

機関番号：11301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2010

課題番号：21700050

研究課題名（和文）

センシングデータ転送用シリアル通信の高速化・低消費電力化

研究課題名（英文）

High-Speed and Low-Power Serial Communication
for Sensing Data Transmission

研究代表者

室山 真徳 (MUROYAMA MASANORI)

東北大学・原子分子材料科学高等研究機構・助教

研究者番号：80404060

研究成果の概要（和文）：

シリアル通信によるセンサネットワークシステムのためのデータの時間的・空間的圧縮を可能とする割り込み通信方式を開発した。各センサ素子のバスの監視によるデータ衝突回避、データの送信間隔・サンプリング時間・サンプリング間隔・送信の閾値などの調整により、システム全体のデータ伝送のスループットを最大化することを可能とした。TSMC0.18umCMOS プロセスを用いた LSI を試作し、2.4mm 角の小面積化を達成し、10MHz クロック動作・1024 サイクルサンプリング時において 0.11ms の高速応答、2.23mW の低消費電力化を同時に達成できることを確認した。

研究成果の概要（英文）：

For sensor network systems using serial communication, we developed an interruption network system which enables temporal-spatial data compression. In the system, each sensor element monitors a bus line for avoiding data collision. In addition to that, to control data transmission period, sampling time, sampling period and data transmission threshold value can increase data transmission throughput of the whole network system. We fabricated a sensor LSI using TSMC0.18um CMOS process, whose characteristics are 2.4mm² area, 0.11ms high-speed response and 2.23mW low-power consumption at 10MHz clock operation and 1024 clock cycle sampling.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・計算機システム・ネットワーク

キーワード：センサネットワーク、シリアル通信、高速化、低消費電力化

1. 研究開始当初の背景

安全、安心、快適な社会の実現のために近

い将来、温度、湿度、距離、力および加速度などを検知する複数のセンサとデータ送受

信回路付 LSI などから構成されたセンサネットワークシステムが車、ロボット、家庭や公共の場など様々な場所にはりめぐらされることが予想される。これらのシステムでは常に多数のセンサからの大量なデータをホストに送信する。センサネットワークシステムではデータ転送の効率がシステム全体の性能を決める。

デバイス自体のモニタリングのためにも大量のデータが送信されると思われる。LSI の微細化に起因した電力密度の増加による温度の上昇、漏れ電流の増加、故障確率の増加、経年劣化による性能低下や故障といった問題の放置は安全、安心、快適な社会の実現を妨げるものである。そのため、近年、これらの問題に対処するためチップ上で電圧、温度、電流などを計測するモニタリング技術が活発に研究されているためである。こちらも常に複数のセンサからの大量なデータが送信される。

このように周囲の環境およびデバイス自体のセンシングのためにセンシング対象が増加する。送信すべきデータは膨大なものとなり、当然ながらデータ転送の高速化が求められる。また、データ量の増大は消費電力の増大も招く。バッテリー無交換や環境発電につながる低消費電力化も高速化と同様に今後のセンサネットワークシステムの鍵である。

2. 研究の目的

本研究では、データ転送の高速化と低消費電力化を同時に達成することを目的とする。

クロックのずれに強いシリアル転送は高速化にも向かううえ、データ転送用の配線数削減は実装面において非常に有益であるため、シリアル転送を対象とする。センシングされたデータはデジタル化を行い、有線で転送するものとする。シリアル転送の高速化と低消

費電力化を同時に実現するには、基本的に

(1) 転送する回数を減らすことと (2) 転送ごとのデータ量 (ビット数) を減らすことが特に有効である。申請者がこれまでに行った研究においてプロセッサの伝送路であるバス上を流れるデータ中にはいくつかの特徴があることが分かっている。例えば、小さい数ばかり出現し全ビット中 80%程度のビットが無駄、アドレスの場合はほとんどの場合同じ値ずつしか増加しない、などである。センシングデータにも同様の傾向があると予想される。少なくとも次のような特徴があると想定している。まず、センサの測定可能な範囲に比べ実際に動作させた場合の測定物の変化が小さい場合には、デジタル化して転送すべきビット数は少なくてもよい。つぎに、性能の劣化や温度変化などの緩やかな変化をセンシングする場合には、センシングデータは段階的に変化していくので、単位時間あたりのセンサ出力の変化はほとんどない。これらはデータの時間的/空間的な特徴を表現したものと言える。こうした特徴を利用して、センシングデータを最低限必要なビット数のみで表現し、変化しない場合には転送せず変化した場合には変化分のみ符号化して転送することで高速化と低消費電力化を実現する。

3. 研究の方法

本研究の計画は大きく分けて、次の3つの段階に分類できる。

(1) センシングデータの収集と解析

(2) センシングデータの特徴を基にした圧縮手法の開発

(3) 実装による検証と IP 開発

上記の研究に対し短時間で効率的に良い成果が出るように、既存の装置等の利用、共同

研究で利用予定のシステムの活用、人的ネットワークの有効利用、申請者の設計経験等の活用および学生からの協力などを研究計画に組み込んだ。

研究代表者は「人体模擬型触覚センサネットワークの構築」というテーマで企業との共同研究に参加しており、力センサの開発およびネットワーク構築を現在進めている。そのため、このシステムを利用した力センサ等からの実データの収集を行った。

以前研究代表者が所属していた九州大学システム LSI 研究センターでは、石田浩二准教授や井上創造准教授らが RFID やセンサネットワークシステムの研究や実証実験を行っている。彼らは比較的規模が大きい家庭、災害現場および街中での応用を研究している。センサネットワークシステムを生活利用に応用することを目的とした場合のセンサの仕様やセンシングデータの特徴および分類方法について議論した。

