



無線センサネットワークにおける 実測に基づいた電力消費モデルの確立

大阪大学基礎工学部情報科学科
計算機科学コース 宮原研究室
上田 健介



無線センサネットワーク

- センサを備えた無線端末を多数配置し、センサが取得したデータの収集を行うシステム
- 端末は小型かつ省電力
- 端末同士は自律的にネットワークを構成
 - 端末を分散配置するだけでよい
 - 広範囲にわたる情報収集が容易
 - 環境のモニタリング、災害地調査などへの応用



消費電力の問題

- 各無線端末は小容量のバッテリーにより駆動
 - 消費電力を抑えることが必要
 - さまざまなレイヤにおける研究
 - 従来の研究で用いられていたモデル
 - 「消費電力は通信距離の n 乗の定数倍 ($n \in [2,4]$)」
 - 実際の消費電力はこのようなモデルに一致しない
 - 送信電力が一定でも期待される以上の距離にまで通信が届く場合がある



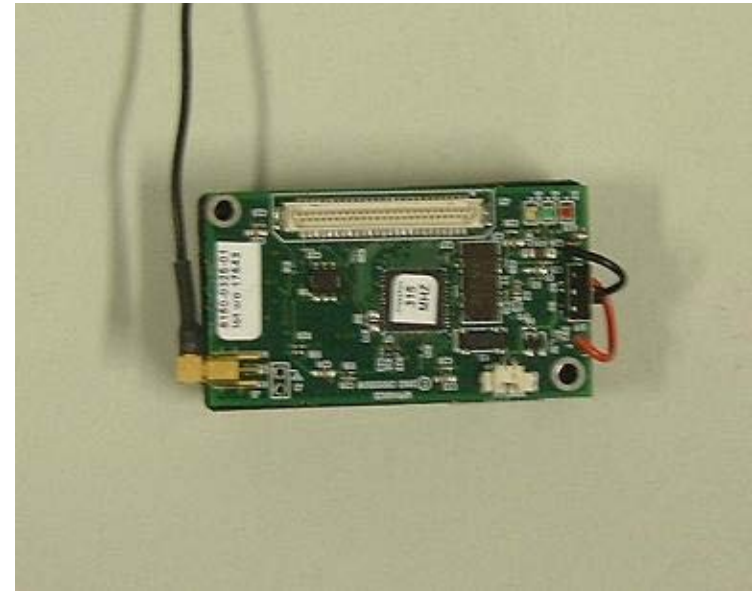
研究の目的

- センサネットワークにおける電力消費モデルの確立
 - さまざまな環境での通信距離の測定
 - 送受信の際に消費する電力を測定
 - 実測値から電力消費モデルを作成

