

平成21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 | 4 |
| 2-2-2 | 中間目標 | 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 | 研究開発の内容 | 10 |
| 4-1-2 | パッシブ型 R/W | 10 |
| 4-1-3 | アクティブ型 R/W | 13 |
| 4-1-4 | まとめ | 20 |
| 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 | 研究開発の内容 | 20 |
| 4-2-2 | 実施内容 | 20 |
| 4-2-3 | まとめ | 26 |
| 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 | 27 |
| 4-3-1 | 研究開発の内容 | 27 |
| 4-3-2 | 超小型端末用チップセットの研究開発 | 27 |
| 4-3-3 | ハードウェアプラットフォーム | 30 |
| 4-3-4 | ソフトウェアプラットフォーム | 33 |
| 4-3-5 | まとめ | 40 |
| 4-4 | 総括 | 41 |
| 5 | 参考資料 | 44 |
| 5-1 | 研究発表・講演等一覧 | 44 |
| 5-2 | 産業財産権 | 45 |

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。

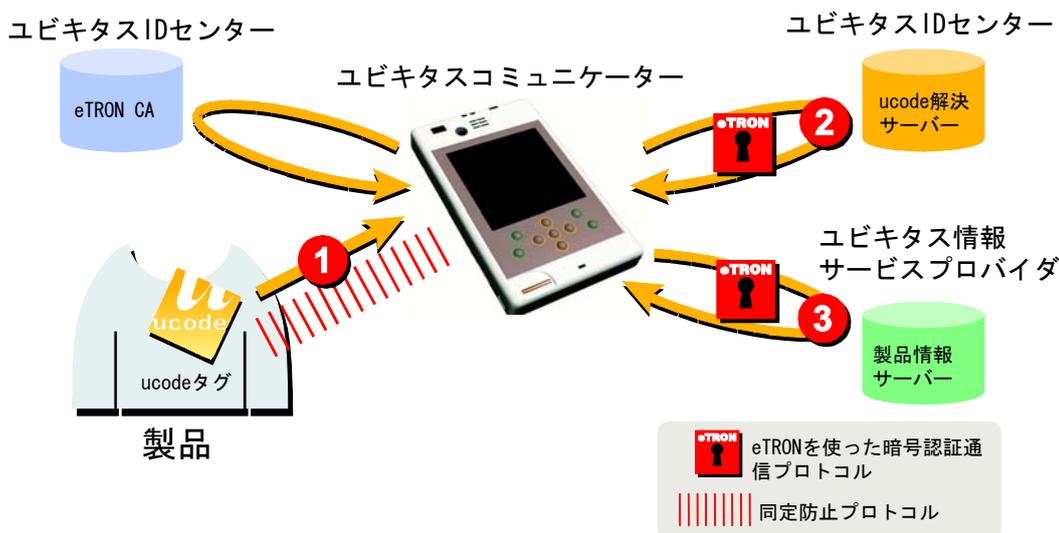


図 1：ユビキタスコンピューティング環境の情報配信アーキテクチャ

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認することができた。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でも、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はきわめて大きい。

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

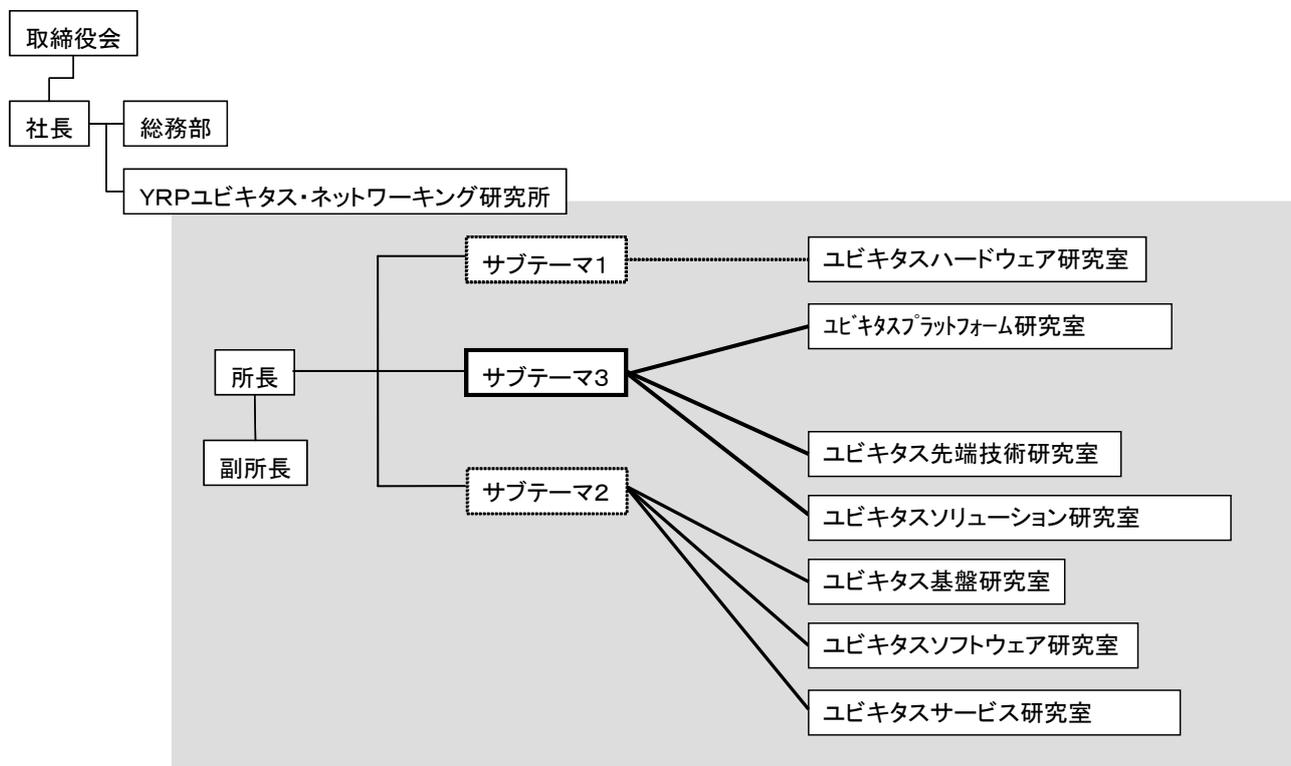
2-3 研究開発の年度別計画

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 | — 仕様の再検討 | — 再検討にもとづく二次 試作 自動調整ソフト改良 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 二次元ブラウザ機能開 発 | — 二次元ブラウザ機能開 発・ 三次元ブラウザ機能開 発 | — 三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 | — | — | — | — | — | — | |

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7名

（小林、松本、高村、神尾、吉村、草野、湧田）

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）

ユビキタス基盤研究室 研究員6名

（別所、紙名、新堂、高田、橋本、鶴坂）

ユビキタスソフトウェア研究室 研究員4名

（加藤、江藤、恩本、中西）

ユビキタスサービス研究室 研究員2名

（田口、山田（浩））

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）

ユビキタスプラットフォーム研究室 研究員 5名
（由良、神山、鈴木、熊谷、山田（圭））
ユビキタスソリューション研究室 研究員 3名
（峯岸、中川、芦沢）
ユビキタス先端技術研究室 研究員 4名
（石川、鄭、柏、小熊）

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 研究開発の内容

超小型マルチプロトコル RFID R/W の実現に向けて、平成 21 年度は平成 20 年度に試作したモジュールの評価結果より改善すべき個所が判明したためその結果を受けて、二次試作を行い、回路の修正や機器組込みの検討をすることを目標としていた。

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 20 年度に行ったチューニングパラメータによる調整機能の効果評価に基づきチューニング機構の再検討を行い、二次試作を行うことを目標としていた。また二次試作アクティブタグを利用した発電機構内蔵アクティブタグモジュールの二次試作を行うことを目標としていた。

4-1-2 パッシブ型 R/W

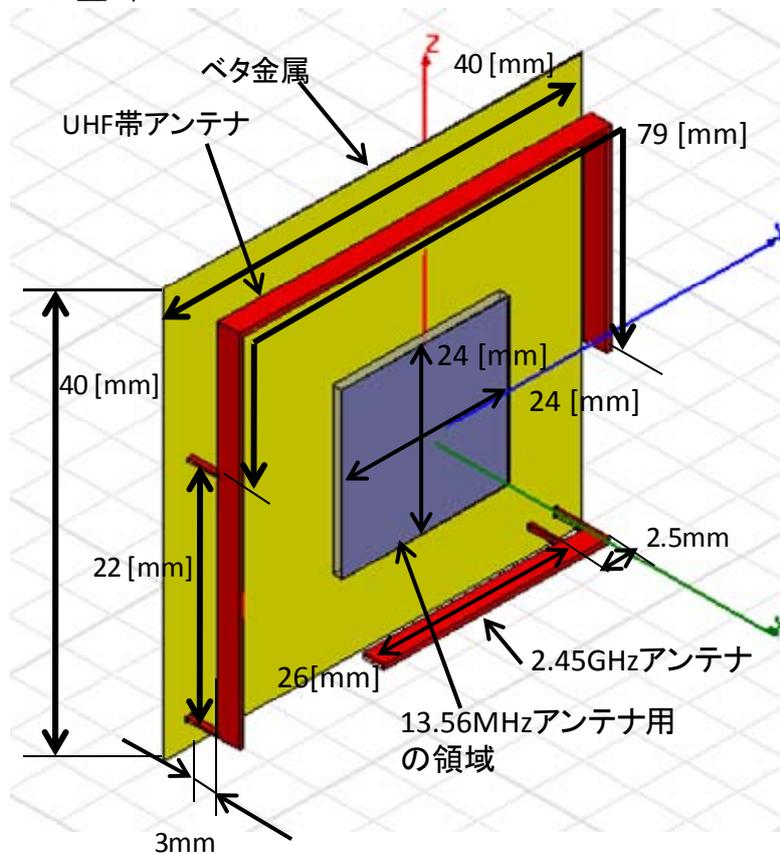


図 4-1-2-1 検討したアンテナの解析モデル

21 年度は開発をしてきたモジュールの大きさをより小さくするために機器組込みの検討を実施した。モジュールの小型化において一番重要な点は、アンテナの設計である。アンテナは大きさが大きいと理想的なアンテナの特性に近づけることができるが、小型化を行った場合、必要な特性を確保するのが難しい。今回の検討では、今まで開発してきた 5cm 角よりもさらに小さい、4cm 角以内で開発することを検討した。さらに、基板との間の距離も 3mm 以下となるようなモデルで検討を行った。

図 4-1-2-1 に今回検討したアンテナの解析モデルを示す。UHF 帯アンテナの長さを 79mm に、2.45GHz 帯アンテナの長さを 26mm に最適化し、また 13.56MHz 用アンテナの領域を 24mm × 24mm とした。この解析モデルを用いて UHF 帯アンテナ及び 2.45GHz 帯アンテナの周波数特性と指向性の解析を行い、特性の確認を行った。

