

センサネットワークにおける通信状況を考慮したスループットの向上の一検討

塚本 直幸[†] 中村 吉伸[†] 藤原 孝洋[†]

[†]函館工業高等専門学校

1. はじめに

近年、研究開発が進む無線センサネットワーク (WSN) では、最新の無線技術や MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術を活用して、小型センサと CPU によって、環境モニタリングや建物のモニタリングなどへの応用が検討されている。しかし、WSN に使われるノードに搭載された CPU 能力は、汎用の CPU に比べて低いため、高速な通信は困難である。そこで、本研究では、効率的な伝送によってスループットの向上を目的とする通信方式を提案する。

2. 提案方式

2.1 概要

SN の通信規格の一つとして ZigBee がある [1]。日本国内で使用可能な 2.4GHz 帯の場合、通信速度は 250Kbps となる。しかし、SN のパケットは、ヘッダ部分が半分以上を占め、効率的なデータ伝送が行えない。そこで、クラスタ型のネットワークにおいて、ノードから送信されるセンサデータをクラスタヘッド (CH) に集約し、統合・圧縮をして、シンクノードへ転送する。これにより、送信されるデータサイズの総量が小さくなることが期待できる。無線 LAN のアドホックネットワークでは、パケットの統合により VoIP 通信のスループットの向上が確認されている [2]。しかし、無線通信ではビットエラーレート (BER) が高い場合、パケットサイズが大きくなるとパケットの損失が増加する。この問題を解決するために、通信状況に応じてパケットサイズを変更する評価関数によって、通信をコントロールし、パケットエラーレート (PER) の軽減を図ることによって、ネットワーク全体のスループットの向上を目指す。

2.2 ネットワーク構成

本研究では、センサノードをクラスタに分割するクラスタ型のネットワークを想定する。各

ノードは、自身が所属するクラスタの CH にデータを送信し、データを受け取った CH は、データ統合・圧縮を行った後、シンクノードへデータを転送する。

2.3 データ統合・圧縮

ZigBee の最大フレーム長は 127 バイトで、上位層のヘッダを考えれば、純粋なデータは 70 バイト程度になり、パケットの約半分がヘッダである。そこで、パケットの統合により、共通のヘッダ部分を一つにまとめることによって、効率的な送信を行うことができる。

同じ種類のセンサデータは、類似性が高いので、圧縮方式として辞書型アルゴリズムが有効である。ここでは、一般的な LZ77 方式を採用する。圧縮率はデータに依存し、圧縮するデータのサイズが小さすぎると圧縮率は低下する。

効率的なデータ統合・圧縮のため、各センサデータにクラスタ内で識別可能なノードのショートアドレスを付加する。そのデータを統合し、データ数を付加する。次に、統合したデータを LZ77 によって圧縮する。圧縮したデータに、ヘッダを付加し、パケットとして送信する。

2.4 適応制御

無線通信では、BER が高い状態でサイズの大きいパケットを送信すると、パケット損失が増加する。そこで、通信状況を考慮した評価関数を用いてフラグメンテーションサイズを変更することにより、パケットサイズをコントロールする。

各 CH は、自身が送信したパケット数と ACK から成功数を測定して PER を求める。この PER を用いて (1) 式から BER を求め、予め計算してある BER に応じた最適なパケットサイズのテーブルを参照し、現在の BER に適したフラグメンテーションサイズを決定する。但し、Length はパケットサイズ (ビット) とする。

$$1 - PER = (1 - BER)^{Length} \quad \dots \quad (1)$$

3. 評価実験

データ圧縮率とパケットサイズに対するパケッ

A Study on Improving Throughput by Adaptive Control of Packet in Sensor Networks

N. Tsukamoto[†], Y. Nakamura[†], T. Fujiwara[†]

[†]Hakodate National College of Technology

ト到達率についてコンピュータシミュレーションによって基礎評価を行ったので報告する。

3.1 実験条件

本実験では、CH間の性能を評価するため、マルチホップ伝送は行わない。シミュレーションでは、2台のCH間の通信条件を次の表1のように設定した。

表1 実験条件

圧縮方式	LZ77
生成するデータサイズ (バイト)	127, 255, 511, 1023, 2047
伝送制御方式	2-way CSMA/CA
伝送レート (kbps)	250
フラグメンテーションサイズ (バイト)	127, 255, 511, 1023, 2047