無線センサ端末 MOTE

- U. C. Berkeley校で開発された無線センサネットワーク評価キット
- Crossbow Technology社により製品化

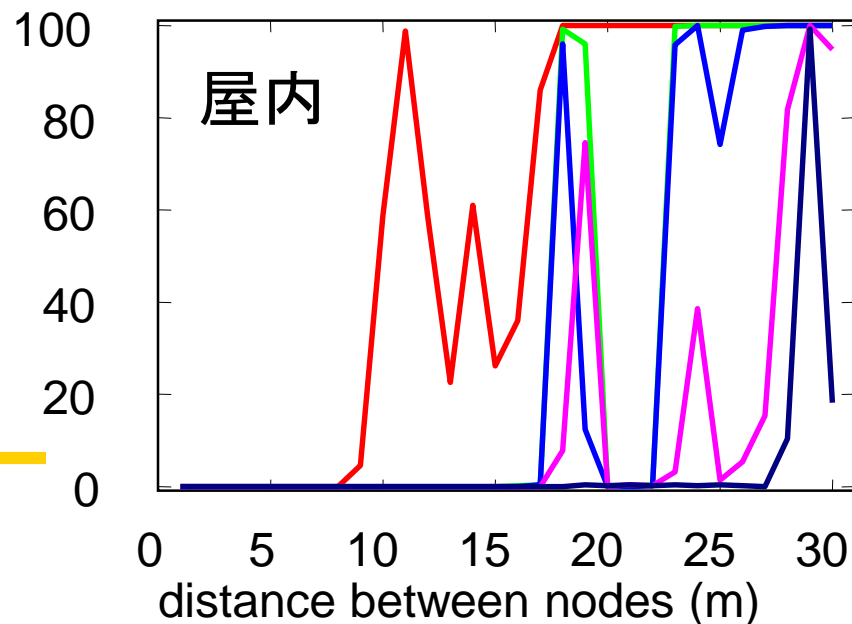
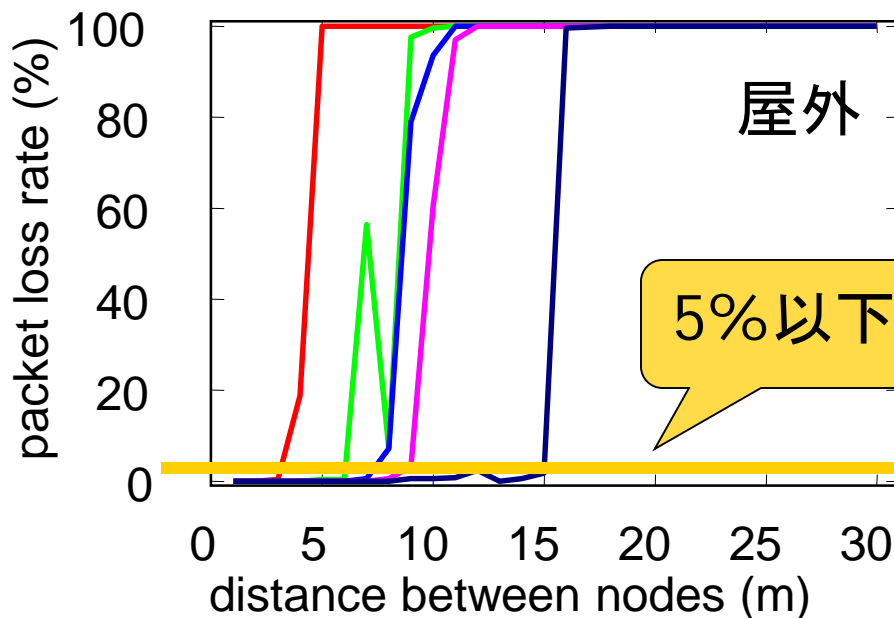
CPU speed	7.4 MHz
プログラムメモリ	128 KB
データメモリ	512 KB
無線周波数	315 MHz



通信距離の定義

端末間距離とパケット損失率

-20dBm (red) -11dBm (magenta)
-17dBm (green) -8dBm (dark blue)
-14dBm (blue)



