

平成20年度 成果報告書

超小型汎用コミュニケーション端末のための 基盤技術の研究開発

委託先： (株)横須賀テレコムリサーチパーク

平成21年4月

情報通信研究機構

平成20年度 成果報告書

(一般型)

「超小型汎用コミュニケーション端末のための基盤技術の研究開発」

目次

1	研究開発課題の背景	2
2	研究開発の全体計画	4
2-1	研究開発課題の概要	4
2-2	研究開発目標	4
2-2-1	最終目標（平成23年3月末）	4
2-2-2	中間目標（平成20年9月末）	6
2-3	研究開発の年度別計画	7
3	研究開発体制	8
3-1	研究開発実施体制	8
4	研究開発実施状況	10
4-1	超小型マルチプロトコルRFID R/W装置の実現	10
4-1-1	パッシブ型タグ	10
4-1-2	アクティブ型タグ	12
4-1-3	まとめ	18
4-2	サーバー・クライアントの協調処理型ブラウザの研究開発	20
4-2-1	ブラウザのチューニング、信頼性向上	20
4-2-2	サーバとクライアント側の協調処理機能	22
4-2-3	ブラウザとサーバ間の協調処理言語	25
4-2-4	まとめ	28
4-3	小型化・省電力化のためのS/W・H/Wアーキテクチャの研究開発	29
4-3-1	ハードウェアプラットフォーム	29
4-3-2	ソフトウェアプラットフォーム	35
4-3-3	まとめ	41
4-4	総括	43
5	参考資料・参考文献	45
5-1	研究発表・講演等一覧	45
5-1-1	論文	45
5-1-2	口頭発表	45
5-1-3	報道発表	47

1 研究開発課題の背景

20 世紀後半から、情報通信技術（ICT: Information and Communication Technology）の急速な進展と広範な普及によって、我々の社会は大きく変革し、いわゆる情報社会へと突入した。特に近年、小型化されたコンピュータや通信ノードを身の回りのあらゆるところに埋め込み、現実世界の状況情報を獲得しながら、国民の生活の質の向上に寄与するという、新しい ICT のパラダイムとして、ユビキタスコンピューティング及びユビキタスネットワークを日本は世界に対して提案し、世界を牽引している。

（1）先行研究の状況とユビキタスコンピューティング技術の進展

2001～2005 年度の 5 年間において、当社では、民間基盤技術研究促進制度に基づいた「ユビキタスコンピューティング環境を実現するための基盤ネットワークプロトコルの研究開発」の事業を実施し、世界で始めてユビキタスコンピューティング環境の技術体系の構築に取り組み、高い成果を上げた。具体的には、基盤となる通信プロトコルを核として、それを実現するためのハードウェアやソフトウェアアーキテクチャ、ユーザインタフェース、セキュリティなどの基盤技術とともに、物流支援や安心安全の実現応用、ロケーション依存情報サービスなどの様々な応用に即した研究開発を実施した。これによって、ユビキタスコンピューティング環境を実現するために不可欠な基盤ハードウェアアーキテクチャや基盤ソフトウェア、基盤通信プロトコルなどを確立することに成功し、現在それらの技術のうち既に開発段階を終えたものについては普及段階になっている。

例えば、ユビキタスコンピューティング環境を構成するノードを構築するためのオープンソースの次世代組込リアルタイムカーネルである T-Kernel は、既に 2000 以上のライセンス契約を結び、実製品に組み込まれている。また、ユビキタスコンピューティング環境をセキュアにする統合フレームワーク eTRON（Entity and Economy TRON）は、耐タンパー性にあるスマートカードタグとして、実製品が出荷されてきた。超小型リアルタイム通信ノード nT-Engine（Nano-T エンジン）も完成し、工業制御用機器として展開を図っている。そのほかにも、T-Engine というユビキタスコンピューティングノードの開発用ハードウェアのオープンプラットフォームも国内各社より二十種類以上もの製品が出荷され現在もバリエーションを増やしており、ユビキタスコンピューティングノード向けに Java によるソフトウェア開発環境もリリースしている。

（2）ユビキタスコンピューティング環境におけるユーザ端末の機能

上記の研究開発事業の中で、ユビキタス情報サービスを提供するために、ユビキタスコンピューティング環境を構成する諸機能を実現するユーザ端末（ユビキタスコミュニケーター：UC）の試作も行ってきた。UC は、ユビキタスコンピューティング環境と人間が対話するために利用する携帯型の汎用コミュニケーション端末であり、ユビキタスコンピューティング環境内のモノや場所に設置された、RFID やアクティブタグ、アクティブマーカ等から識別番号等の情報を受け取り、それをきっかけとしてモノや場所に関する情報サービスを提供する。

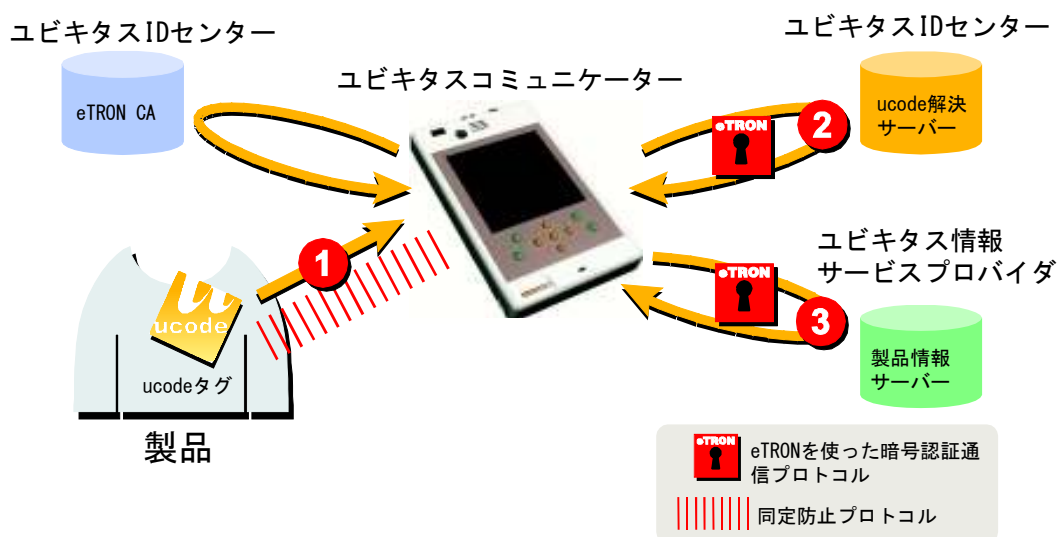


図 1：ユビキタスコンピューティング環境の情報配信アーキテクチャ

従って、UC には、様々な種類の RFID 等の電子タグ、センサーネットワークなどのアクティブ型通信ノード、赤外線などのビーコン、Bluetooth や Zigbee のような PAN レベルの無線通信、WiFi や携帯電話網などの広域網へ接続するための広帯域通信といった多様な通信機能を搭載しつつ、初心者ユーザに対しても魅力的なユーザインタフェースやマルチメディア機能といった機能を欠かすことはできない。

(3) 究極の超小型ユーザ端末とその機能要求

このように、2005 年度までの先行研究によって、ユビキタスコンピューティング環境を実現する基盤となる諸技術を確立することができた。我々は、更にこの成果の上へステップアップして、真のユビキタスコンピューティング技術を浸透させることを狙っている。そのためには、以下の三点が重要であると考えている。第一に、ユビキタスコンピューティング環境とユーザの間のインタフェースが重要である。特にそれらの間のインタフェースとなるコミュニケーション端末(今までの当社の研究では UC と呼んできたもの)は、究極まで小型軽量化・省電力化をする必要がある。なぜならば、既に人々の間では携帯電話や iPod のような音楽プレイヤーなど、非常に小さい端末機器が普及している。ユビキタスコンピューティング環境とのインタフェースとなる機器の機能は、これら既存の機器とは比べ物にならないほど高いものであったとしても、現在普及している機器よりも大きい機器は、恐らく利用者には受け入れられないと考えられるからだ。

第二に、使いやすい利用者インタフェースを提供しなければならない。こうした端末で提供する情報サービスは、情報配信や情報提供であり、そのインタフェースとなるソフトウェアはブラウザである。このブラウザが、使いやすく、かつ上記で述べた究極の超小型端末のハードウェアで軽快に動作しなければならない。

第三に、サービスのユビキタス性(遍在性)が大切である。利用者の満足を得るためには、いつでもどこでも情報サービスが受けられることが重要である。現在携帯電話の通話地域はかなりユビキタスになってきているのと同様に、RFID や電子タグを読み取るサービスについても、いつでもどこで、どのタグでも一つの端末でアクセスできるユビキタス性が不可欠である。

このように極めて豊富な機能を小さい端末に入れ込むためには、単なる既存技術をチューニングしたり、実装技術のノウハウの蓄積だけで実現することは不可能であり、小型軽量化を実現するためのハードウェア技術とソフトウェア技術の両面からのブレークスルーが必須である。

2 研究開発の全体計画

2-1 研究開発課題の概要

現在当社の研究開発事業によって、ユビキタスコンピューティング環境を実現するために不可欠な基盤ハードウェアアーキテクチャや基盤ソフトウェア、基盤通信プロトコルなどを確立した。現在既に開発段階を終えたものは普及段階になっている。更にこの成果の上へステップアップし、真のユビキタスコンピューティング技術を浸透させるためには、次の三点が重要である第一に、ユビキタスコンピューティング環境とユーザの間の I/F 端末が重要である。特に、インタフェース機器の究極の小型化が重要である。第二に、使いやすい利用者インタフェースが重要である。第三に、サービスのユビキタス性（遍在性）が大切であり、特にいつでもどの RFID タグでも一つの端末でアクセスできるユビキタス性が不可欠である。

そこで、本研究開発課題では、タバコ箱大までに究極に小型化された超小型汎用コミュニケーション端末を実現するために必要な、基盤ハードウェア及び基盤ソフトウェア技術の研究開発を目的とする。こうした端末を究極まで小型化するためには、単なる既存技術をチューニングや、実装技術のノウハウの蓄積だけで実現することは不可能である。ハード・ソフトの両面から、従来とは全く異なる方式によるブレークスルーが必須である。本研究開発課題は3つのサブテーマからなる。①ソフトウェア制御型の RFID マルチプロトコル R/W の研究開発。②ヒューマンフレンドリなユーザインタフェースをコンパクトかつ高性能で実現するために、サーバ・クライアント間で負荷分散が実行環境に応じて動的にできるブラウザの研究開発。③これらの要素技術を一つのプラットフォームに統合するためのプラットフォームアーキテクチャの研究開発。

本研究によって、複数種類のパッシブ RFID やアクティブ型のマーカ・RFID を同時に読み取ることのできる小型携帯端末が開発される。これは、真のユビキタスネットワーク環境を構築するためには、きわめて重要な要素技術であり、ユビキタス情報社会への影響度はきわめて高い。また、ユーザフレンドリなブラウザが高性能で小型携帯端末に搭載可能になることの影響度のきわめて大きい。

また、本研究の成果は、現時点でも、年間 4400 万台出荷されている携帯電話端末に組み込みことが予想される技術であり、かつ今後あらゆる場面で利用される RFID やアクティブマーカタグとのインタフェースのための機器である。また、こうした機器やメカニズムを利用したユビキタス型の情報配信サービスにも波及効果があり、これらのことから、本研究開発成果の波及性はきわめて高い。

2-2 研究開発目標

2-2-1 最終目標（平成 23 年 3 月末）

(1) 超小型汎用コミュニケーション端末の実現(全体)

タバコの箱大の超小型汎用コミュニケーション端末を実現する。この端末は、以下の機能を備える。

1. 近距離通信モジュールとして、サブテーマ 1 で開発した超小型マルチプロトコル RFID R/W 装置
2. 広域網通信モジュールとして、IEEE 802.11b または PHS モジュール
3. カラー液晶またはカラーの有機 EL ディスプレイによるグラフィック表示機能
4. タッチパネルによるヒューマンインタフェース機能

5. サブテーマ2で開発したブラウザ
6. 基盤ソフトウェアとして、サブテーマ3で開発したソフトウェアスタック及びチップセット LSI を備える

(2)超小型マルチプロトコル RFID R/W 装置の実現(サブテーマ1)

1. パラメータをソフトウェアで切り替えることによって、パッシブ型 RFID に関して以下のプロトコルに対応する。
 - (ア) ISO/IEC 15693 (13.56MHz)
 - (イ) μ チップ (日立社製) (2.45GHz)
 - (ウ) ISO/IEC 18000-4 (2.45GHz)
 - (エ) eTRON/16 (13.56MHz)
 - (オ) ISO/IEC 18000-6 (900MHz)
2. 小型化・低消費電力化のため、制御機構をシングルチップ LSI で実現する。
3. モジュール全体のサイズをアンテナを含め、50mm×50mm で実現する。
4. 消費電力は、通信時で 350mA@3.3 V 以下とする。
5. 上記の5つのプロトコルについて、自動調整機能を備える。
6. 端末本体と接続する方法として、機器内部に組み込むための有線接続を持った機器と、PAN を用いた無線接続をもった機器を実現する。
7. アクティブ型の RFID に関しては、複数のプロトコルに対応した、耐環境仕様のタグを開発する。また設置容易性を向上させるために、視覚的に電波状況が読み取れるモニター、数値補正用のパラメータ算出の機能を備える。
8. 平成 21 年 1 月までに試作したモジュールの評価結果を用いて、最終的に小型無線受信モジュールを実現する。PDA 型の小型機器に組み込み、アクティブ型 RFID タグとの通信が可能であることを確認する。また、設置容易性を実現するためのアクティブ型 RFID タグの電波状況などが読み取れるモニター機能に関しても実装する。

(3)ブラウザ(サブテーマ2)

1. バイトコード言語によって、描画プリミティブ API を操作できるプラグインインタフェースを備える。
2. 一次元、二次元データを閲覧するためのブラウザプラグインモジュールを備える。
3. サーバ側で、上記のプラグインと同等な機能を実行することが可能であり、ブラウザ処理をサーバ側でもクライアント側でも実行できる手段を提供する。

(4)チップセット(サブテーマ3)

1. LSI IP を成果とする。また、チップセットをあるいは LSI IP を内包した ASIC を搭載したユーザ端末を実現する。
2. ユビキタスイベントとして、少なくともアクティブ RFID および赤外線マーカをサポートできるものとする。

(5)ソフトウェアアーキテクチャ(サブテーマ3)

端末をトータルで動作させるための API セットを持ったマネージャー群を実現する。その際、本端末を特徴つける以下の機能は必ず含むものとする。

1. ブラウザインタフェース (プラグイン機能インタフェース)
2. RFID マネージャー
3. アクティブタグマネージャー
4. セキュリティマネージャー (VPN 機能を持つ)

5. コンテキストマネージャー

2-2-2 中間目標（平成20年9月末）

(1)超小型汎用コミュニケーション端末の実現(全体)

電子手帳程度のサイズの超小型汎用コミュニケーション端末を実現し、機能検証を実施する。この端末は、以下の機能を備える。

1. 近距離通信モジュールとして、RFID R/W 装置と無線受信モジュールの双方を備える
2. 広域網通信モジュールとして、IEEE 802.11b または PHS モジュール
3. カラー液晶またはカラーの有機 EL ディスプレイによるグラフィック表示機能
4. タッチパネルによるヒューマンインタフェース機能

(2)超小型マルチプロトコル RFID R/W 装置の実現(サブテーマ1)

1. パッシブ型の RFID タグについては、パラメータをソフトウェアで切り替えることによって、2つ以上の RFID のプロトコルに対応する。
2. 小型化・低消費電力化のため、制御機構をシングルチップ LSI で実現する。
3. 設置容易性・出力調整機能を備えたアクティブ型 RFID タグの試作機の開発を行う。また、発電素子を一体化したモジュールの試作を行い、設置時の特性や性能評価を行う。
4. アクティブ型の RFID タグの受信装置の小型化を行うための回路検討を行い、試作機の開発を行う。回路の共通化や部品の共通化、アンテナの共通化など可能な部分の検討を進める。

(3)ブラウザ(サブテーマ2)

1. バイトコード言語及び描画プリミティブ API の仕様を開発する。
2. 上記仕様に基づいた API とバイトコード言語の仮想マシンの試作を完了し、機能評価を実施する。
3. 一次元、二次元データを閲覧するためのブラウザプラグの仕様開発を終了し、機能評価のための試作を完了する（試作のプラットフォームは機能評価に十分なものの上で行う）。

(4)チップセット(サブテーマ3)

1. 機能およびアルゴリズムを開発、検証できる評価ボードを、FPGA および汎用 CPU で実装する。ユビキタスイベントとして、アクティブ型 RFID および赤外線マーカを対象とする。スクリーニング機能では、電波強度の評価は固定閾値としたアルゴリズムを実装する。イベント選択の状況が評価できる試験装置を制作しアルゴリズムの評価が行えるようにする。

(5)ソフトウェアアーキテクチャ(サブテーマ3)

端末をトータルで動作させるための API セットに含まれる以下のマネージャーの設計と試作による機能評価を完了する。

1. RFID マネージャー
2. アクティブタグマネージャー
3. セキュリティマネージャー（VPN機能を持つ）
4. コンテキストマネージャー

2-3 研究開発の年度別計画

(金額は非公表)