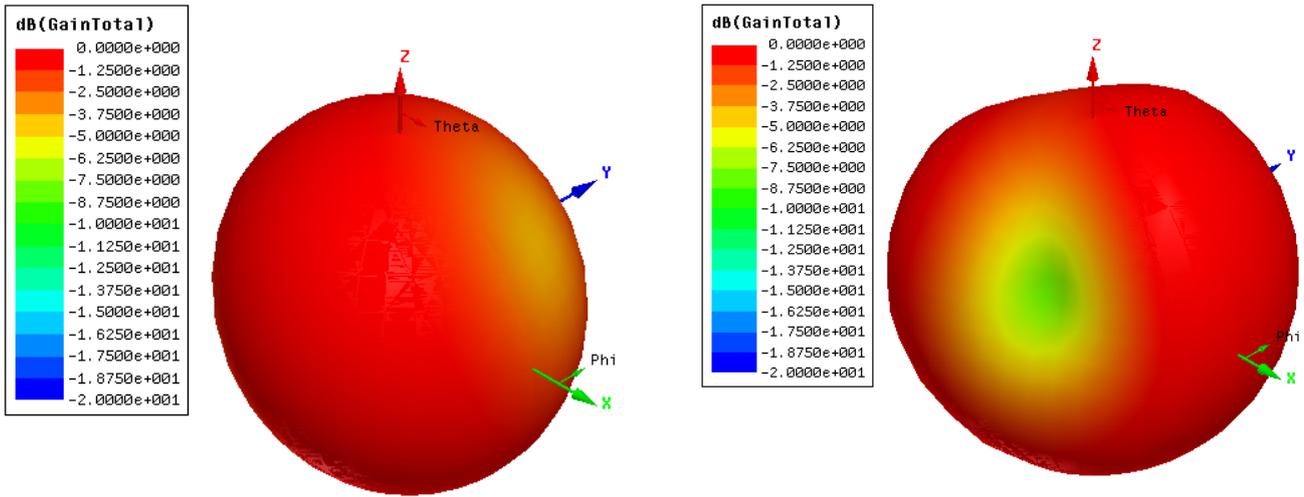


図 4-1-2-2 UHF 帯アンテナの指向性 (左) 2.45GHz 帯アンテナの指向性

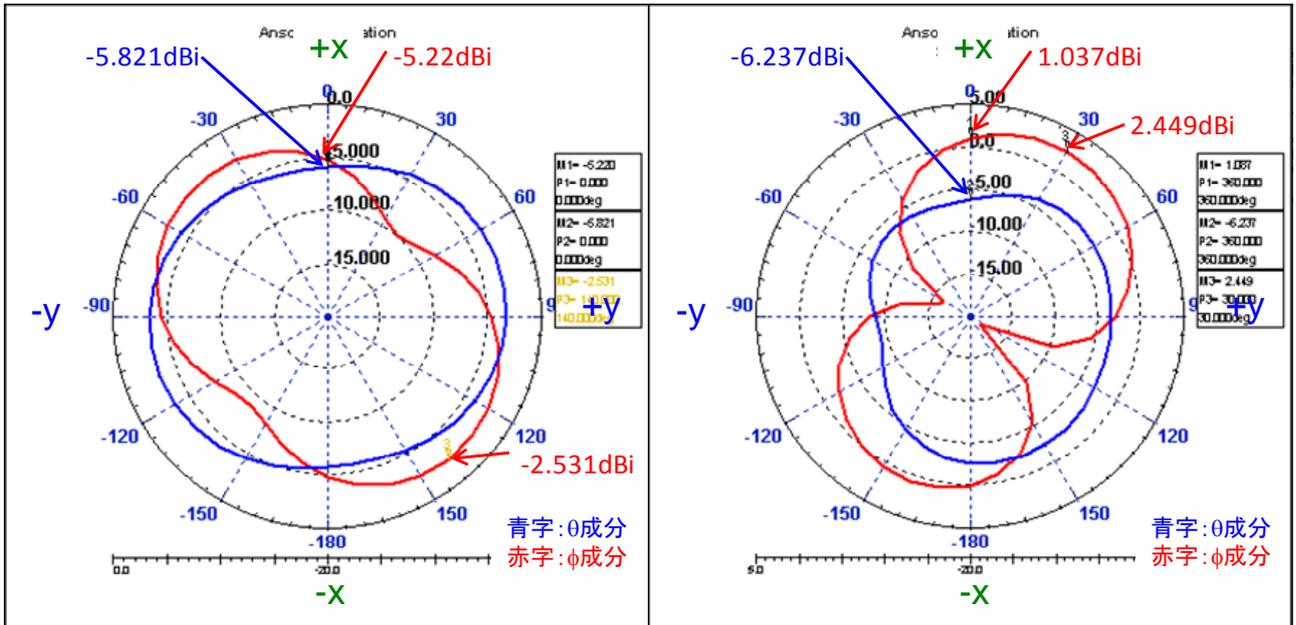


図 4-1-2-3 X-Y 平面における ϕ 成分、 θ 成分の指向性パターン
UHF 帯アンテナ (左) 2.45GHz 帯アンテナ (右)

図 4-1-2-2 は UHF アンテナ並びに 2.45GHz の指向性を示しており、図 4-1-2-3 は X-Y 平面における ϕ 成分、 θ 成分の指向性パターンを示している。図 4-1-2-2 の結果より、UHF アンテナに関しては、E Φ 成分： $\Phi=140$ 度、 $\theta=130$ 度、ゲイン=-1.833dBi、E θ 成分： $\Phi=0$ 度、 $\theta=140$ 度、ゲイン=-2.156dBi が最大になっている。また、2.45GHz 帯のアンテナに関しては、E Φ 成分： $\Phi=30$ 度、 $\theta=90$ 度、ゲイン=2.449dBi、E θ 成分： $\Phi=160$ 度、 $\theta=160$ 度、ゲイン=1.673dBi が最大になっている。また、図 4-1-2-3 の結果より、この構造において、950MHz におけるアンテナ正面(+x 軸)方向の利得は、 θ 成分は-5.821dBi、 ϕ 成分は-5.22dBi を得られており、同様に 2.45GHz において、 θ 成分は-6.237dBi、 ϕ 成分は 1.037dBi を得られていることが分かる。

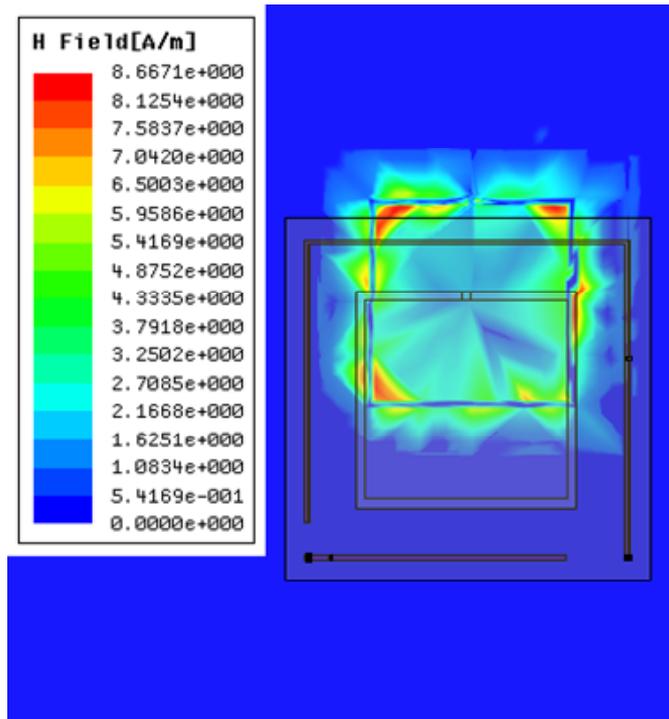


図 4-1-2-4 13.56MHz アンテナ表面から 2cm 離れた場所における磁界強度

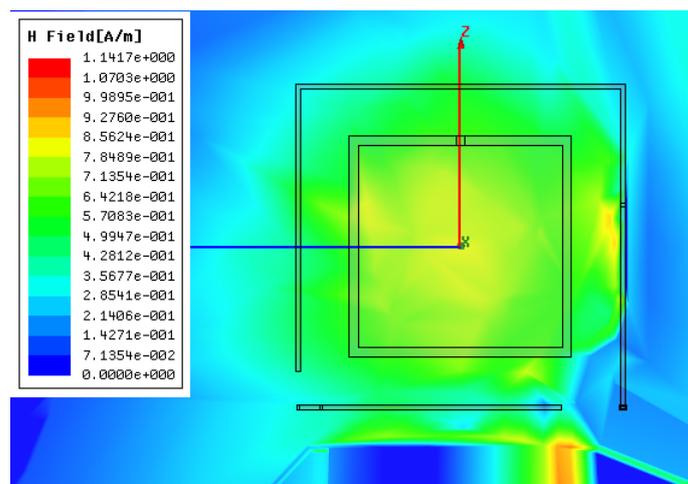


図 4-1-2-5 裏面の金属を外した場合の
13.56MHz アンテナ表面から 2cm 離れた場所における磁界強度

13.56MHz 用アンテナは、一辺の長さ 24mm の FR4 基板上に幅 1mm のコイルを設けると仮定し、解析を実施した。解析では、アンテナ表面から 2cm 離れた場所における磁界強度を測定した。図 4-1-2-4 は磁界強度を示した図であり、図 4-1-2-5 は裏面の金属板を外した場合の結果である。図 4-1-2-4 より、磁界強度が高い領域は、コイルから上方向にずれているのが分かる。また、磁界強度の値は、一部では 8.6A/m 程度となっているが、全体としてはおおよそ 1~2A/m 程度になっている。一方、図 4-1-2-5 より、金属板がない場合は中心に磁界の高い領域があるため、上方向にずれる原因としては裏面に金属があるためであることがわかる。

シミュレーションによる検討結果をまとめる。今回検討したアンテナでは、950MHz におけるアンテナ正面(+x 軸)方向の利得は、 θ 成分は-5.821dBi、 ϕ 成分は-5.22dBi を得られており、同様に 2.45GHz において、 θ 成分は-6.237dBi、 ϕ 成分は 1.037dBi を得られているこ

とが分かった。前回の試作におけるアンテナとピークにおいては近い性能が出ている。今後、次の箇所を改善する予定である。2.45GHz 帯アンテナの軸比が異なるため改善が必要である。また、13.56MHz 帯アンテナに関しては、24mm×24mm という寸法の中でどのように性能を良くするかという点、また、UHF 帯及び 2.45GHz 帯のアンテナは金属面から 3mm 離しているが、高さをさらに抑えるなどの小型化などの点も、今後検討する予定である。

4-1-3 アクティブ型 R/W

4-1-3-1 ダイバーシティアンテナによる受信電波強度変動の低減

ユビキタス・コンピューティング環境において、アクティブタグから送信される電波を端末が受信し、その電波強度を使い、アクティブタグから近いか遠いかを推定している。昨年度は自動チューニング機構をつかって、アクティブタグの送信側の電波の強度を環境の状況にあわせて調整することにより、環境の差による静的な変動を押さえることを実施した。

しかしながら、アクティブタグからの電波は、建物や車、人などに反射した波が合成されて受信側に到達するため、強度は受信機の向き、障害物の移動、受信機の移動により変動する。場合によっては反射波の合成により電界が急激に落ち込むいわゆるヌル点と呼ばれ、受信できなくなるような場所が発生したりする。本年度は、自動チューニング機構としてダイバーシティ機能を搭載することにより、このような変動を押さえられるかについて二次試作開発および実験を行った。

ダイバーシティとは、多様性という意味であるが、通信技術においては一般に複数のアンテナを使い、実効的な感度を上げたり、変動を押さえる技術を言う。アンテナダイバーシティにもスペースダイバーシティ、偏波ダイバーシティ、時間ダイバーシティなどの種類があるが、対象としているアクティブタグは 429MHz 帯であり、波長は約 70cm である。スペースダイバーシティは波長よりも距離を離して複数アンテナを置く方法だが、携帯型のコミュニケーション端末には収まらない。従って、今回は偏波ダイバーシティと時間ダイバーシティを組み合わせた構成をとる。

電波は反射をすると偏波面が変わるので、複数の方向から来る電波はそれぞれ偏波面が異なっている可能性が高い。また、これによりヌル点の発生場所も偏波面により異なってくる。従って、偏波面の異なる 2 つ(以上)のアンテナを用意し、良好な方を採用することにより変動を減らす。これが偏波ダイバーシティである。

また、二つのアンテナで受信した信号を比較するにあたり、受信機を二つ設けるのはコストアップの原因となる。このため、信号の先頭部分と最後の部分でアンテナを切り替えて受信する方式とした。すなわち、信号レベルを測定する時間的差が僅かではあるが、時間ダイバーシティ要素を含んでいる。

