

○「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」

1. 研究概要

「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」

研究の概要・目標

1 何を目指しているのか

ハードリアルタイム(遅延時間を保証する狭義のリアルタイム)性を有する分散リアルタイムネットワーク基盤技術の確立を目指す。また、かかる基盤技術を人間支援への応用として実証することを目指す。

(2年後の目標)

- 10μ秒以内のハードリアルタイムを保証する分散リアルタイムネットワーク基盤技術の確立

(4年後の目標)

- 分散リアルタイムネットワーク基盤技術による人間支援システムの構築、実証

2 何を研究しているのか

- ・分散リアルタイム通信・処理プロトコル、アーキテクチャの研究
- ・分散リアルタイムオペレーティングシステムの研究
- ・分散リアルタイム制御システムの研究
- ・分散リアルタイムセンサネットワークの研究 等

3 何が新しいのか

- ・ハード／ソフト・リアルタイムの両方を同時に実現する分散リアルタイムネットワークを実現するという点。
- ・分散リアルタイムネットワーク基盤技術により、人間支援を試みるという点。

諸外国の現状等

1 現状

- ・米国のカーネギーメロン大学、スタンフォード大学などで分散リアルタイムシステムの研究が進められている。
- ・ソフトリアルタイム(遅延時間を保証しない疑似リアルタイム)の分野においては、米国のCATVにおけるVoD(Video on Demand)サービス等においてリアルタイム通信プロトコルの研究開発が行われている。

2 我が国の水準

- ・我が国を含め、分散リアルタイムネットワークの先端技術は、未開拓の部分が多い研究領域である。
- ・慶大、電総研のリアルタイムプロセッサ、慶大、東大等の分散リアルタイムオペレーティングシステム等は、国際的にも優れた水準にあり、これからのが我が国が伸びずに十分値する極めて大切な技術である。
- ・ただし、まだ個別技術を摸索している状況にあり、基盤技術として飛躍するのはこれからの段階にある。

(H12年～H16年)

H14年度予算額：2.09（億円）

研究代表者：安西祐一郎（慶大）他 4機関

研究進展・成果がもたらす利点

1 世界との水準の関係

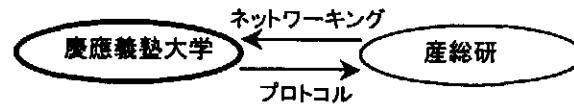
- ・リアルタイムネットワークとその関連基盤技術については、個別研究レベルでは国際水準に達しているものもあるが、一般的には米国の水準が高く、我が国は立ち後れている。
- ・個別研究レベルで国際水準にある研究組織が適切な連携を図れば、世界をリードする独創的な先端技術を創出できる可能性がある。
- ・特に、ハードリアルタイム性を有する分散リアルタイムネットワーク基盤技術という観点からの総合的な研究開発は、世界的にも行われておらず、我が国が世界をリードできるプロジェクトに十分なりうる。

2 波及効果

- ・本課題で焦点としているハードリアルタイム性を有する分散リアルタイムネットワーク基盤技術は世界的にも新規な試みであり、国際標準にもなりうるものである。
- ・これにより、当該分野における技術競争力の確保、新技術・新産業の育成につながることが見込まれる。
- ・このリアルタイム基盤技術の応用について産業技術の観点から見れば、建設機械に実装することにより建設作業ロボットの安全なリアルタイム制御等を実現することが期待される。
- ・また、産業用途のみならず、高度情報化社会における情報弱者の生活支援及びコミュニケーション支援等、生活レベルの応用用途にも活用されることが期待される。

「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」研究体制図

(1) 分散リアルタイムネットワーク基盤技術の研究



- ハードリアルタイムとソフトリアルタイムの両方を実現するリアルタイムネットワークの研究開発
- リアルタイム通信／処理プロセッサの研究開発
- 分散リアルタイムオペレーティングシステムに関する研究開発

リアルタイムネットワーク
プロトコル検討

リアルタイム処理性能検討
リアルタイムプロセッサ供給

(2) 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

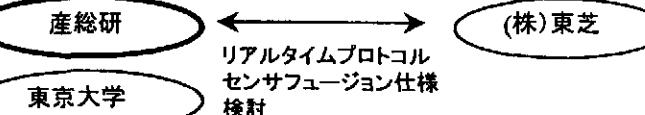
① 分散リアルタイム制御技術の研究



- 分散リアルタイム制御システムの研究開発
- リアルタイムネットワークを用いたバイラテラル制御の研究開発

仕様検討 I/F検討

② 分散リアルタイムセンシング技術の研究



- 人間・環境状況のリアルタイムセンシング技術の研究開発
- 超並列リアルタイムセンサデバイスの研究開発
- 分散リアルタイムネットワークによるセンサ融合に関する研究開発