研究開発項目	18年度	19年度	20年度	21年度	22年度	計	備考
マルチプロトコルRFID R/Wの研究開発 (パッシブ) [サブテーマ1]	一次試作	一次試作評価・ 端末組込・ 二次試作	二次試作評価・ 端末組込・ 自動調整ソフトウェア試作	三次試作評価・ 自動調整ソフトウェア改良	端末組込・ 評価実験用量産・ 評価実験	→ -	
マルチプロトコルRFID R/W及び自動調整機能つきタグの研究開発 (アクティブ) [サブテーマ1]	設計	一次試作	評価・ パラメーター調整 ソフトウェア試作	二次試作	評価・ パラメーター調整 ソフトウェア改良・ 評価実験	→ -	
サーバクライアント間協調ブラウザの研究開発 [サブテーマ2]	グラフィック基本 機能開発・ 協調処理言語機構 開発	一次元ブラウザ機能 開発	一次元ブラウザ機能 開発・ 二次元ブラウザ機能 開発	二次元ブラウザ機能 開発	システム全体チュー ニング・ 評価実験	→ -	
超小型端末用チップセットの研究開発 [サブテーマ3]	端末機能抽出・設計	一次試作	評価・端末埋込・二 次試作	二次試作・評価	端末埋込・ 評価実験	→ -	
端末アーキテクチャの研究開発 [サブテーマ3]	0次試作 (ハード)・ ソフト設計	0次試作改良 (ハード)・ ソフト試作	一次試作 (ハード)・ ソフト試作計	一次試作改良 二次試作 (ハード)・ ソフト試作	二次試作改良 (ハード)・ ソフト調整・ 評価実験	→ -	
間接経費額 (税込み)							
合計	-	-	-	-	-	→ -	

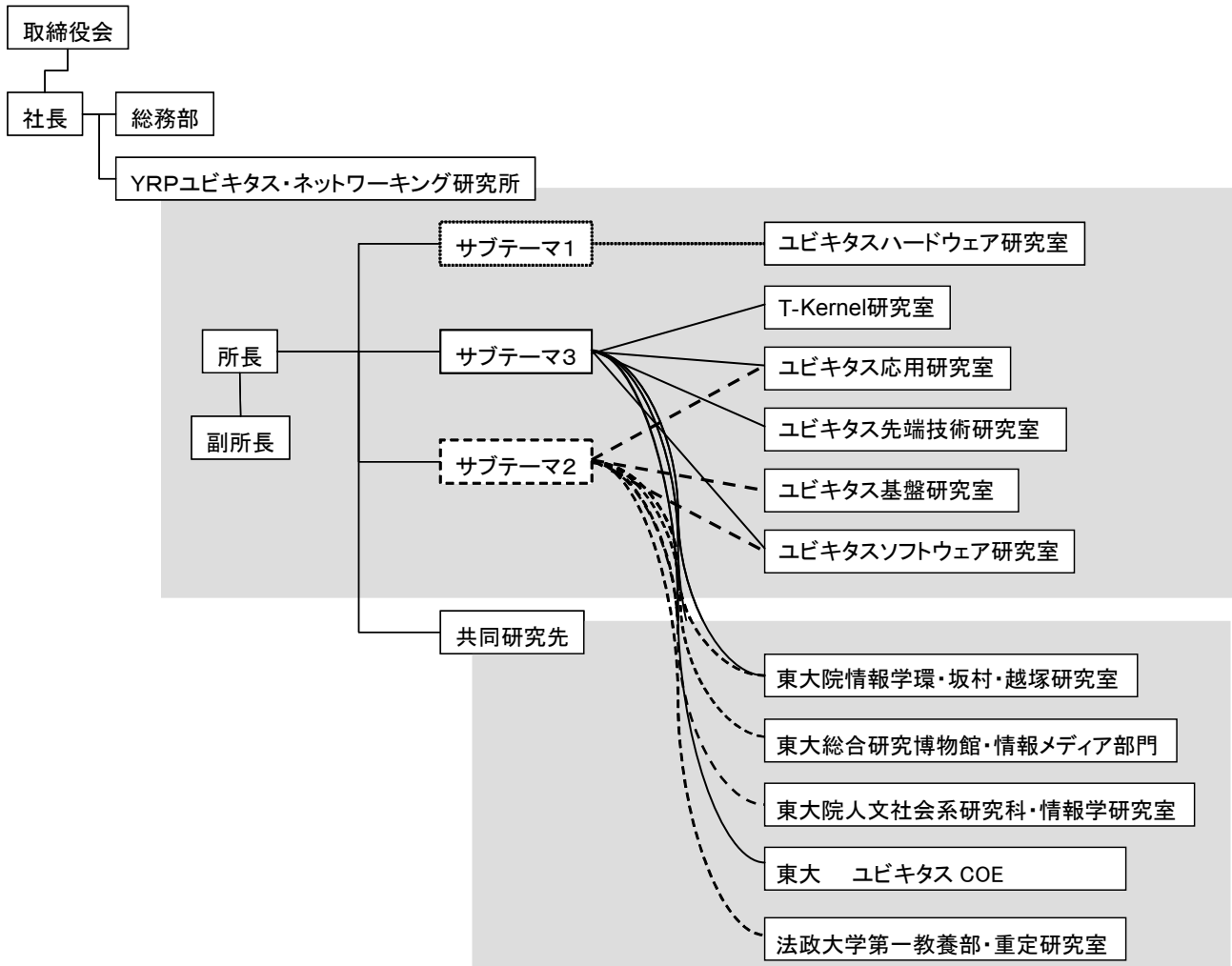
注) 1 経費は研究開発項目毎に消費税を含めた額で計上。また、間接経費は直接経費の30%を上限として計上(消費税を含む)。

2 備考欄に再委託先機関名を記載

3 年度の欄は研究開発期間の当初年度から記載。

3 研究開発体制

3-1 研究開発実施体制



研究代表者 坂村健 (所長)
研究副代表者 越塚登 (副所長)

サブテーマ1：超小型マルチプロトコル RFID R/Wの研究開発

リーダー：諸隈 立志 (ユビキタスハードウェア研究開発部長)
ユビキタスハードウェア研究室 研究員6名
(小林、緒方、松本、高村、神尾、吉村)

サブテーマ2：サーバ・クライアントの協調処理型ブラウザの研究開発

リーダー 泉名 達也 (ユビキタスソフトウェア研究室長)
ユビキタス応用研究室 研究員4名
(伯田、伊田、嶋田、田口)
ユビキタス基盤研究室 研究員5名
(保坂、別所、紙名、新堂、高田)
ユビキタスソフトウェア研究室 研究員3名
(若林、加藤、鵜坂)

サブテーマ3：小型化・省電力化のためのS/W・H/Wアーキテクチャの研究開発

リーダー 越塚 登（副所長）

T-Kernel 研究室 研究員 4名

（由良、平石、松尾、神山）

ユビキタス応用研究室 研究員 3名

（山田、峯岸、中川）

ユビキタス先端技術研究室 研究員 4名

（石川、鄭、柏、小熊）

ユビキタスソフトウェア研究室 研究員 1名

（江藤）

4 研究開発実施状況

4-1 超小型マルチプロトコル RFID R/W 装置の実現

4-1-1 パッシブ型タグ

超小型マルチプロトコル RFID R/W の実現に向けて、平成 20 年度は平成 19 年度実施した LSI1 次試作の結果を受け、そのチップを利用してマルチプロトコル R/W モジュールを試作した。開発したチップにおいては、最終目標に挙げている ISO/IEC15693、ISO/IEC18092、ISO/IEC18000-4、ISO/IEC18000-6B、6C、ミューチップの 3 周波数帯、6 種類の RFID タグとの通信が可能であり、その検証を行うことが本試作の目的であった。最終目標を想定し、モジュールの大きさを 5cm 四方とし、モジュールに合うアンテナ開発も同時に行った。

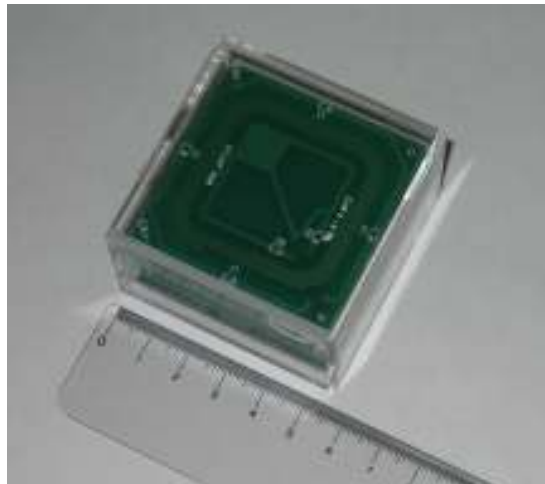


図 2 マルチプロトコル R/W 1 次試作モジュール

図 2 に試作したモジュールの写真を示す。図に示す通り、試作したモジュールは目標通り 5cm 角で実現することができた。実現したモジュールの消費電力に関しては表 1 に示す。それぞれの周波数ごとならびに処理ごとに分割した場合の消費電力を示している。Reset 後は回路を起動して何も実行していない状態であり、待機はレスポンス待ちや処理待ちの状態、送信は電波を出力して送信をしている状態、受信はタグからの電波を受信している状態の時を表している。これより、平均電力は 218mW であるため、当初の目標としていた 300mW を達成しており、FID タグのリーダとしては十分小さい電力値であるといえる。

表 1：それぞれの処理における消費電力 (mW)

帯域	Reset 後	待機	送信	受信	平均電力
2.45GHz	113	217	382	449	218
UHF		221	370	435	
13.56MHz		117	331	402	

アンテナは 3 周波数帯に対応したマルチアンテナの設計を実施した。5cm 角のモジュールにするという条件からなるべく小型で実現できる方式の検討を行った。2.45GHz、950MHz 帯ともに市販のセラミックパッチアンテナを組み込むことを検討したが、サイズが 3cm 程度あることや、厚さも 5mm 程度あるなど小型化を検討した場合に向かないものが多いため今回のシステムでは採用しないこととした。そのため、2.45GHz、950MHz ではダイポールアンテナもしくはループアンテナを検討した。ダイポールアンテナとループアンテナを比較した場合、特性はほぼ同じように出せることが試験によって判明したが、各種読み取り実

験を行った結果、ダイポールアンテナに比べループアンテナのほうが、アンテナパターンに大きな電流が流れる範囲が広くなることから、近距離であれば誘導によりタグとの通信が確立できる場合が多いことが判明した。そこで、今回の開発ではループアンテナを採用することとした。

表 2 インピーダンス特性

帯域	2.45GHz 帯		UHF 帯		13.56MHz
周波数	2.4072GHz	2.4248GHz	952.2MHz	953.8MHz	13.56MHz
反射率	-6.6127dB	-6.4249dB	-8.2547dB	-8.5426 dB	-3.2275 dB

表 2にインピーダンス特性を示す。2.45GHz、UHF 帯ともに-6dB 以下で設計できており、インピーダンス特性としては問題ない。13.56MHz に関しては外付けのコンデンサを用いて調整を図ることができるため、問題ないと判断した。

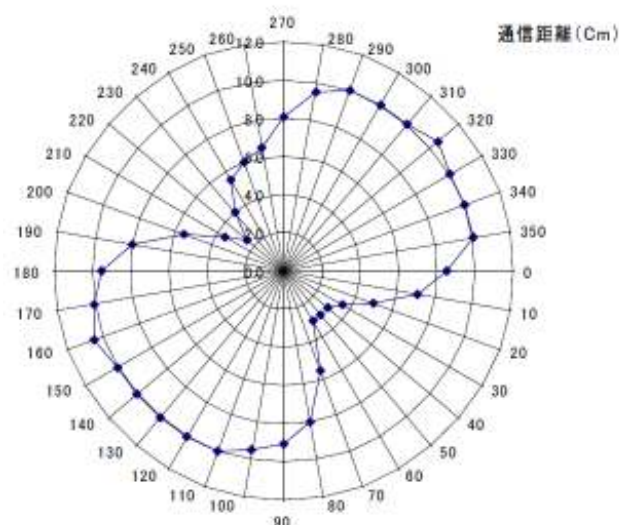


図 3 2.45GHz 帯のタグの角度と通信距離

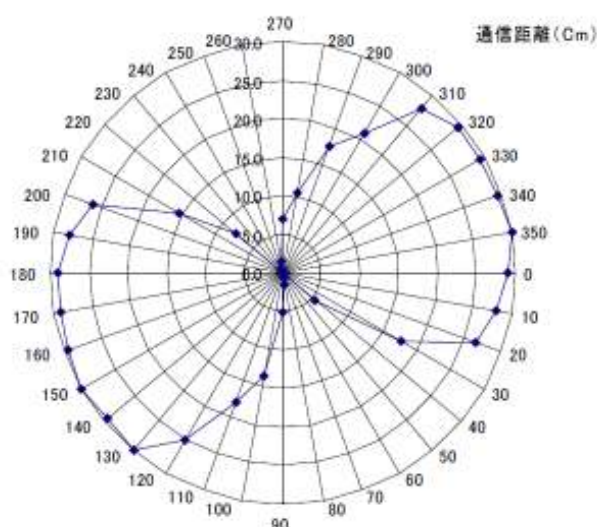


図 4 UHF 帯のタグの角度と通信距離

図 3、図 4に 2.45GHz ならびに UHF 帯の通信を行った時の、タグの角度と通信距離の関

係を示す。13.56MHz はコイルによる電磁誘導であるため、角度による問題はほかの二つより問題ないため省略する。グラフを見てわかるように、今回設計したアンテナでは、ある角度に死角に相当する部分があることがわかる。具体的には、2.45GHz 帯の 50 度付近、UHF 帯の 70 度付近の角度である。理想的にはどの角度で読んだ場合でも読み取り可能なアンテナが理想であるが、実装面積が限られているばあいは大きさの制約からそのようなアンテナを作るのは難しい。2.45GHz 帯のように若干読み取りにくいものの、どの角度でも読めるように特性を変えて設計することが現実解であるといえる。UHF 帯のアンテナに関しては、まだ改善の余地があり、今後の研究開発において改善を行っていく予定である。

4-1-2 アクティブ型タグ

自動チューニング機構をもつアクティブ型 RFID タグおよび R/W の実現に向けて、平成 19 年度は環境により動作状況や通信頻度などをチューニングする機能を持つアクティブタグおよび R/W を試作し基本動作を評価した。平成 20 年度は、同アクティブタグを現実環境に配置し、チューニングパラメータによる調整機能の効果を評価する。アクティブ型 RFID の小型化を目指し試作開発を行った。

平成 19 年度開発した、発電機構を内蔵するアクティブタグの試作機を利用して、屋外環境における長期間の動作についての評価を行い、設置時の特性や性能評価を行うとともにモジュール化を実施した。以降では、今年度の成果について述べる。

4-1-2-1 自動チューニング機構の評価およびアクティブ型 RFID の小型化

アクティブタグから送信される電波は、そのアクティブタグが設置されている周囲の環境空間中を伝搬する。このため、アクティブタグから同じ距離で受信をしてもその電波強度は環境により大幅に変化する。このため、19 年度では、アクティブタグに自動チューニング機構として、発信間隔や発信する電波強度を調整できるような機能を搭載した。これらのチューニングパラメータは無線によりアクティブタグに指示をすることにより変更できるようになっている。本年度は、電波伝搬状況が大きく違う環境にアクティブタグを設置して、チューニングを行い電波伝搬状況の違いによる電波強度の差を補正できるかを評価した。

ツールとしてユビキタスコミュニケーターに測定および設定を行うソフトウェアを実装した。すなわち、無線アクティブタグを受信し、この電波強度を表示し、目標とする規定値にたいする補正值をアクティブタグに反映させるソフトウェアツールである。アクティブタグの設置した場所でこのツールを用いて評価を行った。

実施場所は東京都内の屋内施設で、図 5 の写真に示すように天井の高さ、空間の広がりが大きく違う。地点 A に設置されたアクティブタグ A が発する電波を地点 A から 10m の地点で計測した場合の電波強度について基準値からの相対値として測定する。同様にして地点 A~J それぞれのアクティブタグから 10m 位置の電波強度の相対値の差を表 3 に示す。

表 3 : 環境による電波伝搬強度の相対値

地点名	地点を表す ucode	電波伝搬補正值
地点 A	00001C000000000000002000000061102	1
地点 B	00001C000000000000002000000061101	4
地点 C	00001C000000000000002000000061103	-6
地点 D	00001C000000000000002000000061104	-6
地点 E	00001C000000000000002000000061105	-2
地点 F	00001C000000000000002000000061106	-4
地点 G	00001C000000000000002000000061107	14
地点 H	00001C000000000000002000000061108	12
地点 I	00001C000000000000002000000061109	10
地点 J	00001C00000000000000200000006110A	-3

地点 A および B は天井があり開けていない空間であるため、地点から 10m 離れた地点における電波強度は 1 や 4 という値を示している。一方、地点 C および D では天井が高く開けていることから、同様の条件で計測した電波強度は -6 と低い値を示す。さらに、地点 G、H、I では、金属製の天井の低い通路となっており、天井や壁面、床に囲まれた環境がちょうど導波管的振る舞いを示し、10 以上の大きい値を示している。

こうしたアクティブタグ毎の受信位置での電波強度の違いは、アクティブタグの受信した場所の位置推定に大きく影響を及ぼす。また、アクティブタグは、電波を発信する直前に回りで電波を出しているものがないか確認するキャリアセンスを行っている。一定以上の強度でキャリアを受信すると少し待ってから再度試行することにより電波の相互干渉を防ぐようになっている。想定より遠くまでアクティブタグの信号が到達してしまうと、より広範囲のアクティブタグ同士に影響を生じ、アクティブタグの発信が滞る原因となる。



