

マルチキャストを用いたモバイルコンピュータデバイス拡張の提案

出口眞人[†] 中川晋一[†] [¶] 三角真 [¶] 篠田陽一[§]

概要

近年一般化してきたマイクロイーサネットデバイスを用い、モバイルコンピュータに対する仮想デバイスとして扱う場合の通信方式ならびに実装可能性に関して試作と検証実験を行った。本論文では、性能的に劣る様々なデバイスをデータの送出に専念させることで、デバイスの処理負担を和らげ、モバイルコンピュータに仮想的に接続されているデータバスとして扱う仕組み（インターネットデータバス）を提案する。

キーワード：情報家電、センサーネットワーク、IP マルチキャスト

Virtual Data Bus for Mobile Computers using IP multicast

Masato Ideguchi[†] Shin-ichi Nakagawa[†] [¶] Makoto Misumi[¶] Yoichi Shinoda[§]

Abstract

Micro Ethernet Connector is a one of the state of the art device for expanding themobile computer data bus. To examine the possibility of the application into sensornetworks and IT-home-electronics, some test samples were tried as the prototype anddescribed the data transport methods, IP unicast or multicasts. As the result, these small devices have the sufficient performance for data transport by IP multicast. It is suggested that these small basic devices are useful for expansion of mobiles.

Keywords: IT-home electronics, Sensor Network, IP multicast

1 背景と目的

IPv6 の普及などを背景として、情報家電やセンサなどの非 PC デバイスをインターネットに接続する動きが活発になっている。近い将来には無数のデバイスがインターネットに接続されると予想される。

現在でも、Lantronix 社の XPort [1] や、Digi 社の Digi Connect ME [2] といった、組込用の TCP/IP スタックを持ったデバイスが比較的安価に入手できるようになってきている。また、RA システムズ社の RASNC100 [3] のような TCP/IP のプロトコルスタックをハードウェアで実装したチップなども市販されている。近い将来、このような組み込み用のスタックを搭載した情報家電や、センサなどが登場すると予想される。

一方で、温度、湿度、照度、紫外線量、赤外線量、位置、加速度、音声など、様々な物理変化量をネット

ワークを介してリアルタイムに収集する試みが行われている。従来、数多くのセンサをシリアル、GPIO、USB 等のデータバスを介して 1 台の PC に接続し、解析データを送出するというモデルが用いられていた。そういったモデルから、通信機能を持つセンサを数多ネットワークに接続し、動的に情報を収集解析する方法に移行していくことが試みられている。

木俣、篠宮、中川らの NADIA [4] は、動画像を用いた遠隔操作系そのものの中に LAN を導入した。その LAN をインターネットに接続する事によって、従来行われてきた各種データラインの集中管理型接続形態を LAN 間接続にする。これによって、移動ノードにおけるデバイスコントロールの効率化を実現した。

その結果、移動ノード内におけるデバイス接続は簡単に行えるが、それぞれのデバイスノードはコネクションベースであるため、例えば動画を配信しているノードがコネクションベースのユニキャストによる配信を行っている場合、動画を複数のコントロール端末から並行して要求されると、コネクション数がリクエストに応じて増加する等の問題点が指摘されてきた。

これらの問題点は、入力ノードに対する情報取得要

[†]北陸先端科学技術大学院大学

Japan Advanced Institute of Science and Technology

[¶]情報通信研究機構

National Institute of

Information and Communications Technology

[§]北陸先端科学技術大学院大学 情報科学センター

Center for Information Science,

Japan Advanced Institute of Science and Technology

求の頻発によるネットワーク伝送効率の低下、データ送出効率の低下によるものであり、入力ノードを IP マルチキャスト等の放送型伝送手順を用いて効率化することによって解決可能である。本研究では、入力ノードをデータ送出に専念させ、モバイルコンピュータ側から見て、入力ノードがモバイルコンピュータに仮想的に接続されているデータ入力バスとして扱うことの可能性を検討した。

2 検討

2.1 IP ベースであることの利点と欠点

現在、社会情勢として、携帯電話をはじめとして網の IP 化が進められている。その為、IP 以外のプロトコルを用いると、インターネットに接続された端末からデバイス进行操作するために、ゲートウェイなどのプロトコルを変換するための装置が必要となる。変換装置が入るとネットワークが複雑化する。また、変換装置の故障により、デバイスが正常動作しているにも関わらず、デバイスからのデータを取得出来なくなる問題がある。また、アドレス空間や、アクセス手順などの変換が必要となり、変換装置の機能により、デバイスの利用方法が制限されることになる。それに対して、IP を用いると特別な機器を必要とせずにインターネットと親和性が高いネットワークを構築することが出来る。

