

R3(Reliable, Real-Time, and Reconfigurable system)

3Q-5

プロジェクトの概要

徳田 英幸

萩野 達也

高汐 一紀

盛合 敏

斎藤 健

慶應義塾大学 環境情報学部

電気通信大学 NTT 情報通信研究所

東芝研究開発センター

和田 英彦

西尾 信彦

戸辺 義人

喜多山 卓郎

横河電機

慶應義塾大学 環境情報学部

慶應義塾大学 SFC 研究所

1 はじめに

慶應義塾大学を中心に、3大学、4企業で行っているR3(Reliable, Real-Time, and Reconfigurable system)プロジェクトの概要を述べる。本プロジェクトは、1998年にスタートし、情報処理分野だけでなく、家電製品、計測機器を始めとする幅広い組み込みシステムへも適用できる信頼性、リアルタイム性、動的再構成をサポートするソフトウェアの構築を目的とする。本稿では、R3プロジェクトにおいて狙いとする技術を解説する。

2 全体概要

本プロジェクトは、これまでに我々が培ってきた、QoS制御技術、無線対応プロトコル技術、動的適応技術 [12] を元にして、家電機器、計測機器の監視・制御を視野に入れて、ネットワークを利用したR3(Reliable, Real-Time, and Reconfigurable system)ソフトウェアアーキテクチャの確立を図る。本アーキテクチャの構成要素を、ネットワークインフラストラクチャ・ソフトウェア、ミドルウェア、Java環境、アプリケーション・ソフトウェアの4つとする。各構成要素の関係を図1で示す。

本アーキテクチャの稼働環境のリアルタイムOSとして、RT-Mach [11]を用いる。以下、各々の構成要素について述べる。

2.1 ネットワークインフラストラクチャ・ソフトウェア

ネットワークインフラストラクチャ・ソフトウェアは、ネットワークプロトコルおよびその動作環境において信頼性、リアルタイム性、動的再構成の機能を提供する。

無線LAN上でのTCP

無線LAN上でTCPを動作させると、頻繁なセグメント欠損に起因する輻輳制御により、送信ウィンドウが縮小してしまう。こうした縮小した送信ウィンドウの下では、Fast Retransmitによる再送を行なうのに十分な数のAcknowledgmentを受けとることができない。その結果、再送タイムアウトが頻繁に生じ、リアルタ

A Summary of Reliable, Real-Time, and Reconfigurable system (R3) project

Hideyuki TOKUDA, Tatsuya HAGINO, Kazuroni TAKASHIO, Satoshi MORLAI, Takeshi SAITO, Hidehiko WADA, Nobuhiko NISHIO, Yoshito TOBE, Takuro KITAYAMA

Keio Research Institute at SFC, Keio University

5322 Endo, Fujisawa, Kanagawa 252-8520, Japan

E-Mail: <hxt@sfc.keio.ac.jp>

†この研究は、情報処理振興事業協会 (IPA) が実施している高度情報化支援ソフトウェア育成事業「R3プロジェクト」のもとに行われている。

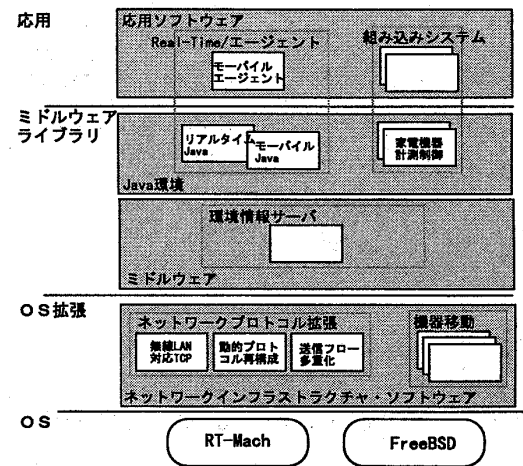


図1: R3アーキテクチャ

ム性を大きく損なう。そこで、TCPの送信量を考慮してFast Retransmitを行なうタイミングを動的に変更する [9]。

機器移動サポート

Mobile-IPを用いた移動計算機環境において、移動前に使用していたTCPのコネクションが移動中にタイムアウトを起こして切断されてしまったり、移動先からのファイルアクセスが三角ルーティングのため、十分な性能が実現できないという問題がある。そこでファイルレベル [1]、TCPコネクションレベル [4] でプロキシを設けることにより上位アプリケーションに信頼性の高い通信を提供する。計算機移動させたときに伴うスムーズなインタフェース切り替えもサポートする。

動的プロトコル再構成

通信の信頼性や、リアルタイム性を調節するために、通信開始前に送信側、受信側で使用するプロトコルを選択したり、通信中に変更する [10] 機構を設ける。

送信フローの多重化

複数の連続メディア送信フローを限られた帯域内で多重化する際に、個別のフローのリアルタイム性の要求に応じてトラフィック制御を行なう [2]。End-to-endでのQoS保証は難しく、differentiated serviceが受け入れられつつあるという背景から、特に、送信エッジにおけるQoS調停に着目する。

2.2 ミドルウェア

ミドルウェアでは、ネットワーク環境が動的に変動する環境において、その変化を非同期なイベントによって感知する機能を提供する。この機能により動的に適応しながらいくつかのシステムサーバを協調稼働することができる。

