

ユビキタスサービスのための屋内センサネットワークの提案

西山 智[†] 渡辺 伸吾[†] 服部 元[‡] 小野 智弘[‡] 越塚 登[†] 坂村 健[†]

[†](株)YRP ユビキタスネットワーキング研究所

(株)KDDI 研究所

1. はじめに

ユビキタスサービス提供のためのユビキタスネットワークの一環として、多数のセンサがネットワークに接続されたセンサネットワークが研究されている。従来、センサネットワークは屋外などのアドホックな環境での利用が想定されてきた。本稿では屋内での利用を想定したセンサネットワークについて提案する。

2. センサネットワークに関する従来研究

一般にはセンサ情報を運ぶネットワーク全体をセンサネットワークと呼ぶ場合もあるが、ここではセンサ情報専用のネットワークをセンサネットワークと呼ぶ。センサネットワークに接続するセンサには、IP等の既存ネットワークプロトコルやJava等の高水準な言語が利用できる比較的高機能なセンサに加えて、多数の小型かつ比較的能力の低いセンサ[1][2]が接続されると考えられる。このような小型センサは、処理能力の制限からIP等の高水準なネットワークプロトコルを提供できない場合がある。また電力等の制限から、要求に応じて応答を返すような通信形態をとることが困難なものがある。このため、専用の通信方式に基づくセンサネットワークの研究が行われてきた。

まず、省電力な通信方式については、[3][4][5]等の省電力MAC(Medium Access Control)プロトコルが研究されている。一般に小型センサに付属するような低性能なアンテナでは利得は通信距離の4乗に比例して低下する[1]ため、小型通信セルによるマルチホップ通信が有効である。また屋外等にセンサがばら撒かれた場合予めセンサ間の網構成を把握することは困難である。このため省電力なアドホックルーティングプロトコル[6][7][8]が提案されている。さらに、多数のセンサ群を集合的に扱うセンサデータベースの研究[9][10]も行われている。

3. 屋内用センサネットワークの提案

3.1 屋内用センサネットワークに関する前提

本稿で提案する屋内センサネットワークでは次のような前提を置いた。

(1) センサは、屋外等の場合と同様に電力線から電力が給電されるとは限らない。

(2) センサ情報を受信する側は、電力が給電されたある程度高出力で、かつ高性能なアンテナを持つ基地局を仮定することができる。このため、従来研究の小セルマルチホップ通信方式以外に、非対称な出力による通信方式も考慮できる。

(3) 屋内ではセンサの数や位置は比較的变化しない。

3.2 屋内用センサネットワークのモデル

上記の前提に基づき、筆者らは以下のようなセンサネットワークを考えた。

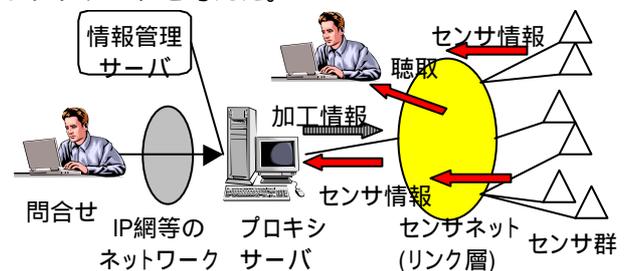


図1 アプリケーションのモデル

§ アプリケーション層(図1参照)

- ・センサは常にセンサ情報要求に対して応答できるとは限らない。そこでセンサは基本的にセンサ情報をネットワークに自律的に送出する。ユーザはネットワークを流れる情報を聴取することで、目的のセンサ情報を得る。
- ・センサ情報はセンサの状況に応じて送出されるため、定期的には得られるとは限らない。また、センサ自身が自分の位置等をセンサ情報に付加するとは考えにくい。そこでネットワークには知的なノード(以下プロキシサーバと呼ぶ)が存在し、垂れ流し状態のセンサ情報を収集する。情報管理サーバからセンサ位置等を取得し、収集したセンサ情報を、時間軸あるいは空間的に補間した高次の情報(加工情報)を作成し、ユーザからの問い合わせに対して提供する。また加工情報を再びセンサネットワークに送出する。例えば、壁面の温度センサ群の情報を集約して、壁面温度として提供/送出する。

§ ネットワーク層(図2参照)

- ・プロキシサーバが常に同一サブネットに存在することを仮定することは難しい。従って、ネットワーク層は省略できない。不特定の相手に不定期に少量データを送出するアプリケーションが主であること、無線等バス型の下位層が利用されること、前提よりアドホックなルーティングは必要無いことを想定し、ブロードキャストアドレスによるフ

Proposal of Indoor Sensor Network for Ubiquitous Services by Satoshi Nishiyama[†], Shingo Watanabe[†], Gen Hattori[‡], Chihiro Ono[‡], Noboru Koshizuka[†] and Ken Sakamura[†]. [†]YRP Ubiquitous Networking Laboratory and [‡]KDDI R&D Laboratories, Inc.

