

平成 22 年 3 月 31 日現在

研究種目：基盤研究 (B)
 研究期間：2007～2009
 課題番号： 19300021
 研究課題名 (和文) ユビキタスノードの多様な連携を実現する分散ソフトウェア連携バスの研究
 研究課題名 (英文) Federated software-bus (distributed OS) for ubiquitous network nodes

研究代表者
 丸山 勝巳 (MARUYAMA Katsumi)
 国立情報学研究所 アーキテクチャ科学研究系・教授
 研究者番号： 60280533

研究成果の概要 (和文)：

多数の多様な情報機器・システムが、各種ネットワーク介して相互に接続されるユビキタス環境に於いて、各情報機器やシステムの柔軟な連携動作を可能とする分散ソフトウェアバス (分散 OS) "LP49" を研究開発し、ソースコード並びにドキュメントをインターネット上で公開した。LP49 は、(a) マイクロカーネルとマルチサーバからなる分散 OS、(b) 各機能やサービスは、"サーバント" と呼ぶ受動的部品と、"サーバ" と呼ぶ能動的部品として実現、(c) サーバントは、各種デバイスや共通サービス機能を実装し、サーバは、DOS、EXT2、RAM の各ファイルサーバなどを実装、(d) 別ノード間で論理リソースを Export / Import する機能を実現して、高度な連携処理を可能にしたなどの特徴を持つ。

研究成果の概要 (英文)：

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
2008 年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
2009 年度	4,900,000	1,470,000	6,370,000
年度			
年度			
総計	14,100,000	4,230,000	18,330,000

研究分野：OS

科研費の分科・細目：基盤研究 (B)

キーワード：分散 OS、マイクロカーネル、マルチサーバ、Plan9、L4

1. 研究開始当初の背景

今や組み込みシステムやホームサーバには、NW 接続された多様な機器を連携動作させる分散処理機能が必須である。OS はシステムの性能 (機能・効率・信頼性) のみならずプログラム開発コスト (開発しやすさ、開発期

間・拡張性など) を大きく左右する。信頼性向上の近道はシンプル化であり、必要な機能を有し、余分な機能は廃した 目的に最適な分散 OS が望まれる。しかるに、現在の汎用 OS は、巨大で、機能が多いけど不十分、コンポーネント化もされていない。そこで、重要機能を含み、構成が簡明で、容易に機能追加で

き、プログラム規模も小さい分散 OS が望まれる。また、分散 OS の適切な開発学習キットも望まれる

2. 研究の目的

多数の多様な情報機器・システムが、各種ネットワーク介して相互に接続されるユビキタス環境に於いて、各情報機器やシステムの柔軟な連携動作を可能とする分散ソフトウェアバス（分散OS）の研究開発を行う。

1. マイクロカーネルとマルチサーバからなるソフトウェアバス（分散OS）の中核機能 LP49 を構築し、本方式の有効性を示す。
2. 本方式では、各機能やサービスは、”サーバント”と呼び受動的部品と”サーバ”と呼ぶ能動的部品として実現している。サーバントとしては、各種デバイスや共通サービス機能を実装し、サーバとしては、DOS, EXT2, RAM の各ファイルサーバを実装する。
3. 別ノード間で論理リソースを Export / Import する機能を実現して、高度な連携処理を可能にした。また Unix の部分名前空間を import する機能も実現する。
4. 本システム LP49 のソースプログラムおよび資料を WEB サイトにオープンソースとして公開する。

3. 研究の方法

以下のアプローチでソフトウェアバス（分散OS）を実装した。

- (1) マイクロカーネル+ユーザモードマルチサーバ構成とした。これにより、コンポーネント化、機能追加の容易化、耐障害性強化を計った。
- (2) 遠隔名前空間の結合による分散リソース管理により、簡潔な分散処理を実現する。
- (3) マイクロカーネル以外は、デバイスドライバも含めてユーザモード化することでプログラム開発容易化を行う
- (4) OS 全体をスクラッチから作るには、膨大な工数を要する。Karlsruhe 大学の L4 マイクロカーネルは、簡潔で優れたスレッド・メッセージ性能を持っている。また、Bell 研で開発された Plan9 は、融通性の高い分散処理を実現している。かつ両者ともオープンソースであるので、ソースコードを活用して工数削減を図る。

4. 研究成果

※目的、方法、成果

本研究は、主テーマ（LP49 実装）と副テーマ（省電力化など）からなる。

主テーマの“分散ソフトウェアバス LP49 の実装”では、以下を実現し有用性を確認した。

(1) マルチサーバ OS の実現

下図に LP49 の 1 ノードの構造を示す。

最下層は L4 マイクロカーネルである。この総だけがプロセッサはカーネルモードで走る。

その上は LP49 CORE 層である。これはユーザモードで走り、プロセス管理、各要求の分析とサーバへの転送、ネットワーク機能を行っている。

OS サービスは、サービス毎のサーバが提供する。つまりマルチサーバ構成である。サーバもコマンドも応用プログラムもユーザモードで走る。サービスの追加は、ユーザモードもプログラムを追加するだけで行える。

