

ソーシャルネットワークの関係性を利用し構築した Wi-Fi アドホックネットワークの性能評価

藤井 聡佳[†]

村瀬 勉[‡]

[†]お茶の水女子大学

[‡]NEC

小口 正人[†]

Eng Keong Lua[§]

[§]NEC シンガポール研究所

1. はじめに

Wi-Fi での通信カバーエリア拡大のために、モバイルアドホックネットワーク技術を用いた中継通信方法が注目されている。公衆無線 LAN などの AP に対して、電波的には接続できるものの、契約などの関係で接続できない場合に、AP 接続可能なユーザ経由で接続するアドホックネットワークを構築することが想定されている [1]。

2. 従来研究

[2] では、SNS 上のユーザの友人親密度に基づくアクセス制御メカニズムを提案しているが、親密度はユーザ 1 対 1 の関係にのみ設定されるものとし、知人の知人にあたる人物については言及していない。しかし、現実世界においては、知人の知人など、間接的な知人、いわゆるソーシャルネットワーク (SN) でリンクされている人に対して、利便性を提供する場合もあるだろう。

3. 親密度 (ホップ数) と接続率・スループット

3.1 ソーシャルネットワーク上でのホップ数と知り合いが増える度合

本稿で想定するネットワークについて述べる。ユーザ同士がある条件にあてはまる間接的な知り合いであれば、ノード同士接続され、トラフィックが中継されるものとする。ある条件とは、例えば n ホップの知り合い、という条件である。 n ホップの知り合いとは、SN 上で知り合いの知り合いの知り合いの... と、知り合いの知り合いを n 回以内で繋いでたどり着く知り合いと定義する。(以後、 n を接続許容最大ホップ数と呼ぶ。) この n ホップの知り合いに対して直接リンクを張ったネットワークを、 n -SN と呼ぶ。各ノードは、 r % の割合で他のノードと直接の知り合い関係にある。(以後、 r を知り合い割合と呼ぶ。) 例えば、 $r = 5$ のとき、100 人のソーシャルネットワーク中、ある人は平均的に約 5 人と直接の知り合いである。図 1 において、線で結ばれているノード同士が、直接の (1 ホップの) 知り合いである。この中から、実際に、ある AP の電波の届く範囲にあるノード k 台 (ここでは A-E の 5 台) を抽出する。 $n = 2$ として、A-E のうち 2 ホップ以内で接続可能なノード同士を線で結んだものが図 2 である。

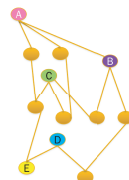


図 1: SNS 上の直接のリンク

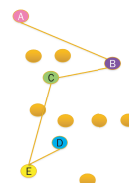


図 2: 2-SN のリンク

ここで、実際の物理的な配置を表したのが図 3 である。これは、電波的にはフルメッシュ (全ノードが IEEE802.11g のキャリアセンス範囲内にある) だが、AP に接続可能なノード数 j は限られている (契約上利用不可能、または、できれば接続したくない等)。ここで、 $j = 2$ とし、B, D のみが AP に接続可能であるとき、図 3 で示した 2 ホップ以内の結びつきをマッピングしたものが図 4 である。図 4 が、実際にネットワークにおいてパケットが転送される経路である。

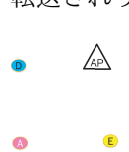


図 3: 物理的な配置

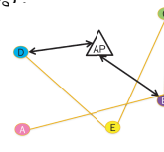


図 4: 2 ホップ以内の物理的リンク

3.2 ホップ数とアドホックネットワークにおける接続率とスループット

3.2.1 評価尺度：接続率と AP スループット

接続率は、あるノードが AP への接続が確立する可能性を意味し、 n ホップのとき、 j 人のノードのいずれかを經由することで AP に間接的に接続可能であるノード数を j_n とする。ここで、 j 人が k 人のうちどういった割り当てになっているかで場合分けしたすべてのパターン (パターン数: kC_j) ごとの接続確立ノードの割合を合計し、パターン数で割ることによって算出した平均値を接続率 P とする。

AP スループット Th とは、 k 台の端末が複数の経路がある場合は、できるだけホップ数を少なくするように接続した場合の AP を通過するスループットを意味する。

3.2.2 評価尺度：接続率と AP スループット

接続率 P と AP スループット Th は次の式で求まる。無線 LAN 総スループットを G とする。 G は、ホップ数 n で決まる。ホップ数 n が決まると無線 LAN に (直接または間接的に) 接続しているノードが決まり、このノード

