

ユーザ指向タイムクリティカルネットワークの研究 (031103014)

Research on User-Oriented Time-Critical Networks

山田 茂樹 国立情報学研究所実証研究センター

Shigeki Yamada, Research Center for Testbeds and Prototyping, National Institute of Informatics

上岡 英史[†] 井手口 哲夫^{††} 奥田 隆史^{††} 福田 晃^{†††} 中西 恒夫^{†††} 北須賀 輝明^{†††}
 田中 良明^{††††} 矢守 恭子^{†††††} 徐 蘇鋼^{†††††} 渥美 章佳^{†††††} ザニケエフ・マラット^{†††††}
 Eiji Kamioka[†] Tetsuo Ideguchi^{††} Takashi Okuda^{††} Akira Fukuda^{†††} Tsuneo Nakanishi^{†††}
 Teruaki Kitasuka^{†††} Yoshiaki Tanaka^{††††} Kyoko Yamori^{†††††} Sugang Xu^{†††††} Akiyoshi
 Atsumi^{††††††} Zhanikeev Marat^{††††††}

[†]国立情報学研究所情報メディア研究系 ^{††}愛知県立大学大学院情報科学研究科^{†††}九州大学大学院システム情報科学研究院 ^{††††}早稲田大学大学院国際情報通信研究科^{†††††}早稲田大学国際情報通信研究センター ^{††††††}早稲田大学メディアネットワークセンター[†]Multimedia Information Research Division, National Institute of Informatics^{††}Graduate School of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University^{†††}Faculty of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University^{††††}Graduate School of Global Information and Telecommunication Studies, Waseda University^{†††††}Global Information and Telecommunication Institute, Waseda University^{††††††}Media Network Center, Waseda University

研究期間 平成 15 年度～平成 17 年度

概要

ユーザを取り巻く状況に関する情報を把握し（ユーザ指向）、タイムクリティカルサービスを中心にユーザの欲する情報やサービスを、必要な時にユーザが満足する形で送り届ける「ユーザ指向タイムクリティカルネットワーク」を実現するため、以下の4サブテーマに分けて基盤技術を明らかにし、総合化する。

- (1) ユーザ指向情報デリバリネットワークシステム：コンテキストウェア・サービス用ネットワークアーキテクチャ
- (2) タイムクリティカル通信方式：タイムクリティカル性に着目した通信モデルやシステム性能評価
- (3) ユーザ指向無線ネットワーク：タイムクリティカル性を意識した無線ネットワークの品質と利便性向上
- (4) プライシング：有線／無線ネットワークにおいてユーザ効用や便益を最大にする料金設定方法

Abstract

A user-oriented time-critical network is defined as a network that can provide users with the best possible time-critical services implicitly desired by users in the right timing and the right way by capturing the user context such as users' own and their environmental information. The challenging issues to realize this user-oriented time-critical network are classified into the following four technical issues and have been extensively studied.

- (1) User-oriented information delivery network system issues, including context-aware service network architecture.
- (2) Time-critical communication system issues, including the communication models and performance evaluations.
- (3) User-oriented wireless network issues, including the quality and utility of wireless networks.
- (4) Pricing issues, including the accounting schemes to maximize users' utility for wired and wireless networks.

1. まえがき

ユーザを取り巻く状況に関する情報を把握し（ユーザ指向）、タイムクリティカルサービスを中心にユーザの欲する情報やサービスを必要な時にユーザが満足する形で送り届ける「ユーザ指向タイムクリティカルネットワーク」を構築するための基盤技術を以下の4サブテーマに分けて基盤技術を明らかにした。

2. 研究内容及び成果

2.1. ユーザ指向情報デリバリネットワークシステム

ユーザ指向情報デリバリネットワークアーキテクチャに関して、3GPPのall IPネットワークアーキテクチャを拡張し、IPプロトコルを活用してユーザコンテキスト情報を管理、制御するモジュールをネットワーク内に埋め込んだネットワークアーキテクチャNCA、モバイルルータを活用した移動ネットワーク（NEMO）用ルート最適化方式MoRaRo、新幹線のような縦長の移動ネットワーク