一方、IP の欠点としてプロトコルスタックの処理に CPU パワーを必要とする点が上げられる。しかし、XPoRT をはじめとして、安価に利用できる製品に IP スタックが搭載されるようになり、プロトコルスタックの処理に必要な CPU パワーは問題にならなくなりつつある。

次の問題点として、IP はパケット通信であるため、厳密なりリアルタイム性を持っていないことがあげられる。

また、Ethernet、無線 LAN を用いると消費電力の問題が生じる。例えば、BUFFALO の 802.11b カード、WLI-PCM-L11GP は、最大 330mA の電流を消費する [5]。電力に関しては、電源確保できる所での使用を前提にすれば問題はない。しかし、SMART DUST [6] などのように大量のセンサを設置し、電池がなくなるまで使うような使い方には不向きである。

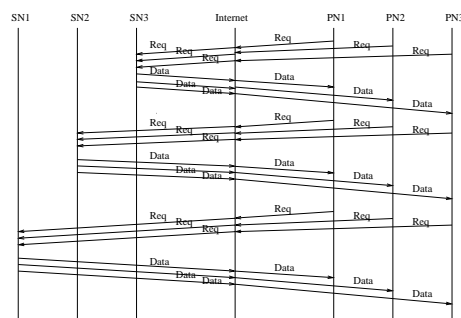


図 1: コネクション有り

2.2 コネクションの有無

デバイスとの接続に、情報をもらう側のノード(以下、プロセッサノード:PN)が要求を出し、情報を提供する側のノード(以下、センサノード:SN)が要求に応答することで情報を取得するモデル(図 1、コネクション)と、センサノードがネットワークに対して、直接情報を送信し、プロセッサノードが必要に応じて情報を取得するモデル(図 2、コネクションレス)の 2 種類のモデルが考えられる。

現在、一般的に用いられているのはコネクションを用いるモデルである。しかし、コネクションを用いるモデルでは、センサノードが常に、プロセッサノードからのコネクションを待ち受けねばならない。また、同時に複数のプロセッサノードからの要求が来る可能性がある。コネクションレスモデルの場合、センサノードはノード自身が必要なタイミングで情報を送信すればよく、他のノードの動作と協調する必要がない。このため、コネクションを用いるモデルでは、センサノードに、より多くのパケット処理能力が要求される。

一方、コネクションレスモデルでは、情報の必要性の有無にかかわらず、センサノードが情報を送信するため、場合によっては不要なパケットをネットワークで処理する必要がある。

2.3 センサノード数に関する検討

コネクションベースで通信を行うためには、場合によっては最初に 3way ハンドシェイクが必要であり、さらに、パケットに対する応答、コネクションの切断が必要となる。また、情報を必要とするノードが増えると、それに伴ってコネクションの数も増える。

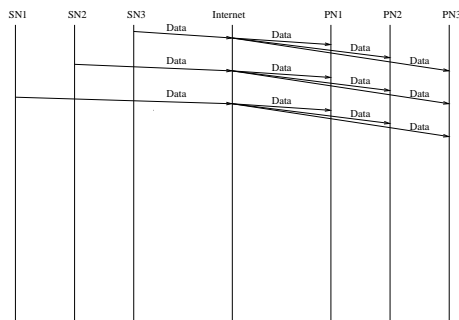


図 2: コネクション無し

表 1: コネクションの有無による比較

	コネクション ベース	コネクション レス
ハンド シェイク	必要	不要
データ要求	必要	不要
データ応答	必要	必要
必要 パケット数	多	少

コネクションレスで通信する場合、本来送りたいペイロードを載せたパケットだけを送信すればよく、3way ハンドシェイクなども不要なため、1つのデータを送信するのに必要なパケットを削減することが出来る。また、情報を必要とするノードが増えても、パケット数は増加しない利点がある。比較表を表1に示す。

このことから、帯域幅、情報を出力するノードの負荷を軽減できると期待できる。そのため、ノードの増加に対してある程度のスケーラビリティがあるといえる。

2.4 センサノードの性能

センサノードはPCなどのデバイスに比べて、CPU性能が一般的に非力である。その為、インターネットにセンサノードを導入する時、多量のトラフィックが流れている環境において、センサノードが耐えることが出来るのか、実装して、確かめる必要がある。