分散リアルタイムネットワーク／人間・環境センシング／分散制御の要素技術の確立(I期(中間期))
分散リアルタイムネットワークシステムの構築と人間支援に関する実証実験(II期(終了時))

2. 所要経費一覧

研究項目	担当機関等	担当者	平成12年度	平成13年度	平成14年度
1. 分散リアルタイムネットワーク基盤技術の研究					
(1) リアルタイム通信・処理アーキテクチャの研究	慶應義塾大学理工学部	山崎 信行	108997	111,074	61,981
(2) 分散センサ／アクチュエータ・ネットワークの研究	独立行政法人産業技術総合研究所	堀 優夫	19,175	17,998	11,262
(3) リアルタイム無線通信システムの研究	慶應義塾大学理工学部	中川 正雄	12,949	13,009	10,429
(4) 分散リアルタイムオペレーティングシステムの研究	慶應義塾大学理工学部	徳田 英幸	8996	9006	16734
2. 分散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					
(1) 分散リアルタイム制御技術の研究					
① 分散制御の構造記述と基礎的な制御方法論に関する研究	慶應義塾大学理工学部	大西 公平	14386	19113	30554
② リアルタイムネットワークを用いた分散制御に関する研究	鹿島建設株式会社 技術研究所	内村 裕	17,779	23,905	11,674
(2) 分散リアルタイムセンシング技術の研究					
① 身体・環境をリアルタイムにセンシングするウェアラブル機器に関する研究	株式会社東芝 研究開発センター	土井美和子	41,367	30,791	33,457
② リアルタイムネットワークを用いたセンサフュージョンに関する研究	東京大学大学院工学系研究科	石川 正俊	10,437	13,609	11,946
③ ケアウェアに関する研究	独立行政法人産業技術総合研究所	藏田 武史	16,035	20,126	20,188
3. 研究の推進					
4. 研究の運営					
合計			457	145	145
			477	351	351
			251,055	259,127	208,721

3. 研究成果の概要

【研究目標の概要】

「安全・安心で豊かなネットワーク社会を実現するために重要と考えられる新しいネットワーク基盤技術と人間支援への応用技術」に関して、基礎から応用に至るまでの研究開発を行い、21世紀の社会インフラを構築する情報基盤技術の基礎を確立することを目標としている。

具体的には、以下の2つのサブテーマ

1. 分散リアルタイムネットワーク基盤技術の研究
2. 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

について、基礎研究と応用研究を同時に行い、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を目標とする。

本研究では、人間支援のための知的社会インフラ構築技術の確立を目指し、分散リアルタイムネットワーク、リアルタイムプロセッサ、基本ソフトウェア、ワイヤレス通信、分散センサ・アクチュエータ、人間支援のためのウェアラブル機器等の先端的基盤技術研究を行うとともに、生体情報・環境情報・分散制御等を用いた人間支援、人間支援のための各種センサ、アクチュエータ、ウェアラブル機器、ワイヤレス機器等に関する技術開発を行う。それらから構成される高性能の分散リアルタイムネットワークのプロトタイプを構築し、人間・生体の状態や環境の状態をリアルタイムにセンシング・理解して、バーソナライズしたサービス・コンテンツをリアルタイムで提供したり、状況に応じた操作がリアルタイムでできる、新しい時代の知的社会インフラ構築の基盤を創出する。

【研究成果の概要】

本研究は、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を確立するために、大きく2つのサブテーマについて横断的に研究開発を行った。

まず、「分散リアルタイムネットワーク基盤技術の研究」では、本研究プロジェクトの基盤技術となる分散リアルネットワークを構築するための要素技術の研究開発を行っている。このサブテーマにおいては、チップ、通信プロトコル、OS、ミドルウェア等の、分散リアルタイムネットワーク構築の基盤となる研究開発を行った。

具体的には、分散リアルタイムネットワーク構築用のチップとして、世界で初めてハードウェアによるハードリアルタイムおよびソフトリアルタイムの通信と演算を可能にした、非常に高機能かつ高性能なリアルタイム通信・処理プロセッサ(RMT Processor)の研究開発に成功した。RMT Processorのプロセッシングコアは、8スレッド同時実行可能な優先度付細粒度マルチスレッディングを実現している。同時に、ハードウェアでリアルタイム通信を実現するResponsive Link IIの研究開発を行った。Responsive Link IIでは優先度による追越機能付ネットワークスイッチを設計・実装し、またネットワークの分散管理を実現した。RMT Processorには、上記以外にもコンピュータ用I/O、制御用I/Oを集積しており、非常に高機能なシステムオンチップの研究開発に成功した。

上記のResponsive Link IIは有線のリアルタイム通信であるが、有線だけではシステムが構築できない場合もあり、無線によってリアルタイム通信を実現する研究を行った。具体的には、有線のResponsive Linkのようにハードリアルタイム・ソフトリアルタイムを同時に実現できる無線変調方式の検討を行い、OFDMサ

