

Advanced Network Architecture Research Group

A rate control mechanism with attractor perturbation model for stabilizing end-to-end delay

アトラクタ摂動モデルに基づく遅延を安定化させる送信レート制御手法の提案と評価

村田研究室
脇 みどり

Advanced Network Architecture Research Group

情報ネットワークのゆらぎ

- エンド間で観測される通信遅延
 - 同じ経路を通るセッションの数, トラフィック量の変化などの影響で一定ではない
- 遅延に関する QoS 要求の厳しいアプリケーション
 - テレビ会議や IPTV など
- 遅延ゆらぎの抑制方法
 - 通信経路上のルータでバッファリング, スケジューリング
 - 新たな機能を有する多数の機器の配置が困難

エンド間での制御で遅延を安定化させることが必要

Advanced Network Architecture Research Group

研究目的とアプローチ

- 研究目的
 - 遅延のゆらぎを抑制するための送信レート制御手法を提案
- 要件
 - 状態変化に対して適応的, 自律的な送信レート制御
 - ネットワークが混雑した場合には送信レートを制限
 - 目標の遅延を維持しつつ高い送信レートを実現

アトラクタ摂動モデルを応用

- ゆらぎのあるシステムにおける外力と応答の関係を表すモデル
- 遅延のゆらぎを除去するのではなくレート制御へ活用し効果的に遅延を安定化

Advanced Network Architecture Research Group

アトラクタ摂動モデル

K. Sato, Y. Ito, T. Yomo, and K. Kaneko, "On the relation between fluctuation and response in biological systems," National Academy of Sciences, vol. 100, pp. 14086-14090, Nov. 2003.

- 正規分布に近いゆらぎをもつシステムにおいて外力の変化に対するシステムの応答 (観測値) の変化はゆらぎに比例
- バクテリアの進化過程において表現型ゆらぎが大きいほど発現量の増加量が大きくなりやすいことから導出

アトラクタ摂動モデルを用いて期待する応答を得るための外力の変化量が推定可能

Advanced Network Architecture Research Group

アトラクタ摂動モデルの送信レート制御への応用

アトラクタ摂動モデル	システム	内在するゆらぎ	観測値 w	外力 a
バクテリアの進化過程	代謝反応システム	表現型ゆらぎ	蛍光強度	遺伝子配列
レート制御	情報ネットワーク	トラフィック量の変化	遅延	送信レート

- 遅延をある値に安定化させる (目標遅延)

目標遅延を維持するために必要な送信レートの変化量を観測した遅延をもとに推定可能

Advanced Network Architecture Research Group

提案手法の動作概要

1. 受信側端末はデータパケット (RTPパケット) の片道遅延を観測
2. 送信側端末は I 秒ごとに RTCP の SR パケットを送信
3. SR パケットを受信するたび, 受信側端末は片道遅延の平均 d_i と分散 v_i を RR パケットで送信側端末に通知
4. RR パケットを受信すると, 送信側端末はレートを更新

送信側端末: レート更新

受信側端末: SR, RR

この期間に観測した片道遅延の平均 d_i と分散 v_i を算出

シミュレーションの設定と評価指標

- バックグラウンドトラフィックが変化しても目標遅延を維持できることを確認
 着目セッション
 • 提案手法か遅延ベースの AIMD
- 比較手法：遅延ベースの AIMD

$$rate' = \begin{cases} rate + A & (\text{平均遅延} \leq T) \\ \frac{1}{2} rate & (\text{平均遅延} > T) \end{cases}$$
- 評価指標：
 - 平均二乗誤差

$$M = \frac{1}{n+1} \sum_{i=0}^n (T_i - T)^2$$
 - 遅延ジッタ

$$J = \max_{0 \leq i \leq n} \{|T_i - T|\}$$

n : シミュレーションで送信した SR パケット数
 T_i : SR パケット間の RTP パケットの平均片道遅延

バックグラウンドセッション

- パケットの送出間隔は指数分布
- 9 Mbpsから10.5 Mbpsに増加

パラメータ	値
SR 送信間隔	5[s]
目標遅延 T	8.2[ms]
係数 b	300
最大送信レート a_{max}	15[Mbps]
最小送信レート a_{min}	0.1[Mbps]
AIMD のレート上げ幅 A	0.1,0.4,1.0 [Mbps]

2013/2/15 7

評価結果

- 提案手法と AIMD とともに遅延のゆらぎを抑えられている
- AIMDよりも提案手法の方が送信レートを高く維持できる

平均二乗誤差

遅延ジッタ

提案手法は AIMD よりも平均送信レートを約20%高く維持

提案手法はゆらぎを効果的にレート制御へ用いて遅延を安定化

2013/2/15 8

まとめと今後の課題

- まとめ
 - アトラクタ摂動モデルに基づいて遅延を安定化させる送信レート制御手法を提案
 - 提案手法は目標遅延を達成、維持できることを確認
 - 送信レートを遅延ベースの AIMD より20%高く維持
- 今後の課題
 - 係数 b を動的に決定する手法の導入
 - 大規模なトポロジでの評価

2013/2/15 9