

ユビキタスネットワーク技術の研究開発
(超小型チップネットワーク技術)
Research and Development of Ubiquitous Network
(A Study on Ultra Small Chip Networking Technology)

研究代表者 越塚 登 株式会社 横須賀テレコムリサーチパーク

研究期間 平成 15 年度～平成 19 年度

【Abstract】

Ultra small chip networking technology project is one of the national R&D projects to realize « ubiquitous network society ». The aim of this project is to develop networking technology including ultra-small scaled network nodes called active tag, and scalable network technology which manages more than 10 billion ultra small chips. In this project, Ubiquitous Networking Lab. (UNL) developed small scaled network node called « Dice ». The size of dice is 10 square mm and the battery life is more than several years. Anti-collision protocol for small scaled network node has been developed in this project. Then, many small nodes can communicate each other at the same time. The 2D and 3D positioning system using dice has been developed by UNL. The accuracy is about 22 cm in average.

The ID management technology is also developed in this project to manage a lot of small nodes. The technology provides information directory service based on unique identifier called « ucode ». ucode is unique identifier, and the bit width is 128 bits so that the ID space is enough to allocate more than 10 billion network nodes.

There were many experiments in this project. Food traceability experiment, location information system, logistics, item management system were experimented. The effectiveness of our research has been examined through the experiments. Several systems which use our technology have been adopted as commercial systems. This shows that our technology is practical and useful.

1 研究体制

○ **研究責任者** 越塚 登 (株式会社 横須賀テレコムリサーチパーク)

○ **研究期間** 平成 15 年度～平成 19 年度

○ **研究予算** 総額 3,013 百万円

(内訳)

平成 15 年度	平成 16 年度	平成 17 年度	平成 18 年度	平成 19 年度
599 百万円	799 百万円	645 百万円	510 百万円	461 百万円

2 研究課題の目的および意義

ネットワークがすみずみまで行き渡った社会（ユビキタスネットワーク社会）を実現するため、ユビキタスネットワークの実現に必要な技術の研究開発を総合的かつ集中的に実施して、ユビキタスネットワークを支える要素技術を確立し、ユビキタスネットワーク社会の早期実現に資する。これにより、e-Japan 重点計画に掲げる高度情報通信ネットワーク社会の基盤を確立するとともに、本分野における国際的な技術開発競争において、我が国のイニシアチブを確保する。

すべての機器が端末化する遍在的なネットワークを構築し、ネットワークがすみずみまで行き渡った社会（ユビキタスネットワーク社会）を実現するため、本研究開発においては、100 億個の端末を協調・制御するネットワークの実現に向けた、超小型チップネットワーク技術について研究開発を行う。

3 研究成果

3. 1 超小型チップシステム技術

超小型チップのサイズはアンテナも含め 10mm×10mm 以下のもので、その通信（距離 5～10m 程度、速度 10Mbps 程度）のための消費電力が既存無線 LAN 等の約 1/100 の 30mW 程度となることを目指す。また、1 通信セルあたり数百個のノードとの間で多重化通信が可能であり、さらに、超小型チップの位置を数 10cm 以内の誤差により測定可能なシステムを目指す。

超小型チップシステムを実現するために、新たにUWB (Ultra Wide Band) 方式によるLSIを開発し、そのLSIを搭載した超小型チップノードは、アンテナも含め 10mm×10mmにて実現することができた（図 1（左））。開発したUWB LSIを搭載した超小型チップの消費電力は、平均 18 μ Wと目標としていた値を大幅に下回る超低消費電力を実現した。伝送速度レートは 10Mbpsと 256kbps の 2 種類を切り替えられる構成とし、通信距離はそれぞれ 10m、30mとなった。さらに、1 通信セルあたりの多重化通信に関しては 1000 個のノードとの通信を行った場合においても安定的に通信可能なプロトコルを開発し、シミュレーションによって動作を確認した。また、UWB送受信機を搭載した世界初の携帯型UWB基地局を開発した（図 1（右））。



図 1 開発した超小型チップ（左）と UWB 移動体基地局（右）

また、開発した超小型チップを用いた測位システムの開発も行い、平均誤差 23cmの精度での測位が可能なシステムの開発を行った。UWB通信時におけるパルス信号の到着時間の差分を計算することで距離を測定し、位置を特定する方式によって実現している。2次元だけの測位ではなく、3次元での測位が行

えることも実験によって確認した。測位精度の誤差がでる原因のひとつにマルチパスがあるが、マルチパスの影響を抑えるため、最初に受信した波を検知するための処理機構をハードウェア上に実装することにより、反射波などによるセカンドパスではなく、ファーストパスを検知できるようになり、精度の向上を実現できた。

研究開発を行った後で実際の市場にいち早く投入できるようにするために、初年度からさまざまな実験フィールドにおいて使用できるようにするためのテストベッドを開発している。これは、最終目標のスペックには及ばないが、実際のフィールドにて実験を行い、問題点を抽出するための機器として開発している。2003年に20mm角、2004年に15mm角の微弱無線によるアクティブタグを開発し、SCM (Supply Chain Management)、屋外による情報提供装置などのアプリケーションにおいて超小型チップの有効性ならびに、実運用における課題などを検証している。その後、フィードバックをかけることでUWB LSIを

