

アドホックネットワークにおける プロトコル非準拠ノードの振舞いとその評価

A Behavior of Protocol Incompliant Nodes in An Ad Hoc Network, and its Evaluation

横山 信[†] 中根 由和[†] 下斗米 弘成[‡] 高橋 修[‡] 宮本 衛市[‡]

Shin Yokoyama Yoshikazu Nakane Hironari Shimotomai Osamu Takahashi Eiichi Miyamoto

[†]日本情報通信コンサルティング株式会社 [‡]公立はこだて未来大学

1. はじめに

近年のモバイルコンピューティングの急速な発展により、セキュリティ問題への対応も急務となっている。

本稿では、アドホックネットワークにおいて、プロトコル準拠ノードとプロトコル非準拠ノードが混在する場合に、非準拠ノードの振舞いによりネットワーク資源が奪われる危険性及び公平性について評価した。

2. プロトコル非準拠ノードの振舞い

通常のアドホックネットワークでは、各ノードは単一の所有者の管理下にあり、行われる通信も所有者の目的の下に行われる場合が多いが、本稿での前提として、各ノード（端末）の所有者がそれぞれ、互いにパケットを中継しあうというようなアドホックネットワークを想定している。

そのようなネットワークの中で、他のノードの為の packets 中継を避けるために、経路探索に応答しないというプロトコル非準拠な動作をするノードが現れた時に、ネットワークにどのような影響が現れるかについて述べる。

(1) プロトコル非準拠ノードの基本動作

プロトコル非準拠ノードは、自ノードで送受するパケットのみを扱い、他ノードのパケットの中継を行わないことが基本動作とする。

(2) ネットワークへの悪影響

他のノードは、プロトコル非準拠ノードが本来中継するはずのパケットを中継しなくなるため、遠回りの経路となりホップ数が増加し、スループットが低下することが考えられる（図 1）。また、場合によっては、パケットが到達しなくなる（図 2）。

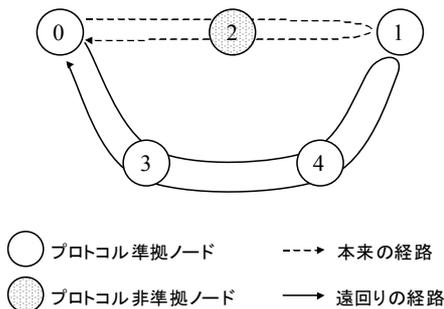


図 1 プロトコル非準拠ノードによる経路の変化

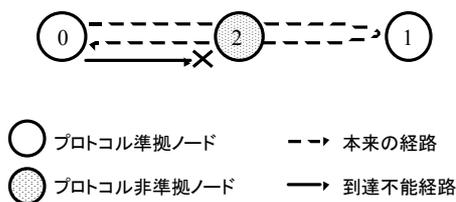


図 2 パケットが到達しなくなる場合

(3) プロトコル非準拠ノードのメリット

プロトコル非準拠ノードは、他のノードの為の中継動作をしないために、バッテリー電力を節約でき、また、状況によっては利用できる帯域も増加する可能性があると考えられる。（図 3）

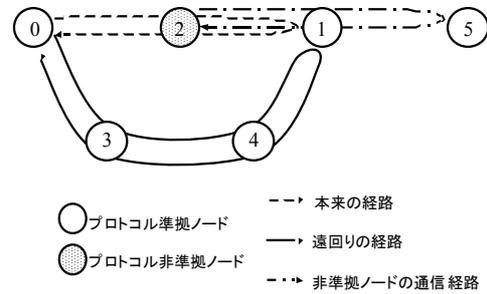


図 3 利用できる帯域が増加する場合

3. シミュレーションによる評価

前述のプロトコル非準拠ノードの動作とその影響を、ネットワークシミュレータ ns-2 により評価した。

ルーティングプロトコルは、proactive 型の AODV[1] を使用した。

通常の AODV のシーケンスでは、経路探索要求 Route Request メッセージを受信した時、それを転送するが、プロトコル非準拠ノードは、自ノードがあて先でない限り反応しないよう動作させる。

