

# Mesh Network を利用した通信におけるユーザ行動に基づく通信品質の評価 ～ プライシングによる通信方式の提案 ～

## An estimation method of network quality based on user behavior in mesh network

市川 貴久 奥田 隆史 (愛知県立大学大学院 情報科学研究科)

### 1 はじめに

無線技術の発展に伴い、「いつでも、どこでも、何でも、誰でも」ネットワークに接続することができる社会(ユビキタスネットワーク社会)の到来が期待されている。ユビキタスネットワーク社会の実現に向け、現在注目されている次世代無線技術としては Mesh Network[1] がある。

Mesh Network の通信方法には、ユーザ端末のみが相互に接続する「Ad-hoc Mode」と、アクセスポイント (AP) を設置することで、各ユーザ端末だけでは通信が困難な場合は AP を経由して通信を行う「Mixed Mode」がある。このようなネットワーク通信では、ユーザの自由な行動により、ネットワークポロジが刻々と変化するため、通信経路の割当てが困難となりサービスを安定的に提供できない可能性がある。そのため、通信品質を向上させる仕組みが求められ、あらかじめ通信品質を評価する必要がある。

そこで本研究では、プライシング(中継処理を行ったユーザに対し「中継ポイント」というインセンティブを付与する)により、ユーザが積極的に中継処理を行うような方式を提案し、ユーザをエージェントとして捉え、ユーザの行動をプロスペクト理論により表現したモデルで通信品質の評価を行う。

### 2 エージェントベースモデリング

本研究で想定する Mesh Network を、図 1 に示す。

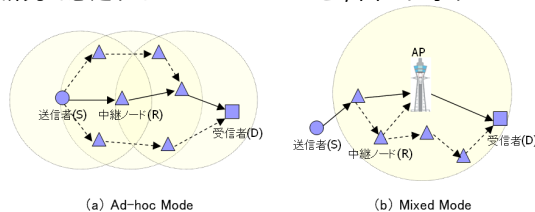


図 1 Ad-hoc Mode と Mixed Mode

Ad-hoc Mode のネットワークでは、送信者 (S) が受信者 (D) と通信を行う際、両ユーザが同一の通信エリア内に存在しない場合、中継ノード (R) を介して通信を行う(図 1(a))。一方、Mixed Mode のネットワークでは、従来のネットワークインフラとして利用されている AP を設置し、各ユーザ端末だけでは通信できない場合は AP を経由して通信を行う(図 1(b))。

両 Mode において、サービスを安定的に提供するためには高い接続率を維持する必要がある。そのためには、実際にネットワークポロジを形成するユーザの協力的な行動(積極的な中継処理)が不可欠となる。本研究では、ユーザに対してインセンティブを設けることでユーザの協力的意欲を引き出そうと考えている。インセンティブとして、中継ポイント制の導入を想定している。中継ポイント制とは、ネットワーク管理者が、中継に貢献したユーザにポイント(以下、GP)を提供するものである。GP には 2 種類あり、ユーザが確実に獲得できるポイントを  $\alpha$ 、ユーザが確率的に獲得できるポイントを  $\beta$  とする。

本研究では、図 1 のようなネットワークシステムを表現するために、ネットワーク利用環境を  $Env$ 、各ユーザを  $Agt$  としたマルチエージェントシステム  $S = \{Env, Agt\}$  と捉える[2]。ここで、 $Env$  は、ネットワークを展開する規模  $Area[m^2]$  と、 $Area$  内に存在するユーザ数  $User$  で規定する。 $Agt$  は、送信者 ( $Sa$ ) と受信者 ( $Da$ )、AP ( $APa$ )、および中継ノード ( $Ra$ ) の 4 種類のエージェントとする。以下に各エージェントの属性についてまとめる。

#### $Sa, Da, APa$ エージェントの属性

$Sa, Da, APa$  エージェントは、現在位置(以下、 $PI(x, y)$ )、通信可能な距離(以下、 $CA$ )を属性としてもつ。各エージェントは位置を固定とし、移動を一切行わないものとする。また、 $Sa$  は  $Da$  に対し、常時データ送信要求をするものとし、 $Da$  は常時受信可能な状態とする。

#### $Ra$ エージェントの属性

$Ra$  エージェントは、 $PI(x, y), CA$  に加えて、接続時間帯(以下、 $LT$ )、バッテリー状況(以下、 $BC$ )、参照点(以下、 $RP$ )、所持ポイント(以下、 $Point$ )を属性としてもつ。

$BC$  は中継処理によって変化し、充電が完了するまで中継不可能とする。 $RP$  は中継可否の判断をするための閾値で、あらかじめユーザに設定されているものとする。また、ある値まで  $Point$

が貯まると、自身の  $RP$  が変化する性格をもつものとする。

$Ra$  エージェントの行動パターンを表現するためにプロスペクト理論 [3] を用いる。プロスペクト理論によれば、人間の行動には、参照点依存性、感応度逓減性、損失回避性の 3 つの基本的性質があるという。これらの性質のうち、前者 2 つの性質を反映した  $Ra$  エージェントの行動パターンを以下に定義する。