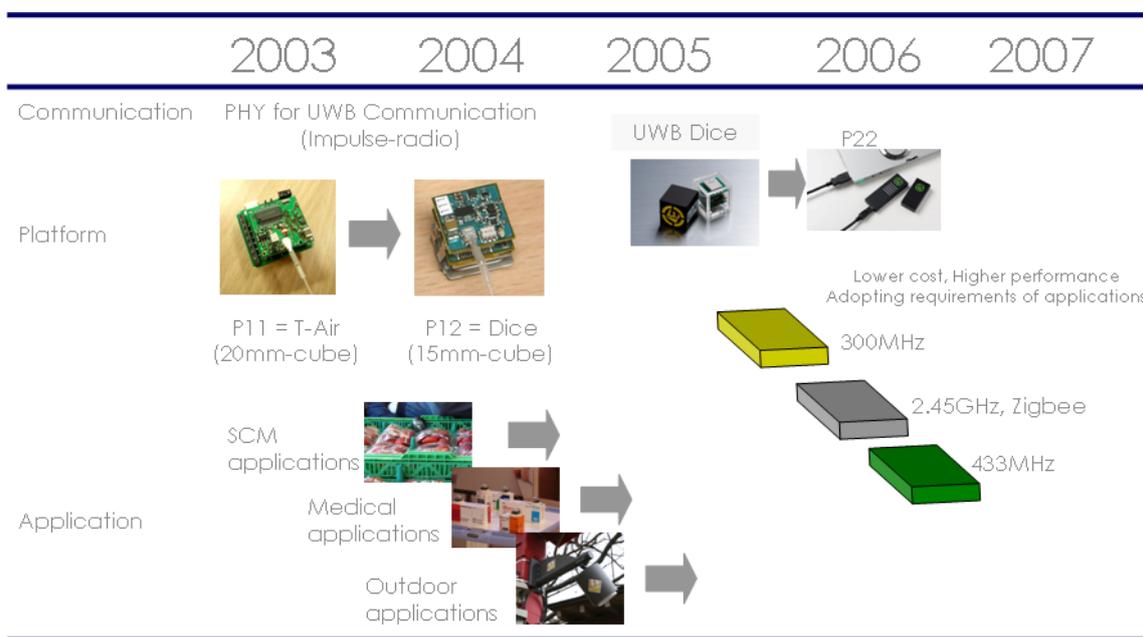


図2 研究開発ロードマップ

搭載した超小型チップの開発を実施している。この手法によって、実際のアプリケーションを考慮した開発を行うことができた。テストベッドに関しては、開発した超小型アクティブタグをそのまま市場に投入できるようにソフトウェアの整備を進めることや、ソフトウェアの構成を共通化できる部分に関しては共通化したプラットフォームを開発することにより、アプリケーションの開発を共通の仕組みで構築する上で有効であった。

開発したUWB超小型チップは、世界でも類を見ない先端的な研究であり、実現した10mm角の大きさは世界最小のUWB無線通信モジュールである。また、すでに開発した技術の一部は実用案件のいくつかで採用されているものがある。通常、最先端の研究プロジェクトにおいては、実現した技術を世の中に対して展開するためには研究プロジェクトが終了した後に、多くの問題を解決して製品を世に出すことになるが、本プロジェクトにおいては終了時点を見越して先に実用案件を想定した実験を繰り返し実施することにより、実用化のスピードを加速している。先端性と実用性の両方を効果的に両立させているといえる。

3. 2 超小型チップ大量ノード管理技術

超小型チップネットワークを制御・管理するサーバーにおいては、100 億個以上の超小型チップノードに関する識別子、機器構成、稼動状態、存在する実世界上の位置など、膨大な情報を統一かつ効率的に、かつ、極力自動的に管理でき、超小型チップノードが制御・管理サーバーから必要な管理情報を1秒未満で取得できることを目標とする。

100 億個以上の超小型チップノードに対して固有の識別子を割り当て、その識別子を用いて情報管理を行う方式を開発した。識別子は図3に示す構造としており、128ビットのID空間を5種類の領域に分割して管理する方式を考案した。バージョン (version) とは識別子体系が変更された場合や、改善された場合に、他のコードとの競合を避けるために付与される値で、現行では0を使用している。識別子は3階層に分けて付与される。第1層はトップレベルドメインコード (Top Level Domain Code: TLDc) である。TLDc は、国や地域に代表される組織であるトップレベルドメイン (Top Level Domain) を識別するコードで、16ビット分の幅を持つ。第2層はドメインコード (Domain Code: dc) である。dc はトップレベルドメインが割り振るセカンドレベルドメイン (Second Level Domain) を識別するコードであり、第3層が個々の超小型チップノードに割り振る識別コード (Identification Code: ic) である。

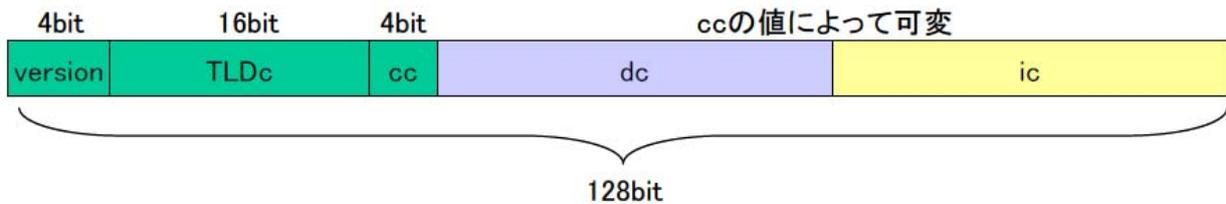


図3 識別子の構造

上記の識別子を用いて管理を行う場合に、識別子解決情報を3層に分けて管理する。最上位にルートサーバを配置し、次層に本実験用のTLDドメイン (TLDc=0xEFFF) を管理するサーバ (以下これを「実験TLDサーバ」と呼ぶ) を配置する。最下層には、最終的な解決情報を保持するドメインサーバ群を配置する。具体的な管理構成を図4に示す。ドメインサーバ1台が 2^{24} (=16,777,216) 個のエントリを管理することにする。このとき、識別子情報を600台のドメインサーバに分散させることで $2^{24} \times 600$ (=10,066,329,600) 個のノードを管理できる。