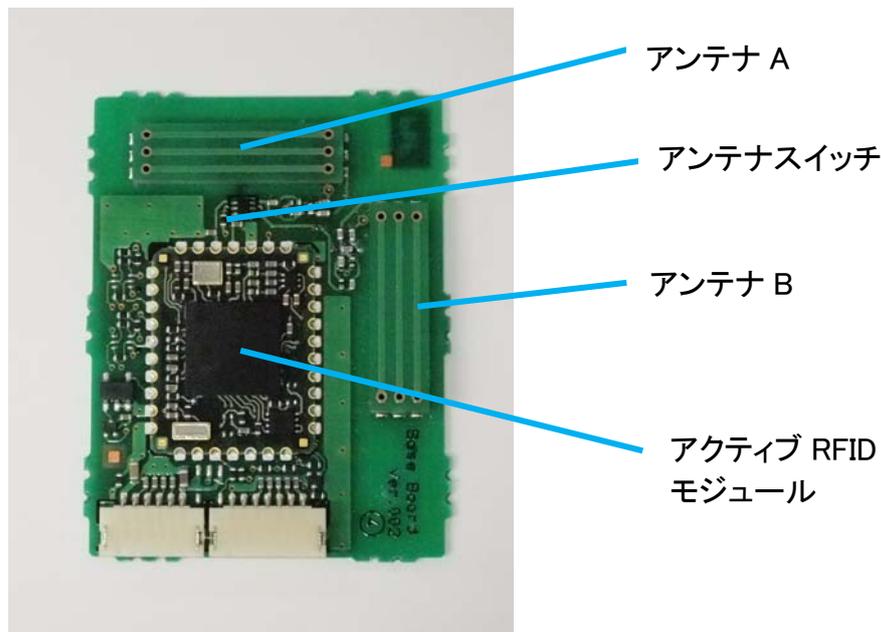


図 4-1-3-1 ダイバーシティ評価用基板

図 4-1-3-1 は、アンテナ A、アンテナ B の二つのアンテナを搭載したアクティブタグのダイバーシティ評価用基板である。アンテナはループアンテナとなっていて、紙面側に厚い基板により 3 ターンのループを形成している。アンテナ A とアンテナ B は直交して配置することにより偏波面が 90 度ずれるようになっている。二つのアンテナはアクティブ RFID モジュール側から切り替えできるようにアンテナスイッチを通して接続されている。

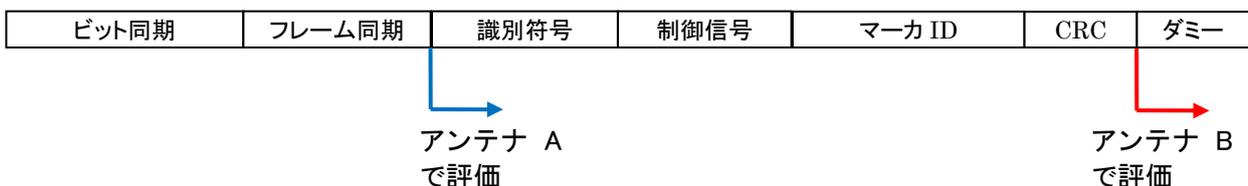


図 4-1-3-2 アンテナ切り替えと電波強度評価

図 4-1-3-2 は場所マーカーとして使われるアクティブタグから送られてくるパケットを受信するときダイバーシティアンテナをどう切り替えるかを示している。パケットの構造は従来のマーカー用アクティブタグパケットに対して CRC の後ろにダミーデータがついている。この構造のため、従来のパケットとの互換性がとれる。

最初はアンテナ A で受信をし、フレーム同期後アンテナ A で電波強度を評価する。そのままアンテナ A でデータを受信していき、CRC のあとアンテナを B に切り替えダミーデータの部分の電波強度をアンテナ B で評価する。このようにして一つのパケットに対して二つのアンテナでそれぞれ電波強度を評価することができる。

ダイバーシティアンテナを搭載した二次試作アクティブタグを使い 5 種類の環境で実験を行った。(a) 周囲に反射物のない「河川敷」、(b) 公園、(c) 壁や車などの障害物が近傍にある「駐車場」、(d) 比較的空間のある「会議室」、(e) 金属製の棚のある「屋内」である。

ダイバーシティの基本的効果を評価するために、(c) 駐車場において、高さ 2m に電波を

発信する電波マーカ―としてアクティブタグを設置し、受信側のアクティブタグとの距離を3mに保った円周上を一周したときの電波強度を記録する。このとき、アンテナA、アンテナBで得られた受信感度および、ダイバーシティとしてAおよびBのうち受信感度の高い値を選んだもの(アンテナAB)を図4-1-3-3に示す。(a)(b)(c)の3つのグラフは、それぞれ別々の時間に測定したものである。それぞれの受信感度振れ幅を比較すると、アンテナA、アンテナB単体の場合ばらつきは15~20dBの範囲であり、アンテナABの場合では受信感度の振れ幅は10dB程度と少ない。この結果はダイバーシティにより受信感度の変動が少なく観測されることを示している。

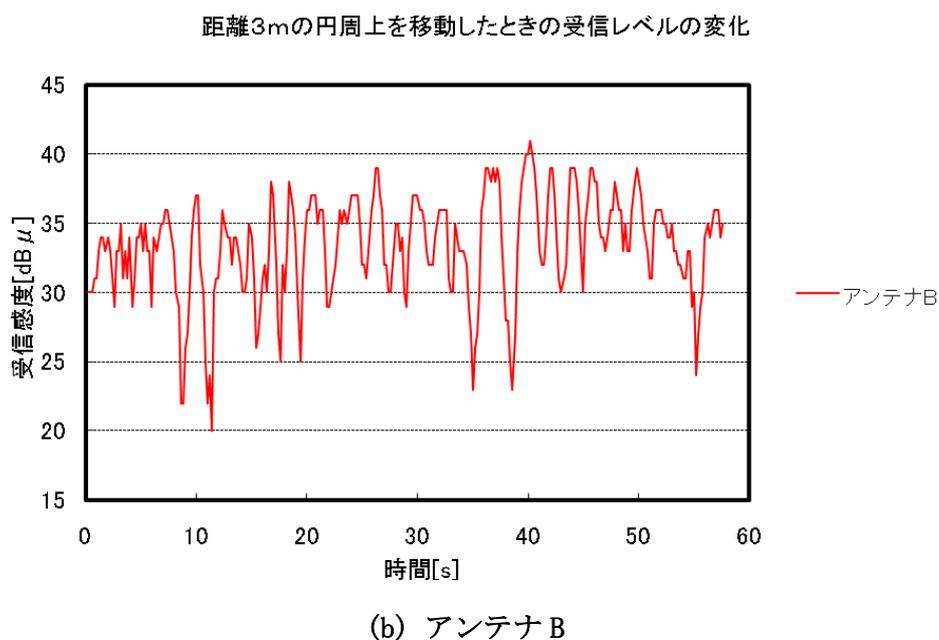
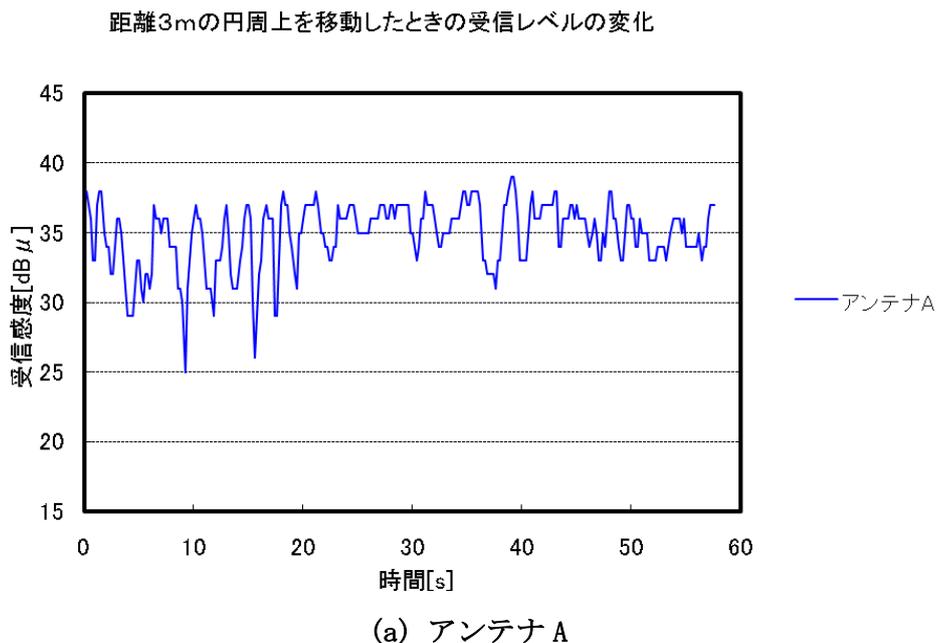
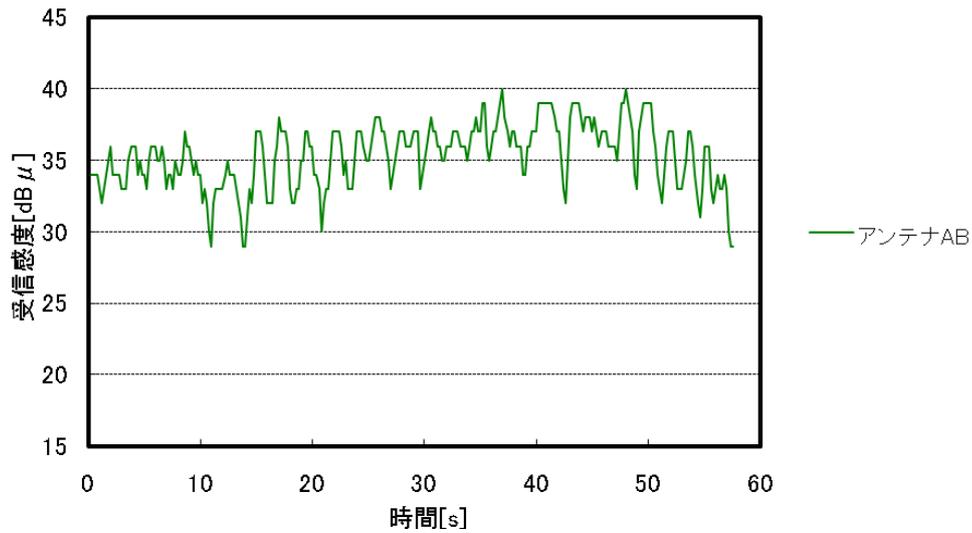


図4-1-3-3 駐車場におけるアンテナ単体とダイバーシティの感度比較

距離3mの円周上を移動したときの受信レベルの変化



(c) アンテナ AB

図 4-1-3-3 駐車場におけるアンテナ単体とダイバーシティの感度比較

次に、環境の違いによりダイバーシティの効果がどの程度得られるかについて(a)河川敷、(b)公園、(c)駐車場、(d)会議室、(e)「屋内」の比較実験を行った。実験方法は次のようである。

- (1) 電波マーカに正面から近づき基準距離 3m あるいは 10m の位置の受信感度を記録し、これを閾値とする。
- (2) 電波マーカにいろいろな方向から近づいて閾値に達した時点を「反応」と判定する。
- (3) 「反応」となった時の電波マーカからの距離を記録する。

上記の実験を(b)公園(3m)で実施した結果を図 4-1-3-4 に示す。横軸は反応距離、縦軸は反応回数である。

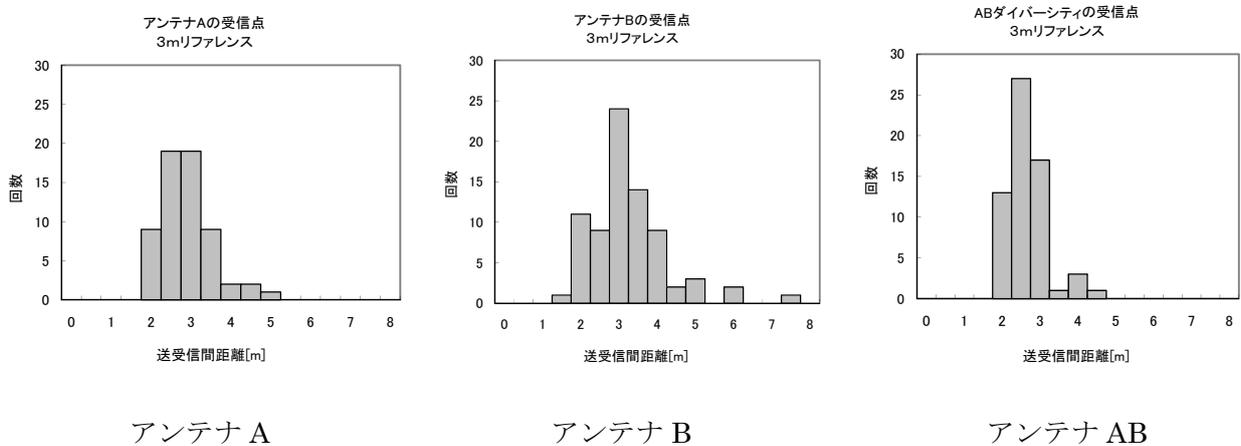


図 4-1-3-4 反応距離の変動(公園)

