

M-75 無線フラディングにおける多重転送方式の一検討

A Study of a Data Multiplexing Method in Radio Flooding

門 洋一†
Youiti Kado

1. まえがき

無線フラディングは、事前の設定動作を必要とせずに各ノードが受信したパケットを互いに近傍のノードに中継する通信である。ルーティングテーブルを用いず、パケットは同報転送によって伝播する。同報転送を用いることで、単純なフラディングでは電波の干渉が著しく発生する。そこで通信環境に応じて中継優先度を制御して同時に信号を出すノード数を少なくし、干渉を低減させることが必要となっている。

1つのパケットが効率良くフラディングするために、パケットを受信したノード群の中で、送信ノードから遠いものが優先的にパケットを中継すれば、早くより遠くへパケットが伝播すると同時に送信ノードに近いところで信号の発生を抑制できる。そこで[1]では、受信電力という通信環境パラメータを測定している。送信ノードから遠いノードであることを知りうるパラメータとして、ほかには信号強度(SINR)、GPS等の位置情報[2][3]がある。

フラディングの効率のためにはまた、電波の干渉の程度を検出して、干渉の大きい位置にあるノードからのパケットの送信を抑制することも必要である[2]。電波の干渉が強いと信号の復調ができず、信号強度(SINR)は獲得できない。また位置情報は、互いの位置やパケットの送信履歴/状況を知るための情報の交換そのものも容易でなくなる。一方、受信電力は、所望波、ノイズ、干渉波すべてが混在した状態での電波の強さなので、利用可能である。

つまり[1]では、受信電力を測定して中継優先度に反映させることで、空間内において電波リソース使用を均等化しようとしている。1つのパケットを早く広く効率良くフラディングするためには、ノードが密な位置においては、電波干渉が強いので1ノードあたりのパケット転送回数は少なくなり、ノードが疎な位置においては逆に1ノードあたりのパケット転送回数は多くなる。

このことは、情報発信機会の公平性の観点からは課題として認識できる。例えば、たえず情報が更新される必要のあるアプリケーションである掲示板あるいは複数人によるチャット、あるいは個々のノードがプロフィールを交換することで実現されるサービスにおいては、更新の速さで不公平が生じる。

そこでここでは、受信電力を測定して電波リソース使用を均等化しつつ、データ多重化によって各ノードの情報へのアクセスを均等化する方法について検討を行う。

2. 多重転送フラディング

2.1 従来のフラディングからの変更

情報発信ノードが全体のノード数と比較して少ない場合には従来のフラディングは適している。情報の受信ノードから発信ノードへの通信はブロードキャストではなくユニキャストを想定しており、その分はフラディングの情報発信ノードとしては除外できるからである。手順はおおよそ以下の通りである。

●従来のフラディング

発信元ノード

- s1: ブロードキャストする情報の発生 = パケット発生
→ s2
- s2: 送信待ち行列に入れる → s3
- s3: 優先度制御により送信待ち行列がシフト
→ 待機時間経過ごとに先頭パケットを送信
→ 順番が回ってきたら当該パケットを送信

受信/中継ノード

- r1: パケット受信 (新規) → r2
(重複) → r4
- r2: 中継待ち行列に入れる → r3
- r3: 優先度制御により中継待ち行列がシフト
→ 待機時間経過ごとに先頭パケットを送信
→ 順番が回ってきたら当該パケットを送信
- r4: 中継中止処理判断 (実行) → r5
(保留) → r3
- r5: 中継待ち行列から除外

情報発信ノードが全体に及ぶ場合、従来のフラディングでは密な位置にあるノードの優先度は低く抑えられ、パケットが出て行くまでに要する時間が長くなる。しかし一方で密な位置にあるノードは同時に、多くのパケットを受信する機会には恵まれている。パケットを中継するのはノードそれぞれが自身の周辺のノードにパケットを伝播させるためであり、周辺が多くのノードからパケットを受けているのであれば、自身が発信元となるパケットの割合が大きくなるべきである。そこで、周辺のノードが互いにどの程度パケットを受けているかの情報を交換して冗長な中継をさらに低減する方式を提案する。またパケット競合によるオーバーヘッドを考慮して、周辺で伝播が終わっていないパケットを多重化してそれに受信済みのパケット情報を付加するやり方を探る。多重化後のパケットと区別するために、多重化前のノードが発信元となるパケットを情報セルと呼ぶ。提案する多重転送方式は以下の通りである。

●提案する多重転送フラディング

発信元ノード

- S1: ブロードキャストする情報の発生 = 情報セル発生
≠ 多重パケット発生
→ S2

† ATR 適応コミュニケーション研究所
ATR Adaptive Communications Research Laboratories

- S2: 情報セル流通ステータスに新しい情報セルを登録
ステータス: 送信待ち
→ S3
- S3: 情報セルを情報セル送信待ち行列に入れる → SR4
- SR4: 多重送信待ちパケットを更新
 - ・情報セル待ち行列から1多重パケット分を設定
 - ・多重パケット内情報セル流通ステータスの更新
 → SR5
- SR5: 優先度制御による待機時間経過
→ 送信待ち多重パケットを送信
→ 送信した多重パケット内の情報セルに関する部分
を情報セル流通ステータスで更新
ステータス: 送信済み++