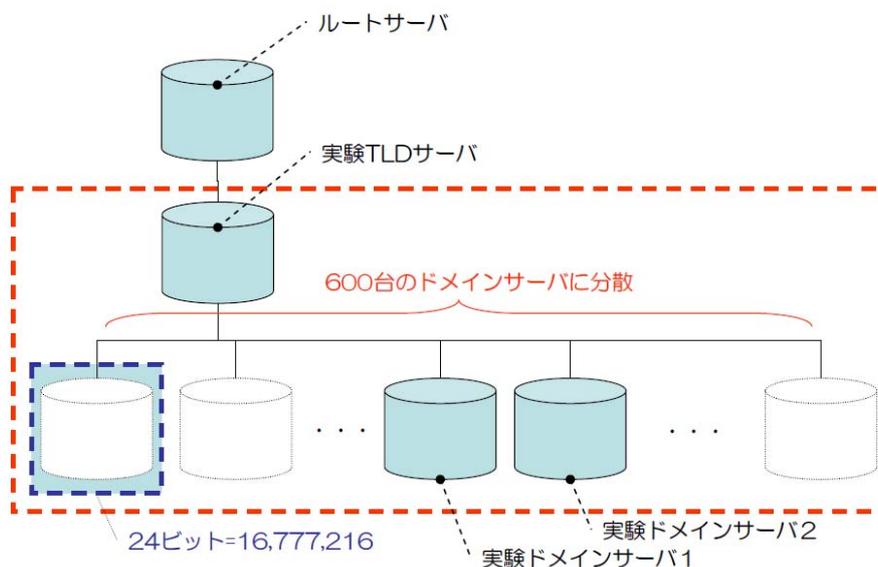


図4 識別子解決情報の管理構成

上記のような構成を想定し、100億ノード分の識別子データを600台のサーバ上に分散して登録する構成を仮定して実験を実施したところ、データを取得するために必要となる時間は380ms程度であり、目標としていた1秒は十分に達成できた。また、今回の構成では、 2^{24} 個のエントリを管理するのに必要なディスク容量は約24GBであった。これは昨今のマシンスペックからみればさほど大容量ではない。従って末端のドメインサーバ1台が 2^{24} 個のエントリを管理することは現実的であるといえる。

さらに、プロアクティブキャッシュシステムを開発した。これは、100億ノード分のエントリーに対してアクセスを行う場合に、携帯情報端末のように常時接続を行えないような端末でも効率よく検索を行えるような仕組みを構築することを目的としている。具体的には、クライアント端末から直接識別子解決サーバへアクセスするのではなく、途中の経路にキャッシュを行うことで、所要時間を平均124msまで少なくすることができることが確認された。

また、識別子ならびに識別子解決情報の管理を、GUIを用いて簡便に管理するためのwebフロントエンドシステムを構築した。このシステムでは、「管理者」と「利用者」というロールがあり、利用者は管理者から識別子空間の一部を管理する権限を委譲される方式で識別子管理を実現した。このシステムを用いて識別子の配分、発番、および解決情報の登録・変更作業を、webインタフェースを利用して簡便に行うことができるようになった。Webインタフェースを提供し、可能な限り容易なオペレーションで行えるように設計し、管理の負担を軽減することに成功した。

3.3 その他の研究実績

・超小型チップ向けセキュリティ方式の確立

超小型チップがあらゆる機器やモノに組み込まれ、100億個レベルの超小型チップが相互通信を行う超小型チップネットワークにおいて、不正な超小型チップの接続によるなりすましや情報漏洩/改竄は大きな問題となる。従って、膨大な数の超小型チップの正当性を保証できる認証方式の研究開発を行い、セキュアな超小型チップネットワークを実現する必要がある。本研究開発では、認証仲介者を介して超小型チップがもつ識別子の正当性を認証することにより、超小型チップの正当性を認証する方式を開発した。

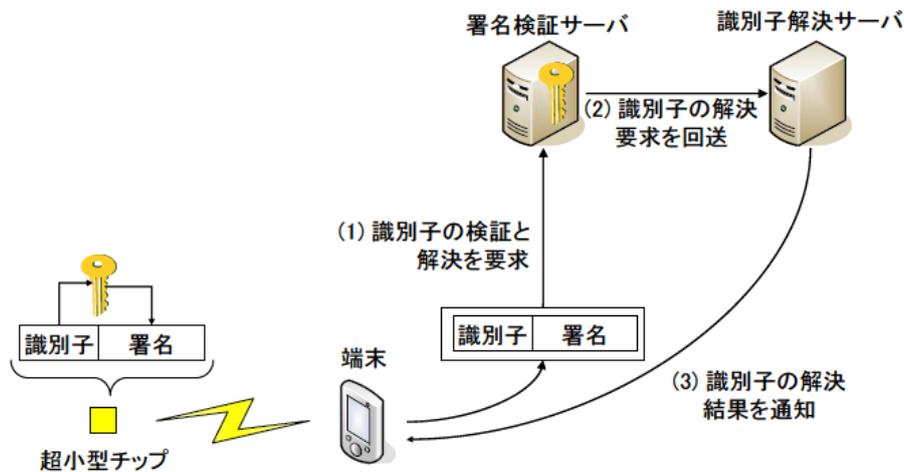


図5 署名検証を含む識別子解決の流れ

図5に示すように、超小型チップに識別子と共にその識別子が正当なものであることを示す署名を格納しておく。そして、基地局との通信を行うときにその署名を識別子と共に送信し、識別子が正しい

ことを署名検証サーバにて保証することで正しさを保障する。

・実証実験への応用

本プロジェクトで開発した技術はさまざまなフィールドにおいて実証実験を行い、有効性の検証を行ってきた。超小型チップシステムの実証実験として「大田市場青果物流実験」(図 6)、「自律移動支援プロジェクト神戸プレ実験」(図 7)、大量ノード管理技術の実証実験として「食品トレーサビリティ実験」(図 8) 等を行ってきた。



