

人間支援のための分散リアルタイム ネットワーク基盤技術プロジェクトの 紹介

慶應義塾大学

安西 祐一郎 anzai@ics.keio.ac.jp

慶應義塾大学

山崎 信行 yamasaki@ics.keio.ac.jp

◆リアルタイム技術への期待

情報科学技術における「リアルタイム」とは、広義には「処理結果の真偽が処理時間にも依存すること」、狭義には「与えられた時間制約内に適切な出力を出すこと」を指す。リアルタイム性を満たす情報処理システムを「リアルタイムシステム」と呼ぶ。世の中では最近、「リアルタイムで情報が得られる・・・」という言い方を「即時に（あるいは高速で）情報が得られる・・・」の意味にとることが多いが、そのような言い方は正確ではない。

上の定義から、リアルタイムシステムとは、単に高速なシステムという意味ではなく、短かろうと長かろうと、与えられた時間制約を必ず守るシステムのことである。リアルタイム性ないしリアルタイムシステムの探求は TRON 等の研究開発において以前から行われていたものの、実際の応用の場といえば、エネルギー供給、制御、軍事等に限定されており、人間活動、生活基盤の支援全般に役立ってきたとは言い難い。

リアルタイムシステムの応用がきわめて限定的であった理由として、第1に、リアルタイムシステムの構築・運用コストが、リアルタイム性の保証要求水準を上回ってしまうような技術状況があったことが挙げられる。しかし、この理由は、最近の急速な技術進歩によって、もはや理由とはいえなくなりつつある。第2の理由としては、情報科学技術関係者が、リアルタイムシステムの応用範囲が思いのほか広いことに気づかなかったことが挙げられよう。

実際、ロボット（人間活動支援、ヒューマノイド等）、アミューズメント（人間と相互作用する機械等）、スポー

ツ（運動支援・コーチングシステム等）、マルチメディア（MPEG 復号等）、高性能制御（遠隔触覚操作等）、知的社会基盤（高度 ITS 等）、安全・防災（建造物の地震動計測・制御等）、生体計測・健康診断（病態予知等）等の分野は、技術的にも、産業界にとっても、また基礎的なコンピュータ科学においても、人間活動を支援する重要な応用分野として急速に注目を浴びつつある。リアルタイム技術は、これらの分野に共通な高度基幹技術の1つであり、情報科学技術の分野で今後きわめて重要になることが予期される。

ところが、上に述べたように、人間支援への応用を目的としたリアルタイム技術の研究開発となると、これまではほとんど顧みられていないのが現状である。人間支援システムの「応答高速化」は多々行われているが、「リアルタイム化」はほとんど人の口に上らないといっても過言ではない。

人間支援のためのリアルタイムシステムの例を挙げておこう。

たとえば、サンプリング周期1ミリ秒のロボット制御システムでは、制御用コンピュータシステムは1ミリ秒以内で応答しないとロボットが壊れる恐れがあり、「ハードリアルタイムシステム」であることが要求される。ここで、ハードリアルタイムシステムとは、「時間制約を少しでも破ると価値が0になるリアルタイムシステム」のことであり、狭義には「与えられた時間内に適切な出力を出せなかった場合にはシステム自体に致命的な損害が生じるリアルタイムシステム」のことである。

また、マルチメディアシステムにおける MPEG のデコーディングはフレーム速度の30ミリ秒以下で行うこ

とが要求されるが、30 ミリ秒を超えてもシステムの破損を心配する必要はないと考えられるので、「ソフトリアルタイムシステム」であればよい。ここで、ソフトリアルタイムシステムとは、「時間制約を少し破ったとしても価値がただちに0にはならないリアルタイムシステム」のことであり、狭義には「与えられた時間内に適切な出力が得られなくても致命的損害が起こることはないがQoSが相当程度低くなってしまいうリアルタイムシステム」のことである。

時間制約の長いシステムには、たとえば10分以内に必ず診断結果を返す時間制約保証付きの生体計測・健康診断システムがある。こうしたシステムは、上の定義でいうソフトリアルタイムシステムであればよい。