この測定結果では、アンテナ A、アンテナ B と比較してダイバーシティによるアンテナ AB が分布のばらつきが少ない。この場合ばらつきの評価として標準偏差を用いると、それぞれアンテナ A:1.6m、アンテナ B:1.5m、アンテナ AB:0.5m であった。

同様に各環境で行った実験結果を表 4-1-3-1 に示す。各場所で基準距離 3m と 10m で測定しているが、室内は距離がとれないため 3m のみとなっている。表中、「ダイバーシティ効果」の欄は、アンテナ A およびアンテナ B における標準偏差の平均値に対するアンテナ AB の標準偏差の比を表している。この値がマイナスの大きい値ほどダイバーシティによりばらつきが減少したことを示す(黄色欄)。逆にプラスであると、ダイバーシティの効果がなく変動が大きくなったことを意味する(灰色欄)。この実験では(a)河川敷 3m と(c)駐車場 10m ではダイバーシティ効果が得られなかったが、他の 7 ケースにおいては、同等あるいはダイバーシティによる効果が得られた。

以上のようにアクティブタグを利用した距離推定には、偏波ダイバーシティを用いることにより携帯型の超小型端末に実装可能なアクティブタグ受信機を実現でき、単体アンテナに比べ距離推定のばらつきを低減させられることが確認された。

表 4-1-3-1 ダイバーシティアンテナの各環境による評価

| 測定場所 | アンテナ | 標準偏差 (m) | ダイバーシティ の効果(%) | 反応距離 平均値(m) | 反応距離 最大値(m) | 反応距離 最小値(m) | データ数 (個) |
|---------------|------|-------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|-------------|
| (a)河川敷 3m | A | 1 | | 3.7 | 6.8 | 1.4 | 98 |
| | B | 0.6 | | 3.4 | 5.2 | 1.1 | 100 |
| | AB | 1 | 25% | 4.4 | 6.2 | 1.6 | 105 |
| (a)河川敷 10m | A | 3.1 | | 12.7 | 20 | 6.6 | 76 |
| | B | 2.6 | | 9.5 | 15.5 | 7.3 | 73 |
| | AB | 1.8 | -37% | 10.2 | 14.3 | 5.2 | 52 |
| (b)公園 3m | A | 1.6 | | 2.7 | 4.7 | 1.6 | 61 |
| | B | 1.5 | | 3.1 | 7.1 | 1.5 | 76 |
| | AB | 0.5 | -68% | 2.4 | 4.1 | 1.8 | 62 |
| (b)公園 10m | A | 1.3 | | 9.7 | 12.6 | 7.4 | 51 |
| | B | 1.4 | | 9.9 | 12.8 | 6.9 | 56 |
| | AB | 1.1 | -19% | 9.5 | 12.4 | 7.3 | 53 |
| (c)駐車場 3m | A | 2.3 | | 5.3 | 10.6 | 0.8 | 101 |
| | B | 2.5 | | 4.3 | 10.4 | 0.6 | 75 |
| | AB | 2.4 | 0% | 4.9 | 10.5 | 0.7 | 66 |
| (c)駐車場 10m | A | 2.4 | | 7.3 | 13 | 1.4 | 47 |
| | B | 2.7 | | 5 | 11 | 0.4 | 49 |
| | AB | 2.9 | 14% | 9.9 | 15.1 | 2.9 | 74 |
| (d)会議室 3m | A | 1.6 | | 2.8 | 7.5 | 0.4 | 126 |
| | B | 1.3 | | 2.5 | 5.5 | 0.4 | 86 |
| | AB | 1.2 | -17% | 2.8 | 6.3 | 0.6 | 73 |
| (d)会議室 10m | A | 1.8 | | 10 | 13 | 5.1 | 18 |
| | B | 1.5 | | 10 | 12.4 | 7.1 | 25 |
| | AB | 1.5 | -9% | 9.3 | 11.9 | 6.6 | 44 |
| (e)室内 3m | A | 1.5 | | 2.8 | 6.7 | 0.7 | 59 |
| | B | 1.5 | | 2.8 | 7 | 0.5 | 69 |
| | AB | 1.1 | -27% | 2.2 | 4.1 | 0.4 | 32 |

4-1-3-2 発電機構内蔵アクティブタグモジュール

昨年度の評価実験で、発電素子として 100mm タイプの球状太陽電池が有効という結論を得た。本年度は、100mm タイプの球状太陽電池を搭載しバッテリーや充放電基板、アクティブタグを一体化した屋外取り付けに適する形状のモジュールを開発した。

金属ポールなどに取り付けが容易に行えるように、市販のポール取りと付け用金具に締結できるような設計とした。強度や腐食に耐えるようベースは 2mm 厚のステンレスで構造を造り、この構造に太陽電池、バッテリー、充放電基板、アクティブタグを取り付ける形に

なっている。カバーはOリングで防水措置を施しているが、万一水が浸入した場合や結露した場合でも排水できるように下部に穴を設けている。穴は虫の侵入を防ぐ網を施してある。本モジュールは、来年度屋外設置をして長期動作評価を実施する。

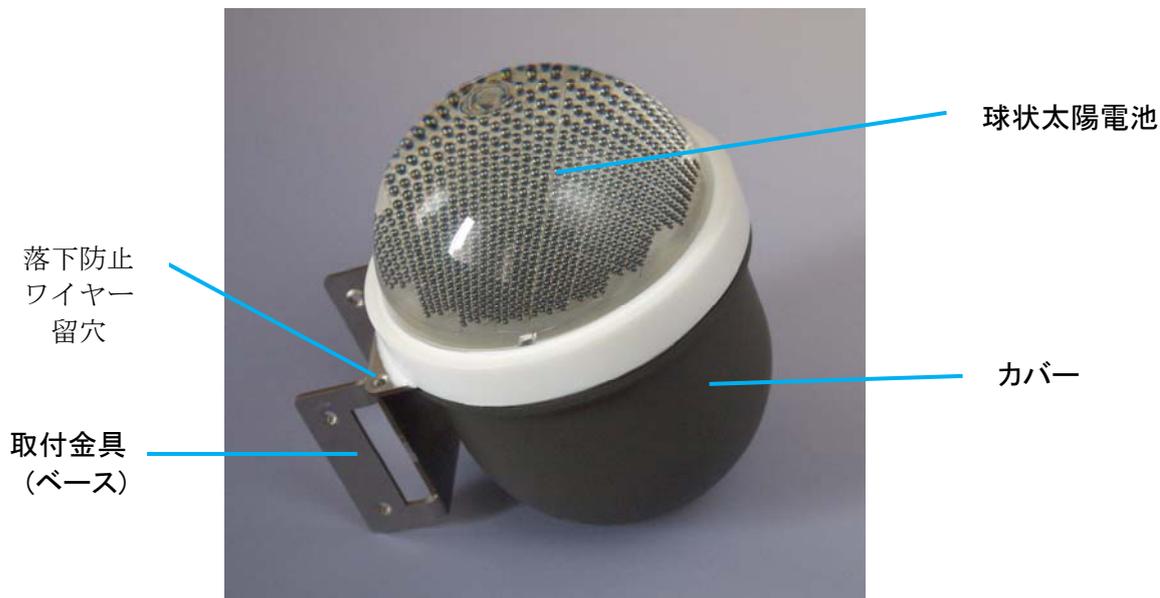


図 4-1-3-2-1 発電機構内蔵アクティブタグモジュール

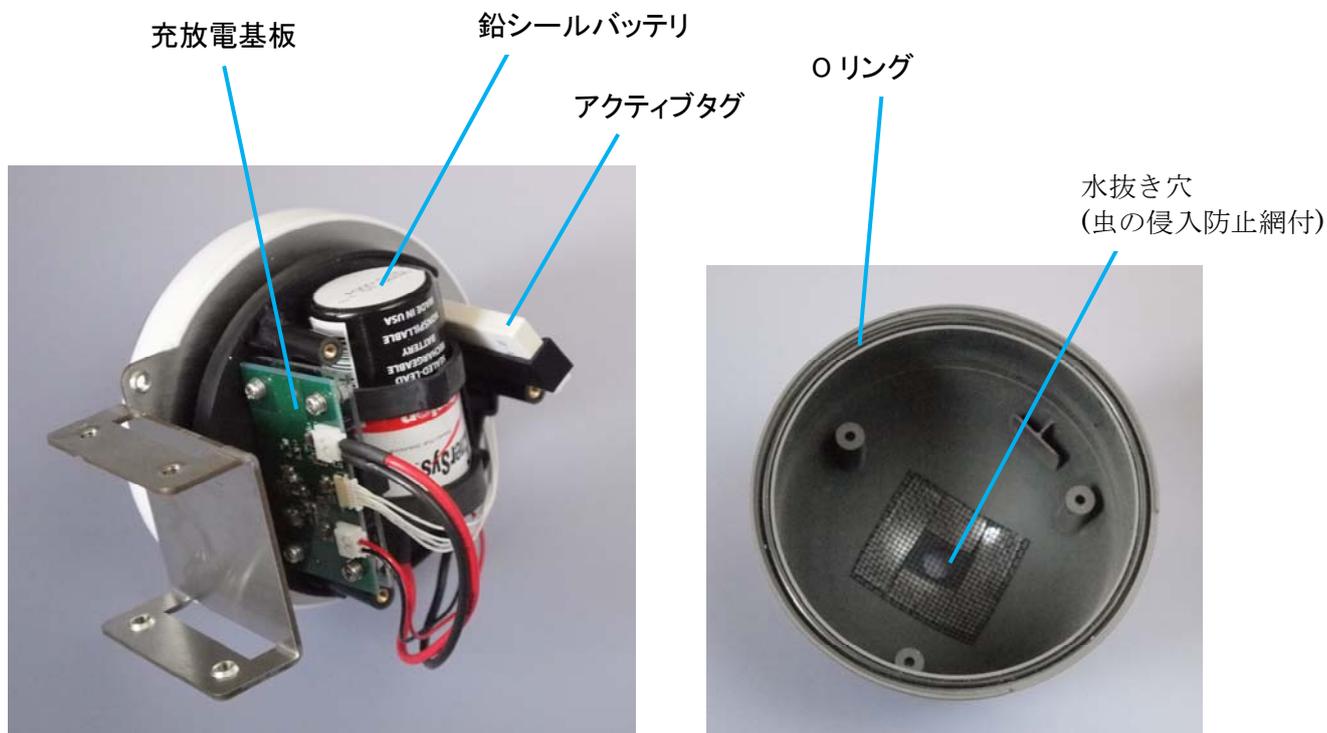


図 4-1-3-2-2 発電機構内蔵アクティブタグモジュールの内部構造

4-1-4 まとめ

パッシブ型に関しては試作したモジュールの評価結果をもとに小型化の検討を実施した。小型化を行うに当たり技術的に難しくなるのがアンテナの設計であり、アンテナをどのように実現するかを検討した。今回検討したアンテナでは、950MHzにおけるアンテナ正面(+x軸)方向の利得は、 ϕ 成分は-5.821dBi、 θ 成分は-5.22dBiを得られており、同様に2.45GHzにおいて、 ϕ 成分は-6.237dBi、 θ 成分は1.037dBiを得られていることが分かった。前回の試作におけるアンテナとピークにおいては近い性能が出ている。今後、次の箇所を改善する予定である。2.45GHz帯アンテナの軸比が異なるため改善が必要である。また、13.56MHz帯アンテナに関しては、24mm×24mmという寸法の中でどのように性能を良くするかという点、また、UHF帯及び2.45GHz帯のアンテナは金属面から3mm離しているが、高さをさらに抑えるなどの小型化などの点も、今後検討する予定である。これらは来年度の試作を行いながら検討を行う予定である。