図 6 大田市場青果物流実験



図 7 神戸プレ実験



農薬情報入力の様子

入出荷の様子

野菜タグ作成の様子

図 8 食品トレーサビリティ実験

また、実用事例として、薬品会社の物流センターにおいて、超小型チップシステムを応用した「光るタグ」システムを本格稼働させることに成功した。これは、薬品のピッキングと呼ばれる業務の効率化改善を行うためのシステムである。病院ごとにバラで薬品を配送する場合に、必要な個数を取り出し仕分けする作業のことをピッキングと読んでおり、そのピッキングにおいて仕分けした薬品をどのかごに入れるべきであるかを明示的に示すシステムとして本システムが開発された。図9に示すかごに取り付けられたタグが、対象となる薬品を入れるときに光ることで作業ミスを減らすことができる。実際に導入し、初心者であってもミスがないオペレーションが可能となった。



図9 光るタグ

さらには、東京ミッドタウンにおいてユビキタスアートツアーと呼ばれる、自動案内システムが採用されたが、その中で場所情報を提供するためのアクティブタグとして、本研究で研究開発を行っていた成果が応用されている。



図10 ユビキタスアートツアーで利用されている場所タグ

上記の図10のように天井や街頭に設置した超小型ノードから送信される電波を端末で受信し、受信したデータに応じてユーザーに情報を提供するシステムである。

それぞれの実験において、アクティブ型の超小型チップの有用性は実証されたと考えている。パッシブ型のRFIDタグでは光るタグや場所タグといったアプリケーションには対応できず、また、青果物のトレーサビリティなどを行ううえでも、履歴を自動的に記録するといった機能をパッシブ型のRFIDタグで実現するのは難しい。アクティブ型の超小型チップの場合は実現できており、有用性を実証しているといえる。

- IEEE802 への提案

UWBによる無線通信技術を実現する上で、IEEEへの標準提案を実施し、一部仕様に反映される結果となっている。

4 研究成果の更なる展開に向けて

これまでに開発してきたシステムの今後の展開としては次のような内容が挙げられる。

(1) UWB超小型チップシステムの製品化

UWB超小型チップシステムは実証実験やデモンストレーションなどを通じて本研究開発の成果の製品化に対する期待が非常に高まっており、実現されれば位置認識システムの事実上の標準にまで広がりを見せることが期待される。今後、製品化を行い、広く展開していくことを予定している。

(2) 特定小電力無線を用いた超小型チップシステムの大規模展開

テストベッドとして実現してきた特定小電力無線を用いた超小型チップシステムに関しては、先の実用化の例に挙げたようなシステムへの導入など今後も大規模に展開を行っていく予定である。自律移動支援プロジェクトや東京ミッドタウンのような場所情報システムへの応用は今後も実証実験ならびに本格導入と多くの事例を増やしていく予定である。

(3) 大量ノード管理システムの実用サービス

大量ノード管理システムは今後ユビキタスIDセンター内でのサービスとして活用していく計画である。ucode解決サーバと呼ばれる、ディレクトリサービスを運営していくにあたり、本研究開発で開発したシステムをベースに実現する。これはインフラストラクチャーとしてのサービスであるため、本格運用が始まれば多くの人の利用が期待されるため、波及効果も大きいと予想している。

5 査読付き誌上発表リスト

- [1] Takayasu Norimatsu, Ryosuke Fujiwara, Masaru Kokubo, Masayuki Miyazaki, Akira Maeki, Yuji Ogata, Shinsuke Kobayashi, Noboru Koshizuka, Ken Sakamura, "A UWB-IR Transmitter With Digitally Controlled Pulse Generator," IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol. 42, No. 6, pp. 1300--309, Jun, 2007.
- [2] R. Fujiwara, A. Maeki, K. Mizugaki, G. Ono, T. Nakagawa, T. Norimatsu, M. Kokubo, M. Miyazaki, Y. Okuma, M. Hayakawa, S. Kobayashi, N. Koshizuka, K. Sakamura, "0.7-GHz-bandwidth DS-UWB-IR System for Low-power Wireless Communications," IEICE Transactions on Communications, Vol.E91-B,No.2,pp.518-526, Feb. 2008.

6 その他の誌上発表リスト

- [1] 越塚登：「ユビキタス ID センター」，情報処理，2004 年 6 月.
- [2] 越塚登, 坂村健：「ユビキタス ID 技術とその応用」，電子情報通信学会誌, Vol. 87, No. 5, 2004 年 5 月, pp. 374~378.
- [3] 李環幫、前木陽「センサーネットワーク向け無線規格 IEEE802.15.4a」、電子情報通信学会学会誌、vol.89, no.5, pp.384-389, 2006 年 5 月
- [4] 宮崎祐行、「センサーネットワーク向け UWB 用の低電力半導体技術」、TRON WARE、106、p.46、2007 年 08 月.
- [5] 前木 陽, "センサーネットワーク向け UWB アクティブタグ", TRONWARE, VOL.106, pp. 42-46, 2007 年 8 月
- [6] 緒方祐次, "卸売市場物流作業コスト 25%削減を目指して", TRONWARE, Vol.110, pp.19-21, 2008 年 4 月

7 口頭発表リスト

- [1] 下川功, 宮崎祐行, 志田雅昭, 大熊康介, 早川幹, 越塚登, 坂村健：「センサーネットワーク向け無線通信システムにおけるマルチプルアクセス方式の検討」，電子情報通信学会 2003 年総合大会, 2003 年 3 月.
- [2] 宮崎真悟, 石川千秋, 鶴坂智則, 小俣三郎, 越塚登, 坂村健：「組み込み機器に秘密共有機能を提供する SIM カード型セキュアチップの開発」，第 66 回情報処理学会全国大会, 2003 年 3 月
- [3] 山田, 越塚, 下條, 竹内, 徳田：「パネルディスカッション」，ユビキタスネットワークワーキングシンポジウム 2004, 2004 年 11 月 3 0 日.
- [4] 小林真輔：「超小型チップネットワークワーキング技術の研究開発」，ユビキタスネットワークワーキングシンポジウム 2004, 2004 年 11 月 29 日.
- [5] 山下, 下川, 大熊, 早川, 小林, 越塚, 坂村：「P11 型アクティブチップのアーキテクチャ」，電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2004 年 9 月 21 日.
- [6] 下川, 山下, 大熊, 早川, 小林, 越塚, 坂村：「P11 型アクティブチップの無線輻射制御方式」，電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2004 年 9 月 21 日.
- [7] 藤原, 志田, 水垣, 前木, 小久保, 大熊, 早川, 小林, 越塚, 坂村：「P2 型アクティブチップに向けた低電力 UWB 無線方式の検討」，電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2004 年 9 月 21 日.

