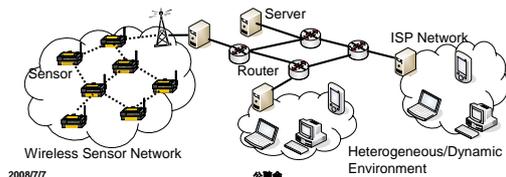


## Self-Adaptive Communication Mechanisms for Cooperative Information Networks (協調的ネットワーク制御のための適応的通信に関する研究)

谷口義明  
大阪大学大学院情報科学研究科  
情報ネットワーク学専攻  
y-tanigu@ist.osaka-u.ac.jp

## 研究の背景

- 今後のネットワーク
  - 大量の多様な端末が動的に接続 → 分散協調的な制御
    - 単一のサーバがサービスを提供する、各端末がネットワーク全体の情報を管理するのは困難
  - 協調的制御のためには端末の**適応的**な動作が必要



## 研究の目的

- 特徴の異なる以下のネットワークシステムを対象として適応性に着目した通信機構を提案、評価
  - **動画像配信システム**を対象とした通信機構
    - 安定、高性能なプロキシ間の協調
    - プロキシ間の適応的制御により、クライアントへの低遅延、高品質な動画像配信を実現
  - **センサネットワーク**を対象とした通信機構
    - 不安定、低性能、大量のセンサ端末間の協調
    - センサ端末間の適応的制御により、通信形態や通信頻度に対するアプリケーション要求にあわせた様々な形態の通信を実現

2008/7/7

公報会

3

## 博士論文の構成

- **Chapter 1** Introduction
- **Chapter 2** A Proxy Caching System with Quality Adaptation for MPEG-4 Video Streaming Services 動画像配信システム 拡張
- **Chapter 3** A Cooperative Proxy Caching Mechanism with Quality Adaptation for Video Streaming Services
- **Chapter 4** A Traveling Wave-based Communication Mechanism Adaptive to Application Requirements for Wireless Sensor Networks センサネットワーク 拡張
- **Chapter 5** A Data Gathering Mechanism Adaptive to Sensing Requirements for Wireless Sensor Networks
- **Chapter 6** Conclusion

2008/7/7

公報会

4

## 動画像配信のための 適応的プロキシキャッシング機構

博士論文2章、3章

## 背景: 動画像配信サービス

- 動画像配信サービスの利用が増加
  - 低遅延、高品質な動画像配信が求められる
- 大量のトラフィックが発生
  - ネットワーク、サーバの負荷の増大
  - データ配送遅延の増大  
→ **プロキシ技術**による負荷、配送遅延の軽減
- さまざまな利用者環境やネットワークの負荷変動
  - ネットワークへの接続形態 (FTTH, ADSL, Wireless)
  - システム性能 (PC, PDA)  
→ 利用者環境やネットワークの負荷変動を考慮した動画像品質調整

2008/7/7

公報会

6

## 本章の目的

- 低遅延で高品質な動画配信の実現
  - 動画品質調整機能を組み込んだプロキシを導入
  - プロキシ間の協調
- MPEG-4 動画配信サービスを対象とし実装、評価 (RealPlayer、QuickTime Player、Darwin Streaming Server)

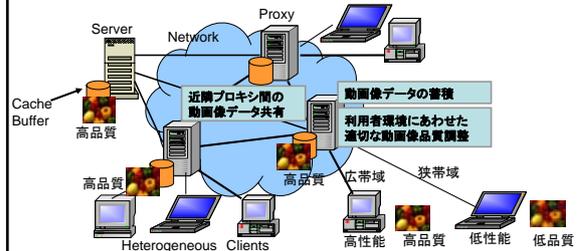
2008/7/7

公研会

7

## 提案システムの概要

- 低遅延、高品質な動画配信を実現



2008/7/7

公研会

8

## 動画配信の特徴を考慮した制御機構

- 動画データを一定時間ごとのブロックに分割し、管理、取得、蓄積の単位とする
  - キャッシュバッファ、帯域の有効利用
- 通信状態や蓄積状態を考慮した動画ブロックの提供
  - 途切れなく、高品質な動画配信を実現
- 適切なブロックの先読み
  - キャッシュミスによる転送遅延の増大を防ぐ
- 取得ブロックとキャッシュ内ブロックの置き換え
  - 有限なキャッシュバッファの有効利用

