

ノード飛び越しするマルチホップ通信のスループットの理論解析

三村昂平[†]大内浩司[†][†] 静岡大学大学院工学研究科 電気電子工学専攻

1 まえがき

近年、無線マルチホップ通信において、隣接ノードを一つ飛び越した先のノードと積極的に通信を行うノード飛び越し法が研究されている [1]。文献 [1] では、ルーティングにより選ばれた経路でマルチホップ伝送を行う際、可能であれば隣接ノードを一つ飛び越した先のノードと通信を行うことで、パケット誤り率の改善や平均伝送時間の低減を行なっている。また、ノード飛び越し法を用いる場合、ノード間のリンクのなす角度によって、パケット誤り率や平均伝送時間が変化することも示されている。

著者らはこのノード飛び越し法に着目し、これまでにノード飛び越しを考慮したマルチホップネットワークのスループット解析を進めている [2]。文献 [2] では、リンクのなす角度を考慮したノード飛び越し法の評価を行なっている。なぜなら、リンクのなす劣角がより小さいほど飛び越し先のノードとの距離が近くなるため、飛び越しが発生しやすくなり直線状（リンクのなす角度が 180 deg）のネットワークよりも高いスループット特性が得られると考えられるからである。実際に文献 [2] ではホップ数が 4 のマルチホップネットワークにおいてリンクのなす劣角が 90 deg と 180 deg の場合を比較し、90 deg の方がより高いスループット特性を得ることを示している。しかし実際にルーティングにより選ばれる中継ノードの数や作られる経路の形状はランダムであるため、それを考慮した評価を行う必要がある。本稿では、ある正方領域の中に一定数のノードをランダムに配置し、その対角のノードが通信をする際に AODV (Ad hoc On-Demand Distance Vector) により作られる経路の特徴を NS2 (Network Simulator2) を用いたシミュレーションにより求め、その値を用いた理論計算によりその正方領域でのノード飛び越し法のスループットの期待値を示す。

2 正方領域におけるスループット特性

ノードがパケットの送信に必要な時間のうち、バックオフに要する時間を除いた時間をエアタイムとする。十分に長い期間 $[0, \text{Time}]$ を考え、その間にあるノード i が使用したエアタイムの総和を $|S_i|$ とする。ここで S_i はエアタイムの集合である。期間内でノード i のエアタイムの割合を x_i とすると、 $x_i = |S_i|/\text{Time}$ と書ける。ここで、パケットが正確に受信できない確率を ρ 、最大再送回数を K 、再送せずに通信が成功した場合のエアタイムの総和のうちデータペイロード部分の送信に要した時間の割合を T とすると、無線マルチホップネットワークのスループット E は次のようになる。

$$E = x \cdot (1 - \rho^K) \cdot T \quad (1)$$

ρ には、隠れ端末になるノードとの同時送信によるパケット衝突が発生する確率と、フェージングにより受信したパケットが誤る確率が含まれる。また、 T は式 (2) で得られ、DIFS は DIFS (Distributed interframe space) 期間、FRAME はフレーム送信時間、SIFS は SIFS (Short interframe space) 期間、ACK は ACK (Acknowledgement) フレーム送信時間である。

$$T = \text{payloadsize}/(\text{DIFS} + \text{FRAME} + \text{SIFS} + \text{ACK}) \quad (2)$$

図 1 にネットワークのトポロジの例として、ホップ数が 3, 4 のネットワークの図を示す。各ネットワークの形状は、ノード間のリンクの距離とリンクのなす劣角は全て同じになると仮定する。まず、式 (1) を用いて最終端ノードまでの各ホップ数に対してネットワークの形状を考慮したスループット特性を求める。そして、NS2 から得た最終端ノードまでのホップ数の発生確率をかけて重み付けすることで、その領域で通信を行った場合のスループット特性を求める。開始端ノードから最終端ノードまで N ホップの経路が作られる確率を P_{N_hop} とし、 N ホップの経路のスループットを E_{N_hop} とすると、ある領域で通信を行った場合のスループット特性 E_{area} は、次のようになる。

$$E_{\text{area}} = \sum_{n=1}^N P_{N_hop} \cdot E_{N_hop} \quad (3)$$

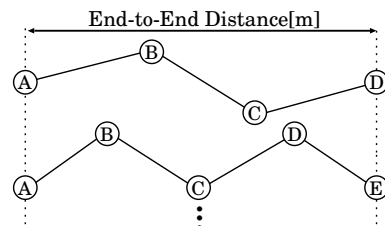


図 1 エンドツーエンド距離を固定した場合のネットワーク例

3 むすび

本稿では、ある大きさの正方領域を設定することで、その領域でノード飛び越しするマルチホップ通信を行った場合に得られるスループット特性の期待値の理論的な解析について考察した。

参考文献

- [1] 渡邊仁, 松澤祐貴, 山尾泰, "閾値制御経路構築アルゴリズムによるダイナミックマルチホップネットワーク", 信学技報 RCS2014-32, 2014.
- [2] 中敬之, 大内浩司, "経路飛越するマルチホップネットワークのリンクのなす角度を考慮したスループット特性", 電子情報通信学会総合大会, B-20-30, 2010.