地点 A,B の周辺環境



地点 C の周辺環境



地点 D の周辺環境



地点 E および G 付近の周辺環境



地点 G,H,I における周辺環境



地点 J 周辺の環境

図 5 : アクティブタグ設置箇所付近の環境



図 6：ユビキタスコミュニケータのチューニングツール画面例

図 6はユビキタスコミュニケータに実装した測定・設定機能を持つチューニングツールの画面である。受信しているアクティブタグから測定するものを選択し、電波強度レベルと受信回数をリアルタイムで表示する。またタグ毎の補正值を設定することができるようになっている。このツールを利用して、評価環境で調整し、所定の範囲内の電波強度に調整することができることを確認し、チューニング機構が有効であることが実証された。

本年度は無線アクティブタグ受信機をより小型化する試作を行い、従来の $40 \times 24 \times 6\text{mm}$ のモジュールから体積比約 $1/15$ の $18 \times 14 \times 1.4\text{mm}$ の小型モジュールを完成させた。(図 7)

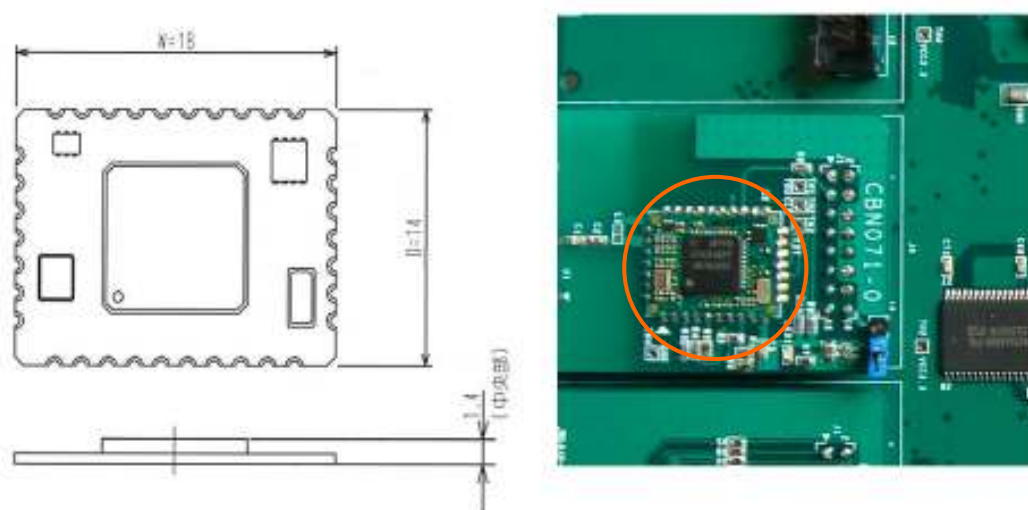


図 7：小型化した無線アクティブタグモジュール

4-1-2-2 発電素子一体型アクティブタグ

昨年度開発をした球状太陽電池を発電素子としたアクティブタグ用の電源を、本年度は実際の屋外環境で長期稼働評価を行った。評価を行った球状太陽電池は、直径 75mm 半球、直径 100mm 半球、直径 100mm 欠球の三種類(詳細は昨年度報告書参照)で、それぞれ同じ充電放電回路、バッテリーを搭載し、無線アクティブタグを負荷に接続している。実験は、東京都品川区の南向き二階の屋根の上に設置し、2008年11月15日から12月28日にかけてデータ収集した。設置状況を図 8に示す。図中に矢印で示した方向が磁北である。また、測定回路を図 9に示す。



図 8：発電素子一体型アクティブタグ評価装置設置状況

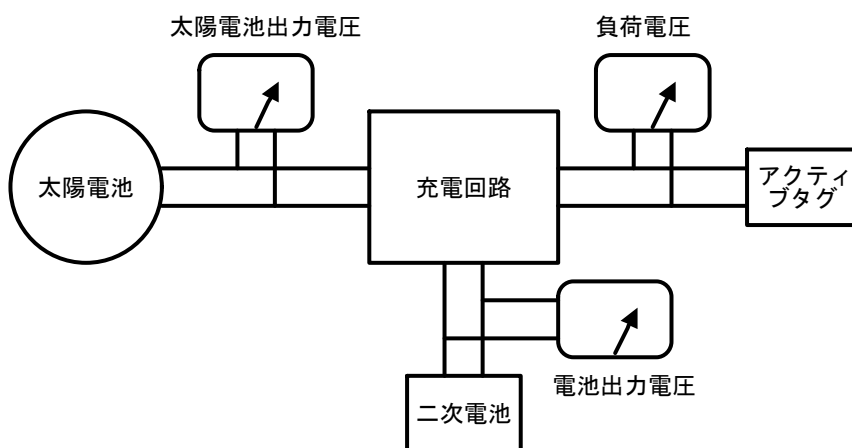


図 9：測定回路

図 10は、12月1日～12月3日の負荷電圧のグラフである。規定電圧 3.0V に対して 0.6% の誤差範囲内に収まっており、昼夜、日、太陽電池の形状によらずアクティブタグに安定

して電源が供給されている。

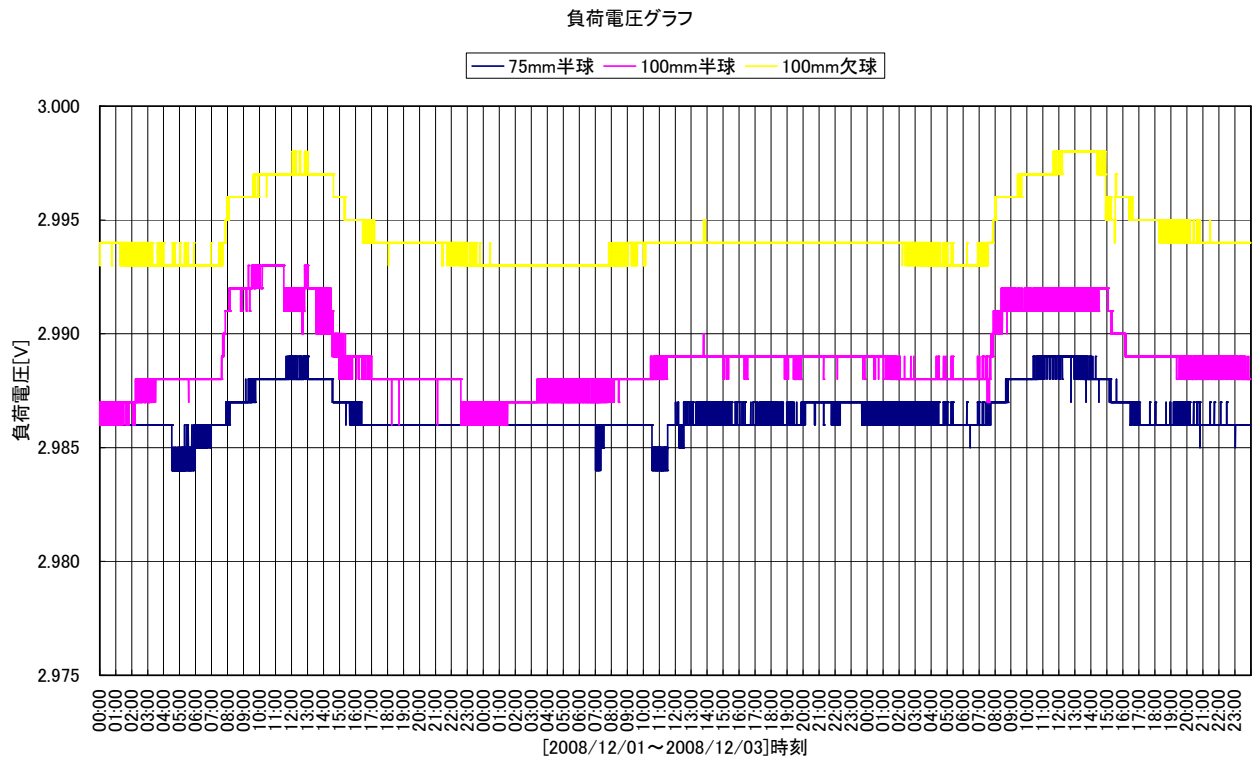


図 10 : 負荷電圧のグラフ [2008 年 12 月 1 日 ~ 12 月 3 日]

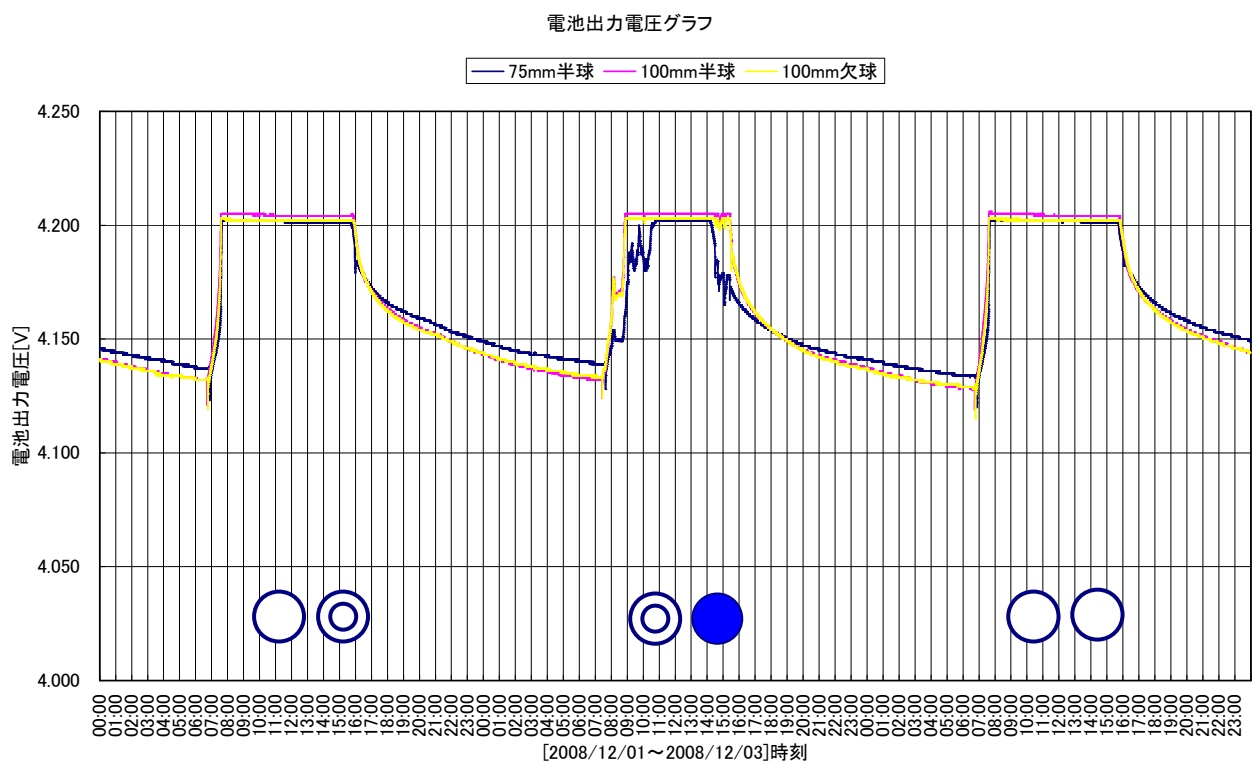


図 11 : 電池出力電圧のグラフ [2008 年 12 月 1 日 ~ 12 月 3 日]

太陽電池出力電圧グラフ

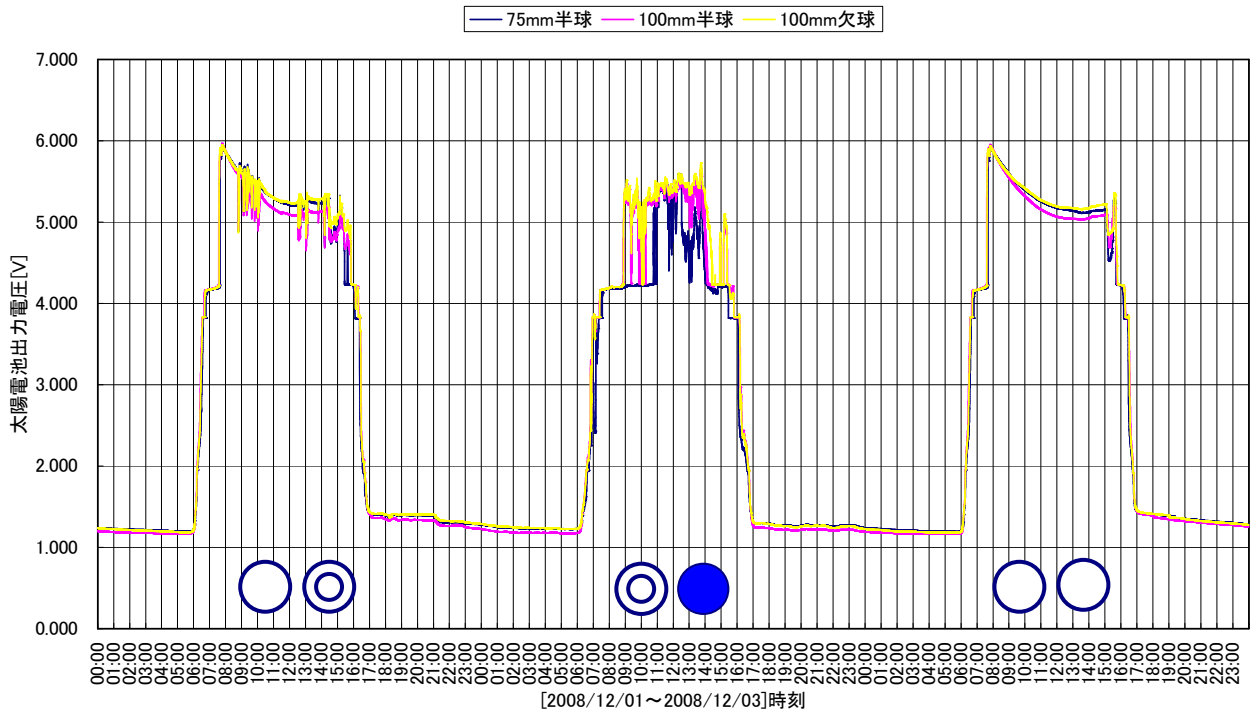


図 12 : 太陽電池出力電圧のグラフ [2008 年 12 月 1 日～12 月 3 日]

図 11は同一期間の電池出力電圧、図 12は太陽電池出力電圧のグラフである。この3日間の天気を図中に記載した。12月1日は快晴午後遅くから曇り、12月2日は曇りのち雨、12月3日は快晴である。電池出力電圧が4.2Vを超えた平らな部分は、太陽電池から二次電池に充電がされている状況を示している。晴れて入れば8時から16時まで8時間は充電が行われている。12月2日は天気が悪く日照時間としては一日中ゼロであるが、電池出力電圧のグラフをみると充電は行われている。ただし、75mm半球は曇りや雨にやや弱い傾向がみられ、充電時間は約3.5時間(快晴時の約44%)、100mmのものは半球も欠球も大差なく6.5時間(快晴時の約81%)充電できている。

太陽電池の出力電圧は天気をよく反映している。12月3日快晴のグラフ形状は典型的だが、昼間の発電電力より太陽高度の低い朝にピークがあり、また日没付近でだらだら電圧がさがらず、少し電圧が上がるという傾向が見られる。これは球状太陽電池のレンズ形状によるものと考えられ斜光が内面反射により発電に寄与していると考えられる。一般的な平板状の太陽電池に比べ設置自由度が高いだけでなく、太陽高度が低い朝夕、冬期に有効に発電できる点有利であることが言える。三種類の形状については、75mm半球は曇天、雨天など日照時間がゼロの時に、快晴時に比べ充電に使える発電ができる時間が半分以下となってしまう一方、100mmのタイプはいずれも快晴の80%の時間が有効である。

以上から、ユビキタスコンピューティング環境に設置するアクティブタグの発電素子としては、100mmタイプ太陽電池を利用して、充電回路、二次電池を搭載する発電素子一対型アクティブタグが有効であることが検証された。

4-1-3 まとめ

超小型マルチプロトコル RFID R/W の実現に向けて、平成 20 年度は平成 19 年度実施した LSI1 次試作の結果を受け、そのチップを利用してマルチプロトコル R/W モジュールを試作した。開発したチップにおいては、最終目標に挙げている ISO/IEC15693、ISO/IEC18092、

ISO/IEC18000-4、ISO/IEC18000-6B、6C、ミューチップの3周波数帯、6種類のRFIDタグとの通信が可能であり、その検証を行うことが本試作の目的であった。最終目標を想定し、モジュールの大きさを5cm四方とし、モジュールに合うアンテナ開発も同時に行った。その結果、目標としていた5cm四方のモジュールを実現し、消費電力に関しても目標の値を達成できたことが確認できた。今後はより高い品質ならびに安定したモジュールの開発に向けて回路の修正やソフトウェアの修正を実施していく予定である。

アクティブタグに関しては、本年度は電波伝搬状況が大きく違う環境にアクティブタグを設置して、チューニングを行い電波伝搬状況の違いによる電波強度の差を補正できるかを評価した。その結果、チューニング機構を用いることによって、電波強度の差を補正することが可能であることが実際の環境で確認された。

さらに、昨年度開発をした球状太陽電池を発電素子としたアクティブタグ用の電源を、本年度は実際の屋外環境で長期稼働評価を行った。評価を行った球状太陽電池は、直径75mm半球、直径100mm半球、直径100mm欠球の三種類で、それぞれ同じ充電放電回路、バッテリーを搭載し、無線アクティブタグを負荷に接続している。実験は、東京都品川区の南向き二階の屋根の上に設置し、2008年11月15日から12月28日にかけてデータ収集した。ユビキタスコンピューティング環境に設置するアクティブタグの発電素子としては、100mmタイプ太陽電池を利用して、充電回路、二次電池を搭載する発電素子一対型アクティブタグが有効であることが検証された。