通信距離 = パケット損失率5%以下である距離

通信距離の測定場所

屋上

A



B



屋内

C



D



屋外

E



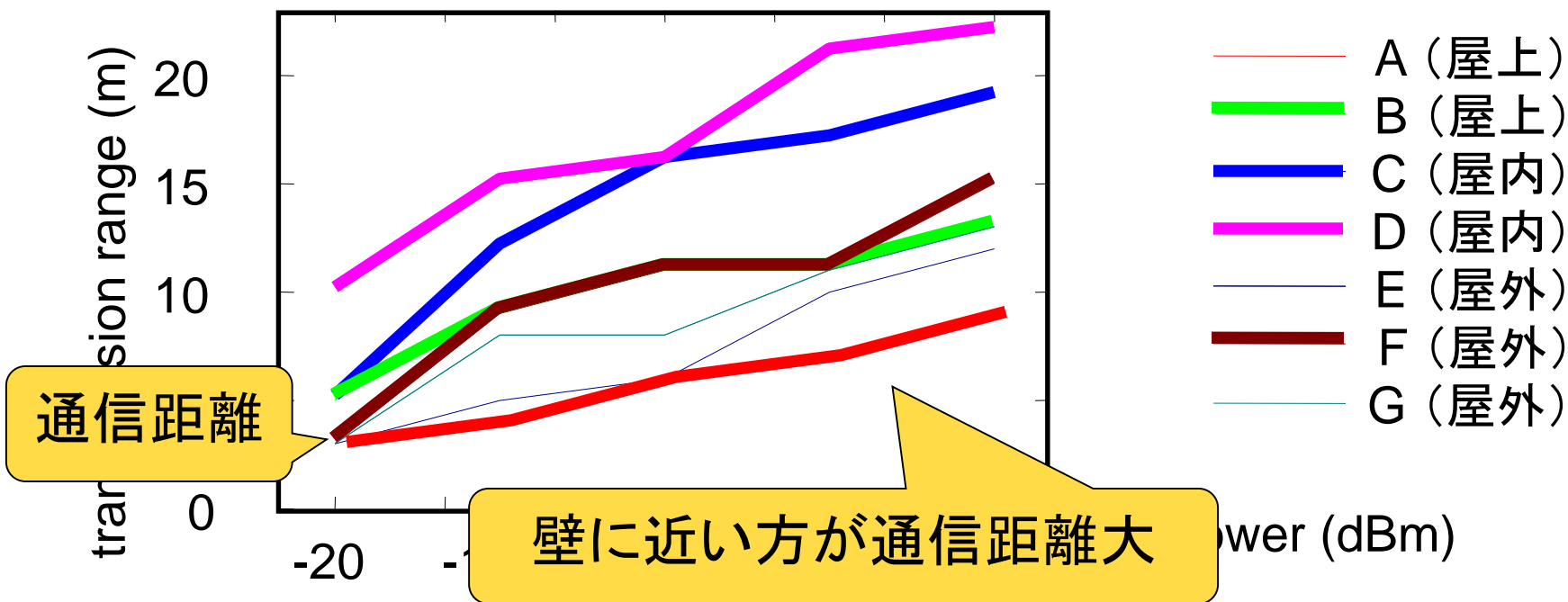
F



G



通信距離の測定結果



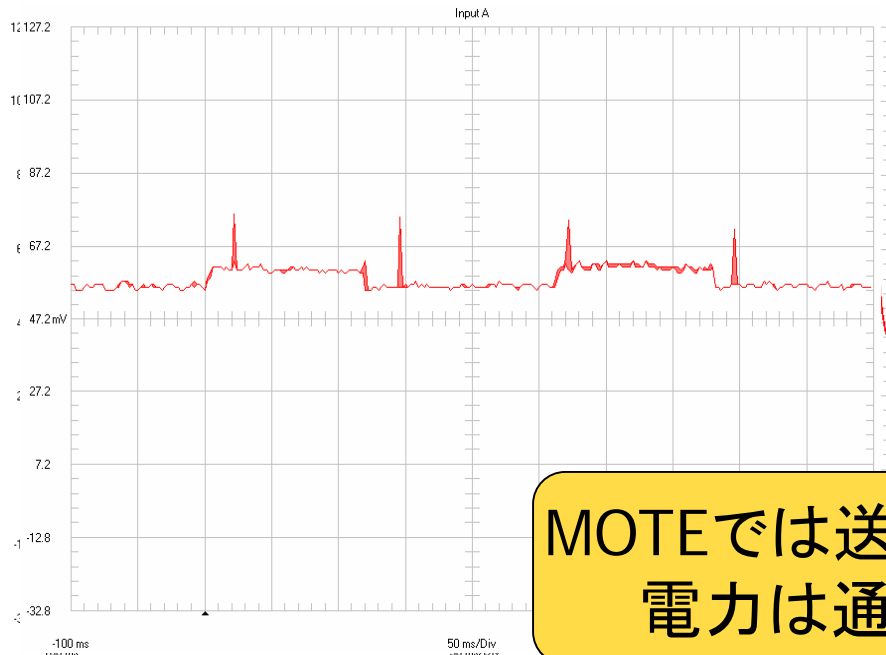
逆方向の通信を行った場合にも通信距離に違い



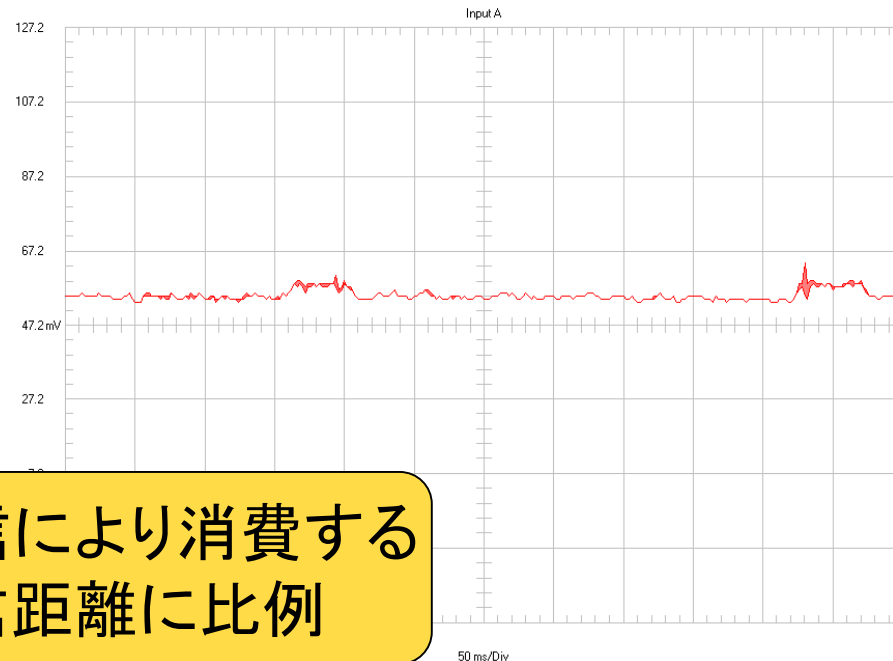
非対称なリンクが生じる可能性

MOTEにおける消費電力の測定

送信時



受信時



20mV/div
50ms/div

MOTEでは送信により消費する
電力は通信距離に比例

RF power = 0 dBm, packet size = 240 byte



電力消費モデルの作成

