

L\_053

## 無線伝播モデルに基づいた無線センサネットワークの性能評価 Performance Evaluation of a Wireless Sensor Network under Different Radio Propagation Models.

楊 濤†      ジュゼッペ デマルコ‡  
Tao Yang    Giuseppe De Marco

池田 誠†      バロリ レオナルド‡  
Makoto Ikeda    Leonard Barolli

### 1. まえがき

センサネットワークとは、地震、火災、大気汚染、水質監視などの観測対象とする環境に複数のセンサノードを分布させ、各ノードが取得したデータを基地局に収集するためのネットワークである。従来はセンサノードの電力消費を制約するためにセンサネットワーク内でデータを集約しながら収集する方式で考えられてきた。しかし、センサネットワークが利用する無線リンクはパケット損失率が大きい場合、収集データの正確さが低下する問題がある。また、各センサノードの低消費電力と、センサノードの増加によりルーティングテーブルや、制御パケットの増大問題がある。将来的には、超小型で長寿命の電池 (MEMS 技術)<sup>[1]</sup>や高能率の太陽電池の出現が期待される場所ではあるが、その電源容量は厳しく制限されているのが現状である。そこで、各種の無線伝播モデルを設定して、センサネットワークのエネルギー消費量、パケット損失率を主な評価指標として集約機構の有用性を示すためにシミュレーション評価を行った。筆者らは、この問題に対して NS-2 というシミュレーターを用いて提案方式を評価し、結果を報告する。

### 2. シミュレーション環境

一般的にセンサネットワークは、センサノード、Sink あるいは Base Station (ネットワーク内でデータを最終的に処理するノード) と Phenomenon (イベント、地震、ガスなど) で構成される。地震などのイベントが発生した場合、イベント周辺のセンサノードは、検出した情報を発信するだけでなく他のノードが発した情報を中継することにより、多数のセンサノードが面上に広がってセンシングを行うことができる。特徴として、センサネットワークに発生するトラフィックは時間的に変動し、ノード間で高い相関をもつ場合がある。たとえば、長時間、トラフィックが少なく、異常現象が起きたときに、多くのセンサノードが同時にトラフィックを発生させる場合がある。各センサノードはネットワークリンクの管理、伝送に LEACH, PEGASIS, AODV, DSR<sup>[2-4]</sup>などを用いてイベントの情報を効率的に SINK へ伝送する。本シミュレーションでのイベントは固定位置で発生させる。シミュレーションの目的として、Shadowing と TwoRayGround の2つの無線伝播モデルを利用したセンサネットワークを想定し、伝播モデルを変動させ両伝播モデルの違いによる Goodput の変化、Energy Depletion (ED) の変化を評価した。

† 福岡工業大学大学院工学研究科情報通信工学専攻

‡ 福岡工業大学工学部情報通信工学科

表1. シミュレーション・パラメータ

Parameters	Value
Number of node; N	12, 64, 100, 256
Sensor Area	$A = 800 * 800 [m^2]$ $d = 800 / (\sqrt{N} - 1) [m]$
Wireless MAC	IEEE802.11
Radio Propagation Models	Shadowing / TwoRayGround
Event Type	Stationary
Sensor Range	D
Simulated Time	20[s]

TwoRayGround の Transmission Range は等しく、障害物がない平坦な地上に適している。Shadowing 伝播モデルの Transmission Range は不規則で、実環境に適した伝播モデルである。本シミュレーションを行った PC は、Pentium4 2.5GHz, 1GB RAM の Linux 上で行った。シミュレーターに ns-2.27 を利用した<sup>[5]</sup>。

### 3. シミュレーション結果

ネットワーク内で Sink まで伝送されたパケットの伝送成功率 (Goodput) と Energy Depletion (ED) を考察するために TwoRayGround と Shadowing という無線伝播モデルを利用した。Transmission Frequency (転送レート) は 0.1 から 1000 [Hz] までと設定する。Ad-hoc プロトコルの AODV を利用し、イベントは固定位置に設定した。結果を図1に示す。TwoRayGround 伝播モデルの特性によって、Goodput の平均値を採って分析する。また、95%の Confidence Interval (CI) 値も表示している。結果を比較しやすくするために、TwoRayGround と Shadowing によりシミュレーション結果はすべて CI で表示する。図1と図2の Goodput 値を比較すると全体的に値が低い。特に、図2のノード数 64 からは、初期段階から Goodput 値はかなり低くなるのが分かった。次に、エネルギーの消費値 ED の結果を図3、図4に示す。それぞれの曲線値を比べてみると、図3のノード数 12 の場合は、曲線値は最大 200 となり、図4のノード数 12 の場合は最大値は 100 近くである。図3のノード数 64 の場合は最大値は約 400 になった。図4の最大値は約 200 である。ノード数 100 と 256 の場合の最大値は、図3は図4の約2倍になった。以上により、Shadowing モデルを使用したネットワークは平均 Goodput 値が低い消費エネルギーは TwoRayGround と比較して少ないエネルギーで伝播することが可能だということになる。

