

## キーを必要としない weak DAD Weak DAD without key

中田 吉哉<sup>†</sup> 南葉 宗弘<sup>‡</sup>  
Yoshiya Nakata Munehiro Namba

### 1. はじめに

近年、無線通信技術の発達とモバイル端末の普及に伴い、Mobile Ad Hoc Network(以下 MANET と呼ぶ)が注目を集めている。MANET は、無線通信手段を持つ移動端末(以下ノードと呼ぶ)間で直接データの送受信を行うため、従来不可欠であった基地局や有線網といったインフラストラクチャを必要としない。電波が届かず直接通信できない場合は、途中に存在するノードを介してマルチホップ通信を行う。

一般に MANET を構成するノードは、自律分散的にふるまうため、その特徴に適した IP アドレス自動割り当て(IP address auto-configuration)機構が様々に提案されている[1]。その中でもステータレスな IP 自動割り当て法は、各ノード固有の属性値(例えば、MAC アドレス等)や、乱数をアドレスとして用いるため、アドレス割り当てに因るレイテンシが少ない[2]。しかし、アドレスが一意であることを保証するために、別途、重複アドレス検出(以下 DAD と呼ぶ)機構が必要となる。

スプリットやマージといったネットワークの動的変化に頑健な受動的 DAD 機構として weak DAD が提案されている[3]。ノードの識別に IP アドレスとは異なる一意な識別子(以下 key と呼ぶ)を利用するため、key の拡散に伴う通信と記憶に関するオーバーヘッドが増大する。また、そもそも key の一意性を保証できるのかという指摘もある。

そこで本稿では、DAD を 1-hop 近傍に制限することにより、実質 key とその拡散を不要とする weak DAD 法を提案する。既知の宛先への転送は、ノードが取得する経路の方向に優先順位を付けることで best effort に保証する。

### 2. 提案法

#### 2.1 1-hop 近傍 DAD

提案法では、各ノードが 1-hop 近傍ノードに対してのみ DAD の責任を持つことで weak DAD に因るオーバーヘッドの削減を図る。この時、従来の有線ネットワークと同様に MAC アドレスの局所性を仮定し、key として MAC アドレスを利用する。DAD は、incoming パケットの送信元 IP アドレスと送信元 MAC アドレスを受信ノードが持つ IP アドレスと MAC アドレスとを比較することで行う。例えば図 1 のノード A は、1-hop 近傍ノード B の IP アドレス  $I_B$  と MAC アドレス  $M_B$  のペアとノード X の IP アドレス  $I_X$  と MAC アドレス  $M_X$  のペアに関してテーブル内に記憶している。このときノード X と同一の IP アドレス  $I_X$  が割り当てられたノード  $\tilde{X}$  を送信元とするパケットが、ノード B を最後の中継としてノード A に届いた場合、ノード A は  $I_X$  を送信元とするパケットは必ず MAC アドレス  $M_X$  から届くこと知っているため、incoming パケットの送信元  $M_B$  との矛盾から重複アドレスの存在を検出することができる。

テーブルの作成、更新は outgoing パケットをユニキャストする際と、アドレス解決リクエストを受け取った際に行う。新規に MANET に参加するノードは、参加時に一度だけ自身に割り当てられた IP アドレスに関するアドレス解決リクエストを実行し、迅速に自身の存在を 1-hop 近傍ノードに把握させるようにする。

#### 2.2 経路の方向優先

提案法では 1-hop 近傍までしか key を記憶しないと制限したため、既知の宛先への転送保証が難しい。図 2 はノード B がノード X 宛ての経路を決定する際について経路の種類を表したものである。既知の宛先への転送を best effort に保証するため、提案法では以下の順に経路を優先する。

- (1) forward direct: B から、または B を中継して発信され、X を宛先とする通信から得られる経路
- (2) forward indirect: B から、または B を中継して発信され、X を中継するノードを宛先とする通信から得られる経路
- (3) backward indirect: X を中継するノードから発信され、B を宛先、または B を中継するノードを宛先とする通信から得られる経路
- (4) backward direct: X から発信され、B を宛先または B を中継するノードを宛先とする通信から得られる経路

