

物理情報をナノ秒粒度で制御する ビッグデータリアルタイム処理機構の研究

[1] 組織

代表者：猿渡 俊介
(静岡大学大学院情報学研究所)
対応者：青木 徹
(静岡大学電子工学研究所)
分担者：
青木 徹 (静岡大学)
北川 勝浩 (大阪大学)
根来 誠 (大阪大学)
浦野 千春 (産業技術総合研究所)
田口 豊 (東京大学)
酒井 和広 (JAXA)
三好 健文 (イーツリーズジャパン)
宇都宮 聖子 (国立情報学研究所)
玉手 修平 (理化学研究所)
辻野 賢治 (東京女子医科大学)

[2] 研究経過

本研究では、現在はハードウェアで満たされている時間制約をソフトウェアで実現して、ネットワークにおけるナノ秒レベルの動作を提供する技術開発を目的としている。現在のコンピュータネットワークソフトウェアの動作は、マイクロ秒レベルが基本となっている。これに対し、これまでにないレベルの時間制約で動作することができれば、多様なサービスを創成できる。例えば、広域のネットワークの状態を瞬時に反映する高度なルーティング、現在は実装が困難とされている協調無線通信、分散ロボット等のサイバーフィジカルシステム、量子コンピュータ等の大規模量子計測システムといったサービスである。

これに向けて、本プロジェクトは今年度が初年度であったため、2014年8月6日と2014年8月7日にキックオフミーティングも兼ねて第1回物理×情報通信研究会を開催した。量子コンピュータ、核磁気共鳴、電圧標準のための計測システム、深宇宙通信、FPGAアーキテクチャ、プログラミング言語、無線通信、光通信など多様な分野から延べ40名近い研究者・技術者が参加した。物理情報をナノ秒粒度で制御可能なビッグデータ処理機構の必要性を共有すると共に、Deep Learningなど機械学習への貢献などについても活発に議論がなされた。

[3] 成果

(3-1) 研究成果

本年度は、応用の一例である応用の一例として熱力学温度計測法の一つである Johnson Noise Thermometry のソフトウェア化に取り組んだ。Johnson Noise Thermometry は精密な熱力学温度計測の技術である。抵抗器の雑音電圧の揺らぎと抵抗値の間に成り立つ関係を利用することでボルツマン定数を正確に算出することができる。

Johnson Noise Thermometry のソフトウェア化に向けて、本年度は、FPGA で動作する高速 AD 変換機構と PC 上で動作する信号蓄積・可視化機構を実現した。

FPGA で動作する高速 AD 変換機構は、汎用 FPGA ボードである KC705 と FMC によって接続される AD 変換ボードを用いて高速に AD 変換したデータを UDP で PC に送ることができる機能を具備する。Johnson Noise Thermometry は 2MHz という低速のサンプリングレートで十分であるが、機能としては 800 MHz でのサンプリングを実現している。

信号蓄積・可視化機構は、FPGA ボードから UDP を介して受け取った信号を蓄積してウェブサービスとしてユーザに提供する機能を提供する。ユーザインタフェースは HTML5 と WebSocket によって実現した。ウェブサービスとしてユーザインタフェースを提供する理由は以下の 3 つである。

1 つ目は遠隔での計測が簡単に実現できるからである。計測は用途によっては数時間から数日かかるものも存在する。例えば Johnson Noise Thermometry では、一度の計測に数十時間程度要する。その間、実験装置の前で待機しているのでは効率が悪い。結果が出るまで時間がかかるからといって実験装置から目を離すと万が一問題があった場合には貴重な実験データを無駄にしかねない。すなわち、外出等のいつでもどこからでも計測機器を制御できることが望ましい。

2 つ目は、ユーザインタフェースのカスタマイズが簡単となるからである。現在の計測では計測機器に物理的に組み込まれているユーザインタフェースを通してでしか計測機器を制御できない。複数の計測機器を用いる実験システムでは、複数の計測機器

に分散されたユーザインタフェースを個別に制御しなければならないため、実験の効率が低下する。実験システムのユーザインタフェースをウェブサービス化することで、ユーザは HTML5 を記述するだけで自由に計測画面を設計することができる。

3 つ目は、ウェブサービスでは再利用可能な膨大な量の知識やソフトウェアが存在することである。例えば HTML5 の情報は書籍だけでなくインターネット上で誰でも手に入れることができる。JavaScript を用いることでインタラクティブなユーザインタフェースの設計も可能であり、ウェブサービスで培われたノウハウを利活用できる意義は大きい。