◆本プロジェクトの意義

本特集は、「人間支援のための分散リアルタイムネットワーク基盤技術の研究」と題して平成12年度から始まっている文部科学省科学技術振興調整費の研究プロジェクトのこれまでの成果等について、概要を述べたものである。このプロジェクトでは、コンピュータアーキテクチャ、ネットワーク、ワイヤレス通信、基本ソフトウェア、制御理論、制御技術、ロボット工学、超高速画像処理、ウェアラブルコンピューティング、生体計測、データマイニング等にわたる第一線の研究者が、人間活動支援のためのリアルタイム技術について、要素技術とシステム化の両面にわたる研究開発に取り組んでおり、人間支援への応用を念頭に置いたリアルタイムシステムの国家的研究プロジェクトとしては、おそらく日本で初めてのものと思われる。

このプロジェクトを提案した主な理由は、(1) 情報科学技術の最も重要な応用分野の1つが、人間生活の質、特に安全・安心・健康の質を保証する知的社会基盤の創造にあると考えること、(2) そのためには、人間支援システムの応答時間のQoSが重要であること、(3) そのための技術としてリアルタイム技術が重要と考えられるにもかかわらず、そうした技術の人間支援応用にはほとんど目が向けられていないこと、の3点である。

本プロジェクトが、知的社会基盤の創造をはじめとして、世の中ではまだ眠っているリアルタイムシステムの広大な民生需要を掘り起こすきっかけとなることを期待している。

◆本プロジェクトの研究概要

本プロジェクトの目的は、安全で豊かな人間生活を支援するためのネットワーク社会インフラとして、電子メールや電子商取引のようなバーチャルな世界の支援を行うだけでなく、ネットワークに接続されたさまざまな機器（遠隔ロボットや情報家電等）のシームレスな制御や操作、健康情報や医療情報のリアルタイムセンシングと情報提供、建造物のようなハードインフラのリアルタイムモニタリングや制御、事故や災害のような緊急時のリアルタイム情報伝達、人間や物の位置情報のリアルタイム処理など、時間と空間のギャップを克服して人間生活の向上に資するさまざまな支援をリアルタイムに行う分散リアルタイムネットワークの基盤技術を確立することにある。この目的の特徴は、高度なリアルタイム処理を、プラント制御のような問題ではなく、人間支援のための広範な応用に利用できるようにすることにある。

第1期（平成12～14年度）の3年間には、以下の要素技術の確立を目指している。

- ・分散リアルタイムネットワーク基盤技術の確立
- ・分散リアルタイム処理基盤技術の確立
- ・リアルタイム無線通信技術の確立
- ・分散リアルタイムオペレーティングシステムの基盤技術の確立
- ・分散リアルタイム制御技術の確立
- ・分散視覚処理技術の確立
- ・生体の状態や環境の状態をセンシングし、その情報を通信・制御するウェアラブル機器の開発

図-1に本プロジェクトの体制図を示す。図-1に示すとおり、本プロジェクトは、「分散リアルタイムネットワーク基盤技術の研究」と「人間支援とリアルタイムネットワーク応用のための要素技術の研究」の大きく2つのグループに分かれつつも、お互いにコラボレーションしながら研究を行っている。

サブテーマをごく手短かに紹介すると、慶應義塾大学および独立行政法人産業技術総合研究所において「分散リアルタイムネットワーク基盤技術の研究」を行っている。本サブテーマでは、基盤技術として、ハードリアルタイムとソフトリアルタイムの両方を同一のシステム上で実現するデュアルユースのリアルタイム通信・処理プロセッサ（RMTプロセッサ）、同プロセッサを用いた分散