また、21年度はLSIの試作を実施する予定であったが、より競争力を高めることを目的に回路の見直しを実施した。不要な回路を外し、チップ面積を小さくすることによる低消費電力化、歩留まりの向上、チップ単価の低減などを行う。変更内容はメモリサイズの見直しや、ADC(Analog Digital Converter)のビット精度の見直しといった回路のチューニングであり、LSIの試作に関しては来年度実施することを予定している。

アクティブ型に関しては、2種類の内容を実施した。一つはアンテナの受信感度の安定化を目的としてダイバーシティアンテナを検討した。アクティブタグからの電波は、建物や車、人などに反射した波が合成されて受信側に到達するため、強度は受信機の向き、障害物の移動、受信機の移動により変動する。場合によっては反射波の合成により電界が急激に落ち込むいわゆるヌル点と呼ばれ、受信できなくなるような場所が発生したりする。本年度は、自動チューニング機構としてダイバーシティ機能を搭載することにより、このような変動を押さえられるかについて二次試作開発および実験を行った。その結果、偏波ダイバーシティを用いることにより携帯型の超小型端末に実装可能なアクティブタグ受信機を実現でき、単体アンテナに比べ距離推定のばらつきを低減させられることが確認された。

また、発電機構内臓タグモジュールの試作を実施した。100mmタイプの球状太陽電池を搭載しバッテリーや充放電基板、アクティブタグを一体化した屋外取り付けに適する形状のモジュールを開発した。本モジュールは来年度実際に屋外に設置して、長期稼働テストを実施する予定である。

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

4-2-1 研究開発の内容

平成20年度までに開発してきた協調処理型ブラウザのチューニングならびに機能拡張を行った。以降では、3次元ブラウザであるパノラマアプリの機能拡張に関してと、場所連動型ブラウザである音声ガイドブラウザの改良に関して述べる。

4-2-2 実施内容

4-2-2-1 3次元ブラウザの機能拡張

3次元ブラウザであるパノラマアプリは、現在立っている位置から見渡せる360度のパノラマ写真を画面上に表示して、目の前に見えるビルなどの目標物の説明を表示することを主目的としたアプリケーションである。今回、このパノラマアプリをコース案内としても有効に利用できるようにするために、以下の機能をパノラマアプリに追加した。

1. 表示しているパノラマ写真上に、選択したコースの次の目的地へ進む方向を示す矢印を表示するとともに、コース上の次の目的地の名称の表示および読み上げを行う。
2. 身体に装着した方位センサにより体の向きを検出し、目の前に見える景色が画面上の写真に対応するように自動的に写真を水平方向にスクロールさせて体の向きに追従させる。
3. パノラマ写真によるコース案内の補助として地図表示との切り替え機能を追加する。

4-2-1-1 画面構成

図 4-2-2-1-1 (A) (B) (C) (D) にコース案内機能を追加したパノラマアプリの画面構成を示す。図 (A) (B) は、選択したコースの進む方向に向かっていない場合に表示される画面で、矢印は右方向または左方向に向けば、コースの進む方向が画面に表示されることを示す。

左右のボタンは、写真を水平方向にスクロールさせるためのボタンで体の向きを変えなくても別の方向の写真を見ることが出来る。ボタンによりスクロールさせた写真は、体の向きを変えた時点で、自動的にスクロールして、体の向きに追従する。

図 (C) は、コースの進む方向に向かっているときに表示される画面で、次の目的地に行くためには画面上の矢印にしたがって進めばよいことを示す。写真のすぐ下には、次の目的地の名前が表示される。

図 (D) は、パノラマ写真の案内の補助として、現在の位置と選択したコースの次の目的地の方向を示す地図の画面である。画面下部の[地図]ボタン、または[パノラマ]ボタンにより、地図とパノラマ写真の表示の切り替えをいつでも行うことができる。

4-2-1-2 コースの設定

パノラマ写真上のコースの設定はパノラマアプリの場所ごとの設定ファイル内に以下の形式のカンマ区切りのテキスト行で指定する。

```
route, 1, 765, 520, 740, 414, 794, 338, @次は八景山, %mp3/h006-h007-h009. mp3
```

| | | |
|------------------------------|---|---|
| route | : | コース指定を示す id |
| 1 | : | 選択されたコース番号 |
| 765, 520, 740, 414, 794, 338 | : | コースの進む方向を示す矢印の中心の折れ線の X, Y 座標値の列 |
| @次は八景山 | : | コース上の次の目的地の名称 (先頭の @ は名称を示すマーク) |
| %mp3/h006-h007-h009. mp3 | : | 次の目的地の名称の読み上げ音声データパス (先頭の % は音声ファイルパスを示すマーク) |

実際には、コースごとに次の目的地が異なるため、以下のような設定となる。

```
route, 1, 1596, 520, 1593, 337, @次は延遼館跡, %mp3/h003-h004-h005. mp3
route, 2, 2250, 520, 2284, 332, @次は大手門, %mp3/h005-h004-h001. mp3
route, 3, 288, 520, 288, 351, @次は御成, %mp3/h005-h004-h003. mp3
route, 4, 288, 520, 288, 351, @次は御成, %mp3/h005-h004-h003. mp3
route, 5, 1596, 520, 1593, 337, @次は延遼館跡, %mp3/h003-h004-h005. mp3
route, 6, 1596, 520, 1593, 337, @次は御成門跡と御庭御門・御庭役所跡,
%mp3/h005-h004-h003. mp3
```



(A)



(B)



(C)



(D)

図 4-2-2-1-1 パノラマ画面

4-2-1-3 方位センサ連動機能

実際のパノラマ写真は、図 4-2-2-1-2 に示すように横に長い画像データであり、この画像データの表示窓を体が向いている方位に合わせて自動的に水平方向にスクロールさせて追従させる。

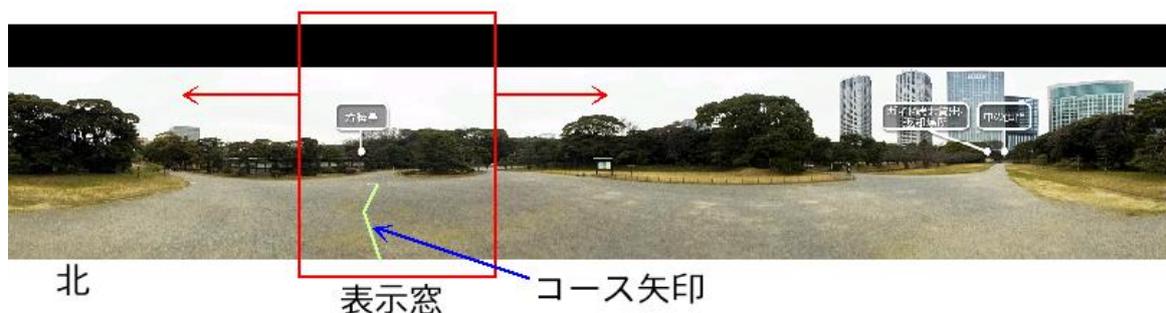


図 4-2-2-1-2 パノラマ写真の構造

方位センサから得られる方位データは、0～360度のデータであり、それに合わせて、パノラマ写真の表示窓を水平方向にスクロールさせて実際の画面表示を行う。画面の表示が細かく動いていると非常に見にくいので、できるだけ安定した画面の表示を行うため、方位センサから得られたデータに以下の処理を行う。

1. 測定誤差の微小揺らぎを除去するため、5度単位に丸めた値を使用する。
2. 測定ノイズによるより大きな揺らぎを除去するため、10度以下の変動は無視する。

4-2-2-2 場所認識に基づいた音声ガイドブラウザ

音声ガイドブラウザは超小型汎用コミュニケーション端末が受信した ucode に関連付けられた、コンテンツファイルのデータ再生を行うアプリケーションである。これは、平成 19 年度に開発した音声ブラウザの改良版である。

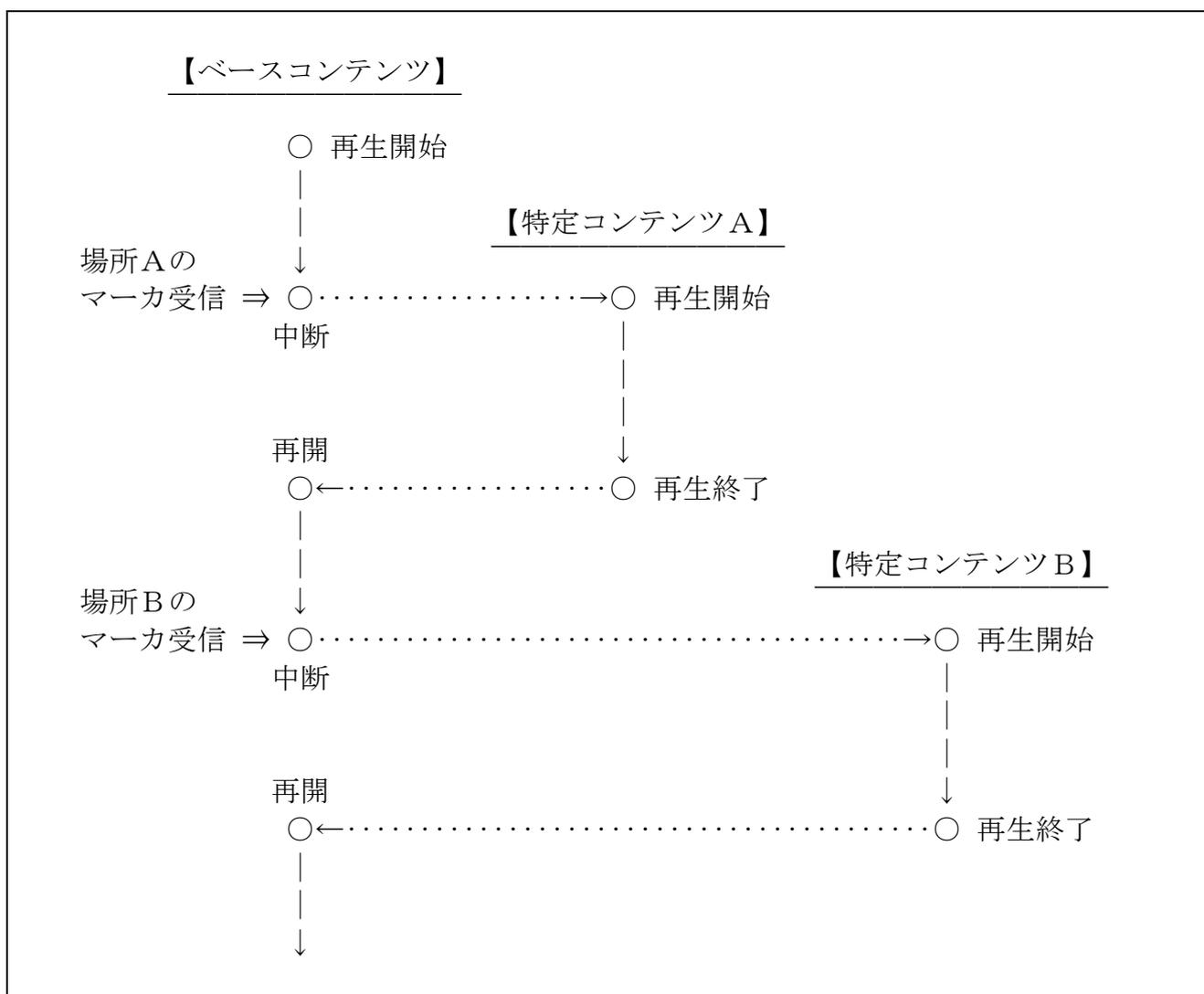
コンテンツファイルは、メインとなるベースコンテンツファイルと、場所固有の特定コンテンツファイルで構成される。通常状態においてはベースコンテンツを再生するが、ucode 受信時にベースコンテンツの再生を中断し、当該 ucode に対応した特定コンテンツを再生する。特定コンテンツの再生が終了すると、ベースコンテンツの再生を継続するように動作する。従来のブラウザでは、チャンネルという概念が存在しなかったため、一つのガイドしか扱えなかったが、今回開発したブラウザにおいては、ガイドコンテンツを複数扱えるようにするためにチャンネルを設定できるように改良した。