ブキャリア選択法を提案した。

また、分散リアルタイムネットワークシステムを実現するためには、基盤ソフトウェア（リアルタイムオペレーティングシステム）を研究開発する必要がある。多くのユーザに利用可能なように、研究開発用に一般に広く用いられているオペレーティングシステムであるLinuxに、リアルタイム機能を支援する機構を付加する研究開発を行った。

同時に、リアルタイムネットワークシステムの実例の構築を行った。300個以上のセンサからなる分散センサ・システムを実現して、それにより室内の物体の三次元位置を60Hzで誤差3~5cmで計測し、その動きをリアルタイムに表示可能にした。さらに分散センサ・システム用ソフトウェア基盤技術の開発を行った。これによって、センサ間の動的な結合を可能にするソフトウェア基盤を実現した。

次に、「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」では、制御系とセンシング系の両面から、要素技術の研究開発を行った。

まず、制御系の研究開発としては、分散制御を実現するために必要な、分散システムの状態表現の理論の研究を行った。そして構造を記述する行列の数学的表現方法を確立した。また、分散システム設計法の研究開発を行い、分散制御の幾何学的構造を抽出する方法論を開発した。同時にリアルタイムネットワーク制御方式を確立し、状態表現・設計法をリアルタイムネットワーク制御問題に適用することができた。

さらに、上記理論の応用として、ネットワークベースのバイラテラル制御技術の研究開発を行った。ネットワークを介して結合したバイラテラルロボットを試作し、空間的に離れた2点間における作用反作用効果を実現した。

センシング系の研究開発としては、画像を用いたセンシング要素技術として、超並列センサ情報処理LSI制御システムの開発を行い、センシングの直接制御を可能とする実時間性を実現した。分散センサ情報処理アルゴリズムの開発を行い、特徴量のみの交換に基づく対象抽出・追跡アルゴリズムを考案した。また、センサフュージョンアーキテクチャの検討を行い、視力覚を統合した作業支援テストベッドを試作した。それを用いてリアルタイム性を考慮したセンサ情報処理と行動最適化を実現した。

リアルタイムに人間を支援する要素技術として、生体情報・行動情報計測装置の研究開発を行い、リアルタイムに生体情報をセンシングするBluetooth内蔵の腕時計型センサモジュールを開発した。さらに、PDAを用いたリアルタイム応答生成システムの開発を行い、ユーザ状況に合わせたアドバイスを表示することを可能にした。それらのアプリケーション開発として、リアルタイム健康管理システムのプロトタイプを構築した。

人間の身に着けるウェアラブルなセンシングシステムとしては「ケアウェア」を実現した。ケアウェアでは、画像処理及びセンサ統合処理のアルゴリズムを分散センサネットワーク対応型にし、分散モンテカルロ追跡手法およびボトムアップ・トップダウン統合アプローチによる物体の3次元位置姿勢推定手法の提案・設計を行った。同時に、ウェアラブル視覚システムを構築し、上記アルゴリズムを実装し、実環境で評価を行った。

上記のように、本研究では、分散リアルタイムネットワークを構築するための基盤技術のプロトタイプの研究開発に成功した。さらに、人間支援の分散リアルタイムネットワークシステムを実現するための各種要素技術の研究開発も並行して行った。

4. 研究成果公表等の状況

【研究成果発表等】

	原著論文による発表	左記以外の誌上発表	口頭発表	合 計
国内	7(3) 件	9(4) 件	58(4) 件	74(11) 件
国外	28(7) 件	2 件	14 件	44(7) 件
合計	35(10) 件	11(4) 件	72(4) 件	118(18) 件

(注：既発表論文について記載し、投稿中の論文については括弧書きで記載のこと)

【特許出願等】 12 件 (国内 12 件、国外 0 件)

【受賞等】 4 件 (国内 4 件、国外 0 件)

1. 2002年度日本ロボット学会論文賞、慶大 山崎 信行
2. 日本機会学会 ROBOME'01 ベストプレゼンテーション賞、慶大 山崎 信行
3. 第4回 LSI IP デザイン・アワード IP 賞、東大 石川正俊, 鏡慎吾, 小室孝, 石井抱 (2002.5.29)
4. 情報処理学会 Best Author賞、東芝 土井 美和子 (2002.5.20)
- 5.

【主要雑誌への研究成果発表】

情報処理学会誌44巻1号（平成15年1月号）において「人間支援のための分散リアルタイムネットワーク」の特集を行い、これまでの成果のまとめを発表する予定である。

Journal	Impact Factor	サブテーマ 1	サブテーマ 2	サブテーマ 3	合計
Nature Science :					0
主要雑誌小計					0
発表論文合計					0