4-2 サーバ・クライアントの協調処理型ブラウザの研究開発

サーバ・クライアントの協調処理型ブラウザとして、平成19年度まで1次元ブラウザ、2次元ブラウザの基本機能の開発を実施してきた。本年度は、第一にそのブラウザのチューニング、信頼性向上を実施することとした。具体的には実施したのは、パノラマブラウザの性能向上並びに、機能向上である。第二に、サーバとクライアント側の協調処理機能を設計開発し、それをブラウザと接合することによって、携帯型端末が、ネットワークの有無にかかわらず、シームレスな表示サービスを実現した。具体的には検索を行う際にネットワーク環境がない状況でもネットワーク環境がある状況においてもユーザーが意識せずに検索を実施できる方式の開発を行った。サーバ・クライアント間での処理分担を柔軟に変更するために、平成19年度の開発したブラウザとサーバ間の協調処理言語の評価に基づき、バイトコード型の協調処理言語を設計・実装・評価を行った。以降では、それぞれに関して具体的な説明を行う。

4-2-1 ブラウザのチューニング、信頼性向上

新型超小型汎用コミュニケーション端末における二次元データを閲覧するためのブラウザとして、平成19年度にパノラマブラウザを開発した。パノラマブラウザは、人の目で見えた周囲を見渡す画像を表示し、道案内や対象物の情報を直感的に分かりやすい形で提供するためのブラウザであり、その有効性は昨年度に実証されている。今年度は、パノラマブラウザの適用範囲をさらに広げ、より多くの情報をより分かりやすい形でユーザーに提供することを主眼においた大幅なチューニングおよび機能強化を行った。同時にプログラムの大幅な改善により信頼性の向上を図り、安定した動作を実現した。

まず第一にパノラマブラウザを、地上での道案内を主目的とした360度一周して見えるビューだけでなく、展望台などから見た風景にも適用させるために以下の機能強化を行った。

1. 360度一周のビューだけでなく、一周しない任意角度のビューにも対応。
2. 水平方向の拡がり(スクロール)だけでなく、垂直方向の拡がりを持たせるために、上下のビューを切り替えて見せる機能を追加。
3. 風景をより豊富な情報として提供するために昼景と夜景のビューを切り替えて見せる機能を追加。

上記の機能を操作するための分かりやすいユーザインタフェースとして、各機能に対応したボタンを画面上に配置して、ボタンをタッチするだけで誰でも簡単に操作できるように考慮した。特にボタンの絵に関しては、現在の表示状態を示す絵でなく、ボタンを押した場合に表示される状態を示す絵とすることにより、情報機器に慣れていない人にも違和感なく直感的に操作できることを目指した。

次にパノラマブラウザで画像内に表示されている「対象物」の詳細な情報を表示する方法として、画面上にバルーン状のマーカを配置し、そのマーカをタッチすることにより、指定した「対象物」に関する詳細な情報を表示するようにした。詳細情報の表示は、パノラマブラウザではなく、HTMLブラウザを起動して、対応する任意のHTMLコンテンツを表示することで行う。

ただし、バルーン状のマーカを画面上に多く配置してしまうと、元の画面が隠れて見えなくなってしまうため、マーカなしの画像とマーカ付きの画像を切り替えて表示で

きる機能を追加した。この表示の切替も画面上に配置したボタンをタッチすることにより簡単に行えるようにした

図 13にパノラマの8個のビュー(上/下、昼景/夜景、マーカー無し/有り)とその時のボタン状態を示す。図 14にパノラマで実際に使用している任意角度の拡がりを持つ画像(マーカー無し/有り)を示す



図 13 : パノラマの8個のビューと操作ボタン

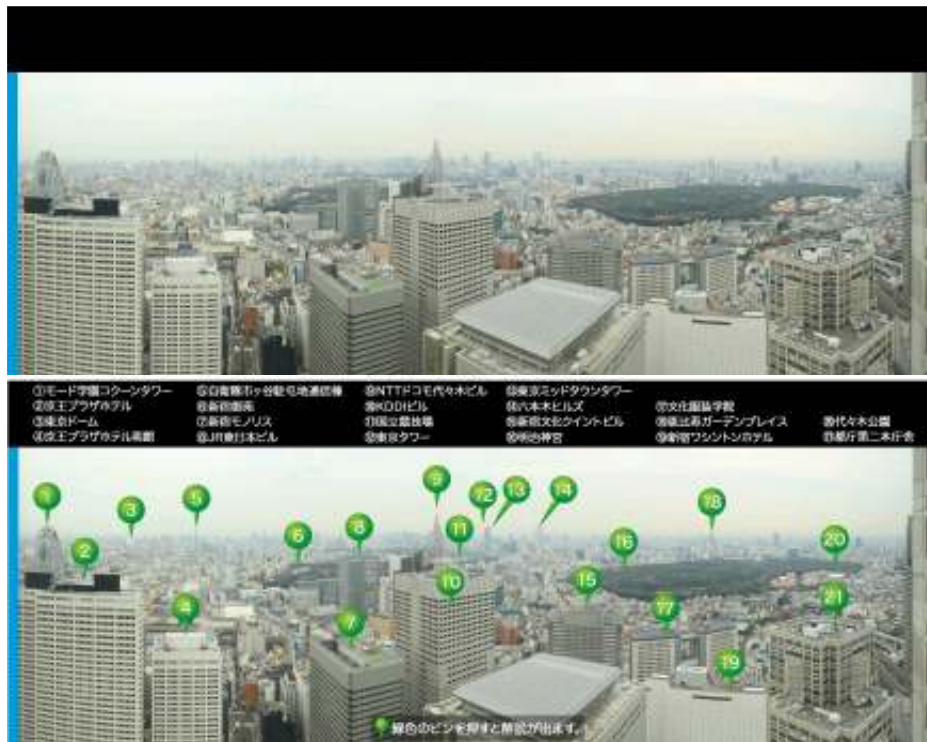


図 14：パノラマの実際の画像データ(マーカー無し/有り)

今回のパノラマブラウザのチューニングにより、従来の地上での道案内を主目的としたパノラマブラウザを、展望台からの風景の表現という新たな適用分野でも、パノラマという表現方法が非常に有効に利用できることが実証された。また、ブラウザにおいて非常に重要な要素となるユーザーインターフェースをグラフィカルなボタン操作に統一することにより、特に説明の必要もなく、多くの人々が直感的に操作できることが実証された。さらに、今回はプログラムの大幅な改善と構造をできる限り単純化することにより、性能および信頼性の向上を行い、実用的で安定した動作を実現することができた。

4-2-2 サーバとクライアント側の協調処理機能

図 1に示す通り、ユビキタスコンピューティング環境では、RFID やアクティブタグ、アクティブマーカー等から取得した識別番号からモノや場所に関する情報サービスをユーザに提供することが可能である。このとき、識別番号に紐付けられている情報を取得するためにネットワークを通してサーバへ問い合わせる。しかし、必ずしも常にネットワーク接続が保証されているわけではない。例えば、現在、携帯電話の通信地域は広範囲にわたるが、それでも、屋内、地下など安定したネットワーク接続が困難な場所が依然として存在する。理想的にはそのような場所がなくなりどこでもネットワークに接続できるようになることであるが、現実的に考えて完全にすべての領域をカバーすることは困難であると考えられる。それゆえ、いつでもどのタグからでも一つの端末でアクセスできるユビキタス性を実現するためには、サーバへ問い合わせる情報サービスを提供することに加えて、ネットワークに接続せずに端末内のみで情報サービスを提供できる機能が必要となる。すなわち、ネットワークに接続してサーバに問い合わせても、端末内でローカルに処理しても同様の機能を提供できるサーバとクライアント側の協調処理が不可欠になる。

そこで、サーバとクライアント側の協調処理により、ネットワークの有無にかかわらず

シームレスに利用可能な情報検索機能を検討し、具体的な例として施設情報の検索機能を実装した。施設情報の検索機能とは、小型端末の現在地を起点として、飲食店、交通機関、トイレなどユーザが興味のある種類の施設を端末に近い順に提示する機能である。また、この検索機能は、ユーザの特性を考慮して施設の表示順位をつけて検索結果を提示する。具体例として、最寄りのトイレを検索する場合、健常者ならば近い順にトイレの一覧が表示されるが、障がい者や年寄の場合はバリアフリーに対応したトイレを優先して近い順に一覧が表示される。このとき、サーバに問い合わせた場合は以下の処理の流れになる。(1) まず、端末は現在地点、ユーザの興味のある種類、ユーザの属性などをサーバに送信する。(2) 次に、サーバはクライアントから送信されてきた問い合わせの内容にマッチする施設をデータベースから検索する。(3) ユーザの特性に合わせて検索結果の表示順位をソートしHTML形式に変換してクライアントに返す。この検索結果は施設名と住所の一覧である。詳細情報を知りたい場合は、施設名がリンクになっているのでリンク先を参照することになる。この検索機能を小型端末内で同様の機能を実現し、さらに、ユーザインタフェースを双方で統一することで、ネットワークの有無にかかわらずシームレスに利用可能な設計にした。

本検索機能をサーバに問い合わせた場合と同等の機能を小型端末内のローカル検索でも提供するために、以下の3つの問題点に対処した。

1. 大容量のデータベースの保存
2. 小型端末の非力な計算能力を用いた検索処理
3. ローカルに保存されている施設情報の更新

まず、ローカルで検索機能を実現するためにはサーバ上で管理しているデータベースを小型端末内で保持する必要がある。しかし、サーバのデータベースをそのまま端末内に保存するには、各施設の詳細情報も含まれているためデータサイズが大き過ぎる。そこで、小型端末内で処理するローカル検索では、検索結果として施設一覧を提示するために必要となるデータをローカルで保持し、施設の一覧を提示するところまでを処理するように設計した。端末内に保存される検索用のデータは1つのファイルに格納され、このファイルをローカルデータベースファイルと呼ぶ。ローカルデータベースファイルには、各言語で表記された施設名と住所、緯度経度、営業時間(利用可能時間)、バリアフリー対応かどうかなどを表す付加情報が記述されている。このデータベースファイルは、サーバ上のデータベースのサイズと比較すると十分小さく、小型端末でも保存可能なサイズになる。ローカル検索では施設一覧の提示までしか機能として提供していないが、施設の詳細情報は、ネットワークに接続できない場合ならばローカルにキャッシュされている情報を表示したり、もしくは、ネットワークに接続可能な場所へ移動してから詳細情報をサーバから取得したりすることで、ユーザに提示できる。

次に、サーバと比較して非力な小型端末の計算能力で処理することから、計算量、使用メモリ容量を削減する必要がある。汎用的なデータベースエンジンでは、実現したい処理内容に対して必要以上の計算処理とメモリ領域を消費する恐れがある。そこで、上記の情報の検索機能を実現したデータベースエンジンを作成した。最初に、施設情報の検索でユーザが指定する施設の種類に関する説明をする。この施設の種類の種類は3段階の階層構造になっている。具体的には、一番上位の分類(以下、大分類と呼ぶ)はデパート、コンビニ、飲食店などに分けられており、次の分類(以下、中分類と呼ぶ)は、大分類が飲食店ならば和食、洋食、中華などに分かれており、最下位の分類(以下、小分類と呼ぶ)は、中分類が洋食ならばフランス料理、イタリア料理、スペイン料理などように分けられている。分類は、データベースに登録することで任意に設定可能である。このように各施設が階層構造で分類

されているので、データベースエンジンの内部データ構造も施設情報を分類に応じた階層構造で保持するように設計した。階層構造には多段の平衡木を利用している。こうすることで非力な小型端末の計算能力でも十分処理可能な計算量になる。また、ローカルデータベースファイル内のデータ中で、店舗名、住所を表す文字データの全データに占める割合が大きい。そこで、重複する文字列を同じメモリ領域を参照するようにして文字列データを圧縮して必要なメモリ容量を削減している。これにより、内部データに必要なメモリ量が削減され、効率的にメモリを利用して検索することを可能にしている。

最後に、季節やイベントの有無により施設の情報が変化するので、その変化をローカルデータベースファイルに反映する必要がある。サーバのデータ更新はサーバ内のデータを書き換えるだけで済むが、クライアントのローカルのデータ更新はすべての小型端末内のファイルを置換える必要があり、端末の個数が多い場合に非常に煩雑な作業になる。しかし、ローカルデータベースファイルの内容を検索結果として施設一覧を提示するために必要なデータのみで設計しており、施設名、住所などの時間的に変化することがあまりないデータなので、更新する頻度が低い。もしローカルデータベースファイルを更新する場合でも、このファイルを置き換えればよいだけなので、ネットワークに接続できるときにファイルの更新を行うようにすれば、容易に最新情報に更新することが可能である。

上記の問題点を解決することにより、小型端末内でローカルに施設情報の検索機能を実現した。それに加えて、サーバに問い合わせる場合とローカルで処理する場合で共通のユーザインタフェースを提供することにより、ユーザからシームレスに利用できるように設計した。どちらの場合でも、ユーザは端末の画面から興味のある事象の種類を選択し、最終的に小型端末の画面に一覧が表示される(図 15参照)。サーバで問い合わせる場合とローカルで処理する場合の違いは、システム内での処理すべき内容が違うだけであり、ユーザには透過的に本検索機能を利用できる。また、システム内でサーバへの問い合わせとローカル検索処理を切り替える場合でも、それぞれで同じ検索用の引数を利用し、同じ形式(HTML形式)で検索結果を返すので、双方の切り替えも容易に行うことができる。

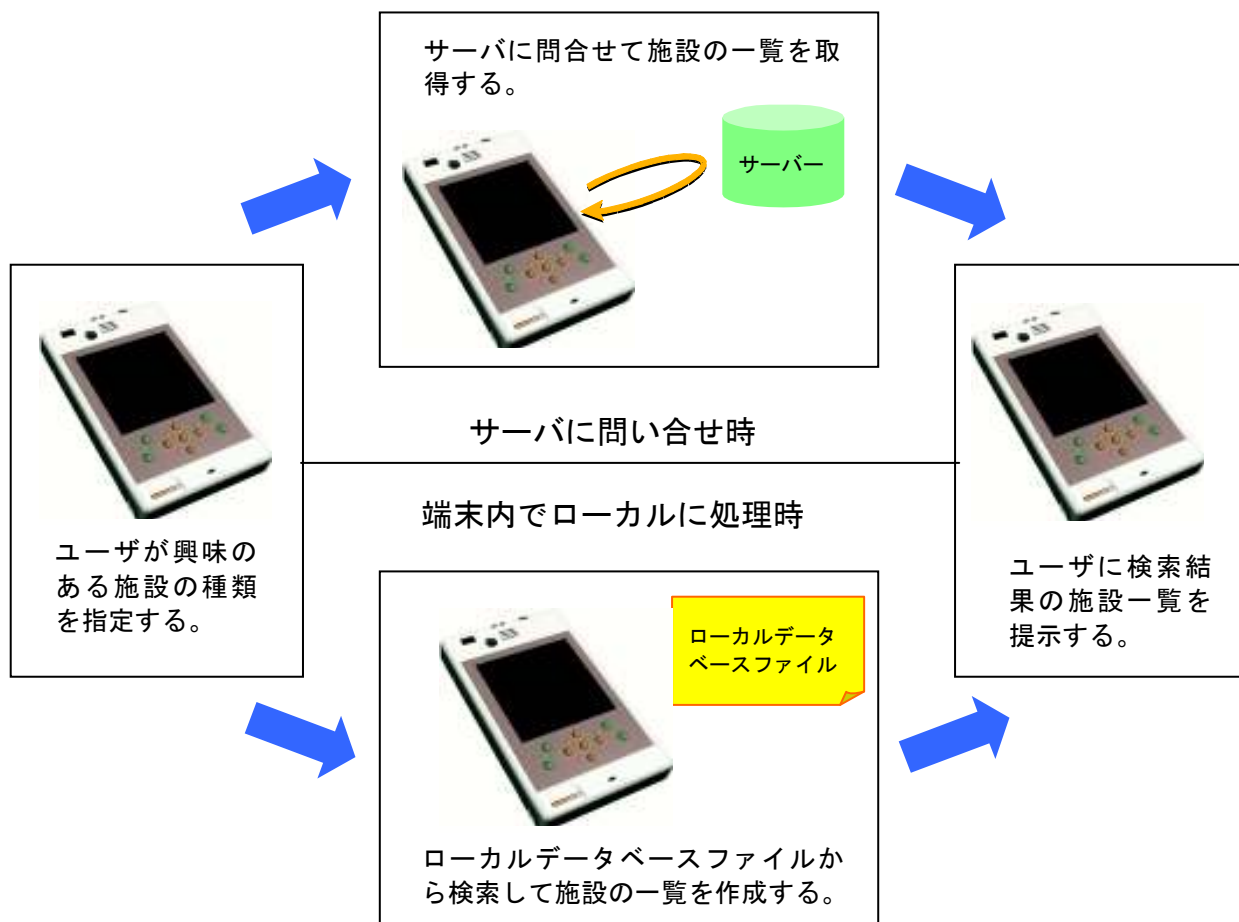


図 15：ネットワークの有無による施設情報検索の処理の流れ

このようにサーバとクライアント側の協調処理動作を実現した施設情報の検索機能を実装した。また、ネットワークの有無にかかわらずシームレスに操作でき、ヒューマンフレンドリなインタフェースを実現した。