- [8] 小林真輔: 「ユビキタス社会における超小型チップネットワーク技術の研究開発」, 第 15 回インターネット 技術第 163 委員会研究会, 2004 年 5 月.
- [9] 前木 陽, 藤原亮介, 小野豪一, 水垣健一, 乗松崇泰, 中川樹生, 小久保優, 小林真輔, 越塚登, 坂村健, 「3nW/bps 超低消費電力 UWB 無線システム(1): 3nW/bps が変える近距離無線の世界」, 2005 年 電子情報通信学会 基礎・境界ソサイエティ大会, A-5-10, p 134, 2005.
- [10] 藤原亮介, 前木 陽, 小野豪一, 水垣健一, 乗松崇泰, 中川樹生, 小久保優, 小林真輔, 越塚登, 坂村健, 「3nW/bps 超低消費電力 UWB 無線システム(2): 低電力受信方式検討」, 2005 年 電子情報通信学会 基礎・境界ソサイエティ大会, A-5-10, p 135, 2005.
- [11] 小野豪一, 中川樹生, 前木 陽, 藤原亮介, 乗松崇泰, 水垣健一, 小久保優, 小林真輔, 越塚登, 坂村健, 「3nW/bps 超低消費電力 UWB 無線システム(3): アナログ RF 開発」, 2005 年 電子情報通信学会 基礎・境界ソサイエティ大会, A-5-10, p 136, 2005.
- [12] 中川樹生, 小野豪一, 藤原亮介, 前木 陽, 水垣健一, 乗松崇泰, 小久保優, 小林真輔, 越塚登, 坂村健, 「3nW/bps 超低消費電力 UWB 無線システム(4): 受信用ベースバンド開発」, 2005 年 電子情報通信学会 基礎・境界ソサイエティ大会, A-5-10, p 137, 2005.
- [13] 乗松崇泰, 藤原亮介, 前木 陽, 小野豪一, 水垣健一, 中川樹生, 小久保優, 小林真輔, 越塚登, 坂村健, 「3nW/bps 超低消費電力 UWB 無線システム(5): 送信用パルス発生器の開発」, 2005 年 電子情報通信学会 基礎・境界ソサイエティ大会, A-5-10, p 138, 2005.
- [14] 水垣健一, 藤原亮介, 中川樹生, 小野豪一, 前木 陽, 乗松崇泰, 小久保優, 小林真輔, 越塚登, 坂村健, 「3nW/bps 超低消費電力 UWB 無線システム(6): 30cm 高精度測位システムの検討」, 2005 年 電子情報通信学会 基礎・境界ソサイエティ大会, A-5-10, p 139, 2005.
- [15] 小林真輔, 「超小型チップネットワーク技術の研究開発」, ユビキタスネットワークシンポジウム 2005 予稿集, pp.1 - 16, 2005 年 11 月.
- [16] 乗松崇泰, 藤原亮介, 小久保優, 宮崎祐行, 大熊康介, 早川幹, 小林真輔, 越塚登, 坂村健, 「デジタル制御 インパルス発生器を用いた UWB-IR 用送信機」, 電子情報 通信学会, IDC 研究会, 2005 年 12 月.
- [17] Shinsuke Kobayashi, "pT-Engine Project: The Design Challenge of Ultrasmall and Ultralow Power Node for Sensor Network," ITRC Forum 2006 International Symposium on Radio Communications, pp. 19 - 39, June 22, Korea, 2006. (Invited talk)
- [18] 中川樹生, 小野豪一, 乗松崇泰, 藤原亮介, 水垣健一, 寺田崇秀, 宮崎祐行, 鈴木敬, 矢野和男, 前木陽, 緒方祐次, 小林真輔, 越塚登, 坂村健, 「1cc 超小型ノードを用いた 22cm 高精度測位システムの開発 (1): 超低電力 UWB センサノードの開発」, 2006 年電子 情報通信学会ソサイエティ大会, AS-4-4, 2006 年 9 月
- [19] 水垣健一, 藤原亮介, 小野豪一, 中川樹生, 乗松崇泰, 寺田崇秀, 宮崎祐行, 鈴木敬, 矢野和男, 前木陽, 緒方祐次, 小林真輔, 越塚登, 坂村健, 「1cc 超小型ノードを用いた 22cm 高精度測位システムの開発 (2): UWB 測位システムの実証実験」, 2006 年電子情報 通信学会ソサイエティ大会, AS-4-5, 2006 年 9 月
- [20] 小野豪一, 乗松崇泰, 藤原亮介, 中川樹生, 寺田崇秀, 水垣健一, 宮崎祐行, 前木陽, 緒方祐次, 小林真輔, 越塚登, 坂村健, 「超低電力 UWB 無線 LSI の 検討(1): 送信 LSI の開発」, 2006 年電子情報通信学会 ソサイエティ大会, A-5-9, 2006 年 9 月