2.5 マルチキャストの問題点

もし、インターネット上でマルチキャスト通信を行おうとすると、他のユーザが利用していないマルチキャストアドレス調べる必要がある。その為の仕組みとして、例えば、Session Directoryなどがあげられる。ほかにも、現実問題として、現在のインターネットでは、マルチキャストパケットを正しく送信出来ない問題がある。

2.6 マルチキャストセル

マルチキャストパケットが到達する範囲を区切り、その区切りをマルチキャストセルと呼ぶ。区切り方として、部屋単位、家単位などで区切ることを考える。

こうすることで、マルチキャストセルのエリア内において、マルチキャストアドレスが競合しなければ問題なく利用することが出来る。また、アプリケーションレイヤでセンサを識別し、どのセンサからのパケットであるかを判別すれば、アドレスが競合しても何ら問題なく利用することが出来る。

2.7 セキュリティについての検討

一般的に、マルチキャストを用いた通信ではユニキャストを用いた通信より盗聴の難易度は下がる。ブロードキャストを用いた通信ではさらに簡単に盗聴できる。本提案ではマルチキャストを用いるため、セキュリティについて、何らかの配慮が必要になると思われる。

マルチキャストセル単位で運用することで、セキュリティ面でも有利であると考えられる。セル単位のマルチキャストを行うことで外部ネットワークからの攻撃を防ぐことが可能になる。

2.8 センサ情報の周知についての検討

ネットワーク上に存在するセンサノードを利用するためには、どのようなノードがいくつあるかなど、センサノードの情報を取得する仕組みが必要である。

3 提案方式

本研究ではマルチキャストを用いたデバイスネットワークを提案する。マルチキャストを用いて、コネクションレスで通信することにより、センサノードへの負荷を少なくし、ノードの増加にも耐えられるようなネットワークの構築が可能となる。

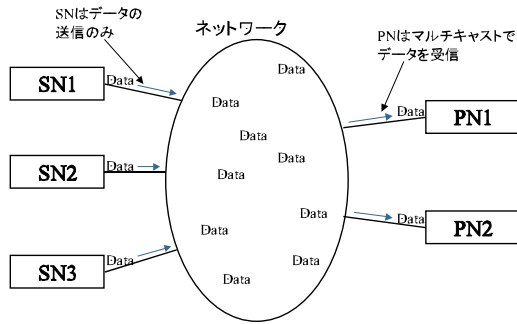


図 3: 提案方式

3.1 アプローチ

提案方式では、センサノードはネットワークに対して、データを出力するのみである。また、プロセッサノードは自身に必要なデータをネットワークから集める。これにより、プロセッサノードが増加してもセンサノードの負荷は一定となる。同時に、プロセッサノードが個別にリクエストを出力する必要がないため、ネットワークに対する負荷の増加も少ない。また、センサノードはデータを出力するのみで、リクエストを待つ必要もない。その為、処理が簡素化でき、攻撃等も受けにくくなる。

これらの一連の仕組みを、本研究では「インターネットデータベース」と呼ぶ。

3.2 データバスへのノードの追加

センサノードはネットワークに接続された後は、定期的にデータを送出するのみである。プロセッサノードをネットワークに接続すると、最初に、ネットワーク上を流れているマルチキャストトラフィックを受信する。これにより、ネットワーク上に存在するセンサノードを知ることが出来る。そして、自身が受信したいトラフィックのみを受信する。

3.3 データバスの管理

今回の提案手法においては、データベース全体を管理するノードは存在しない。しかし、セキュリティの確保や、ノードの管理のためには、データベース全体を管理するためのノードが存在する方が良い面もある。

しかし、管理ノードが存在しないと全体が動作しない仕組みだとすると、管理ノードの故障がデータベース全体の故障となってしまう問題がある。その為、

表 2: 一般的なセンサの出力

出力	単位
電圧	5-1[V]
電圧 (微少)	1[V] 以下
電流	数 [mA]
抵抗値	0-数 M[Ω]
ON-OFF	デジタル 2 値
その他	シリアル・パルス

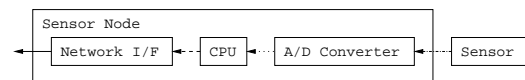


図 4: 試作したセンサノードのブロック図

管理ノードを用いずに、全体が動作する仕組みが望ましい。

4 実装

4.1 センサノードの設計と試作

センサノードを様々なセンサに対応可能な設計にすれば、センサの種類ごとに特化したノードを作らずにすむ。そこで、様々なセンサに対応するために、市販されているセンサの出力にどのような種類があるか調べた。その結果、表 2 のような出力を持っていることが分かった。