用ハンドオーバー方式CoMoRoHo、異なる種類のモバイルアクセスネットワーク間でパケット紛失を最小限に抑えるGraceful Vertical Handover方式等の提案と評価を行い、それらの有効性を示した。

コンテキストハンドリングアルゴリズムに関しては、ユーザの移動パターンや呼継続時間をコンテキストとしてユーザの満足度を最大にする無線ネットワーク選択アルゴリズム、ユーザコンテキストの変化に応じてアクセス権限を動的に変化させるコンテキストウェア・アクセス制御方式ACA²、モバイルエージェント型カプセル化プライバシー保護方式EMAPP等の提案と評価を行い、有効性を示した。

コンテキストウェア・サービスの実装に関しては、環境適応型パーソナル通信システムEAPECとサーバレスデバイス間ハンドオーバーシステムの試作を通して実用化に向けての課題を明らかにした。

2.2. タイムウィンドウ制御に基づくタイムクリティカル通信方式

複数の情報メディアから構成される実時間性を表わす属性 (Time Window) の相互通信関係 (結合度と方向性など) モデルの確立に向けて、単純階層通信プロトコルモデルおよび TCP/IP 階層通信プロトコルモデルにおいて (a)送信処理方式: ①シーケンス順序方式、②情報単位優先方式、③情報量制限優先方式、および(b)送信前破棄方式に対する負荷と遅延特性の評価を実施し、タイムウィンドウ制御に基づくタイムクリティカル通信方式の有効性を検証した。

さらに、アドホックネットワークにおけるタイムクリティカル性の検討としてデータリンク層 (MAC) に位置付けられる無線におけるアクセス制御方式 (2 分割チャネル獲得アルゴリズム) についてシミュレーションによるアクセス時間の短縮の検証と、アドホックネットワークにおけるマルチホップルーティング方式 (AODV-BA) の実装及び実測評価を通してアドホックノードの移動に伴う経路切断の回避、遅延およびスループットの改善を確認した。

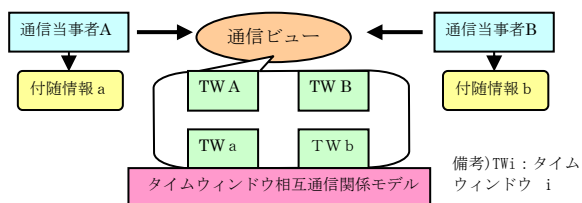


図1 タイムウィンドウ相互通信関係モデル

2.3. ユーザ指向無線ネットワーク品質向上

無線マルチホップ通信によるホットスポットサービスを実用的な技術とするために、マルチホップ通信が多ホップ経路でも安定的に利用可能にする要素技術二つを示し、シミュレーションにより有効性を明らかにした。1つ目の提案経路制御プロトコル FR-DSR は経路切断時のパケット損失数を抑え、後続パケットの最大遅延時間 (75ms) を定常状態 (65ms; 10 ホップ時) と同等にすることが可能であった。二つ目の提案プロトコル MAR は、時速 36km 程度の移動速度で中継端末が移動する条件で従来 (DSR) と比較してルート切断回数を 3 分の 1 まで削減でき、パケット損失率は 25% から 8% に改善された。

さらに、無線マルチホップ通信におけるユーザ指向サービス品質の向上手法 2 例を示した。IEEE 802.11b のビットレート変更による高品質経路選択手法の検討では、経路制御プロトコルに AODV を用いて実証実験を行い、端末間距離が 400m 近く離れた状況で提案手法は中継端末を利用したデュアルホップ経路に切り替えることで 2Mbps 程度のスループットを維持することができた。また、無線 LAN の受信信号強度を用いた位置測定では、IEEE 802.11b デバイスを利用した実証実験 (旗揚げゲーム) で反応速度を計測した。ユーザは PDA を置いた机の前に立ち PDA を持った両手を上下すると、PDA 間の距離が 0.4m から 1.3m 程度の範囲で変化する。この変化を平均 4.8 秒で判定可能であった。