現在、研究代表者が所属する東北大学の江刺正喜教授の研究室では世界で最先端の MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 研究を行っており、次世代の小型機器への搭載のための超小型センサデバイス開発を行っている。5 年や 10 年以上先にロボット、自動車および工場などへ応用されるセンサデバイスへの本研究の利用を考えるために、積極的に議論した。

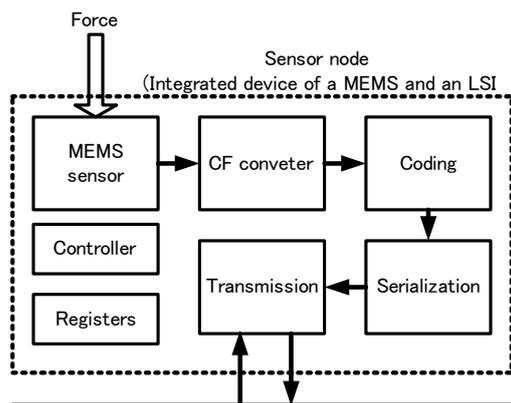
これらの結果から今後のセンサネットワークに必要なシステムの要件についての知見を得ることができた。たとえば、センシングデータの値の変化範囲が小さい場合、「値の変化が周期的」「値の変化が一定期間ない」などに適した複数の圧縮方法 (モード) を事前に用意しておき、選択できるようなシステムを組み込むことがよいことが分かった。

そのほか、研究代表者が現在所属する研究室では ADVANTEST 社製の高性能テスタを平成 20 年に導入し、利用できるような環境を整備している。このテスタにはパッケージングしていないチップ上で直接信号を与えたり読み取ったりできるプローブシステムも付属しており、チップ単体での測定も行える。疑似的に作成したセンサの出力データを直接 LSI に与えて LSI チップの動作確認と提案手法の効果の確認を行うことができる。これにより、容易に提案手法を適用した LSI システムの評価を行うことができた。

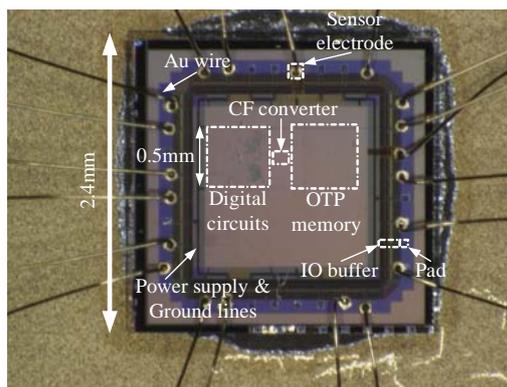
4. 研究成果

シリアル通信によるセンサネットワークシステムのためのデータの時間的・空間的圧縮を可能とする割込み通信方式を開発した。各センサ素子のバスの監視によるデータ衝突回避、データの送信間隔・サンプリング時間・サンプリング間隔・送信の閾値などの調整により、システム全体のデータ伝送のスループットを最大化することを可能とするシステムを提案した。その後、実システムへの適用を検討した。具体的なアプリケーションとして、今後の少子高齢化社会に必要な介護ロボットのための触覚センサネットワークシステムを仮定した。介護ロボットでは、人間に対して高度なサービスを提供し、安全性を確保するために、ロボットの体表面全体に高密度な触覚センサ素子を配置する必要がある。このシステムは高速応答の実現および低消費電力化が重要となる。この触覚センサ素子は、MEMS の力センサとその信号処理および伝送処理を実現する LSI を集積化したデバイスである。ここで、配線を削減するために、各触覚センサ素子はシリアルバスにて接続する。このセンサネットワークは割込み通信方式を採用しており、各触覚センサ素子が同時発火しバス上に大量のデータを同時に伝送する可

能性がある。ホスト側でのデータ量の負担およびバス上の複数データの衝突を避け、高速かつ低消費電力でデータを伝送できるようにするために、各触覚センサ素子は自動的にバス上の状態を把握し、データの伝送間隔などを調整する。そのほか指示によりサンプリング間隔などを調整することが可能である。触覚センサ用LSIのシステム構成図を以下に示す。



提案する手法を用いた触覚センサ LSI を TSMC の CMOS0.18um プロセスにて試作し、そのチップを実測した。図に試作した LSI チップの顕微鏡写真を示す。2.4mm 角の小面積化を達成し、10MHz クロック動作・1024 サイクルサンプリング時において 0.11ms の高速応答、2.23mW の低消費電力化を同時に達成できることを確認した。既存の触覚センサではこれらは同時には達成できない。また、ほかのセンサ素子がデータ送信中であれば各々が上手く送信できるように再送間隔を調整できる。連続送信時も衝突を避けるために送信間隔を調整できる。実応用として役に立つ高速・低消費電力なセンサネットワークシステムを実現できることが示された。



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1件)

1. 室山真徳、卷幡光俊、中野芳宏、松崎栄、山田整、山口宇唯、中山貴裕、野々村裕、藤吉基弘、田中秀治、江刺正喜、ロボット全身分布型触覚センサシステム用LSIの開発、電気学会論文誌(E部門)、査読有、2011、131巻、(掲載決定)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.mems.mech.tohoku.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

室山 真徳 (MUROYAMA MASANORI)

東北大学・原子分子材料科学高等研究機構・助教

研究者番号：80404060