2008/7/7

公研会

9

## 実装システムの概要

- MPEG-4動画配信サービスを利用
  - クライアント: Real Player、QuickTime Player
  - サーバ: Darwin Streaming Server
  - 動画フォーマット: MPEG-4
  - 動画配信制御: RTSP/TCP
  - 動画転送: RTP/UDP
  - フィードバック情報収集: RTCP/UDP
- 利用可能帯域にあわせた動画品質調整
  - 帯域推定手法: TFRC (TCP Friendly Rate Control)
    - RTCPによるフィードバック情報(パケットロス率、RTT)を利用
  - 動画品質調整手法: フレーム棄却フィルタ
    - フレームのタイプを考慮してバランスよくフレームを削除

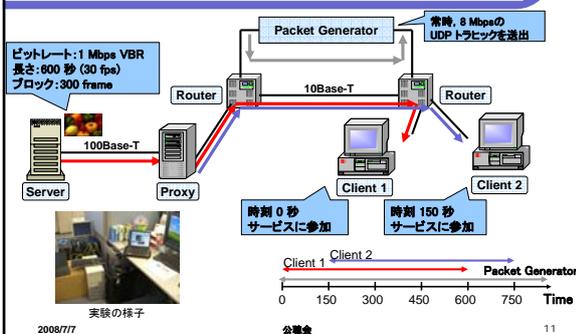


2008/7/7

公研会

10

## 実験システム構成



2008/7/7

公研会

11

## クライアント 1 の再生動画像

- クライアント 2 の参加直後



- 品質調整なし
  - 輻輳によりパケットロスが発生し、再生が止まる
- 品質調整あり
  - 品質調整によりパケットロスが抑えられ、再生が止まらない

2008/7/7

公研会

12

## 2章、3章のまとめ

- 動画品質調整機能を組み込んだプロキシキャッシング機構の提案、実装、評価 (2章)
  - MPEG-4動画配信サービスを対象とした実装実験による評価
  - 動画品質調整により、低遅延、高品質な動画配信を提供可能であることを示した
- プロキシ間の協調を考慮したプロキシキャッシング機構の提案、実装、評価 (3章)
  - 2章の提案機構を拡張
  - プロキシは、近隣プロキシの通信状態や蓄積状態等にもとづき、動画取得先や取得品質を適応的に決定
  - シミュレーションおよび実装実験による評価
  - プロキシが個々に独立して動作する場合に比べて、低遅延、高品質な動画配信を提供可能であることを示した

2008/7/7

公研会

13

## 関連業績(2章、3章相当分)

- 論文誌
  - Y. Taniguchi et al., "A Proxy Caching System for MPEG-4 Video Streaming with a Quality Adaptation Mechanism," **WSEAS Trans. on Communications**, Vol.6, pp.824-832, Oct. 2007
  - Y. Taniguchi et al., "Quality-Aware Cooperative Proxy Caching for Video Streaming Services," **JNW**, 2008. (submitted)
- 国際会議
  - Y. Taniguchi et al., "Implementation and Evaluation of Proxy Caching System for MPEG-4 Video Streaming with Quality Adjustment Mechanism," **AEARU Workshop on Web Technology**, Oct. 2003.
  - Y. Taniguchi et al., "Implementation and Evaluation of Cooperative Proxy Caching Mechanisms for Video Streaming Services," **ITCom2004**, Oct. 2004.