4-2-3 ブラウザとサーバ間の協調処理言語

超小型汎用コミュニケーション端末では、ブラウザとサーバ間の協調動作をコンテンツ・レベルにて記述できるよう、TCP/IP ネットワークに対応したスクリプト言語を導入している。スクリプト言語は、既存のサーバ側のソフトウェア資産が活用できるようインターネットなどで広く普及している JavaScript (ECMAScript) を使用しており、XMLHttpRequest をサポートすることによりサーバとの非同期通信を可能とした。これにより、いわゆる AJAX と呼ばれる技術が使用可能となっている。

今回は JavaScript を使用し、超小型汎用コミュニケーション端末のシステムの機能呼び出せるようプラグインの追加を行った。追加したプラグインの中でシステムを実現する上で欠かせない機能として、超小型汎用コミュニケーション端末が持つ環境変数の操作を行う「環境変数アクセスプラグイン」について説明を行う。

4-2-3-1 環境変数アクセスプラグイン

超小型汎用コミュニケーション端末では、主に **HTML** ブラウザを使用してコンテンツの多くを提供している。利用者に応じて、使用する言語やナビゲーションの設定などが変化するが、事前に固定値を入れてしまうと、それぞれ設定を変えた端末を用意しなければならず不便である。そのために状況に応じて設定値が変えられる仕組みが必要となり、これらを実現するために、環境アクセスプラグインを実装することにした。

超小型汎用コミュニケーション端末には環境変数と呼ばれる読み書き可能な変数を、**env.ini** というファイルに格納している。**env.ini** に格納されている変数には、現在使用している利用者の言語やプロファイル、最新の **ucode** 解決情報などがあり、環境アクセスプラグインでは、これらの変数をリアルタイムに処理することによって、その状態に応じた表示をすることが可能となった。今回は以下のメソッドを実装した。

- (a) **getenv**
環境変数ファイルから指定したキー項目の値を取得する。
- (b) **setenv**
環境変数ファイルに指定したキー項目を設定する。
- (c) **getdirection**
内部方向センサーから取得した値を返す。
- (d) **getlanguage**
現在の言語コードを取得する。
- (e) **setlanguage**
言語コードを設定する。
- (f) **chglanguage**
言語コードを設定し、当該言語コードへの切り替えを行う。
- (g) **ucmgr_reset**
ucode マネージャのリセットを行う。
- (h) **getdirectionex**
外部方向センサーから取得した値を 0 ~ 3 5 9 の範囲で返す。
- (i) **getfontsize**
HTML ブラウザ用のフォントサイズを取得する。
- (j) **setfontsize**
HTML ブラウザ用のフォントサイズを設定する。
- (k) **getdatabase**
現在の検索表名を取得する。
- (l) **setdatabase**
検索表名を設定する。

上記のメソッドの中で主に使用するのが「**getenv**」であり、これらを使用した例を以下に記す。

(1) ジャンプ先の変更

環境変数 **lang** (言語) の値により、表示させるページ先を変更する。以下では、言語が日本語の場合、**lang** の変数名は「**jpn**」となるため、「**jpn/data.html**」のページにジャンプすることになる。

言語に限らず、現在設定している変数により、表示させるページを変更させる場合などに使用することが可能である。

```

<html>
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8">
<title>tab1</title>
<script type="text/javascript">
function JumpPage( path ){
    lang = document.env.getenv("/usr/etc/env.ini", "common", "lang" );
    location.href = lang + "/" + path ;
}
</script>
</head>
<body>
<object classid="ml_HBU_PluginEnv" name="env"></object>
<a href="javascript:JumpPage( 'data.html' );">page link</a>
</body>
</html>

```

(2)環境変数の表示

ページ表示時に環境変数を読み込んで画面に表示する。以下の例では、利用者が現在の設定値を確認したい場合などに、環境変数から値を取得し表示させる場合に有効である。

```

<html>
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8">
<script language="JavaScript">
function load_env(){
    s1 = document.env.getenv("/usr/etc/env.ini", "common", "lang" );
    s2 = document.env.getenv("/usr/etc/env.ini", "common", "database" );
    s3 = document.env.getenv("/usr/etc/env.ini", "common", "Loc_ucose" );
    document.myForm.data1.value = s1 ;
    document.myForm.data2.value = s2 ;
    document.myForm.data3.value = s3 ;
}
</script>
</head>
<body onLoad="load_env();">
<object classid="ml_HBU_PluginEnv" name="env"></object>
</body>
<body>
<form name="myForm">
lang=<input type="text" size="5" name="data1"><br>
database=<input type="text" size="8" name="data2"><br>
Loc_ucose=<input type="text" size="35" name="data3"><br>
</form>
</body>
</html>

```

4-2-4 まとめ

本年度は、ブラウザのチューニング、信頼性向上を実施した。具体的に実施したのは、パノラマブラウザの性能向上並びに、機能向上である。パノラマブラウザにおいて追加した機能として、上下方向の移動ならびに、昼と夜の景色の切り替え機能を追加した。また、ソフトウェアの構造を全面的に見直し、安定的な動作をする形に修正を実施した。

次に、サーバとクライアント側の協調処理機能を設計開発し、それをブラウザと接合することによって、携帯型端末が、ネットワークの有無にかかわらず、シームレスな表示サービスを実現した。具体的には検索を行う際にネットワーク環境がない状況でもネットワーク環境がある状況においてもユーザーが意識せずに検索を実施できる方式の開発を行った。このことにより、コンピュータの知識の乏しいユーザーの場合においてもネットワークを意識せずに利用可能となった。また、従来の携帯電話などのアプリケーションではネットワークの接続が可能である箇所では、十分な情報が取得できなかったが、本方式により、ネットワークによらずサービスを提供できる基盤を確立することができた。

サーバ・クライアント間での処理分担を柔軟に変更するために、平成19年度の開発したブラウザとサーバ間の協調処理言語の評価に基づき、バイトコード型の協調処理言語を設計・実装・評価を行った。これは **Java Script** をベースに機能を拡張し、**ucode** の送信や、センサー値の取得といったユビキタスコンピューティングを実現するには必要不可欠な機能の追加、実現を行った。この結果、既存の **Web** ベースのアプリケーションの方式の延長でコンテキストアウェアなアプリケーションの開発が可能となった。

4-3 小型化・省電力化のための S/W・H/W アーキテクチャの研究開発

4-3-1 ハードウェアプラットフォーム

平成 20 年度は、平成 19 年度開発したベースハードウェア改良版のファームウェアによるイベント処理機能および評価ツールを利用し、ユビキタスマーカが取り付けられた現実環境における評価とアルゴリズム改良をすすめる計画であった。また、機能のチップセット化を目指して、FPGA および汎用 CPU を搭載した二次試験装置の試作を行うことを目標としていた。以降では、それぞれに関して結果を報告する。

4-3-1-1 フィルタリングアルゴリズムの改良

本研究で開発している汎用コミュニケーション端末では、ユビキタスマーカから送信される ID を受信することで利用者に対して様々な情報提供を行う。端末で提示する情報は最寄りのユビキタスマーカに関連付けられた情報を提示する必要がある。そのため、最も近いユビキタスマーカを検出することが重要である。ユビキタスマーカは電波を利用しているが、電波を利用した距離推定はいくつかの手法が今まで提案されている。代表的な方式は 2 種類あり、ひとつは、電波を受信したときに得られる信号強度 (Received Signal Strength: RSS) を用いる方式、もう一つは 3 以上の基地局に対して送信された電波の到達時間の差から距離を割り出す方式である。後者の方式は、基地局の設置時に厳密な測量を必要とすることや、基地局間でそれぞれ電波の到達情報をやり取りする必要があるなど設置コストが高いため、今回の手法としては前者の方式を採用している。RSS を用いる方式は、受信端末側で信号強度をみて計算するだけであるため、設置コストは後者の方式に比べて低い利点がある。RSSI 値と距離の理論的な関係は次式で表すことができる。

$$RSSI[\text{dBm}] = -(10n \log_{10} d + A)$$

$$RSSI[\text{mW}] = d^{-n} 10^{-A/10}, d \geq 0$$

n は信号伝播定数、d は相対距離[m]、A は相対距離が 1 m 時の RSSI 値である。このシステムの場合、相対距離はユビキタスマーカと端末間距離である。図 16 は A を 0 とおき、信号伝播定数がそれぞれ 2, 3, 4 のときの距離による RSSI 値の変化を示したグラフである。

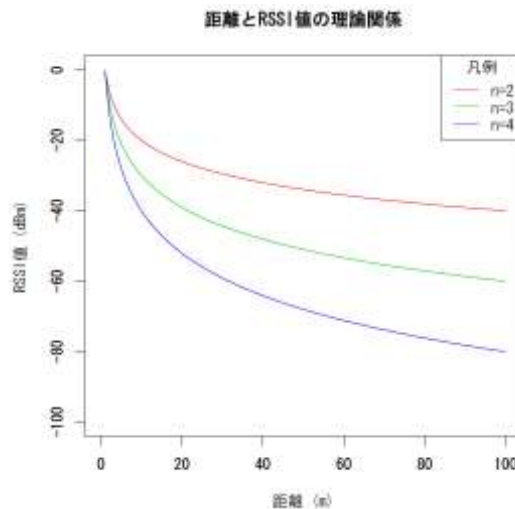


図 16 距離と RSSI の理論的な関係

図 16 から距離が遠くなると RSSI は単調に減少しているのがわかる。特に 20m 以内であ

れば、値の差が顕著になるため距離推定を行いやすい。これを利用して、マーカと端末間の距離を推定することが可能である。しかし、電波の受信強度は環境に左右されやすく、RSS 値は揺らぎが大きいいため誤差もその分大きくなる問題点がある。

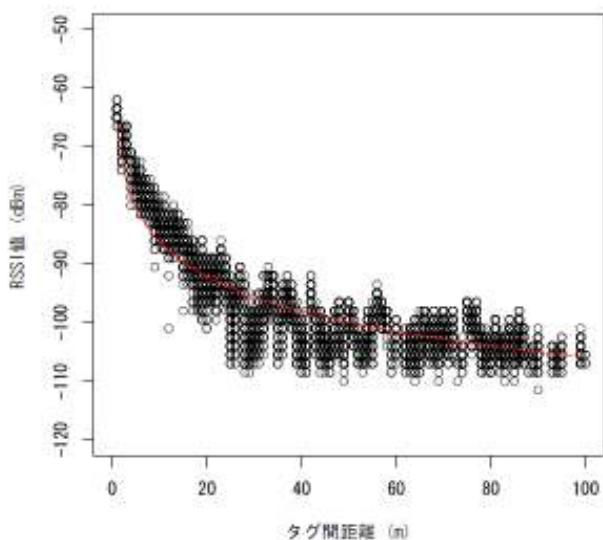


図 17：実環境における距離と RSSI との関係

図 17は実環境における RSSI と距離との関係である。ノイズがほとんどない屋外の環境において実験を行い計測した結果である。タグと地面との距離を 1m とし、一方のタグが送信したパッケージを他方のタグがそれを受信する。送信タグはパッケージの送信を 200 回行う。送信タグを 1 m ずつ受信タグから離し、タグ間距離が 1 m から 100 m まで合計 100 地点で 200 回のパッケージ送信を行う。この結果をもとに回帰分析を行った結果、信号伝播定数として $n=1.965$ を得た。

本研究では上述の RSS 値の揺らぎの問題を克服するため、端末で処理できる程度の軽量な手法を提案する。誤差を少なくするためには RSS の値を複数回サンプリングすることによって可能である。19 年度まで実装していた手法においても RSS を複数回取り平均値を求めることにより誤差を軽減させてきた。しかし、平均値をとった場合においても遠くに設置されているマーカの電波を受信する場合があります。最寄りのマーカの受信を高い精度で検出できていなかった。本システムへの要求を考慮すると、サンプリングによって求める推定量は次の条件を満たすことが望ましい。

- 計算が単純である
- メモリの使用量が少ない
- 少ないサンプルから正しく見積もることができる

このため、カルマンフィルターや逐次モンテカルロ法などの大量のサンプルが必要な推定手法は利用できない。そこで、Woo らがアクティブ RFID タグ間の無線リンクの信頼性を見積もるために用いた推定量を利用する。彼らは[1, 2] で計算資源が限られているシステムにおいて有効な推定量を評価し、単純な推定量を用いて正しくタグ間の無線リンクの質を見積もることができることを示した。本研究では Woo らが提案した移動平均の指数加重移動平均(Window mean with exponentially weighted moving average: WMEWMA) を含め、4 つのサンプリングアルゴリズムを実装し評価を行った。4 つのサンプリングアルゴリズムを以下に示す。

Consecutive : 連続して観測された RSSI 値がすべて近接判断閾値よりも高ければ接近

とみなす。本研究で用いる 4 つのサンプリングアルゴリズムの中で、複数の RSSI 値から推定量を求めない唯一の手法である。

WM : 直近に得られた複数の RSSI 値から移動平均(Window mean: WM)を求め、移動平均を近接判断閾値と比較する。

EWMA : 直近に得られた複数の RSSI 値から指数加重移動平均(Exponentially weighted moving average: EWMA) を求め、EWMA を近接判断閾値と比較する。

WMEWMA : 直近に得られた複数の RSSI 値から移動平均を求め、移動平均の指数加重移動平均(WMEWMA) を求める手法である。WMEWMA が近接判断閾値と比較される。

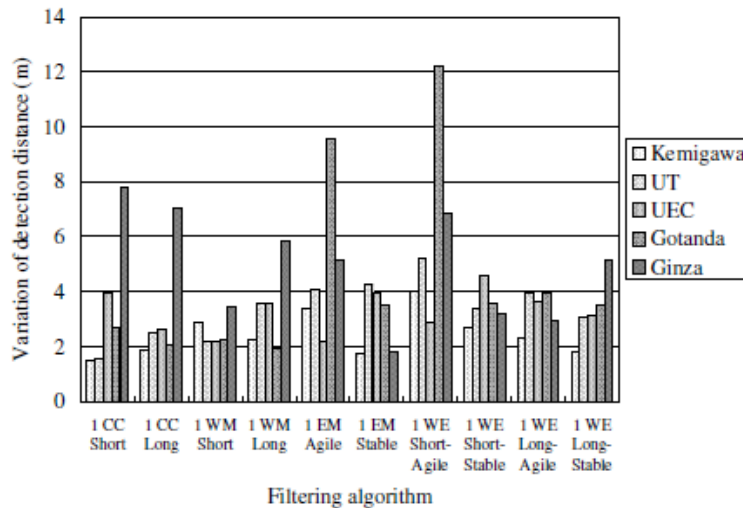


図 18 それぞれのフィルタリングアルゴリズムの評価

評価を行うために、5 か所のそれぞれ特徴の異なるフィールドで実験を実施した。Kemigawa は東大検見川グラウンドであり、周りに建物がない電波的に安定している場所、UT は東大構内のバス通り、UEC は東京電機大学の構内、Gotanda は五反田駅周辺の国道 1 号線沿いの歩道、Ginza は松屋銀座まへの歩道で実験を実施した。図 18 はフィルタリングアルゴリズムの評価結果である。横軸にフィルタリングアルゴリズム、縦軸に検出距離の誤差を示している。CC は Consecutive、EM は EWMA、WE は WMEWMA の略である。また、設定するパラメタとして、Short, Long, Agile, Stable があり、それぞれ Short はウィンドウサイズを 3、Long はウィンドウサイズを 6、Agile は指数加重平均をとるときの係数の値を 0.6、Stable は係数の値を 0.3 として実行した。図より WM の Short や EM の Stable の設定の場合に有効であることがわかった。この知見を用いて、汎用コミュニケーション端末上にユビキタスマーカ用のフィルタリングアルゴリズムを実現した。

[1] Woo and D.E. Culler. Evaluation of Efficient Link Reliability Estimators for Low-power Wireless Networks. Computer Science Division, University of California, 2003.

[2] Woo, T. Tong, and D. Culler. Taming the underlying challenges of reliable multihop routing in sensor networks. Proceedings of the 1st international conference on Embedded networked sensor systems, pp. 14–27, 2003.