従来のコンテンツファイルは、複数の音声ファイルと画像ファイルにより定義され、音声ファイルを順次再生していくと共に、個々の音声ファイル再生タイミングにより、対応する画像データを切替えて表示する。今回開発したブラウザにおいては一般に入手可能なツールで編集などを行うことを想定し、拡張ポッドキャスト (Enhanced Podcast) と呼ばれる AAC 形式の音声データファイルとした。ファイルにチャプターマーカーを設定し、そのチャプター毎に静止画像を埋め込むことが可能である。即ち、音声ガイドでは、音声デー

タの再生とともに、チャプター毎に設定された、静止画像の表示も行う。なお、この拡張ポッドキャストに対応した再生環境は、携帯端末では iPod、PC 環境では、iTunes、QuickTimePlayer などがあり、拡張ポッドキャストを編集できるソフトには、GarageBand、Soundit! などがある。これらの市販のソフトを用いることで従来の独自形式のシステムと比較してコンテンツの開発効率が向上している。

4-2-2-1 ベースコンテンツ～特定コンテンツの概要

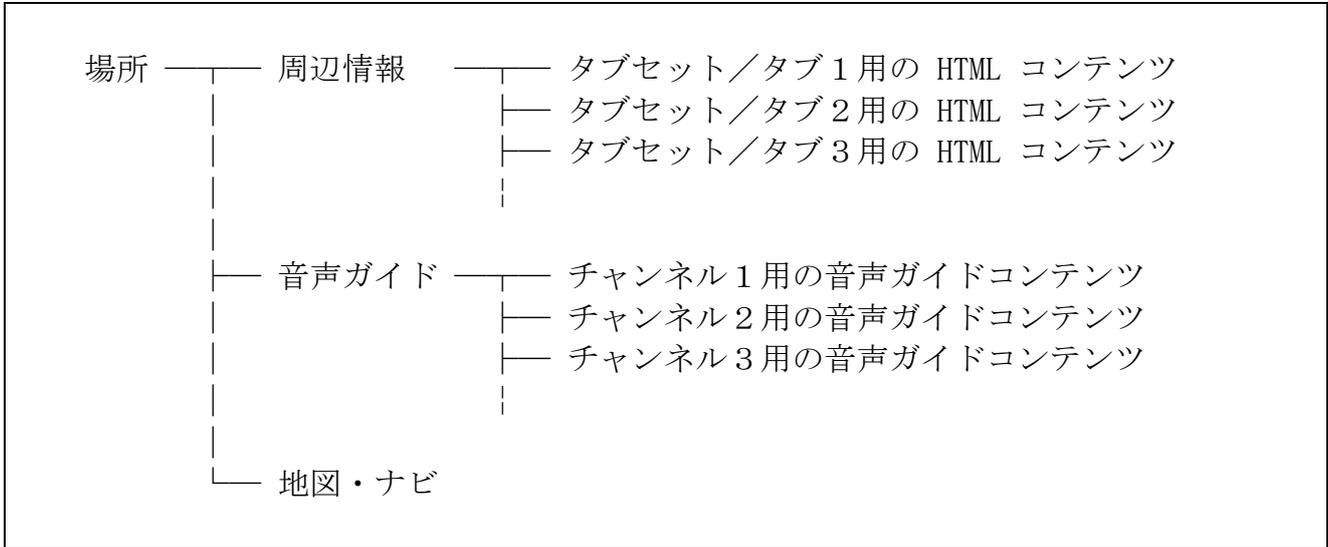
音声ガイドをベースコンテンツ～特定コンテンツの構成で実装した場合、通常は、ベースコンテンツと呼ばれる再生時間の長い音声ガイドコンテンツが再生され、特定のマークを受信すると、そのベースコンテンツの再生を中断し、特定コンテンツと呼ばれる再生時間の短い音声ガイドコンテンツが割り込んで再生される。このイメージを以下に示す。



上記のイメージでは、マーク受信と同時に、ベースコンテンツの再生を中断させ、特定コンテンツの再生を開始させているが、この場合、ユーザにとっては、ベースコンテンツの文脈を無視して、一方的に中断と再開が行われる感覚であり、あまり良い印象とは言えない。その対策として、オプションの設定で、特定コンテンツが割り込むタイミングを、ベースコンテンツのチャプターの切れ目まで遅らせることも可能である。ただし、その場合、ベースコンテンツは、その文脈に応じて、細かくチャプターを設定しておく必要がある。

4-2-2-2 チャンネルの概要

汎用コミュニケーション端末では、場所毎に周辺情報、音声ガイド、地図・ナビの情報紐付けを前提としている。さらに、周辺情報では、複数のコンテンツをタブセットという形で提供するが、これと似た形で、音声ガイドでは、複数の音声ガイドコンテンツを、複数のチャンネルに割り当てて提供することができる。このイメージを以下に示す。



チャンネルを実現するには、それを任意の環境変数で定義する。そして、音声ガイドコンテンツをシステムのデータベースに登録する際は、それを関連式 (Rules) に組み込んで登録する。例えば、チャンネルを@common.location_cast_ch という環境変数で定義し、音声ガイドコンテンツ A、B、C を、それぞれチャンネル 1、2、3 に割り当てる場合、以下のように登録する。

| Rules | URL |
|---------------------|---------|
| location_cast_ch==1 | コンテンツ A |
| location_cast_ch==2 | コンテンツ B |
| location_cast_ch==3 | コンテンツ C |

チャンネルの切り替えは、チャンネル切り替え画面 (HTML コンテンツ) を作成し、その中で、前述のチャンネル定義の環境変数を書き換える。音声ガイドに属するコンテンツは、音声ガイドコンテンツと、このチャンネル切り替え画面であり、システムのデータベースに登録する際、注意すべき設定項目を以下に示す。

| 種別 | Content Class | Content Type |
|------------|---------------|------------------------|
| 音声ガイドコンテンツ | location_cast | application/x-walkpin |
| チャンネル切替え画面 | location_cast | applicatoion/x-setting |

このチャンネル切り替え画面は、音声ガイドの UI のチャンネル切り替えボタンから起動するか、または、チャンネル未設定時に、ホーム画面のメニューの中から音声ガイドを選ぶと起動するように実装する。

4-2-2-3 音声ガイドのカスタマイズ

音声ガイドのカスタマイズは、システムディスクの“/lib/location_cast/location_cast.ini”ファイルで行う。このファイル中の設定項目を以下に示す。

| 設定項目 | 内容 |
|-----------------------|---|
| ui_mode | 音声ガイドの UI モードの設定 |
| bg_color | 背景色 (RGB 888 形式) の設定 |
| title_bar | タイトルバーのイメージファイル格納パスと、表示座標 (左上位置) の設定 |
| channel_button | チャンネル切り替えボタンのイメージファイル格納パスと、表示座標 (左上位置) の設定 |
| still_pict_area | 音声ガイドコンテンツ静止画像表示領域のイメージファイル格納パスと、表示座標 (左上位置) の設定 |
| prev_button | チャプター戻りボタンのイメージファイル格納パスと、表示座標 (左上位置) の設定 |
| play_button | チャプター進むボタンのイメージファイル格納パスと、表示座標 (左上位置) の設定 |
| stop_button | 停止ボタンのイメージファイル格納パスと、表示座標 (左上位置) の設定 |
| next_button | 再生ボタンのイメージファイル格納パスと、表示座標 (左上位置) の設定 |
| channel_menu | チャンネル切り替え画面のコンテンツ ucode の設定 |
| once_special_contents | 同じ特定コンテンツの複数回再生を許可する、しないの設定 |
| pause_succession | ベースコンテンツがユーザ操作により一時停止状態である場合において、特定コンテンツや他アプリケーションが割り込んだ後、そのベースコンテンツが再開するときは、中断位置から再生状態で再開するか、一時停止状態で再開するかの設定 |

4-2-3 まとめ

21 年度は、今まで開発してきたブラウザのチューニングおよび機能拡張を実施した。3次元ブラウザであるパノラマアプリにおいては、従来の周辺の情報の提供のみならず、経路案内の機能を追加し、ガイドコースの案内への応用にも利用できるように拡張した。経路案内として、写真上に矢印をオーバーラップさせることで進行方向を示し、さらに、音声による案内を出すことが可能である。そして、方位センサーと連動することにより、ユーザが向いている方向に合わせた案内を実現することができた。

また、音声ガイドブラウザに関しても、従来のシステムで採用していた独自のコンテンツ形式をやめて、Podcast 形式へ対応することにより、コンテンツの開発効率の改善ができた。また、チャンネルの概念を導入し、複数のコンテンツを同時に扱うことができるようにした。このことで場所に応じていろいろなガイドを視聴することが可能となった。音声ガイドブラウザのカスタマイズ機能も充実し、観光応用や施設説明などの応用など様々

なシーンでの利用が可能となった。

来年度はこれらのブラウザソフトを最終のコミュニケーション端末へ実装する予定である。

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 研究開発の内容

次に示す 3 つの開発要素がある。

(1) 超小型端末用チップセットの研究開発においては、(2) のハードウェアプラットフォームにおけるロジック評価後、チップセットロジックの三次設計を行うことを目標としていた。

(2) ハードウェアプラットフォームにおいては、平成 20 年度に開発したイベント処理機能を実現する二次試験装置 FPGA にハードウェア論理を搭載および、イベント発生あるいは受信デバイスを搭載し、イベント処理機能と効果を評価する。また、ベースハードウェアの二次試作設計および設計評価機の試作を行うことを目標としていた。

(3) ソフトウェアプラットフォームにおいては、平成 20 年度に開発したソフトウェアプラットフォームの完成度を向上させるためのチューニングならびに、最終版のハードウェアプラットフォームへ移植、発展させるための仕様検討を実施することを目標としていた。

4-3-2 超小型端末用チップセットの研究開発

超小型端末はマルチメディア機能と GUI を含む処理を実行する必要があり、高い処理能力をもついわゆるアプリケーションプロセッサが使われる。さらに、超小型端末はユビキタス・コンピューティング環境や利用者や端末の状況を認識するためのアクティブタグからの信号やセンサー信号の処理を必要とする。

後者の処理はイベント処理と呼ぶがこの処理は繰り返し受信されるイベントから不要なものを除去したり、複数受信した中から最適なアクティブタグのイベントを抽出するスクリーニング機能が中心であり、アプリケーションプロセッサと比較して低い処理能力で十分である。しかしながら、イベントは、利用者がユビキタス・コンピューティング環境を移動することによって、本質的にいつ発生するのか予測することが難しいため、処理待機をしておく必要がある。アプリケーションプロセッサからイベント処理をする機能をサブプロセッサとして分離することによりアプリケーションプロセッサをより長時間省電力状態に移行させることができ、システム全体の省電力性は向上する。こうしたプロセッサ分離による省電力化が有効であることは昨年度までの成果により示された。

本年度の研究課題は、このイベントプロセッサ自体をいかに省電力化するかにある。比較的単純なイベントプロセッサの動作をソフトウェアだけでなく部分的に専用ハードウェアロジックで処理することにより、処理時間の短縮と CPU 占有率低減が実現できる。