図 3 は同一アドレス  $I_X$  が割り当てられたノード X とノード  $\tilde{X}$  が同じネットワークに存在する例を表している。図中のリンクは通信リンクを表している。まず、ノード A から  $I_X$  宛てのパケットがノード B と C を経由してノード X へ転送されたものと仮定する。この時ノード B が持つノード X 宛ての経路は上記の 4 つの中で(1)に分類される。提案法では、この経路が最も優先されるため、(2)に相当するノード A から F への転送や、(3)に相当するノード F から B への転送、(4)に相当するノード  $\tilde{X}$  から B への転送等が起ころうとしても、既知の宛先であるノード X への転送が維持される。

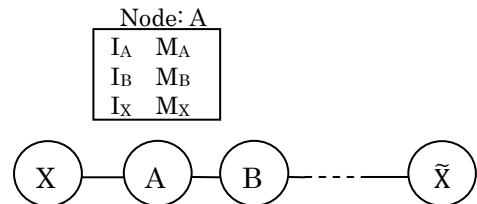


図 1 1-hop 近傍における DAD

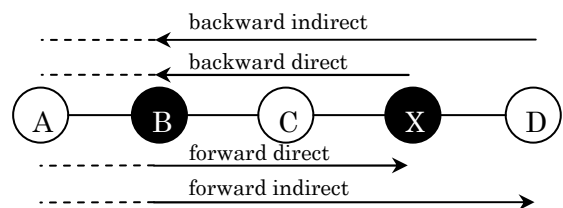


図 2 経路の方向

<sup>†</sup>東京学芸大学 教育学部 情報教育課程 情報教育専攻  
<sup>‡</sup>東京学芸大学 技術・情報科学講座 情報科学分野

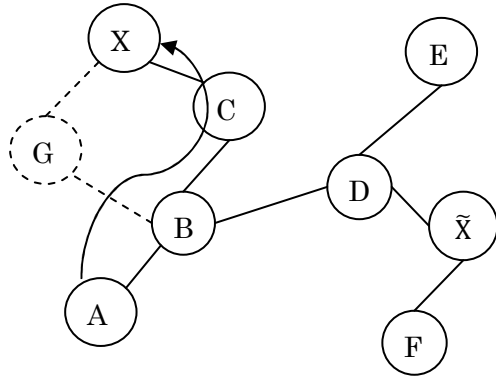


図3 既知の宛先への best effort 転送

ノード B と C 間の通信リンクが何らかの原因でエラーとなったときには、ノード X への転送を保証することができなくなるが、最初のノード X 宛てにパケットの転送時に、ノード X 近くのノード G 経由の経路を取得しているならば、これは種類(1)であることから引き続きノード X への転送が維持できることになる。

2.3 Mobility への考慮

MANET では、ノードの移動が前提となっているため、テーブル内の IP アドレスと MAC アドレスのペアは恒久的に有効ではない。そこで、重複の検出をする際に 1-hop 近傍であることを確かめるために再度アドレス解決を行う。

3. 実験

シミュレーションにより、提案法により重複アドレスの検出ができることを確認し、weak DAD と検出にかかる通信回数について比較を行った。シミュレータには JiST/SWANS[4]を用いた。表1にシミュレーションパラメータを示す。n[個]のノードを縦横 L[m]のフィールド上の、一様乱数を用いたランダムな位置に配置する。n[個]のノードの内2つのノードの IP アドレスが同一となるように設定した。今回はランダムな通信を仮定し、送り元、送り先ノードをそれぞれランダムに選択し、空データパケットを送信するようにした。この通信を1秒ごとに、重複アドレスの検出がされるまで行った。ノード数 n=30,50,70,100, フィールド長 L=300,500,700,1000 としパラメータ毎にそれぞれ150回シミュレーションを繰り返した。