- 1ホップの通信によりネットワーク全体で消費する電力 E_{hop} ($\mu W \cdot sec$) を定式化
 - 通信を行うときの消費電力と、アイドル時の消費電力との差を考える
 - 使用するパラメータ
 - ρ : ネットワーク中の端末の密度 (端末数 / m^2)
 - r : 実測における最短の通信距離 (m)
 - $size$: パケットのサイズ (byte)
 - 電波を送信する端末1台、受信する端末 : $\rho \pi r^2$ 台



MOTEにおける電力消費モデル

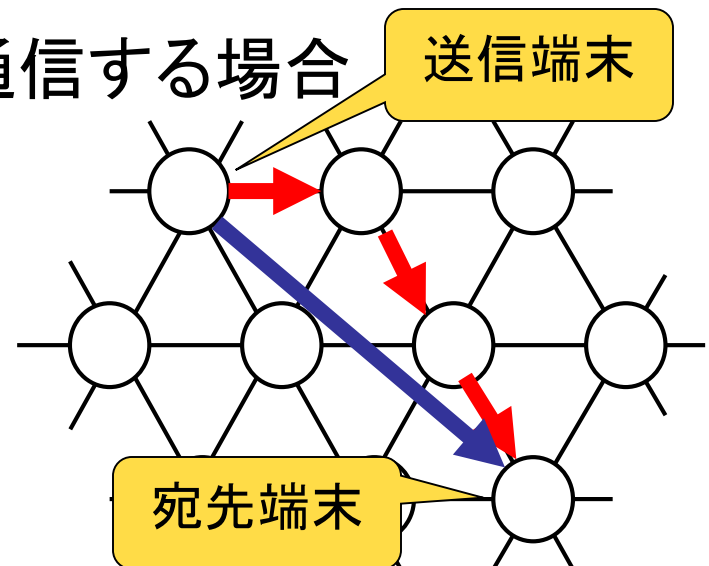
$$E_{hop} = (\text{送信時とアイドル時との消費電力の差}) \\ + (\text{受信時とアイドル時との消費電力の差}) \cdot \rho \pi r^2$$