シミュレーションは表 1 の条件で行った。

表 1 シミュレーション条件

ノードの配置範囲	1000 x 1000 [m]
ノード数	100
ノードの移動	移動しない
無線方式	802.11 送信レート 2Mbps (Lucent WaveLAN DSSS 無線インタフェースをシミュレート)
無線到達距離	250 [m]

3.1. ネットワークへの影響の評価

アドホックネットワーク中で、1 コネクションの FTP 転送を行い、プロトコル非準拠ノードの割合とスループットやホップ数に、どのような関係があるかを評価した。

プロトコル非準拠ノード数は、0 から 5 刻みで 100 まで変化させ、それぞれの場合について、45 通りのノードの組合せで一度に 1 コネクション、10 秒間の FTP 転送を行った。スループット相当として、送信済みのパケット数を測定した。また、経路のホップ数を求め、プロトコル非準拠ノードがない状態に比べて、1 ホップより多く増加したり、転送ができなくなったりした場合は、コネクションが悪化したとみなし、悪化したコネクション数を求めた。

プロトコル非準拠ノード数が 60 に達したところで、経路のホップ数が増加するコネクションが始め、プロトコル非準拠ノード数が 85 になると接続失敗となる割合が急激に増加する。これらのコネクション状況の変化と転送済みパケット数を合わせてグラフに表すと、図 4 のようになる。

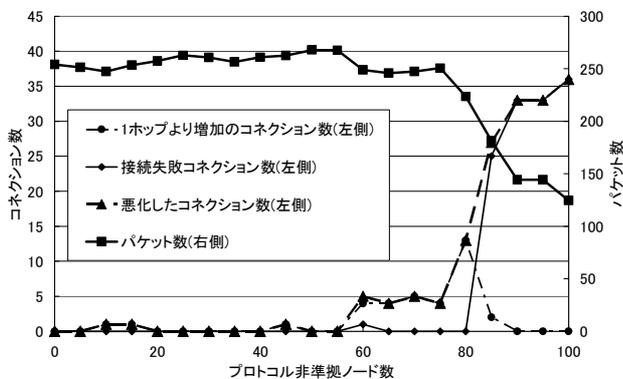


図 4 プロトコル非準拠ノード数の増加に伴うネットワークへの影響

3.2. 非準拠ノードのスループット利得の評価

100 個のノードの中から 8 個を選び、2 個ずつ 4 組のノードの組で同時に FTP 転送を行う。選ばれた 8 個以外のノードはプロトコル準拠動作とする。この時、4 つの組を順にプロトコル非準拠に変えていき、プロトコル非準拠動作することでスループットの利得があるかをみる。

1 回目はノード 0~7 番の 8 個で FTP 転送し、2 回目はノード 8~15 番、以下同様にして、12 回行った。

表 2 にシミュレーション結果を示す。表中の数值は FTP 転送の送信済みシーケンス番号で、スループット相当である。網掛け部分はプロトコル非準拠ノード間の FTP 転送を表す。プロトコル非準拠にすることの利得は、ある FTP 転送の組について、プロトコル非準拠動作した時の平均から、プロトコル準拠動作をした時の平均を引いたものとした。

4 つの FTP 転送の組のうち、利得が正となったものが 3 つ以上あれば、プロトコル非準拠にすることによってスループット増加の効果があると判定できると考えた。しかしそのような条件に当てはまるのは、12 回のうち、4 回目だけとなり、この場合もわずかな利得であった。

4. 考察

シミュレーション評価を行い、エンド・エンドのスループットやパケットの到達可能性について、この環境ではプロトコル非準拠ノードの割合が 80%未満では大きな影響は現れないが、それを超えると急に影響が出始めるといった結果となった。

非準拠ノードのスループット利得について、今回シミュレーションを行った範囲では、プロトコル非準拠動作をした時のスループット増加の効果はほとんど現れなかったが、条件によっては効果が現れることも考えられるため、今後詳細に検討が必要である。

一般に、プロトコル非準拠ノードは転送を行わず、他のプロトコル準拠ノードが転送することになるため、このようなノードは他ノードの電力消費を増し、自ノードの電力消費を節約しているため、公平性に影響を及ぼしているといえる。