図4に重複アドレスが検出されるまでに必要となった通信の平均回数を示す。Weak DAD では、L が大きくなると検出にかかる通信の平均回数が減少している。これはフィールドサイズが大きくなると、ノードの配置がまばらになり通信時の中継が増え、key が拡散しやすくなったためと考えられる。一方、提案法では L=300 から 500 の場合に減少しているが、それ以外は増加している。今回のシミュレーションパラメータでは通信半径がおおよそ 380[m]となるため、L=300 の場合はほぼすべてのノードが 1-hop 近傍ノードとなる。したがって、L が 300 から 500 へ変化する際には中継ノードの増加による効果が顕著に表れるが、それ以降では 1-hop 近傍ノードの減少による影響の方が支配的であるためと考えられる。

4. むすび

本稿は key を必要としない weak DAD に関する検討を行い、その一実現法を提案した。今回は reactive 型のルーティングプロトコルに関して実験を行い従来の weak DAD との比較を行った。

今後、mobility への対応や proactive 型のルーティングプロトコルへの適応等、より詳細な実験を行っていきたい。

参考文献

[1] C. Bernardos, M. Calderon, and H.Moutafa, "Survey of IP address autoconfiguration mechanisms for MANETs" Nov. 2008. Internet Draft. <http://tools.ietf.org/html/draft-bernardos-manet-autoconf-survey-04>

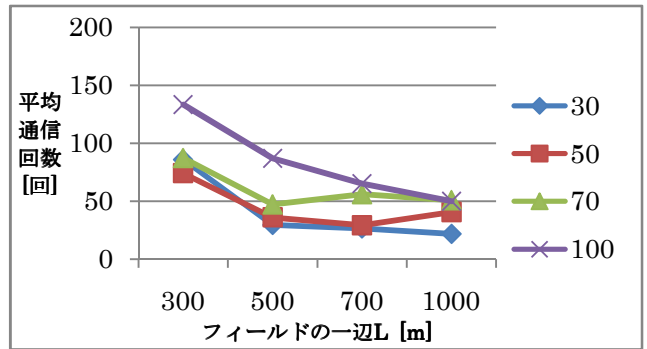
[2] K. Weniger, "Passive duplicate address detection in mobile ad hoc networks," WCNC 2003: IEEE Wireless Communications and Networking Conference, vol.3, pp.1504-1509, March 2003.

[3] N.H. Vaidya, "Weak Duplicate Address Detection in Mobile Ad Hoc Networks", MobiHoc '02: Proceeding of the 3rd ACM international symposium on Mobile ad hoc networking & Computing, pp.206-216, New York, NY, USA, ACM, June 2002.

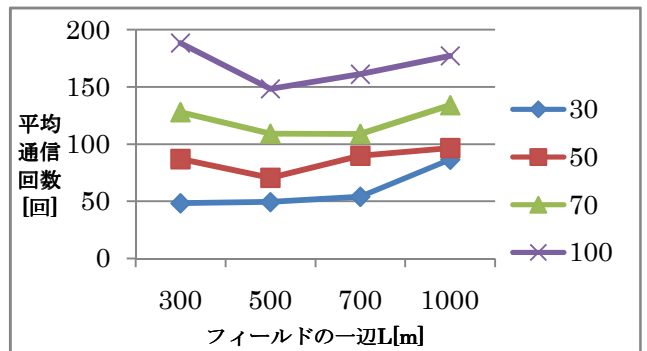
[4] R. Barr, Z.J. Hans, and R. van Renesse, "JiST/SWANS", <http://jist.ece.cornell.edu/>

表1 シミュレーションパラメータ

ルーティングプロトコル	DSR
転送レート	1M[bps]
送信電力	15.0[dBm]
移動モデル	Static
パスロスモデル	Two Ray
フェイジングモデル	Rayleigh



(a) weak DAD



(b) 提案法

図4 重複アドレス検出にかかる平均通信回数