昨年度開発したイベントプロセッサ FPGA 評価ボードに、無線アクティブタグ受信機と赤外線アクティブタグ受信機を対象として、ハードウェアロジックを搭載する。まず、FPGA に汎用 CPU ハードウェアを形成し、イベント処理を汎用 CPU を使ったソフトウェア処理のみで動作させ、性能を評価する。次に、イベント処理のうち、専用ハードウェア化できる部分を抽出し、FPGA 上に専用ハードウェアロジックを追加する。このような構成でイベント処理を実行させ、ソフトウェアのみときと性能を比較する。

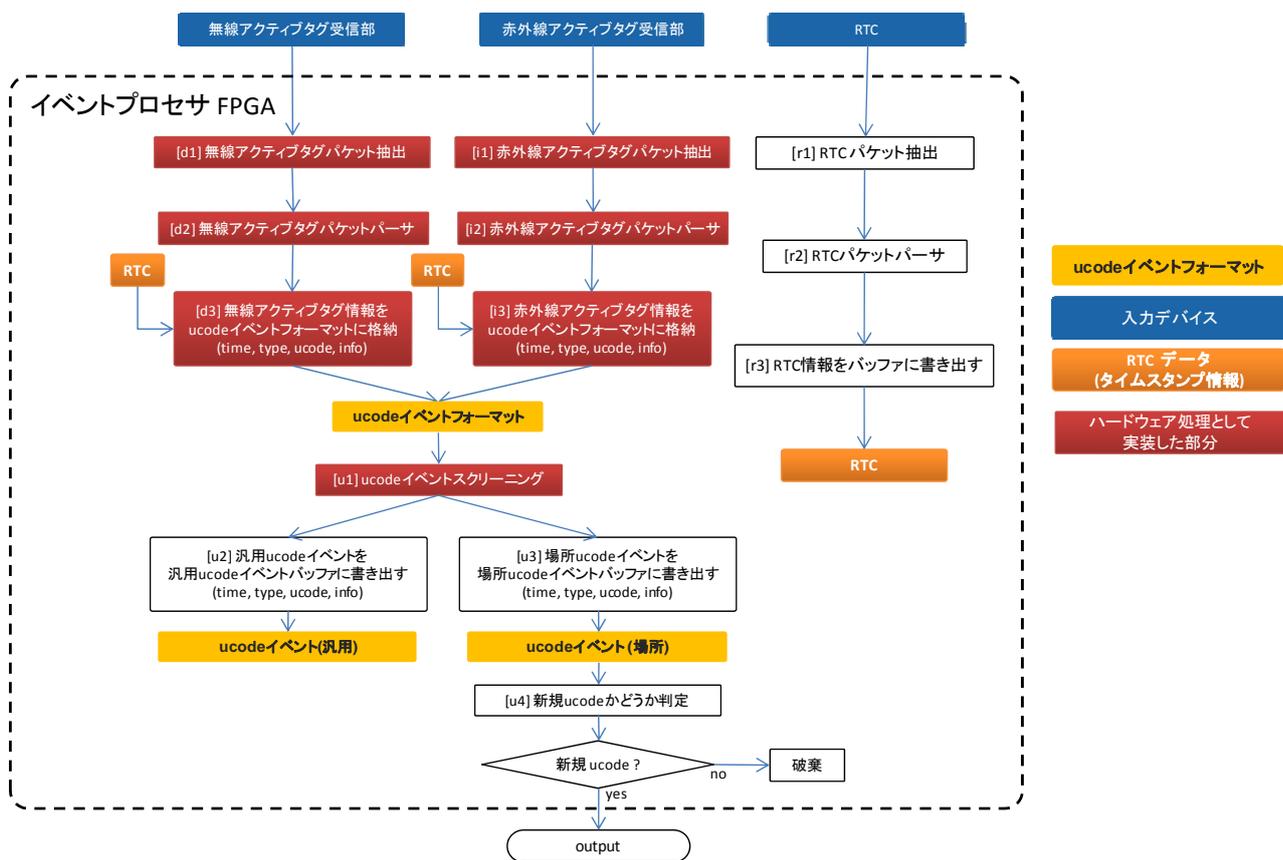


図 4-3-2-1 イベント処理と専用ハードウェア適用部分

図 4-3-2-1 はイベントプロセッサ FPGA に搭載したイベント処理の流れを示している。無線アクティブあるいは赤外線アクティブタグから送られてくる信号を受信し、そのデータ構造を解析し、ユビキタス・コンピューティング環境において場所につけられた ucode と呼ぶ固有 ID を抽出する。これに受信した時刻や無線アクティブタグの場合は受信電波強度などを加え、ucode イベントフォーマットと呼ぶ 32 バイトの内部データ形式にする。次にスクリーニング処理をしてアプリケーションプロセッサに通知すべき ucode のみに絞り込み出力する。

図中四角で囲まれた各ブロックでの処理は、以下に示すようになっている。

- (1) 無線アクティブタグ受信機に関する機能
 - [d1] 無線アクティブタグ受信機で受信したデータからパケットを抽出する機能
 - [d2] 無線アクティブタグのパケットをパースしデータに分解する機能
 - [d3] 無線アクティブタグに関するデータを ucode イベントフォーマットに格納する機能。その際、無線アクティブタグ受信機から得られたデータであることを ucode イベントフォーマットの” type” に記録する。

- (2) 赤外線アクティブタグ受信機に関する機能
 - [i1] 赤外線アクティブタグ受信機で受信したパケットを抽出する機能
 - [i2] 赤外線アクティブタグ受信機で受信したパケットをパースしデータに

分解する機能

- [i3] 赤外線アクティブタグに関する受信データを ucode イベントフォーマットに格納する機能。その際、赤外線アクティブタグ受信機から得られたデータであることを ucode イベントフォーマットの” type” に記録する。
- (3) ucode イベントに関する機能
- [u1] ucode イベントについて場所に関する ucode かその他の ucode かについて、予め登録しておいたリストを参照し、分類する機能
 - [u2] 汎用 ucode に該当する ucode に関するデータについて ucode イベントフォーマットに汎用 ucode であることを意味する” type” 情報と共に書き込む。
 - [u3] 場所 ucode に該当する ucode に関するデータについて ucode イベントフォーマットに場所 ucode であることを意味する” type” 情報と共に書き込む。
 - [u4] 受信した ucode イベントを全て出力するのではなく、同一の ucode イベントであった場合には上位に送らないといったスクリーニング機能

以上のような処理をまず、FPGA に形成した汎用 CPU で正しく動作するかを確認し、その性能を測定した。次に、イベント処理のうち専用ハードウェアロジックで処理するのが適当な部分を抽出する。図 4-3-2-1 の赤で示す処理がこれに該当し、同処理を専用ハードウェアロジックとして設計し、イベント処理プロセッサ FPGA に搭載する。汎用 CPU のソフトウェアと専用ハードウェアロジックの両者を動作させイベント処理を実行し、その性能を測定する。

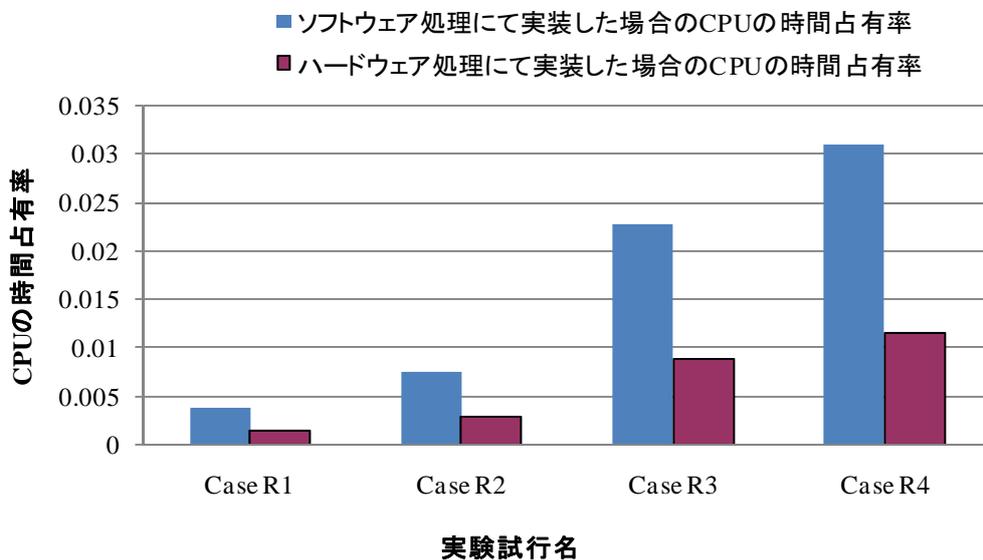


図 4-3-2-2(a) 無線アクティブタグ処理における CPU 時間占有率の比較

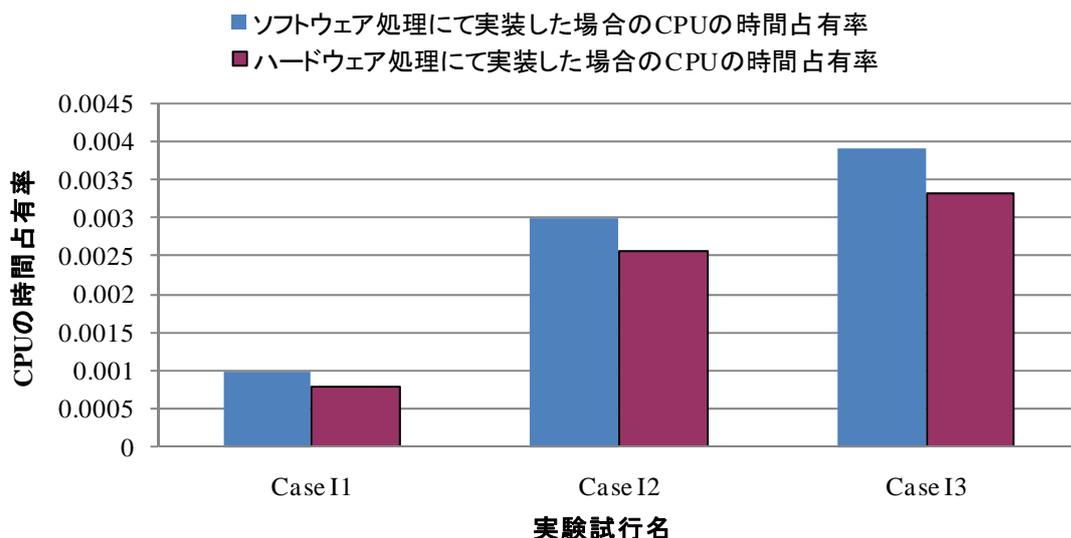


図 4-3-2-2(b) 赤外線アクティブタグ処理における CPU 時間占有率の比較

ソフトウェアのみと専用ハードウェアロジックを追加した場合の CPU 占有率を比較したのが図 4-3-2-2(a)および図 4-3-2-2(b)である。図 4-3-2-2 (a)は無線アクティブタグの受信処理の場合で、Case R1 は無線アクティブタグが 1 個の場合、R2~R4 はそれぞれ、2 個、4 個、8 個の場合である。アクティブタグの発信間隔は 1 秒としているが、R3 および R4 のうちの 2 個は発信間隔を 0.5 秒としている。図 4-3-2-2 (b)は赤外線アクティブタグの受信処理の場合で、Case I1 はアクティブタグの数が 1 個、I2 および I3 は 2 個である。赤外線アクティブタグの発信間隔は 1 秒であるが、I3 のうち 1 個は 1/3 秒としている。

図中青色の棒グラフはソフトウェアのみによる結果であり、紫色の棒グラフは専用ハードウェア併用による結果である。無線アクティブタグの処理の場合、ハードウェア実装を行った方が受信するアクティブタグの数によらず、CPU 占有率は約 60%という大幅な短縮することができている。一方赤外線アクティブタグの処理は 15~22%短縮という結果となった。赤外線アクティブタグの処理の効果が少ないのは、赤外線信号を受信する LSI モジュールが 16 ビットバスで接続されており、もともと効率がよく、専用ハードウェアロジックで行える処理は CRC のチェック機能にとどまったからである。

以上から、本年度開発評価した専用ハードウェアロジックを含む FPGA のハードウェアロジックが高い効果を得ることがわかり、チップセットのハードウェアロジックの設計として問題のないことが確認された。

