

M-005

ネットワークコーディングを用いた 端末間協調ストリームデータ配信システムの検討

A Stream Data Delivery System with Terminal Coordination Using Network Coding

井上 慶春[†] 中村 和己[‡] 谷川 諒[‡] 島田 秀輝[†] 佐藤 健哉[‡]
Yoshiharu Inoue Kazuki Nakamura Ryo Tanigawa Hideki Shimada Kenya Sato

1 はじめに

近年, Youtube, ニコニコ動画等をはじめ, 様々な動画配信サービスが提供されている. また, それらの動画配信サービスは PC だけでなくスマートフォンやタブレット型端末でも快適に視聴できるように専用のアプリを提供しており, 携帯端末による動画視聴の需要が高まっている. しかし, それに伴い, 配信サーバへのアクセス集中, トラフィックの増大, 帯域の圧迫等の問題が発生し, 動画を快適に視聴するためには, 画質やフレームレートを低下させることが必要になる. 帯域確保に関する問題の解決手法の一案として, ネットワークコーディングによるサーバアクセス負荷の軽減と帯域節約の技術が研究されている. ネットワークコーディング¹⁾とは, アドホックネットワーク内の一部の端末が複数のデータを特定の論理演算によって組み合わせる技術である. また, 端末間協調ストリームデータ配信は, 低帯域な 3G 回線の利用時にも高品質な動画視聴を実現するために研究された技術である.

本稿では, 低帯域な 3G 回線での高品質な動画の視聴の実現を目的とし, 端末間協調ストリームデータ配信において効率的なネットワークコーディングを用いて, ネットワークの負荷を軽減し, ネットワークにおけるスループットを向上させたストリームデータ配信システムを検討する.

2 COPE

COPE²⁾とは, スループットの向上を目的とした, ネットワークコーディングである. 図 1 のような通信を考える. 図 1 は, 端末 1 から端末 3 にパケット P1 を送信したい場合と, 端末 3 から端末 1 へパケット P2 を送信したい場合の通信である. 端末 1 と端末 3 はアドホックネットワークを介して直接通信できない距離にあり, 両端末は端末 2 を介して通信を行わなければならない. この場合, パケット P1 を送るときに端末 1 から端末 2 への通信と端末 2 から端末 3 への計 2 回の通信が行われる. また, パケット P2 を送るときに, 端末 3 から端末 2 への通信と端末 2 から端末 1 への通信が行われ, 全体の通信としては, 4 回の通信が行われる. これに対して図 2 では, 端末 1 と端末 3 が端末 2 へ, それぞれパケットを送信し, 端末 3 がネットワークコーディングを行い, 端末 1, 端末 3 へ同時に通信を行っている. ここで P3 は P1 と P2 の排他的論理和を取って生成されたパケットであり, 端末 1 と端末 3 が P3 を受け取った時, それぞれがもともと所持していたパケット P1, P2 と排他的論理和を取ることにより, それぞれ P2, P1 を得ることができる. 全体としては 3 回の通信が行われ, 図 1 に比べ, 1.33 倍のスループットの改善が見込める.

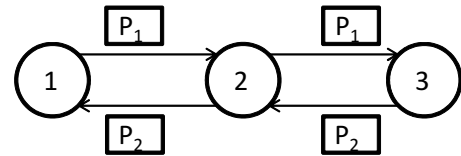


図 1 ネットワークコーディングを行わない通信

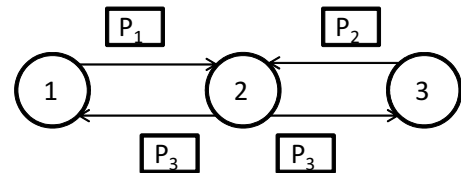


図 2 ネットワークコーディングを行う通信

3 端末間協調ストリームデータ配信システムの問題点

端末間協調によるストリームデータ配信では, フレームデータを分割するので, データの個数が増加する. データの個数が増加すると, アドホックネットワーク内のトラフィックが増加し, 通信回数が増え, スループットが落ちるという問題点がある.

4 提案システム

4.1 提案手法の概要

本稿では, ネットワークコーディングを用いた端末間協調ストリームデータ配信システムを提案する. ストリームデータには M-JPEG を用いた配信を行う. この M-JPEG にネットワークコーディングを用いて, 通信回数の抑制を行い, 帯域節約を行いつつ, 端末間協調によりデータの共有を行い, 高画質な動画の視聴を実現する.

4.2 システム構成

提案システムの構成を図 3 に示す. 本稿のシステムは, 図 3 に示す通り, 配信サーバと, ネットワークコーディングを行う端末 (以下, 中継端末), ストリームデータを受け取る n 個の端末 (以下, 動画受信端末) からなる. 配信サーバを S , 中継端末を N , 動画受信端末を T_n , 分割されたデータ (以下, 分割データ) を F_n , ネットワークコーディング後のデータ (以下, NC データ) を XF とする. XF は各分割データの排他的論理和をとったものである. また, 配信サーバと端末 T_n は 3G 回線で接続されており, 中継端末 N と動画受信端末 T_n は無線 LAN によるアドホックネットワークにより接続されている. 以下に配信サーバ, 動画受信端末, 及び中継端末の役割を示す.