調べた結果を基に試作するセンサノードを設計した。設計したセンサノードは、センサを交換可能なように設計した。また、アナログまたはデジタルの電圧入力に対応する設計とした。電流と抵抗値に関してはそれぞれ I-V 変換、R-V 変換の後に入力し、微少な電圧に対しては初段の増幅を行うことで対応可能となる。試作したセンサノードの主要なスペックは表 3 の通りである。

また、ネットワーク I/F として、Lantronix 社の XPort を利用した。試作したノードの外観を図 5 に示す。

4.2 センサノードの出力パケットフォーマット

センサが出力するデータパケットは図 6 の様なフォーマットとした。Device Type、Device ID はデータを出力したセンサを特定するための情報である。Time Stamp により、時間情報をパケットに添付する

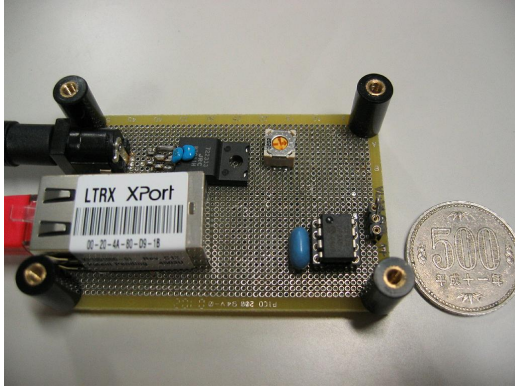


図 5: 試作したセンサノード

表 3: 試作したセンサノードの仕様

機能	性能
アナログ入力	MAX 5[V]
デジタル入力	H,L
サンプリングレート	1[sample/sec]
A/D 変換精度	10bit
A/D 変換時の Vref	2-5[V] 可変

ことで、パケットの送出順序の保証と時間情報の利用を可能にしている。

4.3 プロトタイプの動作実験

試作したセンサノードが正しく動作することを確認するために、図 7 の様な環境を構築し次のような実験を行った。

センサノードを 2 台用意し、センサノードが出力するマルチキャストトラフィックを PC1、PC3 で受信し、tcpdump によりログを取得した。センサノードの出力は 1[Sample/Sec] である。また、ネットワークのトラフィックとして、PC4 がマルチキャストの DVTS を送信している。マルチキャスト DVTS トラフィックを用いたのは、SN1、SN2 に負荷がかかった

Device Type	
Device ID	
Time Type	Time Stamp
Sensor Data	
:	

図 6: SN の送信パケットフォーマット

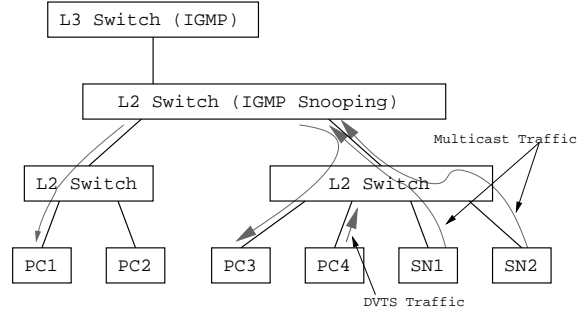


図 7: 実験環境

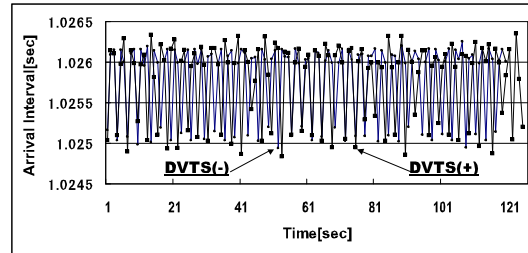


図 8: 受信インターバル (時間変化)

状態でも正しくパケットを送出できるかを調べるためである。

4.4 実験結果

図 8、図 9 は、SN1 の出力を PC3 で受信したログを、時間軸と、受信インターバルでプロットしたグラフである。DVTS(-) は、DVTS のトラフィックを掛けずに測定したグラフで、DVTS(+) は DVTS トラフィックをかけて測定した物である。