4-3-1-2 イベントプロセッサ

イベント処理機能をチップセット化することを目的とし、ベースボード搭載の汎用 CPU

とファームウェアによりアルゴリズムを検討してきた。ベースボードの構成を図 19に示す。ここでイベント処理機能を担っているのはアタッチメント中のアタッチメント CPU(イベントプロセッサ)である。

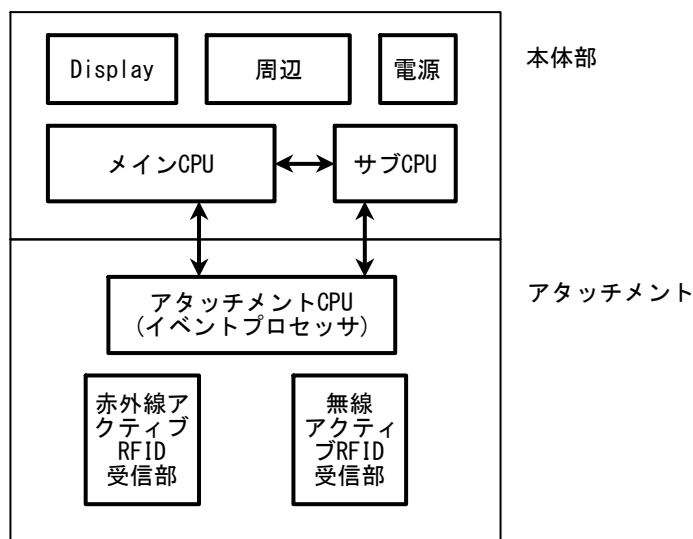


図 19 : ベースボードの構成図

チップセットを構成する上ではイベント処理を行う部分は外部からのイベント的要因をここで集約し前処理をし、アプリケーション CPU(メイン CPU)に引き渡す。ベースボードにおいては、イベント要因として赤外線アクティブ RFID、無線アクティブ RFID が受信したイベントに限定をしていたが、ユビキタス・コミュニケータの機能を考える上では、以下のようなイベントが想定される。

- ・ 赤外線アクティブ RFID
- ・ 無線アクティブ RFID
- ・ 方位センサー(3 軸)
- ・ 加速度センサー(3 軸)
- ・ ジャイロセンサー
- ・ GPS 受信機
- ・ 照度センサー
- ・ WAN(たとえば PHS)からの着信信号(RING)
- ・ イベントを通信してくる周辺機器との近傍通信(Bluetooth の SPP などによる)
- ・ アプリケーション CPU をスリープからアクティベートするタッチパネルの起動イベント
- ・ アプリケーション CPU をスリープからアクティベートするスイッチの起動イベント

上記のイベントを発生するデバイスのインタフェースはスイッチを除けばシリアル通信によっている。一方組込み用ワンチップマイコンはこれだけ多くのシリアルインタフェースを持つものではなく、専用チップセットがないと構成しにくい。また、イベントの処理の一つ一つはそれほど複雑ではないが、それぞれのイベントは非同期でいつ入ってくるかわからないことと、リアルタイム処理が必要であることから汎用 CPU のみで処理すると処理性能がかなり必要になるという問題がある。本年度は、これらを効率良く処理するイベント処理機能を FPGA を用いて構成するための試作ボードを開発した。FPGA 中には汎用

CPU が構成できるようになっている。これはハードウェアロジックのみで構成するとイベントの種類を増減や将来新しいイベントが追加されるなどに対する柔軟性に欠けるからである。

FPGA のロジックは 21 年度に搭載するが、基本的ブロックは図 20 に示す通りである。イベントプロセッサには、汎用 CPU の CPU コアおよび SDRAM コントローラを搭載する。バスブリッジを介して、外部 I/F として 10 ポートを用意し、ここに様々なイベント受信デバイスが接続される。このイベントを処理するための割り込み処理部および今年度までに検討しているイベント処理専用ロジック部がある。以上の機構により処理されたイベントはメイン CPU I/F を介して、メイン CPU 回路に渡される。

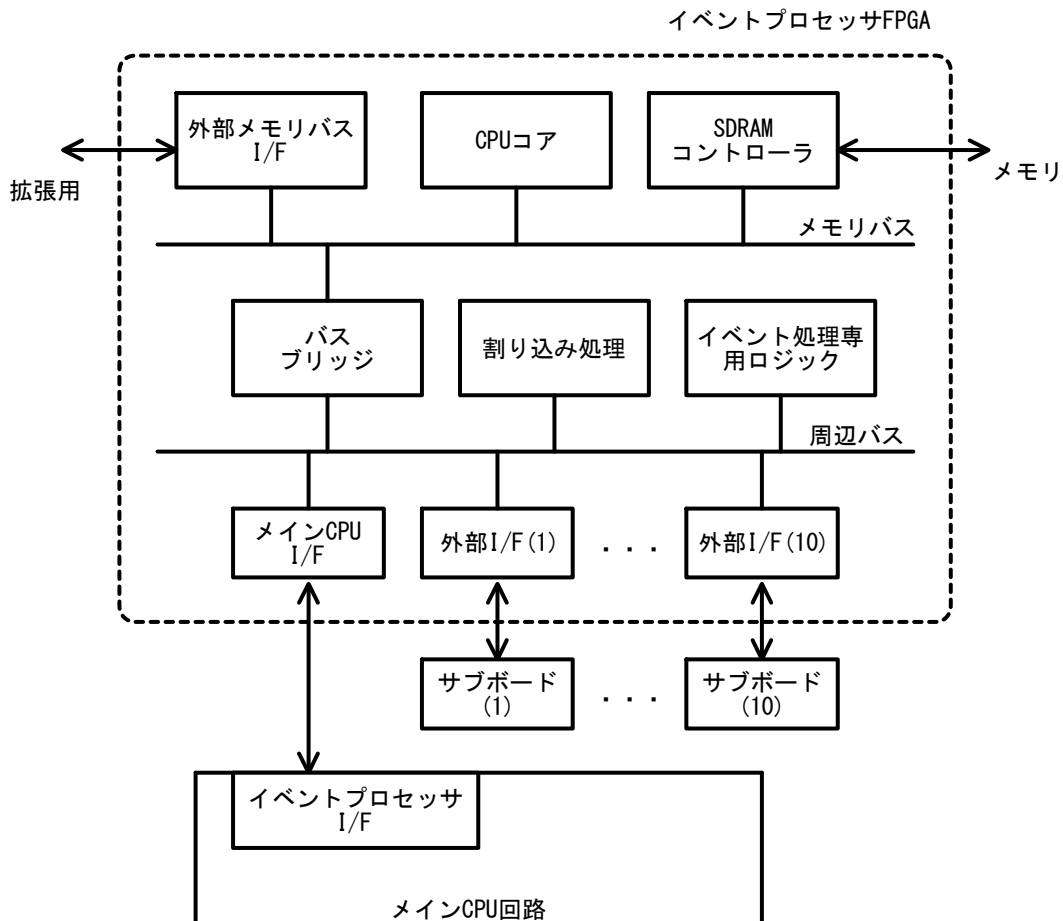


図 20 : イベントプロセッサ FPGA のブロック図

図 21 にイベントプロセッサ評価ボードの写真を示す。中央やや上が FPGA である。ボードの周辺側の左右に 3 つずつ、下に 4 つ、合計 10 枚のサブボードを搭載できるようになっている。上部中央にはメイン CPU インタフェースとして高速同期シリアル通信(SPI)、2 線シリアル通信(I²C)をサポートしている。隣接して UART を 2ch 用意していて、この UART はデバッグ用に利用できるが、SPI、I²C のかわりにメイン CPU インタフェースとしても利用できる。チップセット化の上ではメイン CPU インタフェースは主要なものを評価しておくため複数のインタフェースを実装している。メイン CPU インタフェースとしては、携帯機器内の機能モジュールをサービスベースで分散する NoTA と呼ぶオープンアーキテクチャが注目されているが、NoTA の物理層レベルのインタフェースの一つとして組み込み機器のインタフェース団体 MIPI (Mobile Industry Processor Interface) が提唱する高速シリアルインタフェース HSI がある。このような SPI、I²C、UART 以外のメイ

ン CPU インタフェースは、サブボードとして構成して、試行ができるようになっている。

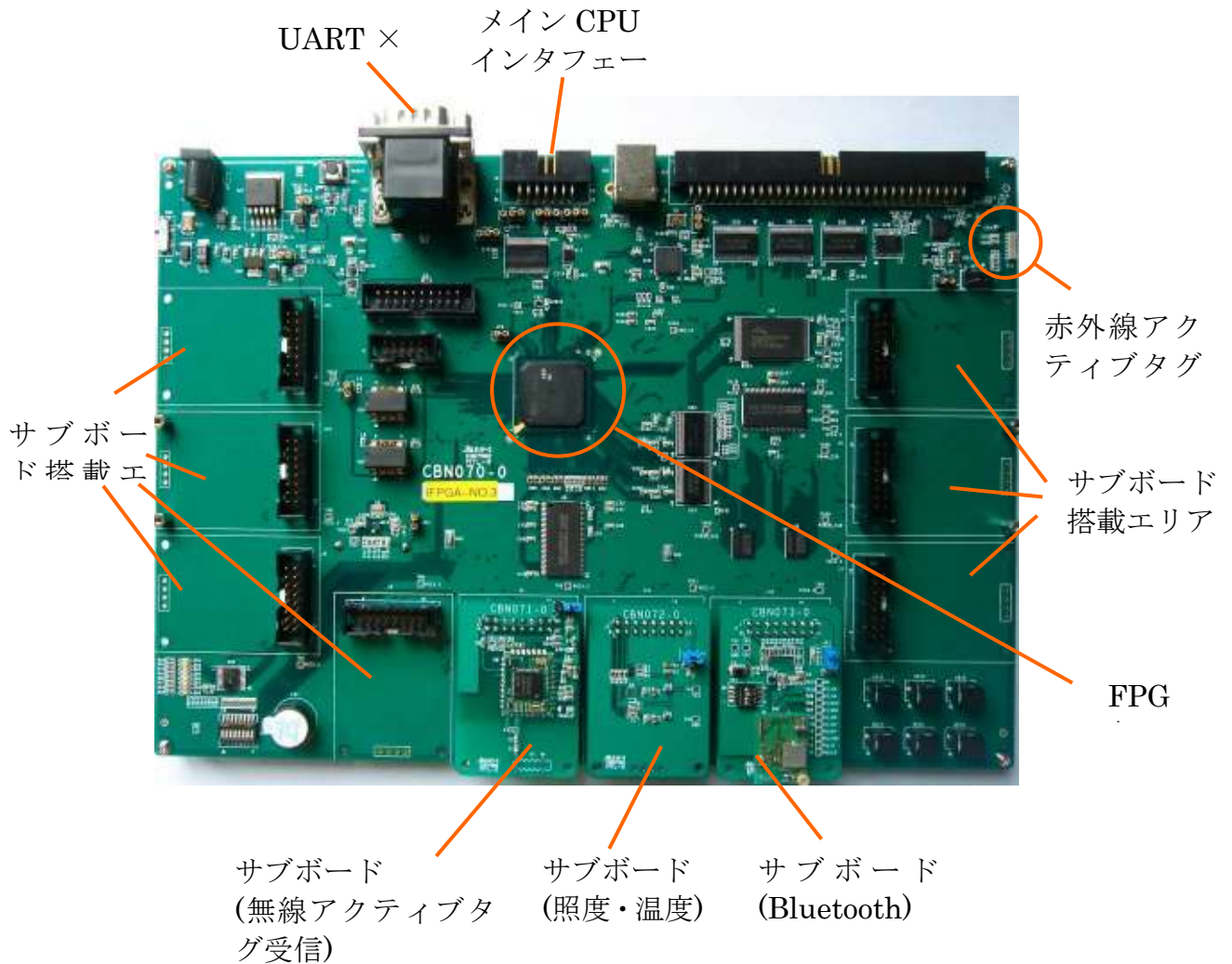


図 21 : イベントプロセッサ FPGA ボード

サブボード搭載エリアは、共通コネクタ形式にしてあり、各種イベント発生/受信機能を持つサブボードを最大 10 枚まで接続できる。今年度はサブボードとして、無線アクティブタグ受信ボード、照度・温度センサーボード、外部のイベント受信装置から Bluetooth の SPP 通信で受けるための Bluetooth ボードを開発した。また赤外線アクティブタグの受信はメイン基板上に実装している。

今回の実装に利用している FPGA はシステムゲート数が 100 万個で、タイル数が 2 万 4576 個。1K ビットのユーザーフラッシュメモリと 144K ビットの SRAM を備える。FPGA 中に構成する CPU は最大 72MHz で動作する。試作基板には外部メモリとして、NOR-Flash 16MB、SRAM 2MB、疑似 SRAM 16MB、SDRAM 16MB を搭載した。本 FPGA(CPU 内蔵)による評価ボードをベースとして FPGA 内のロジックを構築することにより、チップセット IP 化への道筋ができ、21 年度以降の開発評価をへて完成させることができると考える。

4-3-2 ソフトウェアプラットフォーム

平成18年度、19年度の試作したソフトウェアプラットフォームを強化することを念頭に研究開発を実施した。具体的には、まず第一に、外部のパッシブタグやアクティブタグから得られた情報から、実世界のコンテキストをより正確にかつ広範囲に検出可能な領域を広げるためGPSとの併用による方式を研究開発した。第二に、GPSに加え、方向センサーなどのセンサーデバイスの情報を実世界のコンテキストの一部として扱えるように機能追加した。以降ではその内容に関して述べる。

4-3-2-1 外部モジュールとの協調動作の実現

超小型汎用コミュニケーション端末は、あらゆるコンテキストを得るために、センサーなどを搭載したデバイスとの協調動作が必須である。あらゆるコンテキストとは、「場所」、「時刻」、「気温」、「湿度」、「標高」などの状況であり、UCはこのコンテキストを実世界の状況として認識し、それに応じたコンテンツの表示や再生を行う。即ち、ucodeリーダ(ucodeが格納されたマーカやタグを読み取る機能)、GPS、方位センサーなどは、コンテキストを得るためのデバイスと言える。

このようなコンテキストを得るためのデバイスと、端末本体の物理的な接続関係は、端末本体のハードウェアがバージョンアップされるたびに、見直され仕様変更されている。例えば、ucode無線マーカのリーダ機能は、端末の前バージョンでは、端末本体に組み込まれていたが、現バージョンでは、マルチレシーバと呼ばれる複合ucodeリーダ機器に組み込まれ、取得したucodeは、Bluetooth SPP通信によって端末本体へ転送される仕様となっている。

このような仕様変更によって発生する、UCソフトウェアプラットフォームの変更は、甚大になる可能性がある。UCソフトウェアプラットフォームのアプリケーションレイヤーやマネージャ・ミドルウェアレイヤーは、より下のレイヤーが提供するAPIを利用しているが、このような仕様変更により、利用するAPIが全面差し替えになる可能性がある。また、その差し替え前後のAPI仕様の差異によっては、根本から設計をやり直さなければならない可能性もある。つまり、従来手法では、端末本体と外部モジュールの協調動作は実現できても、端末本体と外部モジュールの物理的な接続関係が変更された場合、柔軟な対処ができない仕組みだった。この問題を解決するため、UCソフトウェアプラットフォームに、NoTA(Network on Terminal Architecture)というアーキテクチャを導入することにした。

NoTAの概要

NoTAとは、携帯機器や組み込みシステムのためのモジュール式相互接続を核とし、モジュール間ネットワーク内でのサービス提供を基盤としたオープンデバイス・システムアーキテクチャである。図22は、NoTAシステムのイメージである。NoTAは、アプリケーションノード(AN)、サービスノード(SN)、システム相互接続部(IN)の3つの基本要素で構成され、システム相互接続部には、メッセージ通信、データ通信の2種類の通信が行われる。

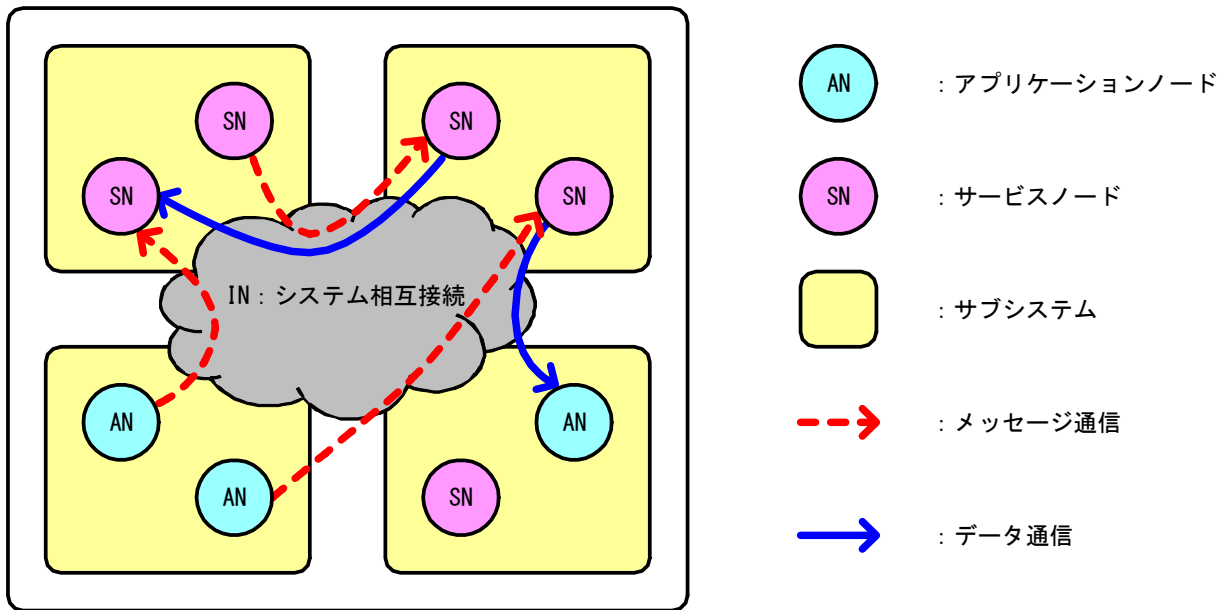


図 22 : NoTA システムのイメージ

(2) デバイス相互接続プロトコル(DIP)

NoTA の根幹となるソリューションは、DIP(Device Interconnect Protocol)である。DIP は様々なネットワーク伝送方式に柔軟に対応する、軽量な通信プロトコルであり、機器内部の接続に最適化されている。また、DIP は MIPI の高速シリアルインターフェースから Bluetooth のような無線伝送まで、様々な物理インターフェース上に実装することができる。図 23 は、その DIP に着目したプロトコルレイヤー構成図である。この図 23 は、図 22 のノードからノードへの通信を、OSI 参照モデルのように、縦割りにして示したものと考えてよい。

