

平成 26 (2014) 年度修士論文発表内容要旨

電子情報システム専攻

氏名	須崎 修平	研究室名	片山研究室
題目	無線分散ネットワークにおける 圧縮センシングを用いたリンク品質情報共有手法		

1 背景と目的

リンク状態型ルーティングを用いた無線分散ネットワークでは、各ノードは定期的にリンク品質情報を伝送しあうことで共有し、この情報を用いて通信経路を選択する。その情報共有手法として通常フラッディングが用いられているが、情報共有のためのトラフィックがネットワークを圧迫するという問題がある。本研究では、この情報量を削減するために、圧縮センシングを用いたリンク品質情報共有手法を提案する。

2 ネットワーク・リンク品質モデル

ネットワークのノード数を n とする。離散時刻 ℓ でのネットワークの全リンク品質情報を $n \times n$ の行列 X_ℓ で表現する。行列 X_ℓ の i 行 j 列成分 $x_{i,j}(\ell)$ は以下のように定義する。

$$x_{i,j}(\ell) = \begin{cases} 0 & (i = j) \\ \text{ノード } i \text{ から } j \text{ へのリンク品質} & (i \neq j) \end{cases} \quad (1)$$

3 圧縮センシングを用いた情報共有手法

圧縮センシングはデータの圧縮と取得を同時に行う技術である。これを用いることで、各ノードの情報共有における伝送情報量を削減することができる。圧縮センシングでは適切な基底変換によりデータをスパース(零成分が多い)表現することが必要である。本手法ではリンク品質の空間相関を利用し、Diffusion Wavelets により圧縮センシングを適用する。Diffusion Wavelets ではネットワークに適応した基底を構築できるが、事前知識としてネットワーク構造が必要となる。そこで、リンク品質の時間相関も利用し、過去に収集したリンク品質情報を事前知識として用いる。

3.1 圧縮処理と圧縮データの共有手法

圧縮時(データの取得時)にはランダム行列 A, A' を用いて、以下の式で表される $k \times k'$ の行列 Y_ℓ を X_ℓ の圧縮データとして得る。($k, k' \ll n$)。

$$Y_\ell = AX_\ell A' \quad (2)$$

式(2)の計算を行うためにゴシップアルゴリズムを用いることで、各ノードは直接圧縮データ行列 Y_ℓ を得る。

3.2 復号処理

各ノードは圧縮データ Y_ℓ から、以下の式よりスパース行列 $\hat{\Theta}_\ell$ を得て、元データの推定値 \hat{X}_ℓ へ変換する。

$$\hat{\Theta}_\ell = \arg \min_{\hat{\Theta}_\ell} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j} |\hat{\theta}_{i,j}(\ell)|$$

$$\text{subj. to } Y_\ell = A \hat{\Psi}_{\ell-1}^{-1} \hat{\Theta}_\ell (\hat{\Psi}_{\ell-1}^T)^{-1} A' \quad (3)$$

$\hat{\theta}_{i,j}(\ell)$ は行列 $\hat{\Theta}_\ell$ の i 行 j 列成分、 $w_{i,j}$ は重み行列 W の i 行 j 列成分である。 $\hat{\Psi}_{\ell-1}$ はサンプル $\ell-1$ に得たリンク品質情報 $\hat{X}_{\ell-1}$ をもとに構築される Diffusion Wavelets

表 1: シミュレーション諸元

シミュレーション範囲	1.0[km] × 1.0[km]
ノード数	20
ノードの最大移動速度	10 [km/h] (2.78 [m/s])
リンク情報共有の時間間隔	10 [s]
伝搬路モデル	Plane-Earth reflection model

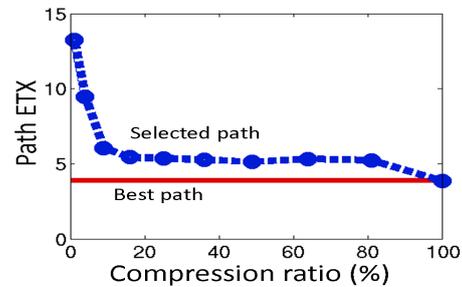


図 1: 圧縮率に対するパス ETX

基底である。 $\hat{\Theta}_\ell$ を得ると基底 $\hat{\Psi}_{\ell-1}$ による逆変換を行い、 X_ℓ の推定値 $\hat{X}_\ell (= \hat{\Psi}_{\ell-1}^{-1} \hat{\Theta}_\ell (\hat{\Psi}_{\ell-1}^T)^{-1})$ を得る。

4 特性評価

ノードがランダムに移動するネットワークにおいて、圧縮・復号した後のリンク品質情報 \hat{X}_ℓ をもとに始点・終点となる固定ノード間の通信経路を選択したときの圧縮率に対する選択経路の品質を評価する。リンク品質として ETX(1つのパケットを送る際の、パケット誤りによる再送も含めた平均送信回数)を用いて、経路上の各リンク ETX の合計(パス ETX)が最小となる経路を選択する。表 1 にシミュレーション諸元を示す。

図 1 に圧縮率に対する選択経路と実際の最適経路のパス ETX を示す。図 1 より圧縮率が 10~20%以下になると、正しく復号できないために選択経路のパス ETX が急激に大きくなるのが分かる。しかし、情報削減量とパス ETX の増加量を比較すると、経路選択時にパス ETX がわずかに増加する代わりに情報量をおよそ 90%削減できると言える。

5 まとめ

本研究では無線分散ネットワークのリンク品質情報共有において伝送される情報量削減のために、圧縮センシングを用いた情報共有手法を提案した。リンク品質の空間・時間相関を利用することで、ルーティング時にパケット再送回数の期待値がわずかに増加するものの、情報量をおよそ 90%削減できることを示した。

発表業績

1. 電子情報通信学会和文論文誌 (2014-10)
 2. 国際会議 IEEE MENS'14 (2014-12)
- 他, 国際会議 1 件, 国内研究会 8 件