受信/中継ノード

- R1: 多重パケット受信 (新規の情報セル) → R2
(重複する情報セル) → R6
(情報セル流通ステータス) → R8
- R2: 情報セル流通ステータスに新規の情報セルを登録
ステータス: 送信待ち
→ R3
- R3: 新規の情報セルを情報セル送信待ち行列に入れる
→ SR4
- SR4: 送信待ち多重パケットを更新
 - ・情報セル待ち行列から1多重パケット分を設定
 - ・多重パケット内情報セル流通ステータスの更新
 → SR5
- SR5: 優先度制御による待機時間経過
→ 送信待ち多重パケットを送信
→ 送信した多重パケット内の情報セルに関する部分
を情報セル流通ステータスで更新
ステータス: 送信済み++
- R6: 情報セル流通ステータスの重複した情報セルの箇所
を更新
ステータス: 送信済み++
→ R7
- R7: 重複した情報セルの情報セル送信待ち行列内での位置
を更新 (重複度が高いと順序が後れる)
→ SR4
- R8: 情報セル流通ステータスを受信した多重パケット内の
情報セル流通ステータスとの差分に基づき更新
→ SR4

2.2 情報セル流通ステータスの加工

提案する多重転送フラッディングと従来のものとの大きな違いは、情報セルがフラッディングにより流通しているステータスを情報セル送信待ち行列での順序付けに利用する点と、多重化パケット内にステータスを含めてフラッディングさせることである。多重パケットは1ホップするたびに内部の情報セルを整理と情報セル流通ステータスを整理・加工されて次にホップされる。フラッディングしているものは情報セルであり、多重パケットは情報セルフラッディングのメディアになっている。

こうして受信電力に基づく優先度制御の上で多重パケットというメディアが得られる。多重パケットというメディアを管理して情報セルを効率よく流通させるために必要となるものが情報セル流通ステータスである。前節のR8にお

いて差分として現れるのは、

R8内部詳細

- 受信した多重パケット内にある分
 - D1: 新規の情報セル → R2で処理
 - D2: 重複する情報セル → R6で処理
- 受信した多重パケット内がない分
 - D3: 未受信の情報セル → R81
 - D4: 未受信の情報セル送信要求 → R81
 - D5: 既受信の情報セル → R82
 - D6: 既受信の情報セル送信要求 → R83

- R81: 未受信情報セル分の情報セル流通ステータスを作成
ステータス: 送信要求
- R82: 既受信情報セル分の情報セル流通ステータスを更新
ステータス: 送信済み++
- R83: 既受信情報セル分の情報セル流通ステータスを更新
ステータス: 送信済み--

情報セル流通ステータス内の「送信済み」はカウンタで表現される。この「送信済み」カウンタは情報セル伝播の冗長度を表すことになる。ある情報セルの送信要求が出すことはその情報セルのフラッディングメディアにおける冗長度を下げる働きをする。そして多重パケットにその情報セルが載れば冗長度が上がる。

2.3 考察

提案する多重転送フラッディングでは、従来より一つ上のレイヤからフラッディング管理を行っている。予備的なシミュレーションにおいては情報の到達率向上が確認されているが、パケットに流通している情報のリストを載せることで、情報が到達していないノードから送信要求が出せるようになったことが影響していると考えられる。一方で、スループットおよび遅延に関しては、受信電力に基づくフィードバックと未受信の情報セル送信要求による冗長度のフィードバックとに対して、今後チューニングしていく必要がある。

3. まとめ

本文では、無線フラッディングにおいて、データ多重化によって疎密のある環境下で各ノードの情報へのアクセスを均等化する方法について検討を行った。

参考文献

- [1] 門 洋一, 大野雄一郎, 行田弘一, 大平 孝, “受信電力とキャリア検出により自律的に中継優先度と送信電力を決定するルーチング方式,” 信学技報, RCS2000-6, pp.35-42, April 2000.
- [2] Sze-Yao Ni, Yu-Chee Tseng, Yuh-Shyan Chen, and Jang-Ping Sheu, “The Broadcast Storm Problem in a Mobile Ad Hoc Network,” In Proc. IEEE/ACM Intl. Conf. on Mobile Computing and Networking (Mobicom’ 99), pp.151-162, Aug. 1999.
- [3] Young-Bae. Ko and Nitin H. Vaidya, “GeoTORA: A protocol for geocasting in mobile ad hoc networks,” Tech. Rep. 00-010, Dept. of Computer Science, Texas A&M University, <http://citeseer.nj.nec.com/ko00geotora.html>, March 2000.