[†] 同志社大学 理工学部 情報システムデザイン学科

[‡] 同志社大学大学院 理工学研究科 情報工学専攻

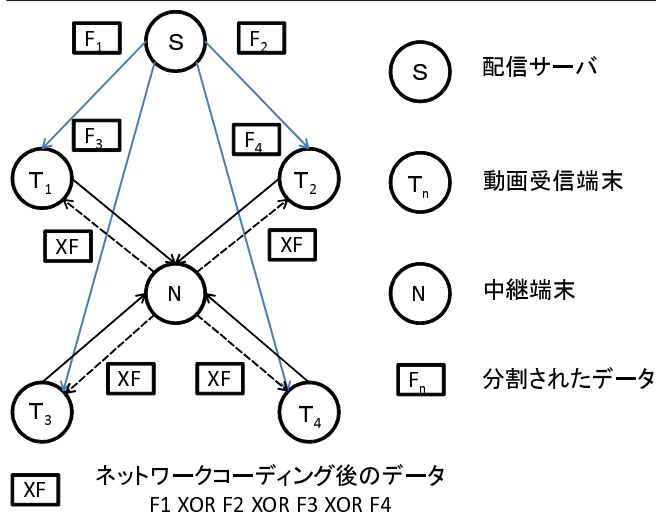


図3 提案システムの構成

配信サーバ 配信サーバは、配信する動画のフレームを分割する。分割した後、データを 3G 回線を用いて各端末 T_n へデータ F_n をそれぞれ配信する。

動画受信端末 分割データを受け取った端末は、アドホックネットワークを用いて、中継端末へそれぞれ分割データ F_n を送信する。

中継端末 中継端末は、各端末から受け取った分割データ F_n をネットワークコーディングし、NC データ XF を生成する。その後、各動画受信端末へ XF をブロードキャスト送信する。

4.3 提案システムの動作手順

1. 受信端末は、ストリームデータの送信を配信サーバにリクエストする。
2. 配信サーバは全ての端末から配信リクエストを受けた後、各端末へ分割データを送信する。
3. 動画受信端末は、分割データを受信する。
4. 動画受信端末は、中継端末へ分割データを送信する。
5. 中継端末は、ネットワークコーディングを行う。
6. 中継端末は、アドホックネットワークを通して NC データを各動画受信端末へブロードキャスト送信する。
7. 動画受信端末は、アドホックネットワーク経由で分割データと、NC データを受信する。
8. 動画受信端末は、NC データを受信した後、データをデコードし、動画を再生する。

5 考察

提案システムでの、アドホックネットワークの通信効率

$$\text{通信効率} = \frac{\text{NC を行わない場合の通信回数}}{\text{NC を行う場合の通信回数}} \quad (1)$$

で表現される。ここで NC は、ネットワークコーディングの略である。本稿では、提案システムにおいて、動画受信端末を $N(N-2)$ 個、中継端末を 1 個とした場合の考察を行う。ネットワークコーディングを行わない場合の通信回数は、各受信端末が中継端末にストリームデータを送信する回数が N 回、中継端末が各動画受信端末にストリームデータを送信する回数が N 回で、合計 $2N$ 回である。また、ネットワークコーディングを行う場合の通信回数は、各動画受信端末が中継端末に分割データを送信する回数が

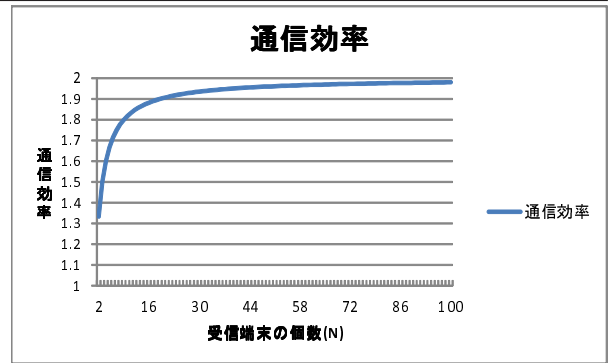


図4 受信端末が2～100個の通信効率

N 回、中継端末が各動画受信端末にストリームデータをブロードキャスト通信する回数が1回なので、合計で $N+1$ 回である。したがって、通信効率はノードの個数 N を用いて表すと、

$$\text{通信効率} = \frac{2N}{N+1} \quad (2)$$

と表せられる。図4に受信端末の個数が2～100個までの通信効率を示す。図4より、通信効率は2に収束することが読みとれる。(2)式の N を無限大に増加させていくと、極限が2となることから、通信効率が2に収束することが読みとれる。したがって、受信端末の個数が増えるほど、大原ら³⁾のシステムと比較して、高いスループットを得ることができると考えられる。

6 まとめ

本稿では、M-JPEG 圧縮による動画フレームを分割し、中継端末がネットワークコーディングを行い、各端末がアドホックネットワークで分割データを共有するネットワークコーディングを用いた端末間協調によるストリームデータ配信サービスを提案した。提案システムは、無線 LAN によるアドホックネットワークの通信で、配信サーバから各端末が分割データを受信し、中継端末が各動画受信端末からアドホックネットワークを通して分割データを受信し、分割データにネットワークコーディングを行い、各動画受信端末へブロードキャスト通信で NC データを送信することにより、通信回数を減少させ、ネットワークのスループットを向上しつつ、高画質な動画の視聴を実現するシステムである。

7 今後の課題

本稿では、COPE の概念を導入した時の提案システムにおける通信効率の考察を行ったが、今後は、シミュレーション環境を構築し、実際に提案システムの評価を行う必要がある。

参考文献

- 1) Xie Meng, Ryota Ayaki, Hideki Shimada, Kenya Sato, P2P-based Mobile Video Delivery Method Using Network Coding, Proceedings of 2010 International Conference on Intelligent Network and Computing, pp.292-296, 2010
- 2) S. Katti, H. Rahul, W. Hu, D. Katabi, M. Medard, and J. Crowcroft, "XORs in the air: Practical wireless network coding," in Proc. ACM SIGCOMM, Sep. 2006, pp. 243-254.
- 3) 大原 伸吾, 加藤 隆志, 島田 秀輝, 小坂 隆浩, 佐藤 健哉, モバイル P2P による端末間協調データ配信システムの提案, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム論文集, pp.913-918, 2009