環境情報サーバ

動的にネットワーク資源が変化するような環境に対応できるシステムを提供する。これらの環境や資源の利用状況変化をイベントメッセージの送受信により調停する処理機構 [6] を構築する。環境情報サーバは OS カーネル内での状況変化をイベントメッセージとして受け取り、それに応じて適切な処理を自身で行なったり、他の適切なサーバに処理を行なわせるためのメッセージを発行する。

2.3 Java 環境

Java 環境ではリアルタイム性を要求する Java アプリケーションに対して Java のライブラリとその附属ルーティンとして、Java クラスを提供する。

リアルタイム Java スレッド

時間的制約を含む Java スレッドを生成し、他のリアルタイム Java スレッドとの同期を取り、時間的制約を守れなかったスレッドのデッドラインハンドリングを行なう [3]。

移動対応 Java

計算機がネットワーク上を移動した際に、ネットワーク接続をはじめとする計算機環境変化を検知し、実行起動周期の変更を含んだ QoS 制御を行う。また、アプリケーション GUI [5] および通信ソケットのホスト間複製・移動 [7] を行なう。動的に通信ソケット コネクションの再生成することを、DSS (Dynamic Socket Switching) と呼ぶ。DSS を行う前と後において、ユーザからは同一のソケットコネクションとして扱えるため、通信の継続性が保証される。

家電機器・計測制御システム用 Java

IEEE1394 ネットワークに接続された家電機器および計測制御システムをはじめとした組み込みシステムを対象とした共通モデルとその Java ライブラリを作成する。

2.4 アプリケーション・ソフトウェア

アプリケーション・ソフトウェアでは、QoS 機能を有するモバイルエージェントや組み込みシステム向けアプリケーションを提供する。

QoS 対応モバイルエージェント

断続的なネットワーク接続形態を取らざるを得ない移動型計算機環境では、実行中断、ホスト間移動、実行再開機能を有するモバイルエージェントがアプリケーション構成モデルとして有効である。しかし、移動型計算機環境では、計算機内部および外部における環境が動的に変化するため、ユーザに対するアプリケーションサービスの品質、継続性、連続性の提供および保証が問題となる。そこで、計算機内外部における環境要因の変化に対

して動的に適応し、サービス及びその品質の一貫性を保持するモバイルエージェントの構成技術 [8] を研究する。
組み込みシステム向けアプリケーション

Java が情報ネットワーク時代の新しいプログラミング言語として注目されており、パソコンやワークステーションの世界だけでなく、家電、情報機器や計測制御システムなどの産業分野での応用もスコープに入れられてきている。それは、上述の分野でもネットワークの環境が発達してきており、加えて消費者のニーズの多様化や大きく変化する市場動向に柔軟に対応するために、ソフトウェアのライフサイクルがどんどん短くなってきていることが理由としてあげられる。そこで、本プロジェクトの研究成果を活かしながら、Java を使ってデジタル家電機器を制御したり、フィールドの計測制御機器を使ってデータの収集や機器の制御を行うことができるアプリケーションを構築する。

3 まとめ

本稿では R3 プロジェクトの概要について述べた。現在、組込みシステムでの、信頼性、リアルタイム性、動的再構成をサポートする R3 アーキテクチャソフトウェアの各要素の詳細設計を進めている。今後、本 R3 アーキテクチャソフトウェアの実装、評価を行っていく予定である。

謝辞

本プロジェクトを遂行するにあたり、日頃から協力して頂いている R3 プロジェクトのメンバーの皆様に感謝致します。

参考文献

- [1] 岩本, 望月, 徳田: “移動型計算機のためのファイルシステム KFS の設計と実装,” 情処 OS 研究会, (1998.5).
- [2] 松井, 木原, 盛合, 徳田: “ネットワークエンドホストのための QoS 調停システム,” 情処 OS 研究会, (1998.5)
- [3] Miyoshi, Kitayama, and Tokuda: “Implementation and Evaluation of Real-Time Java Threads,” RTSS'97 (1997.12).
- [4] 永田, 望月, 徳田: “移動型計算機における Disconnected Operation の設計と実装,” 情処 OS 研究会, (1998.5).
- [5] 中澤, 望月, 徳田: “Mogul: 位置透過型分散共有ツールキットライブラリ,” 情処 OS 研究会, (1998.5)
- [6] 西尾, 徳田: “環境情報サーバサイトを用いたシステムの状況適応,” 情処コンピュータシステムシンポジウム (1997.11).
- [7] 大越, 望月, 徳田: “KMSF-AQUARIUS: 動的適応可能な QoS アーキテクチャ,” 情処 OS 研究会, (1998.5)
- [8] 高汐, 宮崎: “時間に依存した移動エージェントのための動的資源予約機構,” 情処 DiCoMo98 (1998.7).
- [9] Tamura, Tobe, and Tokuda: “EFR: A Retransmit Scheme for TCP in Wireless LANs,” IEEE LCN'98 (1998.10).
- [10] Tobe and Tokuda: “End-to-End Channel Redirection for Bandwidth Guarantee: RT-Mach with an ATM Network,” ISCOM'97 (1997).
- [11] Tokuda, Nakajima, and Rao: “Real-Time Mach: Towards a Predictable Real-Time System,” USENIX Mach Workshop (1990.10).
- [12] 徳田, 追川, 西尾, 萩野, 斎藤: “MKng: 次世代マイクロカーネル研究プロジェクトの概要,” 第 55 回情処全大論文集, 1Z-2 (1997).