- [21] 乗松崇泰, 小野豪一, 藤原亮介, 中川樹生, 寺田崇秀, 水垣健一, 宮崎祐行, 前木陽, 緒方祐次, 小林真輔, 越塚登, 坂村健, 「超低電力 UWB 無線 LSI の検討(2): デジタル制御 UWB 送信機 RF 部の開発」, 2006 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, A-5-10, 2006 年 9 月
- [22] 藤原亮介, 小野豪一, 水垣健一, 乗松崇泰, 中川樹生, 寺田崇秀, 宮崎祐行, 前木陽, 緒方祐次, 小林真輔, 越塚登, 坂村健, 「超低電力 UWB 無線 LSI の検討(3): 同期捕捉方式の検討」, 2006 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, A-5-11, 2006 年 9 月
- [23] 寺田崇秀, 藤原亮介, 乗松崇泰, 小野豪一, 中川樹生, 水垣健一, 宮崎祐行, 前木陽, 緒方祐次, 小林真輔, 越塚登, 坂村健, 「超低電力 UWB 無線 LSI の検討(4): CMOS 受信フロントエンドの設計」, 2006 年 電子情報通信学会ソサイエティ大会, A-5-12, 2006 年 9 月
- [24] 前木陽, 小林真輔, 越塚登, 坂村健, 水垣健一, 藤原亮介, 小野豪一, 宮崎祐行, 鈴木敬, 矢野和男, 「UWB を用いた高精度測位応用に向けて」, 2006 年 電子情報通信学会ソサイエティ大会, A-5-13, 2006 年 9 月
- [25] 中川樹生, 小野豪一, 乗松崇泰, 藤原亮介, 水垣健一, 寺田崇秀, 宮崎祐行, 鈴木敬, 矢野和男, 前木陽, 緒方祐次, 小林真輔, 越塚登, 坂村健, 「1cc 超小型 UWB センサノードの開発」, 電子情報通信学会 SIS(スマートインフォメ ディアシステム)研究会, 2006 年 11 月
- [26] Shinsuke Kobayashi, et. al.: "T-Air: Low Power Wireless Sensor Network Platform for Ubiquitous Computing", First International Workshop on Networked Sensing Systems, June 2004.
- [27] Takayasu Norimatsu, Ryosuke Fujiwara, Masaru Kokubo, Masayuki Miyazaki, Yasuyuki Okuma, Miki Hayakawa, Shinsuke Kobayashi, Noboru Koshizuka, Ken Sakamura, "A Novel UWB Impulse-radio Transmitter with All-digitally-controlled Pulse Generator," European Solid State Circuits Conference (ESSCIRC) 2005, 5.E.1, pp 267-270
- [28] R. Fujiwara, A. Maeki, K. Mizugaki, G. Ono, T. Nakagawa, T. Norimatsu, M. Kokubo, M. Miyazaki, Y. Okuma, M. Hayakawa, S. Kobayashi, N. Koshizuka, K. Sakamura, "0.7 GHz Bandwidth DS-UWB System Based on Impulse Radio For Low Power Wireless Communication," 2005 International Workshop on UWB Technologies (IWUWBT)
- [29] K. Mizugaki, R. Fujiwara, T. Nakagawa, G. Ono, T. Norimatsu, T. Terada, M. Miyazaki, Y. Ogata, A. Maeki, S. Kobayashi, N. Koshizuka, K. Sakamura, "Accurate Wireless Location/Communication System With 22-cm Error Using UWB-IR," IEEE Radio & Wireless Symposium 2007, (2007/01)
- [30] G. Ono, T. Nakagawa, R. Fujiwara, T. Norimatsu, T. Terada, M. Miyazaki, K. Suzuki, K. Yano, Y. Ogata, A. Maeki, S. Kobayashi, N. Koshizuka, K. Sakamura, "1-cc Computer: Cross-Layer Integration with 3.4-nW/bps Link and 22-cm Locationing," 20th IEEE Symposium on VLSI Circuits, 9-4, pp.90-91, Jun 2007.
- [31] T. Terada, R. Fujiwara, G. Ono, T. Norimatsu, T. Nakagawa, K. Mizugaki, M. Miyazaki, K. Suzuki, K. Yano, A. Maeki, Y. Ogata, S. Kobayashi, N. Koshizuka, K. Sakamura, "A CMOS UWB-IR Receiver Analog Front End with Intermittent Operation," 20th IEEE Symposium on VLSI Circuits, 9-2, pp.86-87, Jun 2007.
- [32] T. Nakagawa, T. Matsuura, E. Imaizumi, J. Kudoh, G. Ono, M. Miyazaki, A. Maeki, Y. Ogata, S. Kobayashi, N. Koshizuka, K. Sakamura, "1-GHz Input Bandwidth 6-bit Under-Sampling A/D Converter for UWB-IR Receiver," Proceedings of the 33rd European Solid-State Circuits Conference

2007, pp.163-166, Sep 2007.

[33] R. Fujiwara, K. Mizugaki, T. Nakagawa, M. Miyazaki, A. Maeki, Y. Ogata, S. Kobayashi, N. Koshizuka, K. Sakamura, "Accurate TOA Estimating UWB-IR Receiver for Ranging/Positioning System in Multi-path Environment," 2007 IEEE International Conference on Ultra-Wideband, Sep 2007.

[34] T. Nakagawa, M. Miyazaki, G. Ono, R. Fujiwara, T. Norimatsu, T. Terada, A. Maeki, Y. Ogata, S. Kobayashi, N. Koshizuka, K. Sakamura, "1-cc Computer using UWB-IR for Wireless Sensor Network," 13th Asia and South Pacific Design Automation Conference, pp.392-397, Jan 2008.