#### $Ra$ エージェントの行動パターン

1.  $Ra$  エージェントは自分の  $RP$  と  $\alpha$  を比較し、 $RP < \alpha$  のとき中継許可、 $RP > \alpha$  のとき中継拒否とする(参照点依存性)。
2. 中継を許可した  $Ra$  エージェントの中で、 $P\%$  のエージェントは確実にポイント  $\alpha$  を獲得し、 $(1-P)\%$  のエージェントは  $\beta$  を獲得しようとする(感応度逓減性)。
3.  $\beta$  を獲得しようとしたエージェントは、確率  $p$  で  $\beta$  を獲得することができ、確率  $1-p$  でポイントを得られない。

### 3 数値例

地方都市(人口密度:  $0.00125 \sim 0.005$  [人/ $m^2$ ]) で Mesh Network を利用したサービスを利用することを想定し、両 Mode での接続率 ( $cr$ )、中継ホップ数 ( $hop$ ) およびコスト ( $tp$ ) について評価を行う。また、Ad-hoc Mode において無償で中継処理を行うユーザ ( $VU$ ) が介在する場合についても評価を行う。

各エージェントの通信半径  $CA_{Sa}, CA_{Da}, CA_{Ra}$  は  $30 \sim 50$  [m] (一様分布) とする。 $Sa, Da$  の位置情報は  $PI_{Sa} = (20, 100)$ ,  $PI_{Da} = (180, 100)$  とする。 $Ra$  の各パラメータ設定は、 $LT$ =常時接続、 $RP=0 \sim 20$  (一様分布)、 $BC=180$  [分](充電は 90 分で完了) とする。 $RP$  の変化するタイミングは、 $Point$  が 100 ポイント貯まるごとに  $\pm 1$  されるものとする。最大ホップ数は 10 とし、ポイント GP は、

Case1:  $\alpha = 5, \beta = 8$

Case2:  $\alpha = 10, \beta = 16$

Case3:  $\alpha = 15, \beta = 24$

の 3 つのケースとする。感応度逓減性に関する確率  $pc$  および  $pg$  は 0.8 とする。評価結果を表 1 に示す。

表 1 Ad-hoc Mode と Mixed Mode の比較

	Mode	ユーザ数 80 人 (長久手町想定)			ユーザ数 190 人 (大阪府想定)		
		$cr$	$tp$	$hop$	$cr$	$tp$	$hop$
Case1	Ad-hoc	0.06%	172	6.16	21.1%	73,522	7.24
	Mixed	30.5%	39,828	4.29	77.2%	109,397	4.30
	VU10%	0.02%	4,266	7.40	53.9%	128,397	7.22
	VU30%	21.1%	24,529	7.41	94.1%	102,529	6.28
	VU50%	46.2%	32,280	7.36	98.8%	54,958	5.82
Case2	Ad-hoc	12.5%	87,636	7.14	84.3%	543,434	6.65
	Mixed	60.3%	160,386	4.33	99.2%	238,470	4.11
	VU10%	30.6%	174,313	7.32	95.1%	456,973	6.39
	VU30%	51.9%	192,949	7.30	98.9%	272,940	5.81
	VU50%	63.3%	142,794	7.18	99.7%	141,219	5.50
Case3	Ad-hoc	39.4%	423,292	7.28	99.5%	776,818	5.56
	Mixed	89.6%	353,932	4.31	100%	344,296	4.01
	VU10%	59.7%	535,008	7.15	99.7%	677,020	5.67
	VU30%	69.5%	424,995	7.09	99.9%	463,427	5.35
	VU50%	82.6%	329,288	6.84	99.9%	310,302	5.35

### 4 おわりに

本稿では、Mesh Network において安定したネットワークポロジを形成するために、プライシング(中継ポイント制)によるアプローチを提案し、エージェントベースモデリングを利用して Ad-hoc Mode および Mixed Mode について評価を行った。

なお、本研究の一部は、文部科学省平成 19 年度文部科学科学研究費補助金(課題番号 19206044)、平成 19 年度愛知県立大学学長特別教員研究費、平成 19 年度愛知県立大学教育研究センター「共生と地域連携をテーマとした学生自主企画研究」の補助を受けて行われた。

#### 参考文献

- [1] Stefano M. Faccin, Carl Wijting, Jarkko Knecht, Ameya Damle, Mesh WLAN Networks: Concept and System Design, *IEEE Wireless Communications*, 2006, pp.10-17.
- [2] 大内東, 山本雅人, 川村秀憲, マルチエージェントシステムの基礎と応用-複雑系工学の計算パラダイム-, コロナ社, 2002.
- [3] 友野典男, 行動経済学 経済は「感情」で動いている, 光文社新書, 2006.