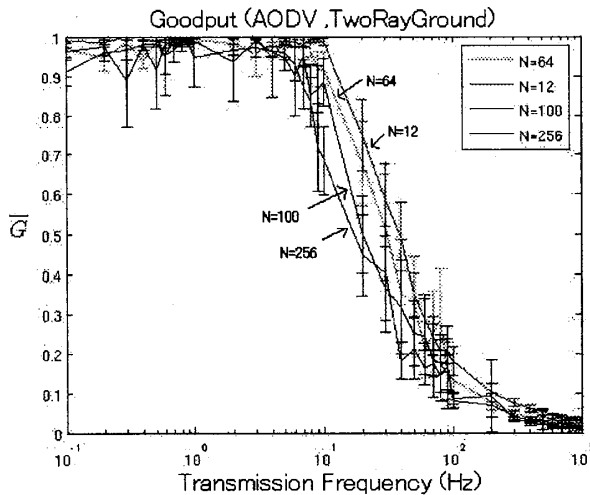


図1 TwoRayGroundによるGoodputの変化

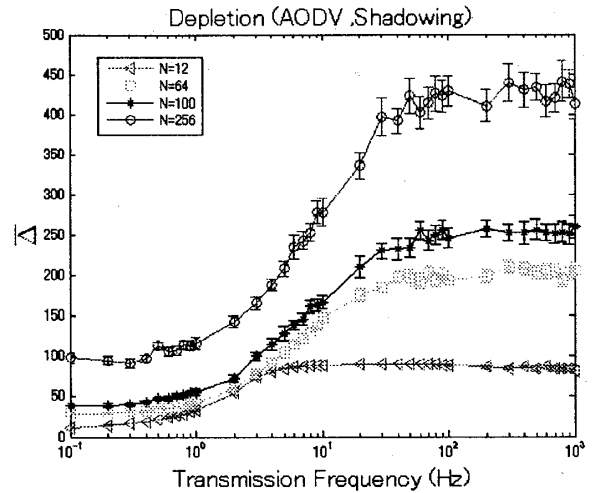


図4 ShadowingにおけるEnergy Depletionの変化

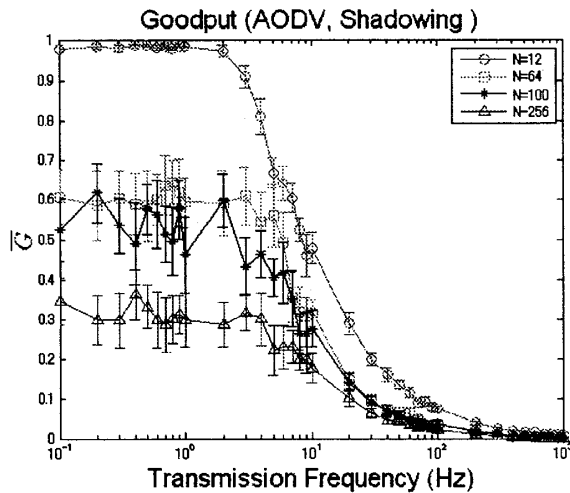


図2 ShadowingによるGoodputの変化

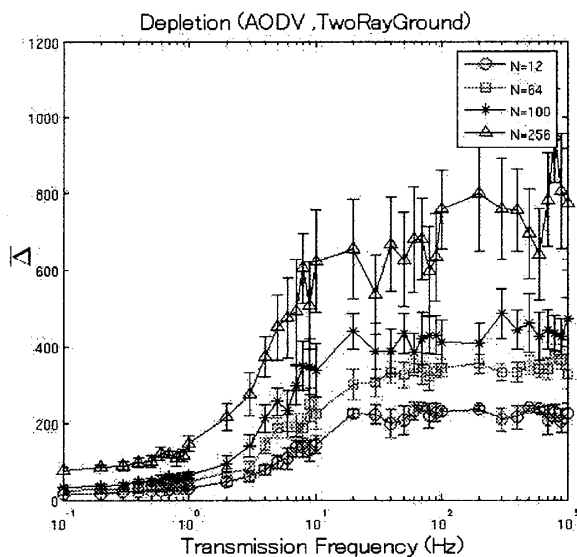


図3 TwoRayGroundにおけるEnergy Depletionの変化

表2. 図の設定値

図1, 2y軸	Goodputの平均値
図3, 4y軸	EDの平均値
すべてx軸	伝播モデルの周波数
イベント状態	固定位置
シミュレーション回数	20回

#### 4. まとめ

本論文では、センサネットワークでの無線伝播モデルを変動したときの、ネットワークの性能評価を行った。TwoRayGround 伝播モデルはノード数を増加させるとGoodput の変化幅は小さい。しかし、Shadowing 伝播モデルはノード数が増加すると、Goodput 値の変化幅は大きくなった。ED 値は Shadowing モデルのほうが良い結果であった。これにより、イベントが固定した環境を想定した場合は TwoRayGround モデルより Shadowing の伝播モデルを選択したほうが省電力化のためのセンサネットワークには適しているということが分かった。

#### 5. 参考文献

- [1]. 江刺博之, センサネットワーク特集 “4-1 センサネットワークに関連する MEMS 技術,” 信学誌, Vol.89, No.5, pp.395-398, 2006.
- [2]. S. Tilak, Nael B. Abu-Ghazaleh, and W. Heinzelman, “Infrastructure Tradeoffs for Sensor Networks”, Proc. of ACM WSNA 2002, Atlanta, GA, USA, pp.49-58.
- [3]. S. Giordano and C. Rosenberg, “Topics in ad hoc and Sensor Networks”, IEEE Communication Magazine, 44(4):97-97, 2006.
- [4]. Ozagur B. Akan, and I. F. Akyildiz. “Event-to-Sink Reliable Transport in Wireless Sensor Networks”, IEEE/ACM Transactions on Networking, 13(5):1003-1016, 2005
- [5]. I.Donward, “NRL’s Sensor Network Extension to NS-2”, <http://pf.itd.nrl.navy.mil/nrlsensorsim/>, 2004.