この結果より、数 [mSec] の揺れはあるが、1 秒のインターバルでセンサノードの出力を受信できていることが確認できた。また、データの取りこぼしも無かった。

5 考察

5.1 センサ情報の周知についての考察

図 7 の PC1、PC3 において、ネットワーク上に存在する SN1、SN2 からの情報を受信できた。このため、ネットワーク上に存在するセンサノードを探し出すことが出来ることが確認できた。よって、今後、ノードの追加等を実現できると思われる。

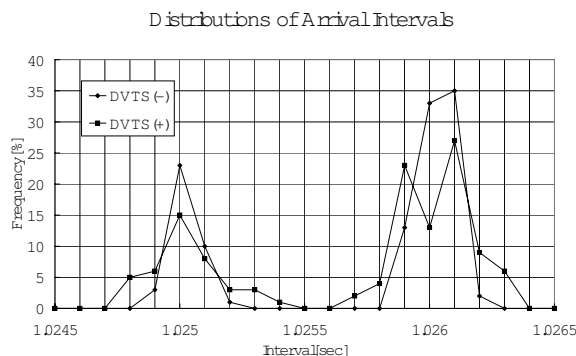


図 9: 受信インターバル (分布)

5.2 大量トラフィック環境下での動作

DVTIS による約 30Mbps のトラフィックをかけている環境において、センサノードの出力への影響は、図 9 のように、ほとんど無いことが確認できた。このため、今後、本提案のセンサが多数存在しても、センサの出力への影響は無視できると思われる。また、センサノード以外のトラフィックがある環境においても、問題なく通信できることが分かった。

5.3 出力デバイス

本論文においては、デバイスとしてセンサを扱ってきた。センサはデータベースに対して情報を提供するデバイスとして動作する。しかし、一般的に、デバイスの中にはデータベースから情報を得て動作するデバイスも存在する。そのような出力デバイスをどのように扱うかの定義が必要となる。

しかし、出力デバイスにおいては、デバイスの出力状態をモニタする必要がある、モニタ機能と出力機能が対となって一つのデバイスを構成していると考えることが出来る。その為、出力デバイスについても、出力機能を持ったセンサのような形で定義すると、データベース上に自然な形で存在できると考えている。

篠宮等による NADIA[4] ではネットワークに対して情報を提供するデバイスを Input Element、ネットワークから情報を得て動作するデバイスを Output Element として定義しており、それらの複合したデバイスも定義されている。

どのような形で出力デバイスを定義するのが最善かについて、今後、検討する必要がある。

6 まとめと今後の予定

インターネットデータベースにおいて、センサノードからの情報をどのように扱い、データベースをどのように用いるかについて提案した。また、提案に基づいた試作実装を行った。今後は、現在の試作実装をより具体的な形にし、センサの情報を手軽に扱えるような API 等を定義し、実装する予定である。

謝辞

本研究を行うにあたり、御指導御助言を頂いた北陸先端科学技術大学院大学 知念賢一博士、東京工業大学学生篠宮俊輔氏、有限会社 NEXUS 土池政司氏、ならびに諸氏に深謝する。また、本研究内容は情報通信研究機構運営費交付金 (情報通信部門) 平成 16 年度厚生労働省がん研究助成金研究総合研究「がん情報ネットワークを利用した総合的がん対策支援の具体的方法に関する研究」若尾班の支援、支援などによるものであり深謝する。

参考文献

- [1] Lantronix. XPort. <http://www.lantronix.com/>.
- [2] Digi International. Digi Connect ME. <http://www.digi.com/>.
- [3] アール・エー・システムズ. RASNC100. <http://www.ras.co.jp/>.
- [4] 篠宮俊輔, 木俣豊, 土池政司, 中川晋一. Network Accessible Device の概要と実装. 情報処理学会 MBL19-6, pp. 39-45, Nov 2001.
- [5] BUFFALO. WLI-PCM-L11GP. <http://buffalo.melcoinc.co.jp/>.
- [6] SMART DUST. <http://robotics.eecs.berkeley.edu/pister/SmartDust/>.
- [7] 田村陽介, 戸辺義人. センサネットワーク研究の動向, Apr 2004.
- [8] 小野泰正. シリアル - イーサネット変換器 xport の試用レポート <前編>. トランジスタ技術, pp. 247-255. CQ 出版, Sep 2003.
- [9] 小野泰正. シリアル - イーサネット変換器 xport の試用レポート <後編>. トランジスタ技術, pp. 225-234. CQ 出版, Oct 2003.