

指向性アンテナを用いたセンサネットワーク MAC プロトコルの基礎検討

A Study of MAC Protocol Using Directional Antennas in Sensor Networks

崎山 朝彦 萬代 雅希 渡辺 尚
Tomohiko Sakiyama Masaki Bandai Takashi Watanabe

静岡大学情報学部
Faculty of Informatics, Shizuoka University

1. はじめに

近年、低コストで小型化された無線通信機能を有するセンサノードの開発が進んでいる。また、センシングした情報を無線通信により収集するセンサネットワークが注目され、盛んに研究がされている。センサネットワークでは特に省電力化が重要である。本稿では指向性アンテナを利用して、省電力化を図る MAC プロトコルの基礎検討を行う。

2. 関連研究

省電力化を目的とした様々な研究の中で、MAC 層での省電力化を目的とした研究として Sensor-MAC (S-MAC) [1]がある。この方式ではスリープモードの利用によって省電力化を図るものである。その他にも、衝突を回避する方式、送信電力を制御する方式等が研究されている。また指向性アンテナを利用すると消費電力を削減できることが報告されている[2]。例えば、ビーム幅 $\theta=\pi$ の場合、50%の電力量を削減できる。本稿では MAC 層での衝突を考慮した場合の指向性アンテナの有効性について調査する。

3. 指向性アンテナの利用

本稿では、既存 MAC プロトコルを使用したときのアンテナモデルの違いによる性能を比較する。MAC プロトコルはコンテンション方式である CSMA/CA を使用する。

3. 1. アンテナモデル

無指向性アンテナ、単一指向性アンテナ、複数指向性アンテナの3方式について検討する。図1にこれらを示す。複数指向性アンテナについては、アンテナが二つの場合を示す。複数指向性アンテナでは送信時は片方のアンテナで送信し、受信時は両方のアンテナで受信するものとする。複数指向性アンテナモデルでは送信アンテナ、受信アンテナの方向やビーム幅の違いにより様々なモデルが考えられるが、ここでは簡単のため、送信、および受信が同方向、同ビーム幅の送受信アンテナとする。指向性のビーム幅は θ 、指向性アンテナ方向は固定とする。

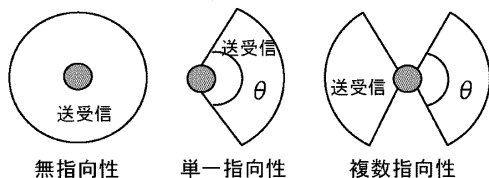


図1 アンテナモデル

3. 2. CSMA/CA での定性的評価

無指向性アンテナは消費電力が多く、隠れ端末問題が生じやすく、また空間利用効率はい小さい。単一指向性は消費電力、隠れ端末問題の軽減ができるが、ビーム幅が狭くなるため確立できるリンクの数が少なくなる。これに対し、複数指向性では確立リンク数が少ないという問題を解決するが、消費電力は無指向性と単一指向性の中間の値となる。アンテナの切り替え制御や宛先ノードの方向管理が必要と

なる。これらに伴う電力消費も問題となるが、本研究では簡単のため考慮しないこととする。

4. 性能評価と考察

計算機シミュレーションによる評価を行う。100 ノードを $500\text{ m} \times 500\text{ m}$ の空間にランダムに配置し、近隣の1ホップ先の宛先をランダムに選択する。指向性の場合、送信範囲内にいるノードから受信アンテナが送信ノードの方向を向いているノードを宛先として選択する。データはポアソン分布に従い発生させ、サイズは 4096Bytes、伝送速度は 2Mbps、通信半径は 100m、送信電力 24.75mW 受信 13.5mW とする。パケット発生間隔は 0.1s~0.01s の間で変化させる。各シミュレーション時間は 100s である。

図2に指向性ビーム幅 $\theta=\pi$ とした場合の電力効率特性を示す。電力効率は(ネットワーク全体の成功パケット数)/(ネットワーク全体の消費電力)と定義する。また表1にリンク確立数を示す。リンク確立数は1ホップ内でリンク確立できる宛先ノード数と定義する。単一指向性では消費電力が削減され、隠れ端末問題が生じにくくなり、高い電力効率を示す。一方、リンク確立が困難である。複数指向性ではリンク確立数が多い。しかし、受信時に両方のアンテナで待機するため、消費電力、隠れ端末問題が軽減されず電力効率の改善効果は小さい。よって受信時のアンテナの切り替えが必要となる。

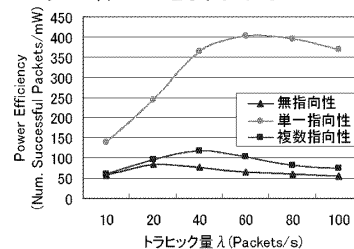


図2 電力効率

表1 リンク確立数

	リンク確立数
無指向性	12.1
単一指向性	3.1
複数指向性	12.1

5. おわりに

本稿では指向性アンテナを利用したセンサネットワークでの MAC プロトコルの基礎検討をおこなった。これより、CSMA/CA では単一指向性アンテナの場合、高い電力効率を示した。また複数指向性アンテナではリンク確立数は多いが、受信時の消費電力により、電力効率の改善効果は少なかった。今後は複数指向性アンテナでの受信時のアンテナの切り替えを考慮した場合の考察を行う。

参考文献

[1] Wei Ye, John Heidemann, Deborah Estrin, "An Energy-Efficient MAC Protocol for Wireless Sensor Networks,"

in Proc. of IEEE Infocom, pp. 1567-1576, Jun. 2002.

[2] 前多, 萬代, 渡辺, "指向性アンテナを用いたセンサネットワークについて," マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO 2004) シンポジウム, pp.389-392, 2004.07.