ラッディングを主体に利用する。

- TTL(Time-to-live)パラメタを小さく(例えば2から3程度)することで、ルータの中継により網全体にフラッディングされることを防ぐ。(図2(a)) プロキシサーバが遠方にしかない場合は、IP等既存ネットワーク層上にトンネリングする。(図2(b))
- 多数存在するセンサにIPv6等のアドレスを付与することも検討されているが、ここではMACアドレスや応用レベルのID等多様なアドレス方式からネットワークアドレスとして選択して利用可能とし、センサへのアドレス割り当てを容易とする。

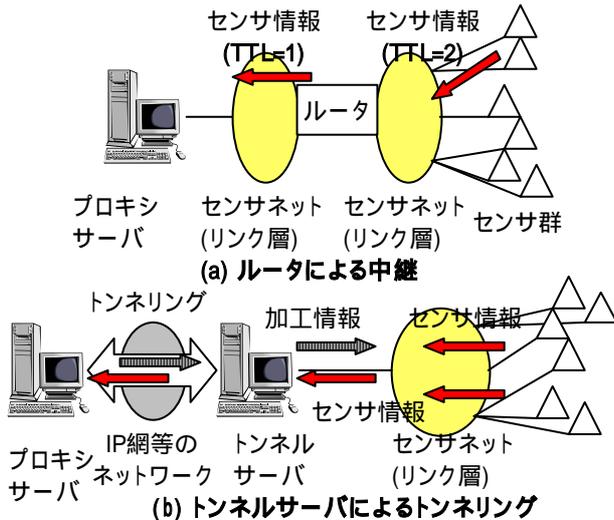


図2 ルータによる中継とトンネリング

§ リンク層以下

- 小型アンテナを持つ超小型センサと高性能アンテナを持つ基地局との間の非対称な出力による無線リンクを想定する。
- センサの省電力化にはMAC等のリンク層プロトコルが重要である。ここでは基地局が存在することと前提(3)により、[5]のようなTDMA等中央制御的な省電力MACプロトコルを利用することを想定する。MAC方式の詳細については今後検討する。

4. ネットワーク層プロトコルの設計

3節で述べたモデルに基づきネットワーク層プロトコルの設計を行った。

4.1 パケット形式

パケット形式には、以下の特徴がある。

- 複数のアドレス形式を混在して使用可能とするために、送受共にアドレス型とアドレス長を指定するパラメタを持つ。
- センサ情報が主なデータであることを考慮し、パケット最大長は4096バイト程度とする。

設計したパケット形式を図3に示す。SATとRATが送受のアドレス型を示すパラメタであり、省略(或いはブロードキャスト)、MACアドレス、IPアドレス、eTRON ID等が指定できる。SAL及びRALがアドレス長を指定するパラメタであり、アドレス長が可変であ

るため全体としてヘッダ部は可変長となる。

| | | | | | | |
|-----------------------------|---------|-------------------|--------|------------|--------|--------|
| version(2) | IHL(6) | Identification(8) | TTL(4) | Length(12) | | |
| protocol(4) | flag(2) | Offset(10) | SAT(4) | RAT(4) | SAL(4) | RAL(4) |
| Source Address (0~128) | | | | | | |
| Destination Address (0~128) | | | | | | |
| Options if any | | | | | | |
| User data follows | | | | | | |

図3 ネットワークプロトコルのパケット形式

4.2 ルータのアドレス解決

- センサは複数の通信リンクを持たないと想定し、センサはデフォルトMACアドレスしか知らない。
- ユニキャストアドレスが受信アドレスに指定された場合、ルータはMACアドレスへのアドレス解決が必要となる。センサは不定期ではあるがセンサ情報を送出することから、特にARPのような専用のアドレス解決プロトコルは設けず、ルータは受信パケットからアドレス解決表を維持する。

5. おわりに

本稿では、屋内での利用を想定したセンサネットワークのモデル及び通信方式について提案した。本モデルでは、センサが自律的センサ情報を送出しユーザあるいはプロキシサーバがその情報を利用する。下位通信方式は、フラッディングによるネットワーク層と非対称出力を持つ無線リンクを想定した。今後、リンク層プロトコル等の詳細な検討を行い、プロトタイプの開発を行っていく予定である。本研究は通信・放送機構(TAO)による、ユビキタスコンピューティング環境を実現する基盤ネットワークプロトコルの研究開発の一環として行われている。

参考文献

- [1] G. J. Pottie and W. J. Kaiser, "Wireless Integrated Network Sensors", in Proc. of ACM Mobicom'00, 2000.
- [2] J. M. Kahn et. al, "Next Century Challenges: Mobile Networking for Smart Dust", in Proc. of Mobicom'99, 1999.
- [3] A. Woo and D. Culler, "A Transmission Control Scheme for Medium Access in Sensor Networks", in Proc of Mobicom'01, 2001.
- [4] K. Sorabi et. al., "Protocols for Self-Organization of a Wireless Sensor Network", IEEE Pervasive Communication, Oct., 2000.
- [5] E. Shih et. al., "Physical Layer Driven Protocol and Algorithm Design for Energy-Efficient Wireless Sensor Networks", in Proc. of ACM Mobicom'01, 2001.
- [6] W.R. Heizelman et. al., "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Sensor Networks", in Proc. of IEEE Hawaii Int'l Conf. on Sys. Sci., 2000.
- [7] C. Intanagonwiwat et. al., "Directed Diffusion: A Scalable and Robust Communication Paradigm for Sensor Networks", in Proc. of ACM Mobicom'00, 2000.
- [8] L. Li and J. Y. Halpern, "Minimum-Energy Mobile Wireless Networks Revisited", in Proc. of ICC'01, 2001.
- [9] COUGAR Device Database Project, <http://www.cs.cornell.edu/database/cougar/index.htm>
- [10] DataSpace Project, <http://www.cs.Rutgers.edu/dataman/>