ド間の接続状況とそれらのノード位置とから伝送レートが求まり、この伝送レートの調和平均で G が求められる。伝送レートの値の組み合わせが異なると、 G の値も変動する (Performance Anomaly [3] が起こる場合もある)。

$$P = (j + j_n) \div k$$

$$Th = j \div (j + j_n) \cdot G$$

ホップ数 n が増え、一般に、AP に間接的に接続するノード数 j_n が増加し、接続率 P が高くなる。このとき、AP に対して、AP と直接つながっているノードと AP との通信機会は $j \div (j + j_n)$ 倍に減少するため、概して AP スループット Th は低下する。ここで、接続率とスループットのどちらも高い状態を、効率がよいと考える。接続率が上がれば、スループットは低下しやすい。そこで、 P と Th はトレードオフの関係だと言える。そこで、効率を $P \cdot Th$ で定義して評価する。したがって、この効率を最大化するためには、ホップ数 n で決まる G を最大化すればよい。

$$P \cdot Th = j \div k \cdot G$$

3.2.3 定量評価

上記特性を評価するために、次のようなモデルを用いた。100m × 100m の範囲で、中心に AP が 1 台存在する物理モデルにおいて、 k 台が AP の周囲にランダムな位置で配置されている。この k 台は、100 台の SN からランダムに抽出されたものである。

$r=5\%$ 、 $k=10$ 、物理的に 10 ホップまで接続可能としたときの、 j および n と接続率との関係を表したグラフが図 5 である。 j を大きくすれば接続率を 100% に近づけることができるが、 r がある程度の割合であれば、 j が小さくとも、 n を大きくするだけで接続率を高くすることができる。 $j=1, 2$ 程度でも、 n を 1, 2 程度にするだけで接続率は飛躍的に向上し、100% に近づく。

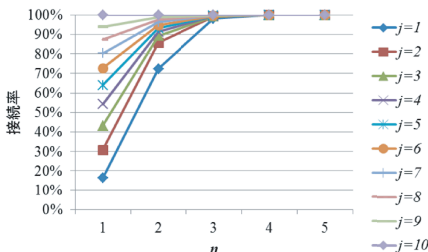


図 5: n の変化に対する接続率変化

このときの、 j および n と AP スループットとの関係を表したグラフが図 6 である。 $j=1, 2$ 程度のとき、 $n=1$ と $n=2$ の間、すなわち接続率の大幅に向上した区間において、AP スループットが大幅に低下する。これは前述のように、マルチホップ接続を可能とすることで、AP に間接的に接続するノード数が増えることによるものである。

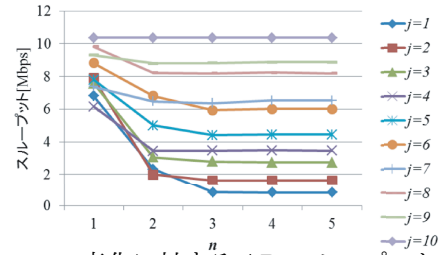


図 6: n の変化に対する AP スループット変化

また、このときの効率を計算したグラフが図 7 である。 n の値を変化させても効率に大きい変化は見られないため、効率の観点からは、 n は任意の値で構わないことが分かった。ただし、 $j=1, 2$ の場合など、 n が 1, 2 程度で多少効率が良くなる。

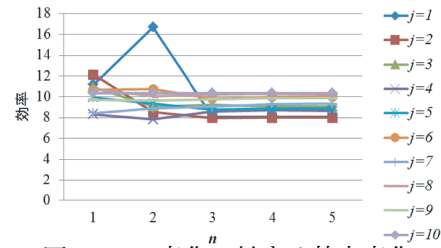


図 7: n の変化に対する効率変化

4. まとめ

アドホックネットワークにおける中継インセンティブの課題を解決するために、SN ベースのアドホックネットワークを提案した。直接または間接の知り合いであることが中継を行うインセンティブになりうるというアイデアを利用する。

本稿では、この SN ベースのアドホックネットワークにおけるユーザの接続率とスループットを求めた。SN において N ホップでリンクする関係ならば物理的にも接続可能であると仮定すると、今回用いたパラメータ設定においては、AP に直接接続可能なノード数が少ない場合でも、 N を 1, 2 程度にするだけで接続率は飛躍的に向上し、100% に近づく。また、接続率とスループットのどちらも高い状態を、効率がよいものとする、 N の値を変化させても効率に大きい変化はないが、 N が 1, 2 程度で効率のよい場合がみられることがある。すなわち、「知り合いの知り合いまで接続可能」とするだけでも、SN を利用しない場合と比較して接続率や効率がよくなる。

参考文献

- [1] 藤井ほか, "ソーシャルネットワークの接続関係でリンクを構成する...", DICO2014, 7E-2, 2014.
- [2] Y. Wang, et.al., "iSac: Intimacy Based Access Control for Social Network Sites," UIC/ATC, 2012 9th International Conference on, 2012
- [3] M. Heusse, et.al., "Performance anomaly of 802.11b," Proc. of IEEE Inforcom2003, vol.2, 2003.