[35] 水垣健一、藤原亮介、中川樹生、宮崎祐行、前木陽、緒方祐次、小林真輔、越塚登、坂村健、「マルチパス環境下での UWB 高精度測位システム」、電子情報通信学会ソサイエティ大会、B-20-9、2007 年 9 月。

[36] 藤原亮介、水垣健一、中川樹生、宮崎祐行、前木陽、緒方祐次、小林真輔、越塚登、坂村健、「高精度 TOA 推定 UWB 受信機の開発」、電子情報通信学会ソサイエティ大会、B-20-10、2007 年 9 月。

[37] 小野豪一、中川樹生、藤原亮介、乗松崇泰、寺田崇秀、宮崎祐行、鈴木敬、矢野和男、緒方祐次、前木陽、小林真輔、越塚登、坂村健、「3.4nW/bps 通信、22cm 測位を実現する 1cc センサノード」、電子情報通信学会 平成 19 年 7 月集積回路 (ICD) 研究会、ICD2007-37-68、pp.59-64、2007 年 7 月。

[38] 寺田崇秀、藤原亮介、小野豪一、乗松崇泰、中川樹生、水垣健一、宮崎祐行、鈴木敬、矢野和男、前木陽、緒方祐次、小林真輔、越塚登、坂村健、「間欠動作型 CMOS UWB-IR 受信機アナログフロントエンド」、電子情報通信学会 平成 19 年 7 月集積回路 (ICD) 研究会、ICD2007-37-68、pp.65-70、2007 年 7 月。

[39] 寺田崇秀、藤原亮介、小野豪一、乗松崇泰、中川樹生、水垣健一、宮崎祐行、鈴木敬、矢野和男、前木陽、緒方祐次、小林真輔、越塚登、坂村健、「間欠動作型低消費電力 UWB-IR 受信機 アナログフロントエンド」、電気学会「超集積化・環境 CMOS デバイス調査専門委員会」、「高度ワイヤレスユビキタス社会を支える超高速デバイス・回路技術調査専門委員会」合同委員会、2007 年 7 月。

[40] 小林真輔, "超小型・超低消費電力アクティブタグ "Dice" -ユビキタス・プラットフォームの実現へ向けて-", ユビキタスネットワークングシンポジウム 2007 プロシーディングス、pp.37-54, 2007 年 11 月

[41] 藤原亮介、水垣健一、中川樹生、宮崎祐行、前木陽、緒方祐次、小林真輔、越塚登、坂村健、「UWB-IR を用いた相対位置検出システムの開発」、電子情報通信学会全国大会、B-20-58、2008 年 3 月。

8 出願特許リスト

[1] 坂村、小林、大熊、早川、宮崎、水垣、藤原、「無線通信測位システム」、特願 2005-339872, 平成 17 年 11 月 25 日

[2] 坂村、小林、大熊、早川、宮崎、水垣、藤原、「受信装置および無線通信システム」、特願 2005-339873, 平成 17 年 11 月 25 日

[3] 坂村、諸隈、早川、「通信システム、受信装置および同期検出プログラム」、特願 2006-089959, 平成 18 年 3 月 29 日

[4] 前木陽、緒方祐次、坂村健、諸隈立志、宮崎祐行、水垣健一、「無線測位システムおよび無線装置」、特

願 2006-254823、平成 18 年 9 月 20 日

[5] 坂村、諸隈、鈴木（保）、堀尾、鈴木（竜）、中野、「ピッキング補助装置、ピッキング補助方法、ピッキングシステム、及びプログラム」, 特願 2006-298051, 平成 18 年 11 月 1 日

[6] 前木陽、緒方祐次、坂村健、諸隈立志、宮崎祐行、水垣健一、「無線測位システム、基地局装置、測位方法およびプログラム」特願 2006-312651、平成 18 年 11 月 20 日

[7] 坂村、諸隈、前木、宮崎、藤原、「無線測位システム及び通信方法」, 特願 2007-197477, 2007 年 07 月 30 日

[8] 坂村、諸隈、前木、「物品管理システム」, 特願 2007-308041, 2007 年 11 月 28 日

9 取得特許リスト

なし

10 国際標準提案リスト

[1] ISHIKAWA Chiaki and OKUMA Yasuyuki, “TG5 CFA Response: Applications for the Mesh Networks,” IEEE P802.15 Working Group for Wireless Personal Area Networks (WPANs), Jul. 2004.

[2] Akira Maeki, Ryosuke Fujiwara, Kenichi Mizugaki, Masayuki Miyazaki, Masaru Kokubo, Yasuyuki Okuma, Miki Hayakawa, Shinsuke Kobayashi, Noboru Koshizuka, Ken Sakamura, “Hitachi Direct Sequence UWB Impulse Radio System,” IEEE P802.15 Working Group for Wireless Personal Area Networks (WPANs), Jan 2005.

[3] N. Koshizuka & Y. Takashima, "UWB Dice ---The Smallest USN Node in the World", CJK 4th NID-WG_013, TTC, Japan, Oct. 2007

11 参加国際標準会議リスト

[1] IEEE 802 LMSC Interim Meeting, Vancouver, Jan 10 – 18, 2004.

[2] IEEE 802 LMSC Plenary Meeting, Florida, Mar. 14 – 21, 2004.

[3] IEEE 802 LMSC Interim Meeting, Germany, Sep 11 – 19, 2004.

[4] IEEE 802 LMSC Plenary Meeting, Atlanta, Mar. 13 – 20, 2005.

[5] IEEE 802 LMSC Interim Meeting, Cairns, May. 14 – 21, 2005.

[6] IEEE 802 LMSC Interim Meeting, Hawaii, Jan 15 – 23, 2006.

[7] IEEE 802 LMSC Plenary Meeting, San Francisco, Jul. 17-24, 2006.

12 受賞リスト

なし

13 報道発表リスト

[1] “ユビキタス社会と農業の未来”, JA 広報通信, 2003 年 12 月号.

[2] “IC タグ：野菜生産履歴で実験”, 朝日新聞, 2004 年 1 月 6 日夕刊.

[3] “3 万個の IC タグ利用、野菜販売で実証実験”, 電波新聞, 2004 年 1 月 7 日.

[4] “追跡可能システム構築へ、野菜使い実証実験”, 日本工業新聞, 2004 年 1 月 7 日.