DIP は、H_IN、L_IN の 2 つのプロトコルレイヤーで構成される。H_IN は、アプリケーションノード、サービスノード、スタブ API を開発するための API を提供するプロトコルレイヤーである。このレイヤーでは、サービスの登録と発見、サービスへのアクセス機能、および、セキュリティ機能を提供する。L_IN は、サブシステムの発見と、サブシステムへのアクセス機能、および、ソケットベースの通信機能を提供する。なお、L_IN は up と down の 2 つのレイヤーに分かれる。L_IN down は、伝送方式特有のプロトコルに対応するためのレイヤーであり、DIP のデバイス依存部と考えるべき。

また、NoTA を導入したシステムでは、個々のサブシステムの機能に応じた、スタブ API を定義するのが一般的である。例えば、ストレージサブシステムであれば、ストレージアクセスに特化したストレージアクセススタブ API を定義する。なお、XML 言語で記述された SIS(Service Interface Spec)を作成すれば、NoTA スタブジェネレータというサポートツールを利用することで、スタブ API を自動生成することができる。

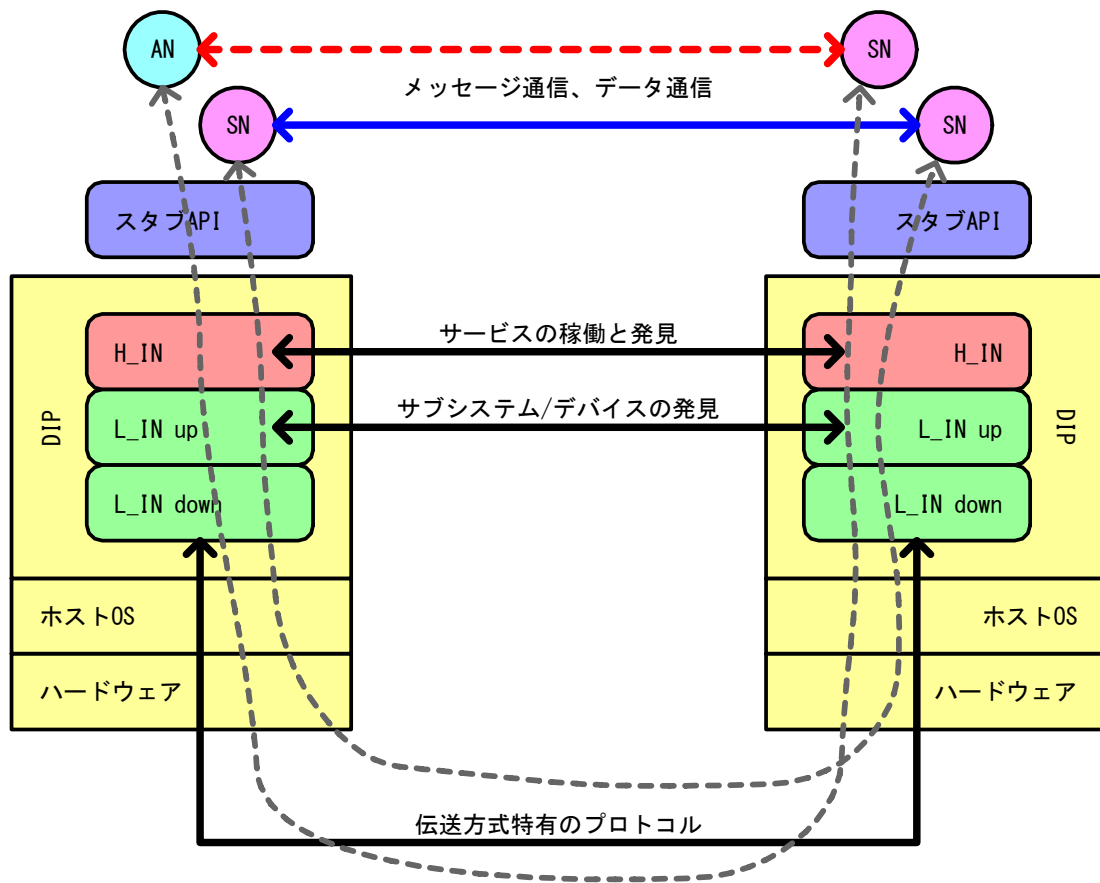


図 23 : DIP のプロトコルレイヤー構成図

(1) UC ソフトウェアプラットフォームへの NoTA の導入

今後、端末本体と、ucode リーダ、GPS、方位センサーなどの外部モジュールに NoTA を導入し、その外部モジュールの機能に特化したスタブ API を定義する予定である。これにより、理論的には、端末本体と外部モジュールの物理的な接続関係が変更された場合でも、L_IN down の実装以外は、ソースコードのリコンパイルだけで対処可能である。なお、ucode リーダ機器の制御に特化した、ucode 取得スタブ API については、マルチレシーバのような複合 ucode リーダでの利用を前提に検討し、SIS を定義した。以下は、その SIS から一部を抜粋したものである。

```

<!--=====
(1) 登録済み ucode リーダのデバイス情報取得 (AN ⇒ SN)
=====-->
<message name="get_devList_req" code="0x0001" direction="in">
  <documentation>(1) 登録済み ucode リーダのデバイス情報取得 (AN ⇒ SN) </documentation>
  <part name="miscId" type="nota:uns32"></part>
</message>

<message name="get_devList_cnf" code="0x0002" direction="out">
  <documentation>(1) 登録済み ucode リーダのデバイス情報取得 (AN ⇒ SN) </documentation>
  <part name="miscId" type="nota:uns32"></part>
  <part name="result" type="tns:T_Result"></part>
  <part name="devInfoList" type="tns:T_DevInfoList"></part>
</message>

<!--=====
(2) コンフィグレーション情報の属性一覧取得 (AN ⇒ SN)
=====-->
<message name="get_configAttrList_req" code="0x0003" direction="in">
  <documentation>(2) コンフィグレーション情報の属性一覧取得 (AN ⇒ SN) </documentation>

```

```

<part name="miscId" type="nota:uns32"></part>
<part name="kind" type="tns:T_DevKind"></part>
</message>

<message name="get_configAttrList_cnf" code="0x0004" direction="out">
  <documentation> (2) コンフィグレーション情報の属性一覧取得 (AN ⇒ SN) </documentation>
  <part name="miscId" type="nota:uns32"></part>
  <part name="result" type="tns:T_Result"></part>
  <part name="configAttrList" type="tns:T_ConfigAttrList"></part>
</message>

<!--=====
      (3) コンフィグレーション情報の取得 (AN ⇒ SN)
=====-->

<message name="get_config_req" code="0x0005" direction="in">
  <documentation> (3) コンフィグレーション情報の取得 (AN ⇒ SN) </documentation>
  <part name="miscId" type="nota:uns32"></part>
  <part name="kind" type="tns:T_DevKind"></part>
  <part name="attr" type="nota:bdata"></part>
</message>

<message name="get_config_cnf" code="0x0006" direction="out">
  <documentation> (3) コンフィグレーション情報の取得 (AN ⇒ SN) </documentation>
  <part name="miscId" type="nota:uns32"></part>
  <part name="result" type="tns:T_Result"></part>
  <part name="value" type="nota:bdata"></part>
</message>

```

4-3-2-2 GPS ならびに方位センサーとの連動

本年度の開発では、外部のパッシブタグやアクティブタグから得られた情報から、実世界のコンテキストをより正確に推定するロジックの研究開発、GPS等の衛星からの入力も実世界のコンテキストの一部として扱えるように機能追加が目標であった。そこで、GPS測位ならびに、方向センサーによるコンテキスト取得並びに情報提示の方式に関する検討を実施した。本年度の研究開発において、アクティブタグおよびパッシブタグと、ここで提案を行ったGPS測位に基づいたエリア判定を併用した場所検知を実現した。この用途は、主に以下の3種類に分けられる。

アクティブタグおよびパッシブタグの無い地点を補完するGPS測位による場所検知

GPS測位によるナビゲーションエリア範囲外判定

タグの全く設置されていないエリアでのタグフリーナビゲーション

(1) アクティブタグおよびパッシブタグの無い地点を補完するGPS測位による場所検知
 アクティブタグやパッシブタグは、主に移動ルートの分岐点などナビゲーションのために重要な地点に設置しているが、こうした地点はナビゲーション対象エリア中に多量に存在し、これら全ての地点にアクティブタグ/パッシブタグを設置することはコストの面から難しい。そこで、ナビゲーションに有用であるがタグが設置されていない地点にて、GPSを用いた測位システムを併用することによって場所検知を補完的に実現した。そして、これを奈良市において実際に施行することで確認した。

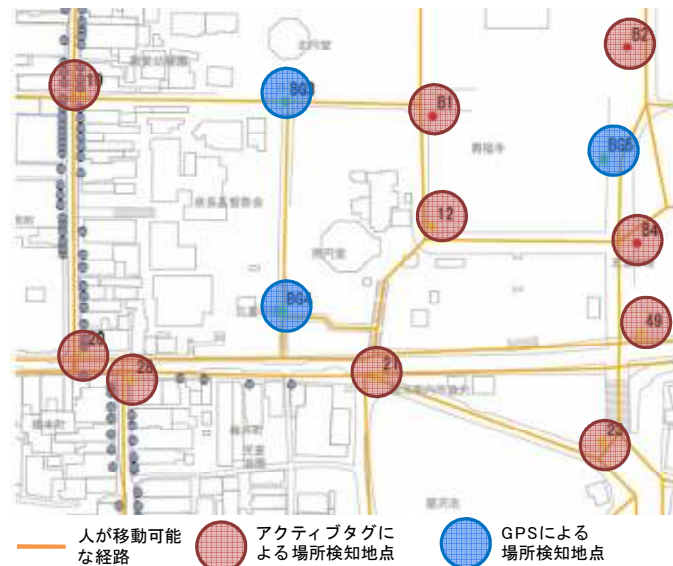


図 24 : GPS 場所検知地点の導入によるナビゲーション対応地点の補完例

図 24は奈良市におけるアクティブタグ設置個所と GPS による場所検知による補完を実施した箇所を示している。赤丸がアクティブタグより ucode を受信することが可能な地点、青丸が GPS による場所検知地点である。GPS から得られる座標情報を用いて、あらかじめ座標に対して割り当てていた ucode に変換することにより、アクティブタグ/パッシブタグによるシステムと共通化することが可能となった。

(2) GPS 測位によるナビゲーションエリア範囲外判定

GPS による場所検知は、設置コストが抑えられる利点の他に、電波タグのように電波伝搬環境等の制約に関係なく対応エリアの半径を任意に決定できるという利点を持つ。こうした特徴を生かし、“ナビゲーションサービスエリアのエリア外判定”に GPS 測位を用いる。ナビゲーションサービスのエリア外には、頻繁には人が到来しないにもかかわらず、広範囲なエリアをカバーする必要があるため、GPS 測位による場所検知の利点を生かすことのできる用途と言える。

図 25の例では、実証実験で適用したエリア外判定の例を示した。2カ所のエリア外判定の内、特に右側のエリア外判定では、ナビゲーションエリアから逸脱する方向の通行可能な経路が2経路存在するが、これら両方の経路に対応するよう GPS 測位に基づくエリア外判定を導入することで、サービスが提供されていない経路全てをカバーするための電波タグの設置コストを抑えることができた例を示している。

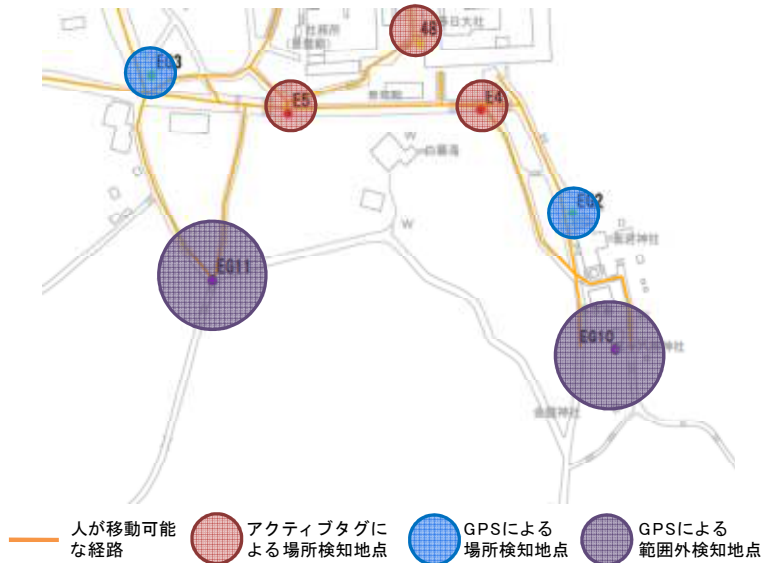


図 25 : GPS 測位を用いたナビゲーションエリア外判定の適用例

(3) タグフリーナビゲーションエリア

本実証実験では、奈良市街のならまちエリアにて、電波タグを全く使用しないナビゲーションを実施する地区を設けた。ならまちエリアでは、人が移動可能な経路の分岐点に GPS 測位に基づく場所検知地点を設置し、ナビゲーションエリアの外縁部には GPS 測位に基づくナビゲーションエリア外検知を適用した。これにより、地区全域にて電波タグを全く用いないナビゲーションを実現した。

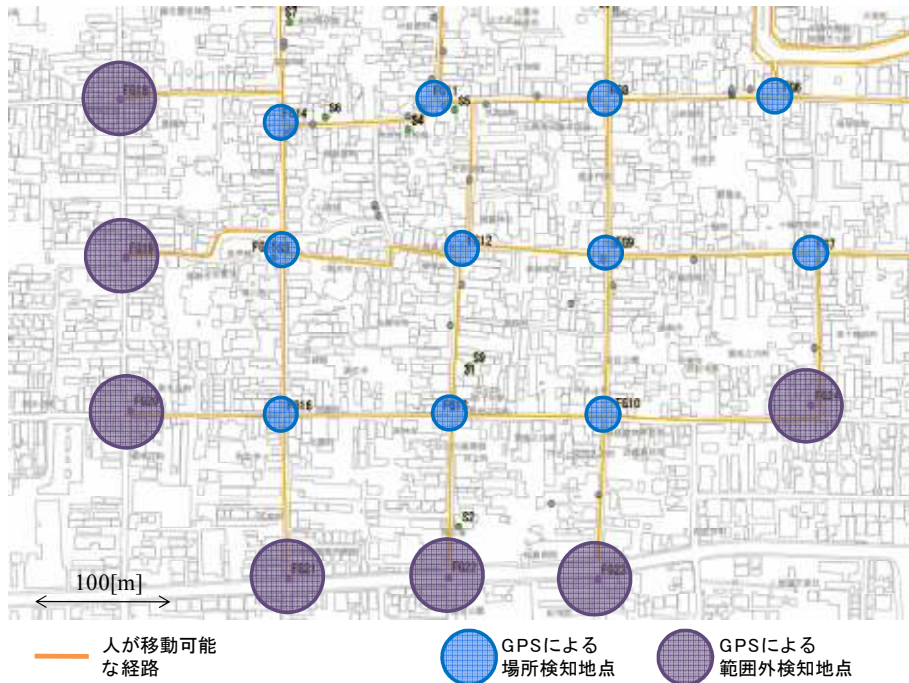


図 26 : GPS 測位を用いたナビゲーションエリア外判定の適用例

汎用コミュニケーション端末を持つユーザの現在位置は、電波マーカまたは GPS マーカの判定結果により得られる。これに加え、ユーザの装着するユビキタス方位センサから得られる方位値を併用することにより、ユーザの位置座標および方位を用いたナビゲーション

を実現した。方位を用いたナビゲーションでは、電波または GPS マーカを受信した場合に道標を画面に表示する（図 27-(a)）。さらに、ユーザがその場で向いている方角を変更した場合、その方角に合わせて方位センサ値に応じて道標の情報も更新する（図 27 (b、c)）。

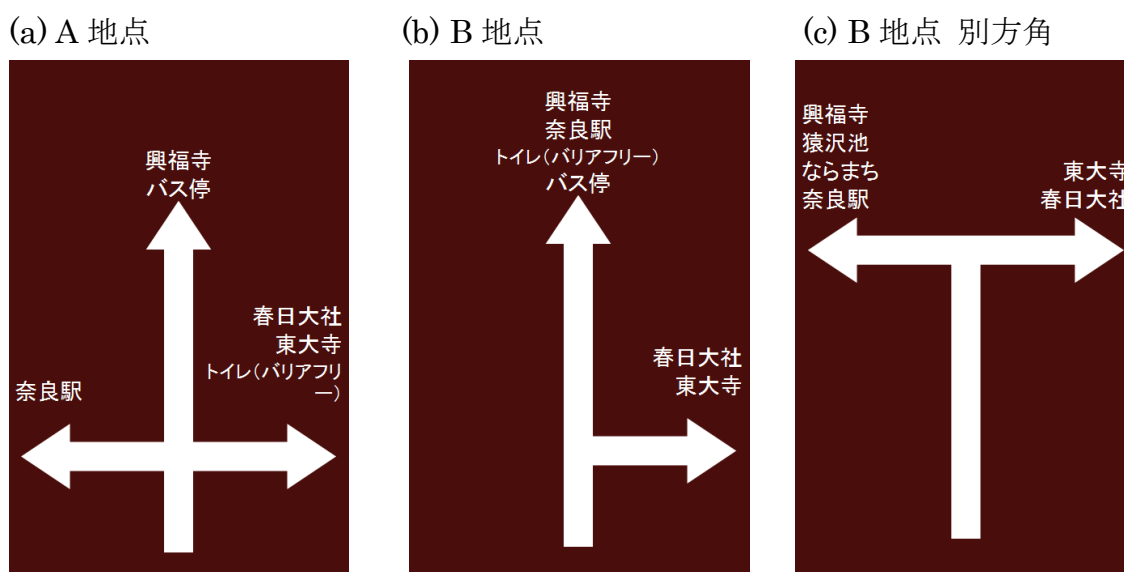


図 27：地点および方角の違いによる道路標識情報の例示（奈良地区）

これらの方位を用いたナビゲーションでは、自分の行動がナビゲーション結果にリアルタイムに反映されることから、「楽しい」「便利」などのポジティブなモニタ意見が多く得られた。