2.4. タイムクリティカルネットワークにおけるライジング

タイムクリティカルなサービスの QoS として、コンテンツダウンロードの待ち時間、帯域保証サービスの保証パラメータを取り上げ、効用・支払意思額との関係を明らかにした。

有線コアネットワークの月額定額制の帯域保証サービスの料金設定方法として、価格と参加確率の関係、価格と収入期待値の関係を明らかにした。一例として、10Mbps

の帯域保証サービスでは、支払意思額の平均値は 539 円、標準偏差は 28 円で、収入期待値は価格 400 円で最大となった。無線ネットワークのユーザ効用は、ネットワークが一つだけの場合と比べて、複数から選択できる場合の方がかなり高くなることと、それを基に、ユーザ効用を最大にする料金設定方法を明らかにした。

コンテンツ配信における差別化サービスは、配信モデルや単位時間当たりのリクエスト数の違いにより、事業者収入・ユーザ全体の便益の変化の傾向が異なることが分かった。いずれの場合でも、事業者収入とユーザ全体の便益を共に最大にする理想的な状態は存在しなかった。本検討ではゲーム理論の交渉問題を用いてそれぞれのモデルにおける妥結点を明らかにした。その結果、優先クラスにおいてストリーミングで配信する場合の最低保証帯域幅は 2Mbps と小さい値に、ダウンロードで配信する場合の最低保証帯域幅は 10Mbps と大きい値に妥結点が一意に存在することが分かり、運用指針を与えることができた。

3. むすび

以上のネットワークの上位レイヤから下位レイヤまでの要素技術を統合すればユーザ指向タイムクリティカルアドホックネットワークを実現することができる。

【誌上発表リスト】

- [1] E. Kamioka, S. Yamada and T. Sanda, "Proposal for Context-Aware Information Delivery and Personal Communication Network Architectures with Preliminary Evaluations of Their Performance", IEICE Trans. Commun., Vol.E87-B, No.9, 2004, pp.2672-2681 (September 2004).
- [2] X. Tian, T. Ideguchi and T. Okuda, "Improving Reservation Protocol for Ad Hoc Networks Using Two-Division MAC Backoff Algorithm", IEICE Trans. Inf. & Syst., Vol. E87-D, No.2, pp.436-443 (February 2004)
- [3] T. Kitasuka, T. Nakanishi, and A. Fukuda, "Design of WiPS: WLAN-Based Indoor Positioning System," Korea Multimedia Society, Vol.7, No.4, pp.15-29 (December 2003)
- [4] 高橋英士、八木規行、矢守恭子、田中良明、"市場に基づく優先制御コンテンツ配信システム、" 電子情報通信学会論文誌(B)、Vol.J88-B, No.6, pp.1047-1057 (2005 年 6 月 1 日)

【申請特許リスト】

- [1] 堀貴子、上岡英史、"プライバシー情報保護システム及びその方法"、日本、特願 2003-330512 (2003 年 9 月 22 日)

【受賞リスト】

- [1] 三田貴子、情報処理学会 MBL 研究会第 26 回 研究報告会優秀論文表彰、"ユビキタスコンピューティングにおける新しいプライバシー・コントロール方式の提案" (2004 年 9 月 17 日)
- [2] 北須賀輝明、中西恒夫、福田晃、情処 マルチメディア、分散、協調とモバイルシンポジウム (DICOM02004) 野口賞 (優秀デモンストレーション賞)、"無線 LAN を用いた屋内向けユーザ位置測定方式 WiPS の実装" (2004 年 7 月 9 日)
- [3] 矢守恭子、電子情報通信学会学術奨励賞、"最低保証帯域幅の品質評価と支払意思額の関係" (2005 年 3 月 22 日)。

【ホームページによる情報提供】

- [1] <http://www.f.csce.kyushu-u.ac.jp/rde/WiPS/>, 無線 LAN を用いた屋内向け位置測定方式 WiPS