このようなノードがネットワーク中に増えてきた場合は、結果的に通信ができなくなる危険性がある。

表 2 複数コネクションでの評価結果

1回目					7回目				
非準拠	FTP1	FTP2	FTP3	FTP4	非準拠	FTP1	FTP2	FTP3	FTP4
なし	145	214	212	13	なし	342	360	637	111
1組	145	214	212	13	1組	342	360	637	111
2組	145	214	212	13	2組	342	360	637	111
3組	7	284	370	16	3組	119	422	283	169
全て	24	277	428	11	全て	7	469	530	94
利得	-64.8	44.33	187	-2.75	利得	-140	57	-231	-31.5

2回目					8回目				
非準拠	FTP1	FTP2	FTP3	FTP4	非準拠	FTP1	FTP2	FTP3	FTP4
なし	0	0	6339	6328	なし	1287	5569	975	0
1組	0	0	6339	6328	1組	1287	5569	975	0
2組	0	0	6339	6328	2組	1287	5569	975	0
3組	0	0	6341	6337	3組	1280	4435	980	0
全て	0	0	6346	6332	全て	1245	5775	957	0
利得	0	0	4.5	1.75	利得	-12.3	-309	-6.5	0

3回目					9回目				
非準拠	FTP1	FTP2	FTP3	FTP4	非準拠	FTP1	FTP2	FTP3	FTP4
なし	11	335	0	339	なし	836	1264	1	2438
1組	9	185	0	506	1組	836	1264	1	2438
2組	9	185	0	506	2組	836	1264	1	2438
3組	20	248	0	223	3組	750	1215	0	2647
全て	78	339	0	288	全て	649	1188	0	2716
利得	18	-2.67	0	-106	利得	-68.3	-41.7	-1	225.8

4回目					10回目				
非準拠	FTP1	FTP2	FTP3	FTP4	非準拠	FTP1	FTP2	FTP3	FTP4
なし	0	0	3143	25	なし	12	499	110	25
1組	0	0	3143	25	1組	12	499	110	25
2組	0	0	3143	25	2組	12	499	110	25
3組	15	1	2962	98	3組	152	241	197	134
全て	0	0	3111	73	全て	458	33	1	239
利得	3.75	0.333	-107	29.75	利得	146.5	-241	-11	186.8

5回目					11回目				
非準拠	FTP1	FTP2	FTP3	FTP4	非準拠	FTP1	FTP2	FTP3	FTP4
なし	69	28	227	447	なし	0	42	66	2757
1組	111	50	348	191	1組	0	42	66	2757
2組	111	50	348	191	2組	0	42	66	2757
3組	33	21	312	482	3組	25	661	1	1986
全て	1	106	178	520	全て	0	277	63	2427
利得	-5	20	-62.7	192.3	利得	6.25	284.7	-34	-137

6回目					12回目				
非準拠	FTP1	FTP2	FTP3	FTP4	非準拠	FTP1	FTP2	FTP3	FTP4
なし	6311	0	0	0	なし	796	63	66	73
1組	6311	0	0	0	1組	796	63	66	73
2組	6311	0	0	0	2組	796	63	66	73
3組	6317	0	0	0	3組	957	35	34	0
全て	6312	0	0	0	全て	1002	6	242	2
利得	1.75	0	0	0	利得	91.75	-28.3	72	-52.8

5. おわりに

本稿では、アドホックネットワークにプロトコル非準拠ノードが現れた時の影響をシミュレーションにより評価した。

今後の課題として、公平性を保つためにプロトコル非準拠ノードを検出し、そのようなノードに対しては転送を行わないなどの対策が可能になるよう検討を行う必要がある。

参考文献

- [1] RFC3561, "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing", <http://www.ietf.org/rfc/rfc3561.txt>
- [2] C-K. Toh: アドホックモバイルワイヤレスネットワーク --- プロトコルとシステム --- 構造計画研究所訳 (共立出版, 2003)
- [3] C. Siva Ram Murthy and B. S. Manoj, "Ad Hoc Wireless Networks: Architectures and Protocols" (Prentice Hall, 2004)