- [5] ”ID タグ付野菜の流通開始、約一ヶ月間実証実験”, 電波新聞, 2004 年 1 月 9 日.
- [6] “IC タグで安心野菜”, 読売新聞, 2004 年 1 月 9 日.
- [7] “野菜の生産履歴店頭で確認、IC タグ実験始まる”, 毎日新聞, 2004 年 1 月 8 日.
- [8] “誰が作った?瞬時にわかる”, 毎日新聞, 2004 年 1 月 9 日.
- [9] “小さな荷札、IC タグ、期待大きく”, 東京新聞, 2004 年 1 月 8 日夕刊.
- [10] “生産履歴で安全な野菜確認”, 産経新聞, 2004 年 1 月 9 日.
- [11] “青果の品質管理 IC タグで実験”, 日経産業新聞, 2004 年 1 月 9 日.
- [12] “IC タグで農産物流通履歴実証実験”, 日刊工業新聞, 2004 年 1 月 9 日.
- [13] “大根の経歴一目で”, 朝日新聞, 2004 年 1 月 18 日.
- [14] “IC タグが威力”, 毎日新聞, 2004 年 1 月 12 日
- [15] “容積世界最小のセンサーノード開発に成功”,YRP ユビキタスネットワーク研究所、日立製作所、共同発表 2004 年 11 月 24 日
- [16] “pT-Engine の開発に成功”,YRP ユビキタスネットワーク研究所, 2004 年 12 月 3 日
- [17] “世界最小の「センサー端末」日立・YRP UNL ボタン電池 2 個 1 年以上利用可”,日経産業新聞, 2004.11.25
- [18] 日立と YRP UNL 無線センサー端末開発 世界最小 6.9 立方センチ 電池寿命 1 年以上”, 日刊工業新聞, 2004.11.25
- [19] “世界最小、電池寿命 1 年半以上センサーネットワーク端末 隔監視向け”,フジサンケイ ビジネスアイ, 2004.11.25
- [20] “日立と YRP UNL 1 年以上の電池寿命 センサーネット用端末世界最小 6.9 立方センチ”,電波新聞, 2004.11.25
- [21] “無線 IC タグで医療過誤防止”,NHK 経済ニュース, 2004.12.23
- [22] “電源内蔵型で最小物品管理向け開発”, 日経産業新聞、2005 年 4 月
- [23] “IC タグ 電源内蔵型で世界最小”, 日本経済新聞、2005 年 4 月
- [24] “電池を含め 15mm 角”, 日刊工業新聞、2005 年 4 月
- [25] “バッテリー搭載で 15mm 角(世界最小) 消費電力を削減”, 電波新聞、2005 年 5 月
- [26] “世界最小の電子タグ”, POPULAR SCIENCE, 2005 年 8 月
- [27] “日立・YRP 無線通信、消費電力 1/100, 情報容量 10 倍、位置計測も”, 日本経済新聞、2005 年 10 月
- [28] “新型 IC タグ 30 メートル先でも読み取り正確な位置測定可能”, 日本経済新聞、2006 年 7 月
- [29] “UWB 採用小型アクティブタグ”, 電波新聞、2006 年 7 月
- [30] “世界初・世界最小、10mm サイズの UWB アクティブタグを開発”, 月刊マテリアルフロー8月号、2006 年 8 月
- [31] “1cm 角で 9 年間電波取替え不要な UWB Dice を開発”, カードウェーブ 9 月号、2006 年 8 月
- [32] “30 メートル先でも読み取り、位置測定可能な新型 IC タグ”, 月刊自動認識 2006 年 10 月号、2006 年 10 月
- [33] “ユビキタスの実力は?”, ワールドビジネスサテライト、テレビ東京、2007 年 11 月
- [34] ” IC タグ、高精度で位置検出—ユビキタス研、倉庫管理に活用”, 日本経済新聞、2007 年 12 月
- [35] ” UWB 基地局を大幅に小型化、PDA 機器への搭載を可能に”, Tech-On, 2007 年 12 月

[36] ” UNL、世界初の携帯型 UWB 基地局を開発”、エレクトロニックジャーナル、2007 年 12 月

研究開発による成果数

	平成 15 年度	平成 16 年度	平成 17 年度	平成 18 年度
査読付き誌上発表数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
その他の誌上発表数	0 件 (0 件)	2 件 (0 件)	0 件 (0 件)	1 件 (0 件)
口 頭 発 表 数	2 件 (0 件)	7 件 (1 件)	10 件 (2 件)	10 件 (2 件)
特 許 出 願 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	3 件 (0 件)	3 件 (0 件)
特 許 取 得 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
国 際 標 準 提 案 数	0 件 (0 件)	2 件 (2 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
国 際 標 準 獲 得 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
受 賞 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
報 道 発 表 数	14 件 (0 件)	7 件 (0 件)	6 件 (0 件)	5 件 (0 件)

	平成 19 年度	合計	(参考) 提案時目標数
査読付き誌上発表数	2 件 (1 件)	2 件 (1 件)	16 件 (件)
その他の誌上発表数	3 件 (0 件)	6 件 (0 件)	件 (件)
口 頭 発 表 数	12 件 (5 件)	41 件 (10 件)	16 件 (件)
特 許 出 願 数	2 件 (0 件)	8 件 (0 件)	25 件 (件)
特 許 取 得 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	10 件 (件)
国 際 標 準 提 案 数	1 件 (1 件)	3 件 (3 件)	件 (件)
国 際 標 準 獲 得 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	件 (件)
受 賞 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	件 (件)
報 道 発 表 数	4 件 (0 件)	36 件 (0 件)	70 件 (件)

注 1 : (括弧)内は、海外分を再掲。

注 2 : 「査読付き誌上発表数」には、論文誌や学会誌等、査読のある出版物に掲載された論文等を計上する。学会の大会や研究会、国際会議等の講演資料集、アブストラクト集、ダイジェスト集等、口頭発表のための資料集に掲載された論文等は、下記「口頭発表数」に分類する。

注 3 : 「その他の誌上発表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等を計上する。