2008/7/7

公研会

14

## センサネットワークのための 適応的通信機構

博士論文4章、5章



## 背景:センサネットワーク

- 無線通信機能を有するセンサ端末を多数配置
- 環境情報を収集、利用
  - 農場・工場監視、生態観測、大気観測等
- 通信機構への要求事項
  - 電力効率の良い制御
    - 電池駆動、交換コスト
  - 自律分散的な制御
    - 多数のセンサ端末が配置
  - センサ端末の追加や除去への対応

2008/7/7

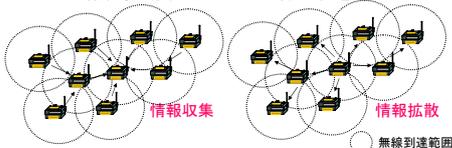
公研会

16

## 本章の目的

- センサ端末間の局所的な相互作用により、様々な形態の通信を自律的に構成する通信機構を提案
  - 全センサ端末から基地局への周期的な**情報収集**
  - 情報発生源からセンサネットワーク全体への周期的な**情報拡散**

→パルス結合振動子モデルの進行波状態を応用



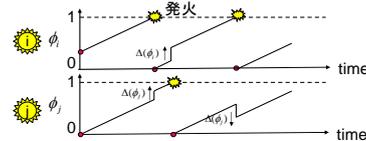
2008/7/7

公研会

17

## パルス結合振動子モデル

- 振動子は位相を持つ  $\phi_i \in [0, 1]$
- 位相が 1 に達すると発火し 0 に戻る
- 振動子  $i$  が発火すると、結合関係にある振動子  $j$  は刺激を受け位相を  $\Delta(\phi_i)$  だけ偏移
  - $\Delta$ : PRC (位相応答曲線: Phase Response Curve)



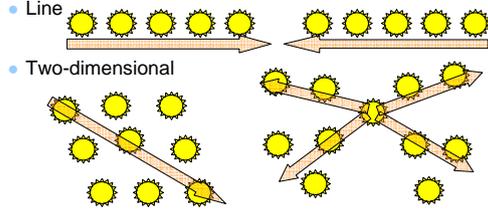
2008/7/7

公研会

18

## さまざまな進行波

- パラメータやPRCを調整することでさまざまな進行波が発生する



2008/7/7

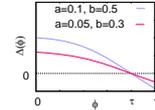
公研会

19

## 進行波を生成するPRC

- 初期位相によらず、ある振動子を中心とした情報収集状、情報拡散状の進行波を生成するためのPRCの条件を導出

$$\begin{cases} 0 < \Delta(\phi) \leq 1 - \tau - \phi & (0 \leq \phi < 1 - \tau) \\ \Delta(\phi) = 0 & (\phi = 1 - \tau) \\ 1 - \tau - \phi \leq \Delta(\phi) < 0 & (1 - \tau < \phi < 1) \end{cases}$$



- PRCの例

$$\Delta(\phi) = a \sin \frac{\pi}{1 - \tau} \phi + b(1 - \tau - \phi)$$

- a, b: 進行波生成までに要する時間を決めるパラメータ
- $0 < \tau < 0.5$ : 位相差  $\tau$  での拡散状の進行波を生成
- $0.5 < \tau < 1$ : 位相差  $1 - \tau$  での収集状の進行波を生成

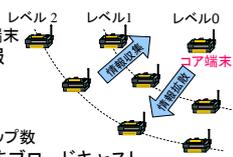
2008/7/7

公研会

20

## 提案手法の概要

- コア端末
  - 情報収集、情報拡散の中心となる端末
- センサ端末  $i$  の持つ主な制御情報
  - タイマ位相  $\phi_i \in [0, 1]$
  - PRC  $\Delta(\phi)$
  - オフセット  $\tau_i$ : メッセージの伝搬間隔
  - レベル値  $l_i$ : コア端末からの最小ホップ数
- タイマ位相が1になるとメッセージをブロードキャスト
- メッセージを受信したセンサ端末は、メッセージ中の制御情報や受信タイミングにもとづき、自身の制御情報、タイマ位相を自律的に調整
- 局所的なメッセージのやり取りにより、次第にコア端末を中心とした進行波が発生



