

Sensed Chiyoda : 千代田区における無線マルチホップ転送の測定

石塚 宏紀[†] 佐々木 健司^{††} 金澤 祥弘^{††} 戸辺 義人[†][†]東京電機大学 工学部 情報メディア学科^{††}東京電機大学大学院 工学研究科 情報メディア学専攻

1 はじめに

我々は「都市生活の安心」を提供することを目的に「細粒度環境データ提供フレームワーク Sensed Chiyoda」[1]の構築を目指している。千代田区のような都市において、無線通信環境は通信路を遮るビル群や路上に駐車中の自動車、人の連続的な往来など状況変化に伴い悪化する。そのため、都市において無線センサネットワークを構築するには、通信状況の悪化を考慮した設計でなければならない。我々は、都市環境において無線通信環境を悪化させる大きな要素である人の連続的な交通量の変化によるマルチホップ通信状況の悪化を測定し、都市型無線センサネットワークの提案する。

2 Sensed Chiyoda プロジェクト

近年、大気汚染やヒートアイランド現象など都市環境問題が多くメディアでとりあげられている。これらの環境問題は市民生活や今後の都市開発に大きな影響を与える。我々は千代田区に関する様々な事象を一つの学問として学ぶ「千代田学」の一環として、「都市生活の安心」を提供することを目的に、メッシュ状に配置したセンサノードから無線マルチホップ通信を用いて環境情報を収集し、環境の状況とその遷移を詳細かつリアルタイムに参照可能なフレームワークを構築している。メッシュネットワークは、市単位、町単位、番地単位など、都市内の細かい空間粒度の環境データの取得に適している。取得したデータは、多方面より分析し、市民が利用できるアプリケーションとして、公共に提供する。

3 目的

近年多発する自然災害やテロなど「都市生活の安心」を脅かす現象に関わるデータは、市民にリアルタイムで提供されることが望ましい。千代田区のような都市環境において無線通信環境は、「時と場合に応じた急激な交通量の変化」によって影響

を受ける。例えば、週末に人が集中する繁華街では無線通信環境が悪化する。このような状況では、通信効率が低下し、環境情報取得におけるリアルタイム性が欠如する。そこで我々は悪化の主な要因である人の往来が無線マルチホップ通信へ与える影響を測定する。その結果を基に、都市型無線センサネットワークを提案する。

4 実験

我々は、マルチホップ通信のルーティングプロトコルとして AODV[2]を利用した。実験に使用するノードは IEEE802.11b インタフェースを備えた同リソースの PC とした。交通量が大きく変化する繁華街で測定を行い、測定区間は長さ 200m×幅 4m とした。

4.1 人の往来による通信状況測定

マルチホップ通信の特性を測定するため、測定区間内に 3 ノードを配置した 2 ホップ測定、4 ノードを配置した 3 ホップ測定を行った。2 ホップ測定におけるノード配置を図 1 に示す。測定に利用したアプリケーションは、発信元ノードから 10kB のデータを 3 分間発信元し続け、宛先ノードでそれを受信するプログラムとした。さらに、人の交通量との相関関係を得るため、アプリケーション起動と同時にノード間の交通量を測定し、区間内の平均交通量を算出した。

4.2 ルーティングにおける負荷の測定

AODV によるルーティングは、アプリケーションが起動した後、宛先ノードへのルートを形成する。その上、一度ルートが切れると復旧までに遅延が生じる。AODV におけるオーバーヘッドは、アプリケーション層の測定だけでは判断できない。そこで我々は、マルチホップ通信におけるルート形成と復旧に伴う AODV のオーバーヘッドも考慮した分析を行った。実験では、パケット送受信を正確に測定するため Ethereal を用いてすべてのパケットをキャプチャした。キャプチャ結果を基に、各測定実験における AODV の RREQ パケット数をカウントし AODV によるオーバーヘッドの指標とした。

Sensed Chiyoda : Measurement of a wireless multi-hop transmission

[†] Hiroki Ishizuka^{††} Kenji Sasaki^{††} Yoshihiro Kanazawa[†] Yoshito TobeDepartment of Information Systems and Multimedia Design, Tokyo Denki University ([†])Department of Information and Media Engineering, Tokyo Denki University (^{††})