実測した値から

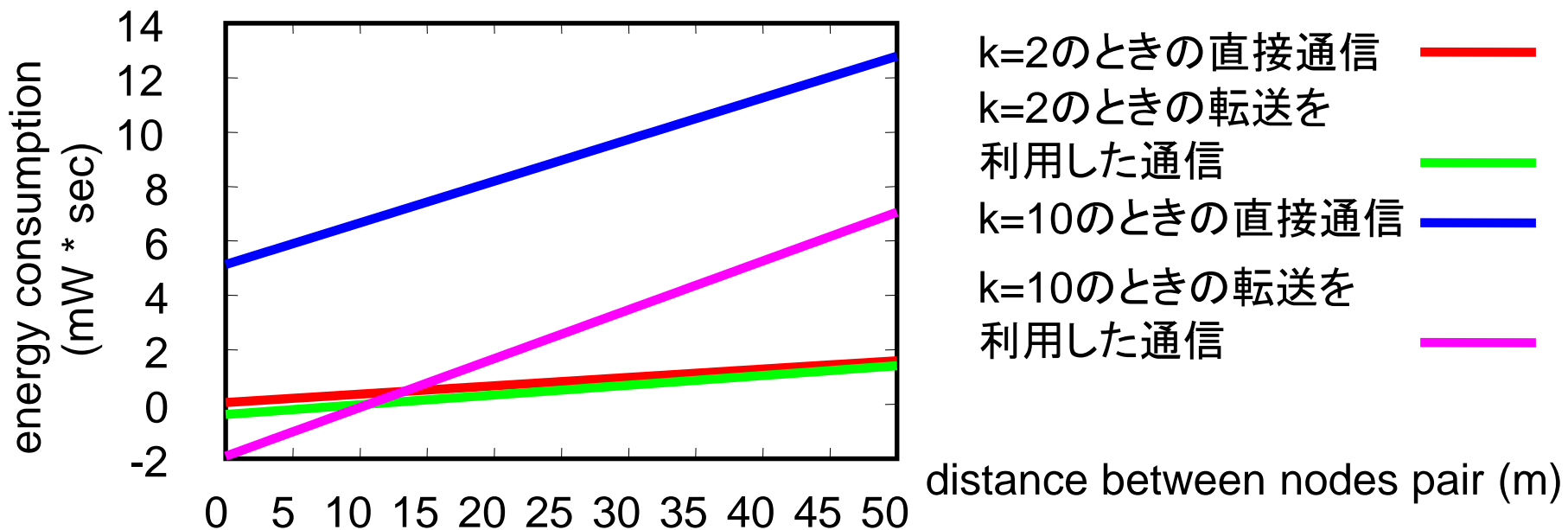
$$E_{hop} = \rho(1.26 \cdot size + 8.77) \cdot r^2 \\ + (0.27 \cdot size + 8.77) \cdot r \\ - 3.94 \cdot size - 128.37$$

電力消費モデルを用いての考察

- 経路選択による消費電力の違い
 - 一定の間隔 l をおいて端末を配置したトポロジ
 - 密度 $\frac{2\sqrt{3}}{3l^2}$
 - k ホップ離れた端末と通信する場合
 - 通信距離を大きくしての直接通信
 - 中継端末による転送を利用しての通信



電力消費モデルを用いての考察



MOTEにおいては1ホップあたりの距離を短くした方が消費電力は小さくなる



まとめと今後の課題

- まとめ
 - 環境が通信距離に与える影響の検証
 - MOTEにおける電力消費モデルの確立
- 今後の課題
 - 電力消費モデルの拡張
 - 通信距離の環境による違い
 - 端末のスリープ