4-3-3 まとめ

ハードウェアプラットフォームにおいては、アクティブタグより送信される電波のフィルタリングアルゴリズムの改良ならびに、イベントプロセッサのチップセット化の検討を実施した。フィルタリングアルゴリズムの改良においては、軽量、単純な処理で実現可能なフィルタリングアルゴリズムを4種類検討し、それぞれを実際の空間で施行することにより有効な処理方式を確認した。また、イベントプロセッサのチップセットの検討を実施した。これまで開発してきた汎用コミュニケーション端末の試作機で得られた知見より、ユビキタスコンピューティングを実現する上で、周辺環境情報を取得するためには通常のCPUではインタフェースの数が不足していることから、専用のチップセットを開発することが望ましい。そのため、試作機を開発し、いままで使用してきたデバイスを接続できるプロトタイプを開発した。これを用いて来年度さらに検討を進め、チップセットを開発していく予定である。

また、今年度は19年度までに開発をしていたソフトウェアプラットフォームの機能拡充を実施した。具体的には、周辺の機器と接続することにより位置や方角などのコンテキスト情報を取得するための接続機能、ならびに周辺機器から得られるコンテキスト情報を用いて状況を認識し、ユーザに対して適切な情報を出力する方式を実現した。具体的には、GPSから得られる座標情報ならびに、昨年度までに実現していたアクティブタグ並びにパッシブタグによる位置検出方式を組み合わせ、より広範囲に位置情報を取得する方式を実現した。また、GPSに加え、方位センサーからの情報を取得することにより、方角によってある位置で提示する道案内を変更する方式を実現した。

周辺機器との接続方式には携帯電話などで用いられることを想定して提案された NoTA

を採用した。このことにより、我々の提案する方式であっても、第三者の提案する方式であっても共通のプロトコル上で動作するため、対応可能なデバイスの選択肢が広がることが期待できる。また、システムが変更になるたびに上位のソフトウェアも修正が必要であったが、NoTA を実現することにより修正箇所が下位のデバイスに関連する部分のみになることから、システムの部分の再利用性が高まることが期待できる。

4-4 総括

平成 20 年度は超小型汎用コミュニケーション端末の開発を引き続き実施し、次にあげる成果を達成した。(1) ソフトウェア制御型の RFID マルチプロトコル R/W の研究開発として、20 年度は次のことを実施した。(1-1) 超小型マルチプロトコル RFID R/W の開発においては、最終目標に挙げている ISO/IEC15693、ISO/IEC18092、ISO/IEC18000-4、ISO/IEC18000-6B、6C、ミューチップの 3 周波数帯、6 種類の RFID タグとの通信が可能な 5cm 四方のモジュールの開発を実施した。その結果、目標としていた 5cm 四方のモジュールを実現し、消費電力に関しても目標の値を達成できたことが確認できた。今後はより高い品質ならびに安定したモジュールの開発に向けて回路の修正やソフトウェアの修正を実施していく予定である。(1-2) アクティブタグにおいては、電波伝搬状況が大きく違う環境にアクティブタグを設置して、チューニングを行い電波伝搬状況の違いによる電波強度の差を補正できるかを評価した。その結果、チューニング機構を用いることによって、電波強度の差を補正することが可能であることが実際の環境で確認された。(1-3) 自律的に動作可能なアクティブタグを実現するために太陽電池による自己発電の検討を引き続き実施した。昨年度開発をした球状太陽電池を発電素子としたアクティブタグ用の電源を、本年度は実際の屋外環境で長期稼働評価を行った。評価を行った球状太陽電池は、直径 75mm 半球、直径 100mm 半球、直径 100mm 欠球の三種類に対して実施し、100mm タイプ太陽電池を利用して、充電回路、二次電池を搭載する発電素子一対型アクティブタグが有効であることが検証された。

(2) ヒューマンフレンドリなユーザインタフェースをコンパクトかつ高性能で実現するために、サーバ・クライアント間で負荷分散が実行環境に応じて動的にできるブラウザの研究開発として、平成 20 年度は次のことを実施した。(2-1) コンパクトかつ高性能に実現するために、ブラウザのチューニング、信頼性向上を実施した。具体的に実施したのは、パノラマブラウザの性能向上並びに、機能向上である。パノラマブラウザにおいて追加した機能として、上下方向の移動ならびに、昼と夜の景色の切り替え機能を追加した。また、ソフトウェアの構造を全面的に見直し、安定的な動作をする形に修正を実施した。(2-2) サーバとクライアント側の協調処理機能を設計開発した。それをブラウザと接合することによって、携帯型端末がネットワークの有無にかかわらず、シームレスな表示サービスを実現した。具体的にはデータベースへの検索を行う際にネットワーク環境がない状況でもネットワーク環境がある状況においてもユーザが意識せずに検索を実施できる方式の開発を行った。このことにより、コンピュータの知識の乏しいユーザの場合においてもネットワークを意識せずに利用可能となった。そして、従来の携帯電話などのアプリケーションではネットワークの接続が可能である箇所では、十分な情報が取得できなかったが、本方式により、ネットワークによらずサービスを提供できる基盤を確立することができた。サーバ・クライアント間での処理分担を柔軟に変更するために、平成 19 年度の開発したブラウザとサーバ間の協調処理言語の評価に基づき、バイトコード型の協調処理言語を設計・実装・評価を行った。これは **JavaScript** をベースに機能を拡張し、**ucode** の送信や、センサー値の取得といったユビキタスコンピューティングを実現するには必要不可欠な機能の追加、実現を行った。この結果、既存の **Web** ベースのアプリケーションの方式の延長でコンテキストウェアなアプリケーションの開発が可能となった。

(3) そして、これらの要素技術の一つのプラットフォームに統合するためのプラットフォームアーキテクチャの研究開発を実施した。(3-1) ハードウェアプラットフォームにおいては、アクティブタグより送信される電波のフィルタリングアルゴリズムの改良ならびに、イベントプロセッサのチップセット化の検討を実施した。フィルタリングアルゴリズムの改良においては、軽量、単純な処理で実現可能なフィルタリングアルゴリズムを 4 種類検

討し、それぞれを実際の空間で施行することにより有効な処理方式を確認した。また、イベントプロセッサのチップセットの検討を実施した。これまで開発してきた汎用コミュニケーション端末の試作機で得られた知見より、ユビキタスコンピューティングを実現する上で、周辺環境情報を取得するためには通常の CPU ではインタフェースでは数が不足していることから、専用のチップセットを開発することが望ましい。そのため、試作機を開発し、いままで使用してきたデバイスを接続できるプロトタイプを開発した。これを用いて来年度さらに検討を進め、チップセットを開発していく予定である。(3-2) ソフトウェアに関しては、今年度は19年度までに開発をしていたソフトウェアプラットフォームの機能拡充を実施した。具体的には、周辺の機器と接続することにより位置や方角などのコンテキスト情報を取得するための接続機能、ならびに周辺機器から得られるコンテキスト情報を用いて状況を認識し、ユーザに対して適切な情報を出力する方式を実現した。GPS から得られる座標情報ならびに、昨年度までに実現していたアクティブタグ並びにパッシブタグによる位置検出方式を組み合わせ、より広範囲に位置情報を取得する方式を実現した。また、GPS に加え、方位センサーからの情報を取得することにより、方角によってある位置で提示する道案内を変更する方式を実現した。(3-3) そして、昨年度まで開発してきたソフトウェアプラットフォームにさらに相互接続性を考慮して機能追加を実施した。周辺機器との接続方式には携帯電話などで用いられることを想定して提案された NoTA を採用した。このことにより、我々の提案する方式であっても、第三者の提案する方式であっても共通のプロトコル上で動作するため、対応可能なデバイスの選択肢が広がることを期待できる。また、システムが変更になるたびに上位のソフトウェアも修正が必要であったが、NoTA を実現することにより修正箇所が下位のデバイスに関連する部分のみになることから、システムの部分の再利用性が高まることを期待できる。

今年度までの成果は、最終目標に挙げている超小型汎用コミュニケーション端末を実現するための要素技術を8割から9割程度満たしていると考えている。提案当初から述べているように、ユビキタスコンピューティング環境における、ユーザと機器間のインタフェースを確立し、利用しやすいインタフェースの開発を実施してきた。また、いつでもどこでもサービスを享受できるように、サーバとクライアントとの間で協調動作し、データベース検索機能をシームレスに利用できる方式を開発した。具体的にはデータベースへの検索において、ローカルでの検索並びにサーバでの検索をシームレスに行うことが可能な方式を開発した。さらには、ユビキタスコンピューティング環境に偏在する機器からセンサー情報やイベントを取得するための周辺機器との接続の方式についても検討を行い、開発を実施した。具体的には、NoTA アーキテクチャによるデバイス間のプロトコルを開発し、小型端末上で実装を行った。さらには、周辺デバイスとしてGPSや方位センサーと接続し、ヒューマンナビゲーションのアプリケーションにおいて、従来の携帯電話などで行われているシステムよりもきめ細やかなナビゲーションを行うことができた。

この成果を用いて、最終目標である超小型汎用コミュニケーション端末を完成させるのが今後の予定となる。最終目標に向けた要素技術の開発も行っており、超小型マルチプロトコルR/Wは最終目標としていた5cm角のモジュールの開発を行い、実現できることを示した。また、先に述べたソフトウェアプラットフォームの整備も実施してきており、最終目標に向かい着実に成果を上げていると考えている。

5 参考資料・参考文献

5-1 研究発表・講演等一覧

5-1-1 論文

- [1] Masahiro Bessho, Shinsuke Kobayashi, Noboru Koshizuka, Ken Sakamura: "Assisting Mobility of the Disabled using Space-Identifying Ubiquitous Infrastructure", ACM ASSETS 2008, pp.283-284, 2008.
- [2] Tetsuo Kamina, Noboru Koshizuka, and Ken Sakamura: "Embedding Legacy Keyword Search into Queries for the Ubiquitous ID Database", in Proc. the 2nd International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS-2008), Sept., 2008
- [3] Masahiro Bessho, Shinsuke Kobayashi, Noboru Koshizuka, Ken Sakamura: "uNavi: Implementation and Deployment of a Place-based Pedestrian Navigation System", in Proc. First IEEE International Workshop on Software Engineering for Context Aware Systems and Applications (SECASA 2008), pp. 1254-1259, July-August, 2008.

5-1-2 口頭発表

- [1] 越塚登:「ユビキタス ID 技術の国際標準化: イントロダクション」, パネルセッション「進むユビキタス ID 技術の国際標準化」, TRONSHOW 2009, 2008 年 12 月 12 日.
- [2] 越塚登:「トロン技術者認定試験」, TRONSHOW 2009, 2008 年 12 月 12 日.
- [3] 越塚登:「ITU Recommendation/ITU 勧告 F.621 and H.771」, パネルセッション「進むユビキタス ID 技術の国際標準化」, TRONSHOW 2009, 2008 年 12 月 12 日.
- [4] 越塚登:「建設共通パスシステムの設計について」, パネルセッション「建設共通パス」, TRONSHOW 2009, 2008 年 12 月 11 日.
- [5] 越塚登:「食品物流: 電子タグを使った効率化」, 電子タグ・通い容器の活用に関するセミナー, 食品流通構造改善機構, 2008 年 12 月 5 日, 築地市場.
- [6] 越塚登:「建設共通パスのシステム設計」, 建設共通パスシンポジウム, 2008 年 12 月.
- [7] 越塚登:「組込みシステムの現状と展望」, 職業能力開発大学校 電子情報技術科 担当指導員研修, 2008 年 11 月 4~7 日, 神奈川県相模原市.
- [8] Noboru Koshizuka: "Ubiquitous Computing Technologies for Product Qualification", Workshop on Identification of Automation Components, Oct. 27, 2008, Karlsruhe, Germany.
- [9] 越塚登:「ユビキタス情報社会の到来: ICT 変える私たちの社会、生活、医療」, 日本歯科医療管理学会関東支部第 14 回学術大会「ユビキタス社会と歯科医院」, 2008 年 10 月 5 日.
- [10] 越塚登:「ユビキタス社会の製品トレーサビリティ: 住宅設備・建材への適用と将来展望」, KKEVISION 2008, 2008 年 9 月 26 日, 東京.
- [11] Noboru Koshizuka: "Ubiquitous ID Architecture: Its Technologies and Applications", Panel Session #2 "Can smart cards and tags create Ubiquitous Network Society?", the 8th IFIP Conference on e-Business, e-Services, and e-Society (I3E 2008), Sept. 24 - 26, 2008, National Center of Sciences, Tokyo, JAPAN. (<http://www.i3e2008.org/>)
- [12] 越塚登:「ユビキタス ID」, 日立製作所研修 第 4 回「RFID とその応用」, 2008 年 7 月 31 日.
- [13] 小林真輔, "アクティブタグで作るセンサーネットワーク", TRONSHOW 2009 (東京)(2008 年 12 月 12 日)
- [14] 由良修二, "T-Kernel Standard Extension", TRONSHOW2009(東京) (2008 年

12月11日)

- [15] 松尾、”すべてが分かる T-Kernel 対応ミドルウェア”、TRONSHOW2009 (東京) (2008年12月10日)
- [16] 平石貴資、” μ ITRON から μ T-Kernel への移行方法”、TRONSHOW2009 (東京) (2008年12月11日)
- [17] 平石貴資、”T-Engine・T-Kernel 開発環境のすべて”、TRONSHOW2009 (東京) (2008年12月11日)
- [18] 坂村健、”仮想世界と現実世界の融合を目指して～ユビキタス・コンピューティング・その可能性と未来～”、財団法人平成基礎科学記念財団、2008年6月22日
- [19] 坂村健、”第1回 地域イノベーション創出シンポジウム基調講演「イノベーションとユビキタス」”、独立行政法人産業技術総合研究所関西センター、2009年2月26日
- [20] Ken Sakamura, "UBI Vision", Ubiquitous Summit 2008 Keynote speech, Finland Takes, Apr. 24, 2008.
- [21] Ken Sakamura, "The Ubiquitous Computing Revolution", International RFID Seminar 2008 Keynote speech, Apr. 25, 2008.
- [22] 坂村健、「ユビキタス・コンピューティングを支える組込みシステム技術」、ESEC 特別講演、2008年5月15日
- [23] 坂村健、「ユビキタス社会-いつでも、どこでも、誰でも使えるコンピュータ社会を目指して」、開成学園、2008年5月24日
- [24] 坂村健、「トロンプロジェクトの新捗状況と2008年の展望」、トロンプロジェクト特別講演会、トロン協会、2008年5月28日
- [25] 坂村健、「ユビキタス・ミュージアム」、全国美術館会議 第55回総会 特別講演、2008年5月29日
- [26] 坂村健、”ユビキタス・インフラとユニバーサル・デザイン”、全視協まちづくり集会2008 講演、2008年6月29日
- [27] 坂村健、”Wireless Sensor Network Dice and Its Application”、杭州講演(杭州市政府主催博覧会)、2008年9月5日
- [28] Ken Sakamura, ”The Internet of the Things ~ uID Approach”, Session 3B on “Applications and service of the mobile Internet”、Oct. 6, 2008.
- [29] 坂村健、「イノベーション基盤としてのユビキタステクノロジー」、第26期情報化推進懇話会(朝食会)基調講演、2008年10月16日
- [30] 坂村健、”持続可能都市のためのユビキタス”、米国土木学会(ASCE)日本支部総会20周年記念講演、2008年10月21日
- [31] 坂村健、”サステナブルとユビキタス” 土木学会「情報利用シンポジウム」特別講演、2008年11月7日
- [32] 坂村健、「ユビキタスイノベーションどこでもコンピュータが世界を変える」、熊本大学講演、2008年11月10日
- [33] 坂村健、「ユビキタス社会の到来」、「正論」懇話会 講演、2008年11月11日
- [34] 坂村健、「ユビキタス・コンピューティングと TRON プロジェクトについて」、「テクノフロンティア21 エレクトロニクスショー2008」 講演、中部エレクトロニクス振興会、2008年11月12日
- [35] 坂村健、「オープンアーキテクチャの時代の T-Engine/T-Kernel」、ET2008 特別講演、2008年11月19日
- [36] 坂村健、「環境と IT、最先端を学ぶ」、「Club Willbe” Kickoff Program 2008 鼎談 ~大人のための教養講座~」、2008年12月6日
- [37] 坂村健、”TRON Project 2009”、TRONSHOW2009 基調講演、2008年12月10

日

[38] Ken Sakamura, "Food Traceability with Ubiquitous ID Technology", 食品安全と履歴とレーシング国際シンポジウム、台湾經濟部商業司、2008年12月22日

5-1-3 報道発表

[1] "携帯ソフト開発費圧縮、ノキア最大で100分の1", 日本経済新聞、2008年12月10日

[2] "ユージーテクノロジー、個別ソフト開発不要-通信用OS、ノキアと連携", 日経産業新聞、2008年12月11日

[3] "基盤ソフト「NoTA」始動、携帯開発を大幅効率化へ", ルートプレス 21、2008年12月21日

[4] 最前線ユニバーサル社会（上）いつでもどこでも必要な情報獲得、読売新聞（夕刊）、2009年2月24日