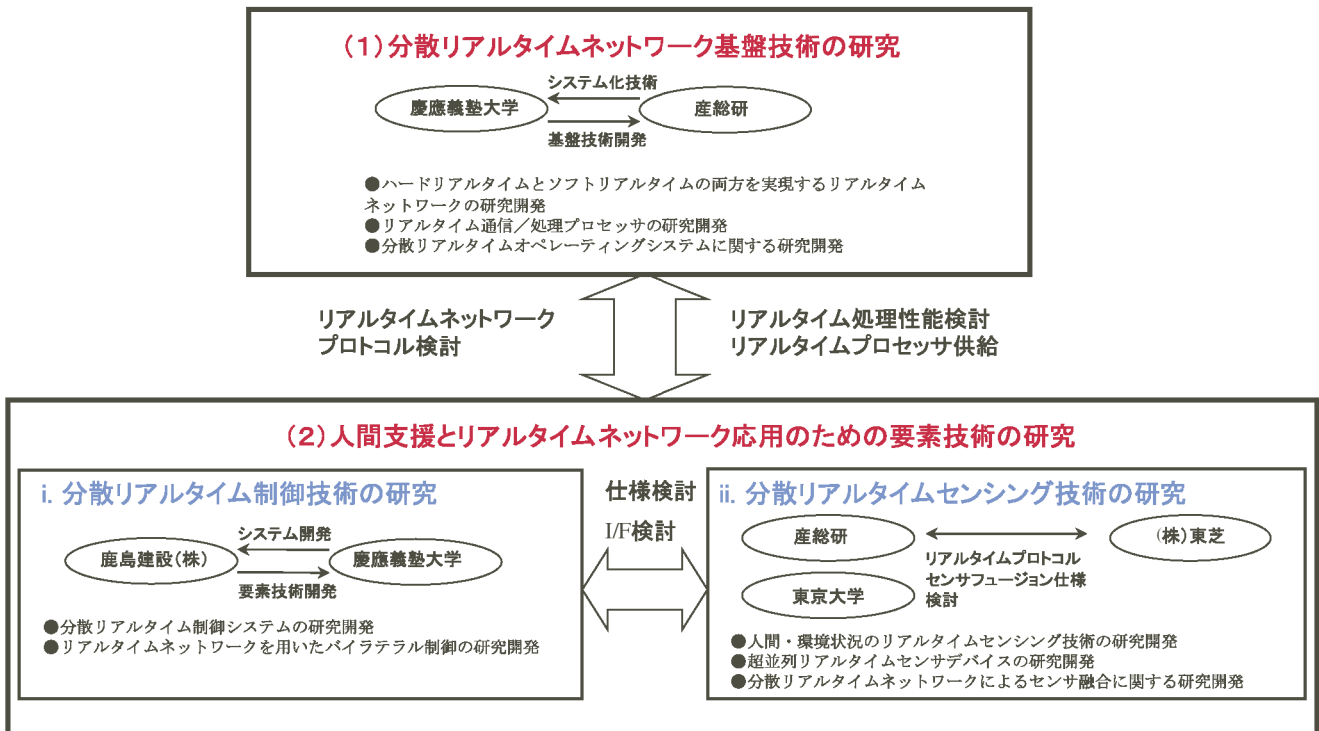


図-1

リアルタイムネットワーク（レスポンスリンク）、リアルタイム無線通信（無線レスポンスリンク）、分散リアルタイムオペレーティングシステム、同ネットワークに多数のセンサ・アクチュエータを接続して分散リアルタイム処理を実行するためのミドルウェア等の研究開発を行っている。

また、サブテーマ「人間支援とリアルタイムネットワーク応用のための要素技術の研究」は、鹿島建設、慶應義塾大学、産業技術総合研究所、東芝、東京大学で行っている。本サブテーマでは、要素技術を制御「分散リアルタイム制御技術の研究」とセンシング「分散リアルタイムセンシング技術の研究」の2項目に大きく分け、お互いにコラボレーションを行いながら研究開発を行っている（図-1参照）。具体的には、システムの分散構造を記述する数学的な手法の確立、分散制御の理論、それらの

例題としてのバイラテラルロボットの研究開発、リアルタイム画像処理システムの研究開発、生体情報・行動情報計測および支援システム、情報のリアルタイム提示および能動視覚による状況把握ウェアラブルシステム（ケアウェア）等の研究開発を行っている。

本プロジェクトは、第I期（平成12～14年度）において、分散リアルタイムネットワークシステムを構築するための要素技術をほぼ確立することができた。第II期（平成15～16年度）において、それらの要素技術を統合し、分散リアルタイムネットワークシステムのプロトタイプを構築していく予定である。

謝辞 本特集で紹介した研究は、文部科学省科学技術振興調整費の支援により行われました。

（平成14年12月4日受付）