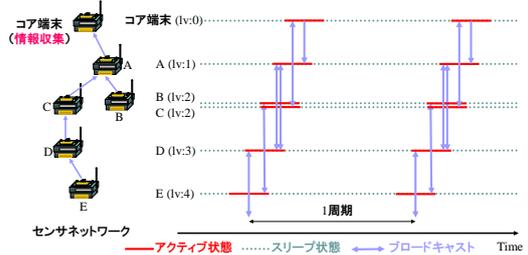
2008/7/7

公研会

21

## 進行波生成後の提案機構の動作例

- ブロードキャストメッセージの送信タイミング



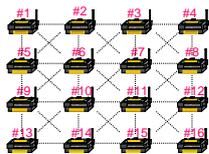
2008/7/7

公研会

22

## 提案機構の動作デモ映像

- 実験シナリオ (周期3秒)
  - コア端末なし
  - #6を情報拡散状の通信を行うコア端末に設定
  - #11を情報収集状の通信を行うコア端末に設定



2008/7/7

公研会

23

## 4章、5章のまとめ

- 任意のセンサ端末を中心とした情報収集状、情報拡散状の通信を自律的に構成する通信機構を提案、評価 (4章)
  - パルス結合振動子モデルにおける進行波状態を応用
  - センサ端末は、近隣センサ端末の動作にもとづき、自身の制御情報やタイマ位相を適応的に調整
  - シミュレーションによる比較評価およびMICAzを用いた実験評価
- センシング対象の状況に応じた適応的な頻度でセンシング、情報収集を行う機構の提案、評価 (5章)
  - 4章の提案機構を拡張
  - シミュレーション評価により、電力効率の良い情報収集が行えることを確認

2008/7/7

公研会

24

## 関連業績(4章、5章相当分)

- 論文誌
  - Y. Taniguchi et al., "A Traveling Wave based Communication Mechanism for Wireless Sensor Networks," *JNW*, Vol.2, Sept. 2007.
- 国際会議
  - Y. Taniguchi et al., "A Distributed and Self-Organizing Data Gathering Scheme in Wireless Sensor Networks," *APSITT2005*, Nov. 2005.
  - Y. Taniguchi et al., "A Self-Organizing Communication Mechanism using Traveling Wave Phenomena for Wireless Sensor Networks," *AHSP2007*, Mar. 2007.
  - Y. Taniguchi et al., "A Communication Mechanism using Traveling Wave Phenomena for Wireless Sensor Networks," *t2pWSN2007*, June 2007.
  - Y. Taniguchi et al., "Demo Abstract: A Traveling Wave-based Communication Mechanism for WSNs," *ACM SenSys2007*, Nov. 2007.
  - Y. Taniguchi et al., "An Autonomous Data Gathering Scheme Adaptive to Sensing Requirements for Industrial Environment Monitoring," *NTMS2008*, Nov. 2008. (submitted)

2008/7/7

公職会

25

## 本論文のまとめ

- 協調的ネットワーク制御のための適応的な通信機構を実現
  - 動画配信のための適応的プロキシキャッシング機構
    - 動画品質調整機能を持つプロキシを導入
    - プロキシは近隣プロキシの通信状態、動画データ蓄積状態にもとづき、動画データ取得先や取得品質を適応的に決定
    - 低遅延で高品質な動画配信を実現
  - センサネットワークのための適応的通信機構
    - 生物モデルを応用
    - センサ端末は、近隣センサ端末の動作にもとづき、自身の制御情報やタイム相を適応的に調整
    - 所望の形態の通信を自律的に構成する電力効率の良い通信を実現

2008/7/7

公職会

26

ありがとうございました