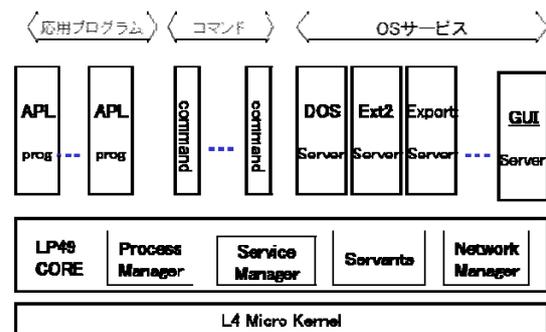


Fig. LP49の構造

(2) サービス部品：サーバとサーバント

ファイルサービス、名前サービスなどは、ユーザモードプロセスである「サーバ」が提供する。サーバには、DOS ファイルサーバ、EXT2 ファイルサーバ、Export サーバ（名前空間を外部に見えるようにするサーバ）、GUI サーバなどを実装した。サーバは、このように個別サービス毎にコンポーネントとなっており、サーバを追加するだけで新しいサービスを追加できる。

HDD などのデバイス制御や細かなサービスは、LP49 core 内のサーバントが提供している。サーバントもサービス毎のコンポーネントである。

(3) 遠隔名前空間の結合による分散処理

名前空間のアイデアは、Plan9 を継承している。各サーバは色々のオブジェクトを持っている。各オブジェクトはファイルとして抽象化されておりツリー状の名前空間を当してアクセスでき、open(), read(), write()

等で操作できる。

サーバの名前空間を自分の名前空間に接続することで、そのサーバにアクセス可能となる。サーバは、ネットワークを越えた遠隔にあっては、名前空間が接続されれば、ローカルサーバもリモートサーバも同様に扱える。このように自然に分散処理が実現されている。

(4) 名前空間の Export/Import

これは、基本的には Plan9 概念の継承である。前述のように、サーバの名前空間をユーザの名前空間に接続することで、ユーザはそのサーバにアクセスできるようになる。

名前空間はサーバ単位以外に、ノードの部分名前空間を接続することも可能である。これにより、サーバ間で名前空間を接続することが出来る。名前空間を Export するノードでは、外部参照を強化する部分名前空間を Export サーバに教える。Import する側では、それをユーザの名前空間の適当な場所に接続する。こうして融通性にとむ分散処理が実現されている。

(5) 能動オブジェクト

ここでいう能動オブジェクトとは、スレッドとインスタンス変数とメソッドからなる。能動オブジェクトは、メッセージを受信したら自分のスレッドで実行するので、分散処理やコンポーネント化に大変有利である。普通のオブジェクトは自前のスレッドを持たず、呼ぶ側のスレッドで実行されるので受動オブジェクトとよんでいる。

本研究では、融通性に富み使い易い能動オブジェクトライブラリ libactobj を設計・実装した。本ライブラリは、能動オブジェクトの生成・消去、同期メッセージの送信受信、非同期メッセージの送信受信、非同期返答の送受信機構などを実現している。この効果をウィンドサーバ（現在実装進行中）を実装してみ、機能と使い易さを確認している。

非常に有用であることが分かったので、行く行くは LP49core も各サーバも、このライブラリを使って書き直したいと思っている。

(6) 耐障害性強化

LP49 の構造は、耐障害性強化にも効果的である。以下はアイデア段階であり、今後折を見て実装する予定である。

プロセスを監視し、障害が見つければそれを停止して再スタートする仕組みが容易に組み込める。また、簡単な Pager の機能追加により、プロセスに保持メモリ域を追加する

ことができる。

保持メモリ域には、プロセスが指定した適当なタイミングで無矛盾なデータのスナップショットを書き込んでおく。プロセスが障害になった場合には、保持メモリ域のデータを使って再開させることにより、比較的安全なロールバックを行える。

(7) オープンソース公開

本研究から、若い人が OS 開発を喚起されることを期待している。そこで、本研究の成果を分散 OS の学習キット、および開発キットとして利用できるように、オープンソース化を進めた。

LP49 の前ソースコードとドキュメントは、WEB サイト

<http://research.nii.ac.jp/H20/LP49>

で公開している。

詳細な技術内容や使い方は、本 WEB サイトの以下の PDF ドキュメントを参照されたい。

- LP49 利用説明書
- LP49 内部構造
- LP49NW 機構の説明
- データ構成図: 主要データテーブル
- LP49 能動オブジェクトライブラリ

更に LP49 の副テーマとして、以下を行った。

(1) ソフトウェアバスのサーバの省電力方式

LP49 をサーバに用いた場合の省電力化を目的に、予測と実行時フィードバックによる省電力モデルとそのスケジューラを本プロジェクトの中核機能である LP49 上に実装し、有用性を確認した。

