

令和 3 年 6 月 15 日現在

機関番号：82121

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11286

研究課題名(和文)ワイヤレスネットワーク上の組み込みコンピュータを分散オブジェクト化する研究開発

研究課題名(英文)Development of distributed object model for embedded computers on WiFi network

研究代表者

金谷 範一 (Noriichi, Kanaya)

一般財団法人総合科学研究機構(総合科学研究センター(総合科学研究室)及び中性子科学センター(研究開発・総合科学研究センター・特任研究員)

研究者番号：20150013

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文):ネットワーク通信に非同期型で遅延が少なく,リモート遠隔オブジェクト呼び出しモデルよりも,リソースも少なくすむ組込オブジェクトモデルを開発した.無線ネットワーク上のクライアントからは組込コンが論理的なリモートオブジェクトとしてみなすことができるため,効率が良い計測制御系に応用できる.特に三十億電子ボルトの軟X線放射光電子蓄積リングへの応用を詳細に調査し,その結果,アンジュレータ,ウイグラ等の挿入光源を利用した放射光研究実験系統についても,高速計測制御機能が求められており,本研究はこのような放射光利用研究実験分野にも展開できる事が明らかになった.

研究成果の学術的意義や社会的意義

組み込みオブジェクトモデルでは通信は非同期型で遅延が少なく,リソースも少なくすむため,負荷が軽いと見込められる.ネットワーク上のクライアントからは組込コンが論理的なリモートオブジェクトとしてみなすことができるため,計測制御系に応用できる.特に三十億電子ボルトの軟X線放射光電子蓄積リングについて詳細に調査した結果,アンジュレータ,ウイグラ等の挿入光源を利用した放射光研究実験系についても高速計測制御機能が求められており,このような放射光利用研究実験分野,すなわち材料工学,スピントロニクス,未来型インターネット医療工学,生物農業モニタリング工学,環境工学,宇宙工学,エネルギー工学にも展開できる.

研究成果の概要(英文):An embedded object model has been developed to provide asynchronous communication functionality with low latency and low resource requirements unlike the Remote Method Invocation model. It allows a client on a wireless network to access an embedded computer behaving as a logical remote object for measurement and control systems. In particular, our in-depth survey of the soft-Xray 3-GeV synchrotron radiation source shows that the model is suitable for measurement/control systems for synchrotron radiation experiments using insertion devices such as wigglers and/or undulators.

研究分野:分散オブジェクト工学 ネットワーク 計測制御

キーワード:synchrotron radiation distributed object model embedded computers network high energy accelerators

科研費による研究は,研究者の自覚と責任において実施するものです.そのため,研究の実施や研究成果の公表等については,国の要請等に基づくものではなく,その研究成果に関する見解や責任は,研究者個人に帰属します.

1. 研究開始当初の背景

ネットワーク上においてコンピュータによる実験計測制御・監視システムを構築するため分散オブジェクト技術 Java RMI(Remote Method Invocation, 遠隔手続き呼び出し)を採用して構築する事が多い。しかし従来の分散オブジェクトモデルとして知られる RMI では組込コンピュータ (以下組込コン) を遠隔オブジェクトとして扱うことは困難であった。

ところが RMI 分散オブジェクトモデルは稼働条件にリソース (CPU 処理能力, メモリー容量, 外部記憶装置等) を多く要求している。まず OS が稼働している事が必須であり, メモリは 2 GB 以上, 外部記憶装置は 32GB 以上, CPU のクロックも 1 GHz 以上のリソースが不可欠である。さらにレジストリサーバ (リモートオブジェクト管理用仲介サーバ) を別途稼働させる必要があるため, 追加リソースが必要である。さらに RMI だけの稼働条件として, メモリが 128 MB 以上, 外部記憶装置は 128 MB 以上が求められる。

一方, 組込コンのリソースは一般的なコンピュータのそれよりも二桁以下であり, サーバと見立てることはできず, RMI オブジェクトも実装できない。ゆえに計測制御用組込コンを分散オブジェクトモデル化することは困難であった。

過去数年のうちに組込コンの処理能力が飛躍的に向上したため, 計測制御装置への応用が拡大している。組込コンはオーバーヘッドが少ないため, 高速計測制御に有利である。組込コンを被制御計測装置に内蔵または物理的に近接させ高速化および前処理機能強化を期待できる。

このような EOM の構成では, 性能の評価は知られていなかった。EOM の主な性能評価として, トランザクションラップタイム, リソース消費を計測し, 障害検出機能等を評価し, EOM の有効性を検証することが必要である。

2. 研究の目的

本研究の目的は, 組込コンを計測制御する手法を明らかにする。

EOM は, もともと高エネルギー加速器の計測制御を基礎として考えられてきたが, その応用分野の一つとして, 実際に建設が計画されている三十億電子ボルト軟 X 線シンクロトロン放射光源及びアンジュレータやウイグラ挿入光源の放射光利用について, 研究開発, 計測, 放射光実験装置への応用を調査検討する。

3. 研究の方法

RMI オブジェクトモデルにおけるクライアントの動作は原理的にサーバと同期しており, リモートメソッドを起動するとサーバが計測制御を完了し, 計測制御データを返答するまで (t_d sec) 実行中断する。

