同じような道を辿っているように感じる。現在の無線センサネットワークは、無線センサネットワークが本来持つ力のごくごく一部の機能しか実現されていない。無線センサネットワークが既に完成されてしまった技術であるかのような認識が広まっていることに危機感を感じている。

無線センサネットワークはさらに一段階進化して人の創造性向上に寄与する余地がある。M2M、ビッグデータ、サイバーフィジカルシステムなどの新しいキーワードが出てきたときは、無線センサネットワークの本質を再考する良い機会だと捉えるべきではないだろうか。

参考文献

- 1) S. Saruwatari, T. Kashima, M. Minami, H. Morikawa, and T. Aoyama: *Pavenet: A hardware and software framework for wireless sensor networks*, Transaction of the Society of Instrument and Control Engineers, Volume E-S-1, No. 1, pp. 74-84, 2006.
- 2) N. Kurata, M. Suzuki, S. Saruwatari, and H. Morikawa: Actual application of ubiquitous structural monitoring system using wireless sensor networks, *Proceedings of the 14th World Conference on Earthquake Engineering (14WCEE)*, pp. 1-9, 2008.
- 3) J.M. Kahn, R.H. Katz, and K. Pister: Next century challenges: Mobile networking for smart dust, *Proceedings of the 5th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom'99)*, pp. 483-492, 1999.
- 4) 森脇紀彦, 佐藤信夫, 脇坂義博, 辻 聡美, 大久保教夫, 矢野和男: 組織活動可視化システム「ビジネス顕微鏡」, 電子情報通信学会技術研究報告, ヒューマンコミュニケーション基礎研究会, *HCS2007-44*, 2007.
- 5) 喜連川優: 第4のメディアが作り出すビッグデータの時代, *IBM PROVISINO*, No. 72, pp. 10-15, 2012.
- 6) A. Kurs, A. Karalis, R. Moffatt, J.D. Joannopoulos, P. Fisher, and M. Soljacic: *Magnetic resonances wireless power transfer via strongly coupled*, Science, Vol. 317, No. 82, pp. 83-86, 2007.
- 7) 稲葉友紀, 猿渡俊介, 渡辺 尚: エナジーハーベストによって駆動する無線センサネットワークのためのレートレス符号化, 情報処理学会マルチメディア・分散・協調とモバイル (*DICOMO2013*) シンポジウム, pp. 1-8, 2013.
- 8) K. Tamaki, Y. Sugiyama, A. Raptino, M. Bandai, S. Saruwatari, and T. Watanabe: Full duplex media access control for wireless multi-hop networks, *Proceedings of the IEEE 77th Vehicular Technology Conference (VTC'13-*