(2) ソフトウェアバスに基づく分散組込みノードの方式

組込みサーバント構築のために、本研究で用いられている Plan9 のプロトコルである 9P をベースとする組込みノードの構築法を提案し、組込みシステム上に実装し有効性を確認した。

(3) ソフトウェアバスと連携するプログラミング言語処理系の VM

サーバントは LP49 をベースに実装されるが、分散プログラムの実行系として VM (仮想機械) によるプログラミング言語の実装は有望である。本研究では Plan9 をプロトコルのベースとする VM を実装し、ノードで実行可能とした。同時に、他プラットフォームと連携する異種分散の基盤として、Java VM と連携

するマイグレーション可能な Scheme 言語処理系、また応用プログラムとして Java VM 上で稼働する XML DB を実現し、分散システムでの連携方式について知見を得ることができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① 林和宏, 金井遵, 丸山勝巳, 並木美太郎, L4 マイクロカーネルにおける省電力スケジューラの開発, 情報処理学会論文誌 コンピューティングシステム, Vol. 2, No. 1, pp. 96-109, 2009 年, 査読有
- ② 松崎 泰裕, 並木 美太郎, プログラムをマイグレーションできる携帯電話向けの Scheme 言語処理系, 情報処理学会「コンピュータシステムシンポジウム 2007」論文集, Vol. 2007, No. 14, pp. 59-68, 2007 年, 査読有
- ③ 佐々木 悠, 並木 美太郎, 携帯電話 Java 用 XML データベースライブラリ「rXMLDB」の開発, 情報処理学会「コンピュータシステムシンポジウム 2007」論文集, Vol. 2007, No. 14, pp. 143-152, 2007 年, 査読有

[学会発表] (計 5 件)

- ① 荒川淳平, 笹田耕一, 竹内郁雄 yass: yet another simple storage, 情報処理学会 OS 研究会, 2010 年 1 月. (最優秀学生発表賞), 査読無
- ② 盛合 智紀, 並木 美太郎, Plan9 を用いた分散組込みシステムのオブジェクト指向プログラミングシステムの提案, 情報処理学会第 51 回プログラミングシンポジウム報告集, pp. 95-104, 2010 年, 査読無
- ③ 盛合智紀, 並木美太郎, Plan9 を用いた分散組込みシステムのプログラミングシステム, SWoPP2009 並列/分散/協調処理に関する『仙台』サマー・ワークショップ, 情報処理学会「システムソフトウェアとオペレーティング・システム」第 112 回研究会, Vol. 2009-OS-112, No. 4, pp. 1-8, 2009 年, 査読無
- ④ 盛合 智紀, 並木 美太郎, Plan9 を用いた分散組込みシステムのプログラミングシステム, ESS2009 組込みシステムシンポジウム, IPSJ Symposium Series, Vol. 2009, No. 10, pp. 217, 2009 年, 査読無
- ⑤ 盛合 智紀, 並木 美太郎, 小型組込み機器を対象とした分散システムの構築法とその言語処理系の試作, 情報処理学会第 71 回全国大会, 1L-5, 2009 年, 査読無

- ⑥ 竹内郁雄 融合と接合, 情報処理学会 OS/ARC 共催研究会 招待講演, 2009 年 4 月
- ⑦ 竹内郁雄 プロトコル指向プログラミングとは?, 情報処理学会プログラミングシンポジウム, 2009 年, 同報告集 pp. 21-28
- ⑧ 林 和宏, 金井 遵, 丸山 勝巳, 並木 美太郎, L4 マイクロカーネルにおける省電力スケジューラの開発, 情報処理学会「システムソフトウェアとオペレーティング・システム」第 108 回研究報告, Vol. 2008-OS-108, pp. 147-154, 2008 年, 査読無
- ⑨ 丸山勝巳, 佐藤好秀: “連携処理のためのコンポーネント型 OS L P 4 9”, 情報処理学会 第 108 回研究報告, Vol. 2008-OS-108, 2008 年, 査読無

[その他]

ホームページ等

<http://research.nii.ac.jp/H20/LP49>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

丸山 勝巳 (MARUYAMA Katsumi)
国立情報学研究所・アーキテクチャ科学研究系・教授
研究者番号: 60280533

(2) 研究分担者

竹内, 郁雄 (TAKEUCHI Ikuo)
東京大学・情報理工学系研究科・教授/
研究者番号: 90293109

並木, 美太郎 (NAMIKI Mitaro)
東京農工大学・大学院共生科学技術研究院・教授
研究者番号: 10208077

(2) 連携研究者

橋爪 宏達 (HASHIZUME Hiromichi)
国立情報学研究所・アーキテクチャ科学研究系・教授
研究者番号: 40172853

児玉 和也 (KODAMA Kazuya)
国立情報学研究所・コンテンツ科学研究系・准教授
研究者番号: 80321578

日高 宗一郎 (HIDAKA Soichiro)
国立情報学研究所・アーキテクチャ科学研究系・助教
研究者番号: 70321578