

BS-3-9

送受信電力制御による MANET ノードの省電力化

Electric Power Saving of MANET node using the Transmission and Reception Power Control

林亨誠 原山美知子

Yukinari Hayashi Michiko Harayama

岐阜大学工学部人間情報システム工学科

Department of Human and Information System, Faculty of Engineering, Gifu University

1. はじめに

MANET(Mobile Adhoc Network)は、固定インフラに依存しないという特徴から、大規模災害時にインフラが機能しなくなった際のネットワーク構築の手段として注目されている。MANET を構成するモバイルノードはバッテリーで駆動するため、バッテリーの電力消費が問題であるため、ルーティングによる省電化の研究などが行なわれている[1]。モバイル環境においてもノードの送受信電力を動的に制御することにより、ネットワークの各ノードの電力消費を抑制できる可能性がある。本研究では MANET を構成するモバイルノードの送受信電力を制御することによる省電力化効果を明らかにすることを目的とする。

2. 送受信電力制御

本研究では、MANET 全体で次のような電波伝搬の条件を満たしていると仮定する。まず、フリス公式(1)が成立しているとする。また、反射物や障害物を想定した簡易な近似として自由空間伝搬損失に係数 α をかけた伝搬損失式(2)を用いる。(1)(2)より送受信電力と電波伝搬距離の関係式(3)を得る。

$$P_r = P_t + G_t + G_r - L_B \quad \dots (1)$$

$$L = \left(\frac{4\pi D}{\lambda}\right)^2 \alpha \quad \dots (2)$$

$$D = \frac{10(P_t - P_r + G_t + G_r)/20}{41.88 \times f \times \sqrt{\alpha}} \quad \dots (3)$$

Pt: 送信電力 Pr: 受信電力 Gt: 送信利得 Gr: 受信利得
D: 伝搬距離 f: 周波数

ここでは送受信電力制御によって Pt および Pr が変化し、ノード間の通信の可否が決まるものとする。

各ノードは2秒毎にハローパケットをブロードキャストすることにより隣接ノードの存在を認識している。隣接ノード数が多ければ受信チャンスが多くなり送受信によるバッテリーの消費も大きい。また、バッテリー容量に対して消費したエネルギー量(バッテリー消費率)が大きければ省電力の必要性も大きくなると考えられる。そこで、送受信電力を制御する条件は隣接ノード数とバッテリー消費率とした。

また、送受信電力としては、それぞれ標準値 Pt,s Pr,s と省電力モード値 Pt,c Pr,c を設定し、条件が満たされると省電力モードに移行する。

送受信電力制御を行なう条件:

隣接ノード数 > N* かつ バッテリー消費率 > B*

送受信電力制御:

送信電力 Pt,s → Pt,c, 受信電力 Pr,s → Pr,c

3. シミュレーション実験

本研究では、NS-3(Network Simulation ver.3)を用いてシミュレーションを行なった。ルーティングプロトコルはモバイル環境において最適な Reactive 型ルーティングプロトコル AODV(Ad hoc On-Demand Distance Vector)を用いた[2]。

3.1 シミュレーション方法

- ①送信電力 Pt = 39 [dBm], 受信電力 Pr = -61 [dBm]の同電力ノードのみで通信を行なう。伝搬距離はおよそ 150m である。
- ②100s 後、隣接ノード数が 5 以上およびバッテリー消費率が 0.02 を超えた中継ノードは送信電力を 30dBm に下げ受信電力を-51dBm に下げる。
- ③100s 後制御対象のノードが①の電力に戻す。
- ④ ②③をシミュレーション時間内で繰り返し行う。

シミュレーションで用いた各定数は

送信利得 Gt = 0 [dB] 受信利得 Gr = 0 [dB]

初期バッテリー量 = 100[J] 伝搬損失係数 α = 10

周波数 f = 5.15 [GHz]

3.2 静止環境での実験

400m×400m フィールド上にランダムで 16 個の中継ノードを配置し、ノードは移動させずに送受信電力制御によるネットワークトポロジーの変化を観察した。

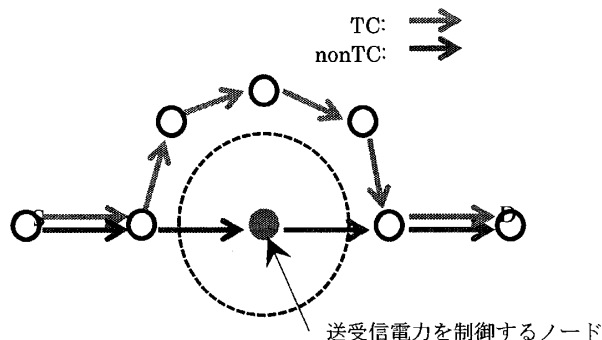


図1.電力制御による通信路の変化

中継が集中しているノードは中継による電力消費が大きいため他のノードより早く制御条件に達する。中継ノードが省電力モードになると、パケットを中継しなくなり、迂回経路で通信が行なわれる様子がみられた。この様子を図1に示す。