図 1.2 ホップ測定におけるノード配置

5 測定結果

5.1 交通量と遅延分布の相関

測定した結果から、測定期間中の平均交通量とアプリケーションにおけるパケット送受信の遅延に相関があることが明らかになった。図 2 に 2 ホップ, 3 ホップ時の交通量に対する平均遅延分布を示す。測定結果において平均遅延は交通量の増加に伴って大きくなり、無線通信環境に影響を及ぼすことがわかる。さらに、2 ホップと 3 ホップの場合を比べると、3 ホップの方が交通量の増加に対して減衰率が小さい。これは、2 ホップの方が、通信距離が長く、ノード間の交通量も多くなるため通信効率が低下したと考えられる。

5.2 RREQ 数とパケットロス率の関連性

マルチホップ通信におけるルート形成と復旧に伴う AODV のオーバーヘッドを測定した結果、パケットロス率と発信元ノードの RREQ 数に相関があることがわかった。RREQ 数は、AODV がルートを形成、復旧しようとした数に相当し、ルーティングにおけるオーバーヘッドを示す。図 3 よりパケットロス率が増加するにつれて 2 ホップ, 3 ホップ共に RREQ 数が指数的に増加する傾向がある。また、3 ホップの方が 2 ホップよりも RREQ 数の増加率が低いこともわかる。これは、本来通信路が不安定である状態であり、UDP パケットである RREQ を発信元する際、次のホップノードまでの距離が近い 3 ホップの方が RREQ を転送するのに有利だからである。

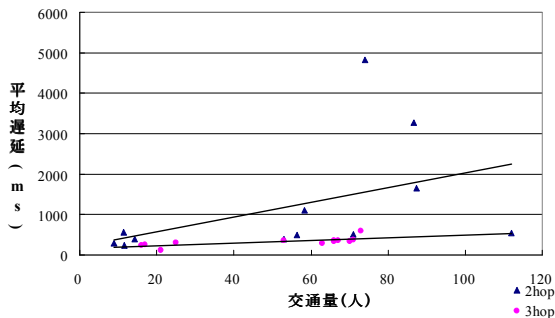


図 2.交通量に対する平均遅延

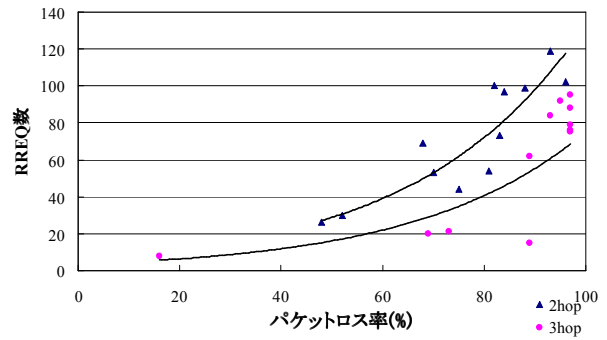


図 3.パケットロス率に対する RREQ 数

6 都市型無線センサネットワークの提案

前章の実験結果を踏まえると、都市において信頼性の高い無線センサネットワークを構築し運営していく上で人の動きを含めた様々な要因による通信環境の悪化を考慮しなければならない。そこで、我々は都市型無線センサネットワークを設計する際に、交通量の多い環境で通信の信頼性を保つために、本来の無線通信距離よりも十分な余裕を持ってノードを密に配置する機構を提案する。密に配置したノードは通信環境が良好な場合、中継ノードとして利用されない。しかし、無線環境の悪化に伴い、AODV の制御パケットさえ通信できなくなるため短距離で転送する必要がある。エネルギー消費を考慮し、通常はスリープモードになっており、周囲の環境の変化に応じて中継ノードとして振る舞う。今後は、実験の結果を反映しつつ、都市型無線センサネットワークにおいて最適な中継ノードの動作と配置について研究を進めていく。

7 おわりに

本稿では、都市環境において無線通信環境を悪化させる大きな要素である人の交通量変化によるマルチホップ通信状況変化を測定した。実験結果より、人の交通量は、無線通信に大きな影響を及ぼす。さらに、通信状況悪化に伴い、等距離内において、ホップ数を増加させることで性能が相対的に上昇することをわかった。

参考文献

- [1] Sensed Chiyodaプロジェクト
<http://www.unl.im.dendai.ac.jp/project/sensedchiyoda/>
- [2] C. Perkins, E. Royer, "Ad hoc on-demand distance vector routing", 2nd IEEE Works ホップ on Mobile Computing Systems and Applications, February 1999.
- [3] Live E! project, <http://www.live-e.org>