

遠近法を持つネットワークと未来ブラウザの開発

梅田 英和¹⁾
Hidekazu UMEDA

1)株式会社スカイリー・ネットワークス

ABSTRACT. 無線 LAN アクセスポイントを用いたアドホックネットワークを構築し、その中を無線機器を持ったユーザが自由に動き回る。アクセスポイントはユーザの現在位置を把握するセンサーの役割を果たすと共に、位置に基づいた情報を配信する役割を果たす。また各アクセスポイントは協調してユーザの移動履歴を記録し、過去の履歴から、将来移動しそうなパターンを算出する。その将来の移動予測に従って、アクセスポイントから時間的に先行したコンテンツを配信する。また、そのようなコンテンツを表示するユーザ側ブラウザも考案する。

1. 背景および目的

無線 LAN、Bluetooth、RF タグ、微弱無線といった無線アクセスポイントを一定間隔で配置し、各アクセスポイントを相互通信させることで、特定のエリアを面でカバーする無線ネットワークを形成する。

その無線ネットワークの中を無線端末をもったユーザが移動することにより、場所、移動方向、目的などをネットワーク自身が察知して、各ユーザの文脈にそった情報をプッシュ配信する仕組みを提供する。ユーザはネットワークが配信する情報を専用のブラウザを用いて閲覧しながら、ショッピングや会場案内などの個別のサービスを楽しむ。

また各アクセスポイントはユーザのビーコンをトラッキングしており、ある時刻 t_1 と時刻 t_2 のネットワークポロジの差分をとることで、ユーザの移動方向や速度を算出することができる。
例えばユーザが買い物を終えてレジのフロアに向かった場合、ネットワークがそのことを察知して、あらかじめ合計金額を計算して精算の用意をしたり、買い物が多い場合にはカートの手配をすること等が可能になる。

2. 開発内容

[1] ネットワークプロトコル

無線アクセスポイント間が相互通信して一つのネットワークを形成するためには、いわゆるアドホックネットワーク技術が必要である。また各アクセスポイントはユーザ端末のビーコンや応答を経路制御しなくてはならず、1つ1つがルータの役目をはたす必要がある。またユーザは無線ネットワーク内を自由に移動するため、アクセスポイントの経路制御はトポロジの変化に迅速に対応する必要がある。

(2)ベクトル抽出エンジン

無線ネットワークの中を無線端末を持ったユーザが動きまわる際、ネットワークポロジの変化の差分をとることで、ユーザの移動ベクトルを計算する必要がある。その移動ベクトルの現在値と過去の履歴を見ることで、ユーザがいまどのような文脈にいて何をしようとしているのかを推論する。そのためのアルゴリズムがベクトル抽出エンジンであり、本プロジェクトで新規に開発する部分である。

(3)未来ブラウザ

定期的にビーコンを出力し、ネットワークから返ってきた応答（情報）をリアルタイムに表示するためのアプリケーション部分。ユーザとネットワークの唯一の接点となる。いわゆるインターネットブラウザは紙媒体の比喻を用いているが、遠近法ネットワークでは文脈依存の情報を自分の動きに応じて表示しなくてはならないため、同じインターフェイスは採用できない。これも本プロジェクトで新規に開発する部分である。

3. 実装

(1) ネットワークプロトコル

本プロジェクトでは、ユーザがアクセスポイント支配下に入ってからコンテンツを受取るまでの待ち時間を最大3秒と設定した。そのためには、経路制御の遅延や電波状態を考慮しても、ユーザ端末の移動を1.5~2秒以内のタイムラグで正確にとらえる必要があった。

従来の MANET における proactive 型経路制御では、ユーザの移動に対するセンシビリティとして

1. ユーザが隣接端末のエリアから出たと判定される時間
2. ユーザが隣接端末のエリアに入ると検知される

時間

3. 経路表の変化をネットワーク全体に浸透させる時間

という要因が関係しているが、例えば MANET の OLSR では、パラメータ条件によっては経路変化の検知に 10 秒程度かかってしまう場合もある。つまりある端末が移動してから、ネットワーク上の数ホップ離れた別端末がそのことを知るのが 10 秒後ということで、実用的には使いものにならない。