送信電力および受信電力の制御の効果をみるために、特定の中継ノードに対して、全く送受信電力制御を行なわない場合(nonTC)、送信電力を制御する場合(Pt)、受信電力制御(Pr)、および送信電力および受信電力を両方制御する場合(PtPr)の4つの場合に対してシミュレーションを行ない、データパケットの配送率および制御ノードのバッテリー残量を比較した。

図2に示すように、送信電力のみ制御すると、配送率は増加するがバッテリー消費も大きい。これは通信経路の中継ノードが他のノードの隣接ノードに位置しているため隣接ノードからの受信が増加したことが原因と考えられる。

一方、受信電力制御をした場合は配送率の低下がみられる。これは迂回経路を通ることでホップ数が増加したこと、制御ノードが中継ノードに対して定期的にパケットをブロードキャストすることからパケットロスが発生し通信遅延が発生していることが原因と考えられる。送受信電力を制御した場合にはバッテリー残量は大きく配送率も向上することが見られる。

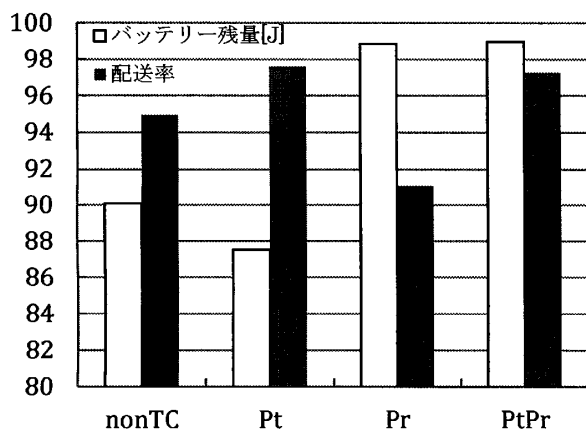


図2.パケット配送率およびバッテリー残量[J]

3.3 モバイル環境での実験

図3に示すようにフィールドを100m四方、16グリッドに分割し、各グリッドに1つのモバイルノードをランダムに配置した。数各ノードはホストおよびルータ機能を持っておりバッテリーの初期値は100Jである。ノードはグリッド内を移動速度は1m/sで移動し60s~100s間ランダムで停止する[3]。データ送信は、送信ノードSから宛先ノードDに対してのみ行なう。シミュレーション時間は600秒で100秒毎に電池消費率および隣接端末数の判定を行ない、送信電力および受信電力制御を行なった。その結果を表1に示す。

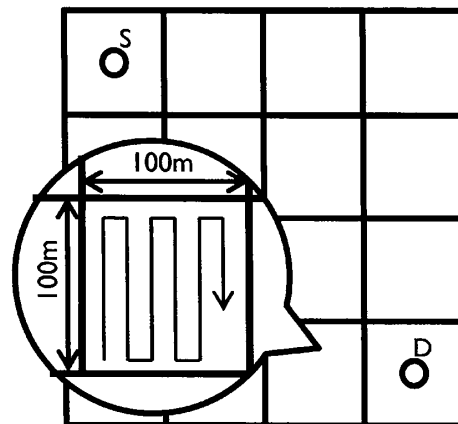


図3.モバイル環境でのシミュレーション

表1.モバイル環境でのシミュレーション結果

		nonTC	TC
データ配送率[%]		62.35	66.17
バッテリー残量[J]	平均値	95.01	94.98
	標準偏差	1.51	1.03

モバイル環境では、バッテリー残量の低下はわずかだったが、データ配送率の増加が確認できた。データ配送率の増加は最短経路上の中継ノードの電力制御をした結果、干渉の少ない迂回経路を通信経路とすることで転送集中が避けられパケットロスが減り配送率が増加したと考えられる。平均バッテリー残量の減少効果は少なかった。電力制御を行なうことでリンクの切断が発生しルートの再構築によるルーティング負荷の増加と、迂回経路を通ることによる平均ホップ数の増加によってネットワーク全体のバッテリー残量は低下したと考えられる。

4. まとめ

MANETノードの中継時の送受信電力を制御することによるバッテリーの省電力化効果を明らかにするため、2つのシミュレーション実験を行なった。送信電力制御では省電力効果はみられず、受信電力制御ではバッテリーの省電力効果は大きいデータ配送率が低下することがわかった。送受信電力を制御した場合、制御したノードに関しては省電力効果がみられるが、ネットワーク全体では電力消費は大きくなることがわかった。今後は、今回の知見をもとにトポロジーコントロールによるMANETの省電力化をめざす。

参考文献

- [1] 河村美嗣, 深澤良彰, "MANETにおける消費電力量を考慮した経路探索手法に関する研究", 2007 修士論文, 早稲田大 理工学研究科, pp20-32, 2008.
- [2] Perkins, C., RFC3561, 2003.
- [3] 豊原孝明, 原山美知子, "災害時の被災者捜索におけるアドホックルーティングの評価", 2012年電気情報通信学会総合大会講演論文集, 21-24号, noB-20-8, 2012.