本研究の計測制御性能を評価するには, 一般にコンピュータの内蔵発振器は低精度低安定度であり, 良い指標がなかった。そこで高精度割り込み信号発生装置を設計, 製作, 開発が必要である。超高精度・温度補償型水晶発振器を基準にサーバからトリガ信号を受け取ると, 指定時間経過後に割り込み信号を 50ns 以下の精度で発生する。サーバはこれにより高精度の基準時間を検出でき, 一連の計測制御処理を行い, 制御系のオーバーヘッド等の特性の計測評価を試みる。

コンパイラが生成する実行形式のプログラムのサイズは, 同じソースコードでも, CPU のアーキテクチャ, ワードサイズ, 種類が異なれば大きくなり, 条件によっては EOM の実装が困難となる。さらに CPU が WLAN チップあるいは Ethernet チップの組み合わせによって, アクセスするのに必要なドライバプログラムコードサイズは, チップのライブラリサイズ, アーキテクチャ, インターフェース方法に大きく依存する。いずれも CPU との組合せによっ

でも異なるため、使用可能なメモリサイズを大きく圧迫し、フラッシュ ROM 内に収まらない可能性がある。実行時における RAM 内のスタックサイズにも余裕がなくなり所期の性能を期待できなくなる可能性がある。またインターフェースが低速となれば性能に大きな影響を与える。その結果、コンパイラが生成するプログラムサイズが大きくなり、EOM の実装が困難となる。

将来へのシンクロトロン放射光源 (三十億電子ボルト) に関して、研究会に出席し、担当機関において調査、情報収集を行いシンクロトロン放射光源への応用を検討する。

4. 研究成果

この高精度割り込み信号発生装置により、実験データを計測収集する。アルゴリズムの開発、組込コンのアーキテクチャおよびリソースの評価と実装を並行的に進展させた。WLAN の通信制御処理の過程では、有線 LAN とは異なり WLAN チップに対するチャンネル自動選択、ネゴシエーション手順と通信確立、そして暗号化処理等がリソース、プログラム領域を大きく圧迫するため、EOM の処理性能にも影響した。この部分はアーキテクチャおよび実装言語にも大きく依存するため、部分的に評価しつつ、実装した。実装言語 C++/Python によっては、不定期に強制起動する不要オブジェクト回収により処理能力およびリソースが動的に変動するため、アプリケーションを除外したオーバーヘッドやリソースの消費量について時間的な動作性能を評価検討しつつ進めた。

開発と並行して「次世代放射光施設シンポジウム (仙台)」出席、さらに放射光利用側の推進主体の東北大学理学部にて関係者とも情報交換をした。周回電子の加速エネルギーが三十億電子ボルトの軟 X 線放射光電子蓄積リング (放射光源) からは、数十電子ボルトから 1 キロ電子ボルトに及ぶ光子エネルギーを持つ、「SP-8 (BL-25SU)」よりも 100 倍強力で熱負荷も大きい軟 X 線が発生する。蓄積リングのラティス構造は 4 BA 型であり、リング周長は 349 m で PF の 187 m の 2 倍弱である。電子蓄積リングは基本セル数 16 ケ、蓄積電流 400 mA、エミッタンス $1.1 \text{ nm} \cdot \text{rad}$ で SPring-8 の 2.4 nrad より低エミッタンスかつ高輝度である。長直線部 (5.44 m 長) 16 ケ所は、主に軟 X 線・真空紫外線発生用アンジュレータに、短直線部 (1.64 m 長) 16 ケ所は、テンダー X 線発生用アンジュレータに用いる。26 本のビームラインを引き出し各種実験に利用する。発生できる放射光の輝度と光子束 (フラックス) の数値は、軟 X 線域 (0.1~1 keV)、テンダー X 線域 (1~10 keV) で、新発見が多数得られると期待できる。電子入射器は C-バンド 3 GeV ライナック (長さ 111 m) の線形加速器であり、将来、軟 X 線自由電子レーザーに転換できる。研究分野としては、材料科学、スピントロニクス、未来型医療、災害科学に加え、「イノベーション・スマート」が進むような分野、機能性物性科学、生物科学、農業科学、宇宙科学、エネルギー科学、創薬科学も考えられている。

応用分野として調査検討した結果、放射光源、アンジュレータ、ウイグラ等の挿入光源の放射光研究実験システムについて、高速計測制御機能が求められており、本研究はこのような放射光源にも展開できる事が判明した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

「高輝度3 GeV放射光計画調査報告」総合科学研究機構
<https://www.cross.or.jp/>
 2021年2月25日, 総合科学研究機構, 総合科学研究センター第2回研究会発表「ワイヤレスネットワーク上に配置した組み込みコンピュータの分散オブジェクトモデル化とその展望」, さらに特許出願申請, 外国ジャーナル論文投稿.

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	佐藤 繁 (Sato Shigeru) (10005796)	一般財団法人総合科学研究機構(総合科学研究センター(総合科学研究室)及び中性子科学センター(研究開発・総合科学研究センター・主任研究員) (82121)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関