3.2 データ圧縮

データのデータサイズに対する圧縮率の変化を評価するため、正規分布を用いた乱数により、センサデータを生成し、圧縮を行う。圧縮前のデータサイズは表1に示す。分散は1、3、5、10とする。

各分散においてデータサイズに対する圧縮率を図1に示す。但し、圧縮率は圧縮前のデータサイズに対する圧縮後のデータサイズの比率とする。

結果から、分散が小さいほど圧縮効率が良いことが分かる。温度や湿度などは、クラスタ内では近い値になると想定されるので、圧縮率が低くなると想定される。また、データサイズが小さいと圧縮率が高いが、データサイズが511バイト以上になるとあまり変わらず、一定の圧縮率を保てる事が分かる。

3.3 パケットサイズコントロール

パケットサイズに対するパケットの到達率をBERごとに評価する。2台のCHをCH1, CH2とする。CH1では、一定サイズのデータがランダムに発生し、このデータをCH2に送信する。CH2はデータを正常に受け取った場合、ACKをCH1に返す。データの送信数と、ACKの受信数によってパケットの到達率を計算する。

BERごとのパケット到達率を図2に示す。BERが高い場合は、送信するデータサイズが大きくなるとパケット到達率が低くなっていることが分かる。逆に、BERの低い場合は、データサイズが大きくてもパケット到達率がほとんど変わらない。よって、BERの低い環境では、パケットサイズを

大きくして通信をすることで、スループットの向上を期待できる。

5. おわりに

シミュレーションの結果から、本方式において、センサネットワークのスループットの向上が期待できることを示した。

今後の課題は、評価関数に基づくパケットサイズの適応制御を行った場合のスループットの評価である。

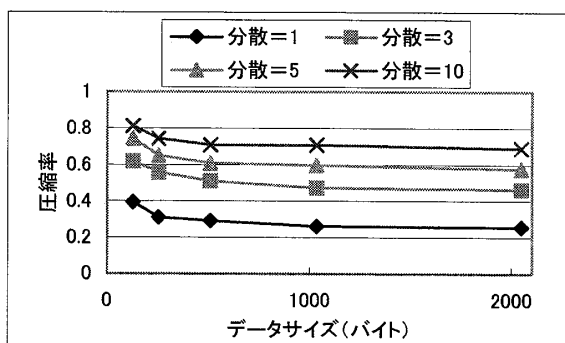


図1 データサイズごとの圧縮率

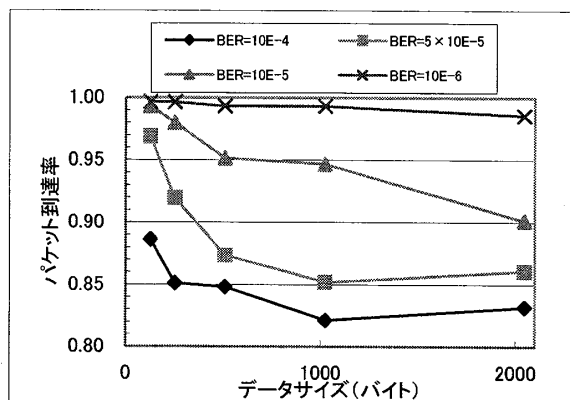


図2 BERごとのパケット到達率

謝辞

本研究の一部は、資源エネルギー庁「原子力人材育成プログラム」の支援を受けて実施した。また、豊橋技術科学大学との高専連携教育研究プロジェクトにおいて、有益な助言を頂いた上原准教授に感謝いたします。

参考文献

- [1] <http://www.zigbee.org/>
- [2] 板谷聡子, 長谷川淳, デイビスピーター, 門脇直人: 無線メッシュネットワークにおける効率的な通信方法の提案, 情処研報, pp.115-118, Vol.2006, No.50 (2006).
- [3] <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html>