そこで本プロジェクトでは最終的には、AP（固定）とユーザ端末（移動）を分けて考えることにした。実際には基本を proactive 型に置いて、その上で以下のような設定を行った。

1. AP 間は

Hello パケット周期 5 秒
経路表の交換サイクル 5 秒
経路表エントリーの削除時間 15 秒
移動端末削除時間 2 秒

2. 移動端末側は

Hello パケット周期 1 秒
経路表の交換サイクル 10 秒
経路表エントリーの削除時間 25 秒

(2) 未来ブラウザとベクトル推論エンジン

未来ブラウザとは、ユーザがこれまで行ってきたアクションや移動の経歴から、将来行いそうなアクションを推論してコンテンツを配信したり、システムを動作させる仕組みのことである。「ブラウザ」というとユーザが操作するソフトウェアのイメージがあるが、むしろネットワーク全体が協調動作してユーザの現在の行動を補足し、将来のアクションを推定する機能だと捉えたい。

今回の行動予測機能を実装する過程で、以下の 2 つを区別する必要があると考えようになった。

1. ユーザ端末が AP 間を移動するパターンによる、ネットワークトポロジの確率的な変化の予測（論理的予測）
2. 各 AP の設置場所の特徴に応じた、ユーザの将来の行動予測（意味的予測）

今回のベクトル推論エンジンでは、最低でも 1 を実現するのを目標にしている。

具体的には、経路表をグラフ構造で単位時間ごとにすべて保存しておき、時刻 $t-1$ と t におけるユーザ端末の隣接端末テーブルの差分から移動ベクトルを算出する。例えば ユーザ端末 A の隣接端末テーブルが

$\{ ap1, ap2 \} \rightarrow \{ ap2, ap3 \} \rightarrow \{ ap3 \}$

と時系列的に変化したならば、ユーザは $ap1$ から $ap3$ の方へ、 $ap2$ から遠ざかる方向へ向かっていると推定できる。実際には上のテーブルの変化を

$(ap1 \text{ の座標} + ap2 \text{ の座標}) / 2 \rightarrow (ap2 \text{ の座標} + ap3 \text{ の座標}) / 2 \rightarrow ap3$

という式に変形し座標の重心を求めた上で、各時点の重心に一番近い AP を検索して最終的な AP 間の移動としている。

4. 今後の課題と展望

今回の開発テーマの 1 つであったユーザの行動予測とそれに沿ったコンテンツ配信は、上に述べた諸々の理由で思ったような効果がだせずに終わってしまった。次回、このテーマにチャレンジする機会があれば、

- [2] AP の規模を 10 倍（50 台）程度に増やしてみる
- [3] AP の粒度をもっと細かくして行動の文脈を表現しやすくする
- [4] 行為の検出に IC タグや超音波センサなどの他の道具を利用する
- [5] 行動予測を汎用に対処するために、AI の ES（エキスパートシステム）のようなルールベースの推論エンジンを作ってみる

といった課題に取り組んでみたい

またベクトル推論エンジンについてはアプリケーションレイヤよりも下位レイヤに適用すると面白いと感じている。つまり最近の CPU に分岐予測機能がついているように、アドホックネットワークの経路制御にも端末の移動予測機能を付け、次に移動しそうな先にパケットを余分に転送しておくことでパケットロスト率が下がりそうである。この機能はぜひ実装して定量的に評価してみたい。

5. 参加企業及び機関

株式会社スカイリー・ネットワークス

6. 参考文献

- [1] Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing
<http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-aodv-13.txt>
- [2] Optimized Link State Routing Protocol
<http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-olsr-09.txt>