以上の要求に鑑み、C 言語を用いたフルスクラッチでのウェブサービスである `sdlhttpd` を実装した。フルスクラッチで構築するメリットは、用途に特化して設計できるので軽量かつリアルタイム性が高く実現できることである。デメリットとしては用途に特化しすぎることによって拡張性が失われることである。LAMP や Jetty での実装と異なり、フルスクラッチの実装では FPGA ボードから受け取ったデータを JSON や WebSocket の形式に変換してデータベースを介さずに直接ブラウザに送信する `sdlhttpd` のみで構成される。`sdlhttpd` は 2 つのスレッドから構成される。1 つ目のスレッドは、FPGA ボードからデジタル信号を受信するスレッドである。AD 変換器から受け取った信号を常にリングバッファに蓄積しており、用途に応じて信号処理を行う。例えば Johnson Noise Thermometry では、高速フーリエ変換を行った後に 2 つのチャネルからの相関を計算する処理を行う。2 つ目のスレッドは、ウェブブラウザからアクセスを処理するスレッドである。ウェブブラウザから信号データのリクエストがあった場合には、リングバッファを直接参照してリプライを返す。

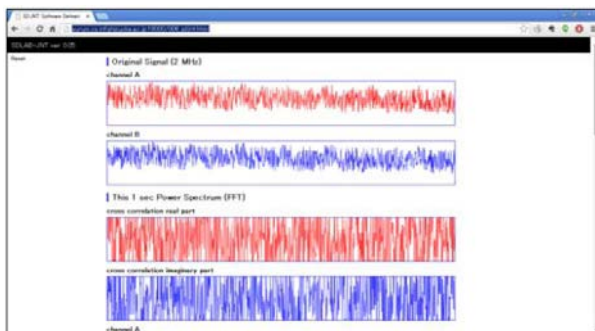


図 1 HTML5 で実現した可視化インタフェース

(3-2) 波及効果と発展性など

本プロジェクトによって学外研究者との交流が活性化し、科研費の萌芽研究への応募につながった。

学術的な観点では、本研究の成果は実空間（アナログ）と仮想空間（デジタル）を融合するための基盤技術として世界に対してイニシアチブを取ることができると考えている。無線通信の分野では、ソフトウェア無線という形で本研究と方向性が近い取り組みがなされている。例えば、Microsoft Research Asia では、Sora と呼ばれるソフトウェア無線のプラットフォームを開発して PC 上で無線通信の処理を全て実行することを目指している。同様の流れでは、クラウド上で全ての無線通信処理を行う Wireless Network Cloud の構想も存在する。本研究では、ソフトウェア無線だけでなく、核磁気共鳴や量子コンピュータといった量子物理デバイスへの応用という要求が無線通信よりもさらに厳しい領域をも視野に入れている点がイニシアチブを取れる要因の 1 つとなりうると考えている。

産業的な観点では、特に計測機器産業に与える影響が大きいと考えている。計測機器は今のところ日本の成長産業である。現在の計測機器の問題点として、それぞれの計測機器が特定の用途に特化して製造されていることに起因して、計測機器自体が高価なことや、用途に応じてカスタマイズするのに大きなコストが発生することが挙げられる。また、国内における計測技術では、個別の部品や機器の能力が高いものの、システムとして計測機器を組み上げるための力が弱いという問題がある。本研究の成果により、これまで計測機器のセンサやデータ処理ソフトウェアなどの一部の機能のみしか開発できなかった中小企業でも、大規模な計測システムを開発できるようになる。これにより、これまで高度な処理を利用してこなかったような分野での計測機器の利用という新市場が開拓されると予想される。現在でも計測機器はありとあらゆる分野で使用されているため、高信頼医療システム、高度道路交通システム、プロセス制御、省エネ、環境制御、航空電子工学、電力・水資源・通信システムの制御、分散ロボットシステム、スマートストラクチャなど、本研究の成果が貢献可能な分野は潜在的に多いと考えている。

[4] 成果資料

- (1) 袁 超, 浦野 千春, 金子 晋久, 猿渡 俊介, 渡辺 尚, “ソフトウェア定義計測機器の実現に向けた HTML5 による信号表示性能の検証,” 電子情報通信学会技術研究報告, 知的環境とセンサネットワーク研究会, May 2014.

出張報告（特別教育研究経費を使用した場合について、全員分記載して下さい。）

氏名：三好 健文

所属：イーツリーズジャパン

期間：2014/08/06～2014/08/07

用務先：静岡大学

用務内容：第1回物理×情報通信研究会に参加する

主たる対応者：猿渡 俊介

氏名：小川 一朗

所属：おじさん工房

期間：2014/08/06～2014/08/07

用務先：静岡大学

用務内容：第1回物理×情報通信研究会に参加する

主たる対応者：猿渡 俊介