4-3-3 ハードウェアプラットフォーム

本年度は超小型汎用コミュニケーション端末の基本ハードウェアとなるベースボードの三次試作を実施した。超小型端末には、超小型マルチプロトコル RFID R/W およびイベント処理を行うチップセット(イベントプロセッサ)を搭載することを予定しているため、ベースボード三次試作では、本体部と、サブボード構成とし、来年度の開発にてサブボードにマルチプロトコル RFID R/W およびイベントプロセッサを構成できるようにしている。ベースボードの基本構成図を図 4-3-3-1 に示す。サブボード上のイベントプロセッサは無線ア

クティブタグ受信部からの信号と、本体部に搭載されている赤外線アクティブタグ受信部の信号を処理してメイン CPU に通知する。マルチプロトコル R/W はサブボードに LSI を搭載し、制御とデータはメイン CPU と行う。

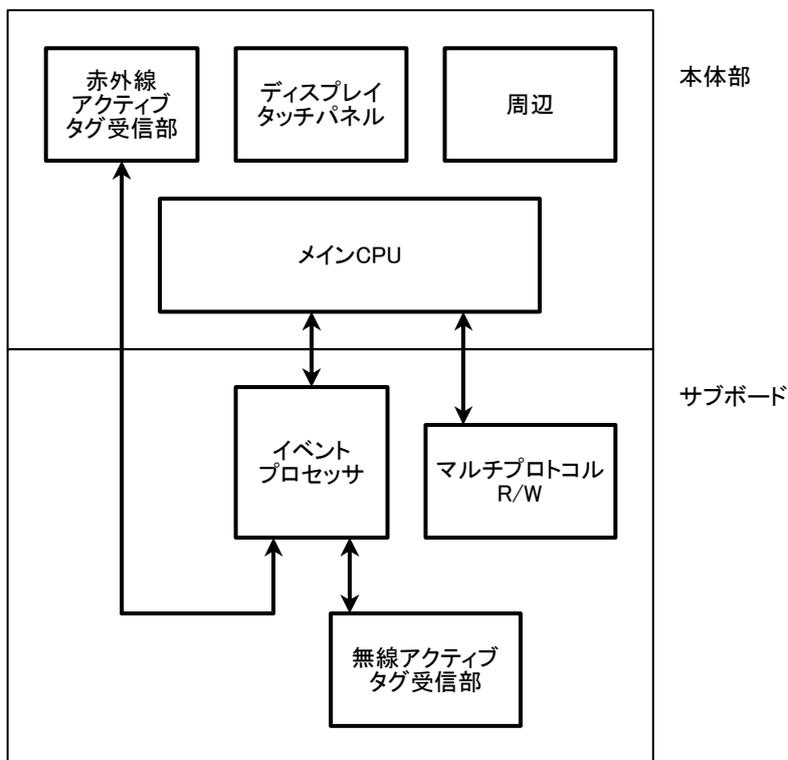


図 4-3-3-1 ベースボードの基本構成

サブボードは、PC 等で無線 LAN 等の通信モジュールとして使われるようになった非営利規格団体 PCI-SIG による PCI express mini card 規格を採用した。PCI express mini card は図 4-3-3-2 に示すような基板状のカードで大きさは 51mm×30mm である。

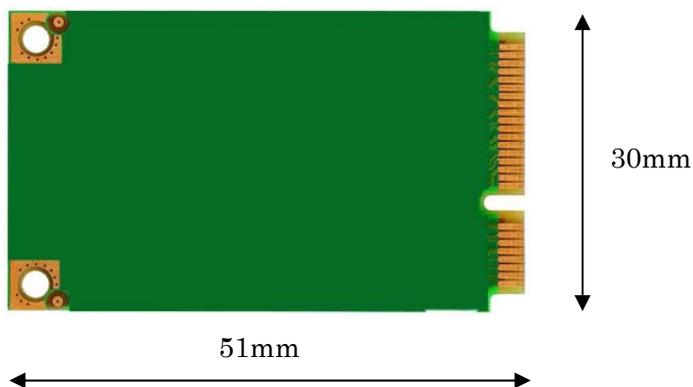


図 4-3-3-2 サブボード(PCI express mini card)

ベースボード本体部は、CPU、メモリの他、超小型端末あるいはそれを持つ利用者の状況を検知する各種センサーおよび、状況認識に基づいてその状況に適した情報を提供するサーバーと通信を行う通信ユニットが搭載される。センサーには以下のようなものがある。

- 方位センサー(3軸)
地磁気をもとに端末を持つ利用者がいずれの方位を向いているかを検知する
- 加速度センサー(3軸)
重力加速度により端末の傾きを検知する。また、歩数を検知する。
- ジャイロセンサー(3軸)
回転角度を検知する。建物内や建物近くなどで地磁気が乱れる場合方位センサーの値の信頼性を判定するのに用いる。
- 気圧センサー
気圧を検知し、これをもとに高さを推定する。
- 照度センサー
周囲の明るさを検知し、ディスプレイの明るさの調整に使う。
- GPS 受信機
GPS により、現在位置を検知する。
- カメラ
QR コードによる場所を示すコードを認識したり、画像処理により現在位置の認識や拡張現実(Augmented Reality)のソース画像として利用する。

これ以外に、ユビキタス・コンピューティング環境に設置された、赤外線アクティブタグ、無線アクティブタグ、場所を示すために取り付けられるパッシブ型 RFID などから場所を検知することができる。

図 4-3-3-3(a) (b)に本体部ベースボードの写真を示す。

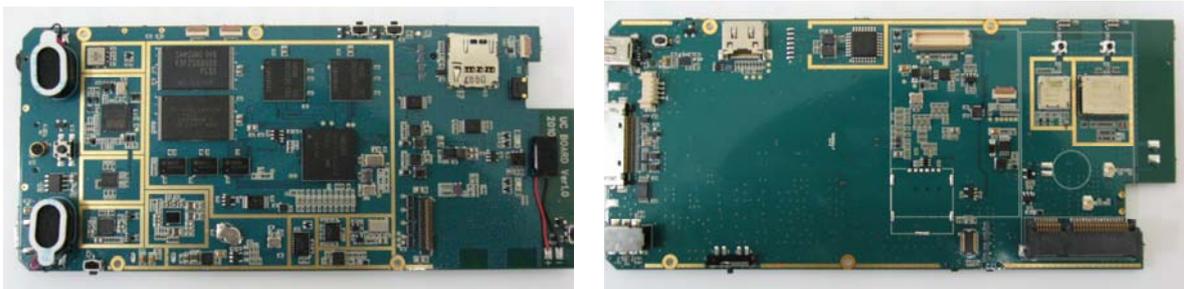


図 4-3-3-3(a) ベースボード 表側 (b) ベースボード 裏側

4-3-4 ソフトウェアプラットフォーム

4-3-4-1 汎用コミュニケーション端末の GUI 改良

Location Based System の携帯端末である汎用コミュニケーション端末では、以下の 3 つの基本アプリケーションを必要に応じて切り替えて使用する。

1. 周辺情報 (Location Browser)
現在位置に紐付けられた各種のコンテンツを表示する。
2. 地図・ナビ (Location Viewer)
現在位置を示す地図の表示、目的地へのナビゲーションを行う。
3. 音声ガイド (Location Cast)
現在位置に関連した音声と画像によるガイドを流す。

これらの 3 つの基本アプリケーションを切り替える方法に関して、今回新規開発した GUI (Ver. 2) では、従来の GUI (Ver. 1) に比較して、操作性の改善を行った。

4-3-4-1-1 従来の GUI (Ver. 1)

従来の汎用コミュニケーション端末の GUI における画面遷移を図 4-3-4-1-1 に示す。



図 4-3-4-1-1 従来(Ver. 1)の汎用コミュニケーション端末の GUI

ホームボタン(物理ボタン)を押すことにより、どの画面からも、[ホーム]画面に切り替わり、ホーム画面上の[音声ガイド]、[周辺情報]、[地図・ナビ]のアイコンをタッチすることにより、表示する基本アプリケーションを切り替える。[ホーム]画面には、[周辺検索][設定][ヘルプ]といった補助的なアプリケーションへの切り替えるためのアイコンも用意されている。つまり、すべてのアプリケーションの切り替えは、[ホーム]画面を経由するというシンプルで統一された設計思想がもとになっている。

4-3-4-1-2 改良した GUI(Ver. 2)

最新(Ver. 2)の汎用コミュニケーション端末の GUI における画面遷移を図 4-3-4-1-2 に示す。



図 4-3-4-2 最新(Ver. 2)の汎用コミュニケーション端末の GUI

従来(Ver. 1)の[ホーム]画面を経由してアプリケーション切り替えを行う GUI はシンプルで統一的であるが、実際問題として、基本の3つのアプリケーションの切り替えはかなり頻繁に行われるため、常に[ホーム]画面を経由することは煩わしく、時間もかかることになる。

そのため、最新(Ver. 2)の GUI では、すべての画面の下部に、3つの基本アプリケーションである[地図・ナビ]、[音声ガイド]、[周辺情報]のボタンを配置し、どの画面を表示していても、下部のボタンをタッチすることによりアプリケーションを切り替えられるようにした。この切り替えボタンは、現在表示しているアプリケーションを示すインジケータを兼ねている。

アプリケーションの切り替えのためにホーム画面を経由する必要がなくなったため、迅速な切り替えが可能となると同時に、ホーム画面上からアプリケーション切り替えのアイコンが不要になり、[周辺検索][設定]などの共通的な補助アプリケーション以外にも、案件に依存した各種の機能をホーム画面に配置することができるようになる。

また、Ver. 2 の GUI では、[地図・ナビ]アプリケーション内の画面構成を図 4-3-4-1-3 に示すように改善した。[地図]と[パノラマ写真]を併用して、タブで簡単に切り替えられ

るようにすることにより、現在位置の把握と目的地へのナビゲーションがよりの確で分かりやすくなった。



図 4-3-4-1-3 最新 (Ver. 2) の汎用コミュニケーション端末の地図・ナビの GUI

4-3-4-2 GPS による測位を用いた場所認識応用

開発している汎用コミュニケーション端末では屋外、屋内によらず精度の高い位置認識を実現するためにアクティブタグによる場所認識手法を採用しているが、GPS レシーバを用いた測位を併用することによってより広範囲なユーザ位置の認識が実現できる。今回使用した GPS レシーバは、一般市販品で、HaiCOM 社製 GPS レシーバ (HI-408BT) である。この製品は、Bluetooth 通信規格によって汎用コミュニケーション端末と直接ワイヤレス通信で接続でき、利用する際には、ベルトループやカバン等に図 4-3-4-2-1 右のように装着した。



寸法：75.6×28.4×18.7mm
重量：38g（充電電池含む）



GPS レシーバの着用形態例

図 4-3-4-2-1：GPS レシーバの外観および寸法図

ポリゴン形状による場所定義と場所認識手法

GPS を用いた場所認識は昨年度までも実施していたが、昨年度までの場所の定義は、円形状を用いていた（図 4-3-4-2-2 の左図）（ここで言う場所とはユビキタス場所情報サービスを提供する対象となる一定の空間領域のことを指す）。この場所形状の定義を円形状で行うことは実装上容易である反面、細かな場所の形状を考慮した定義ができないといった問題点があった。

そこで、本年度は、この場所定義の形状をポリゴン形状を用いるよう変更し、組み込み機器上でも軽快に動作するポリゴン領域判定アルゴリズムを実装することで、ポリゴン型場所定義に基づいた実時間での場所認識を実現した。ポリゴンとは、多角形の形状のことを指す。

Point In Polygon の認識

昨年度までの円による場所定義を行った場合では、ユーザの現在地と所望の場所との包含関係を識別するには、図 4-3-4-2-2 に示すように、定義された場所の中心点と現在位置との距離が半径よりも小さいか否かに基づいて判定することが可能であった。しかし、場所の定義をポリゴン形状とすることによって、場所への包含は単純に二点間の距離によって算出されるものではなくなった。

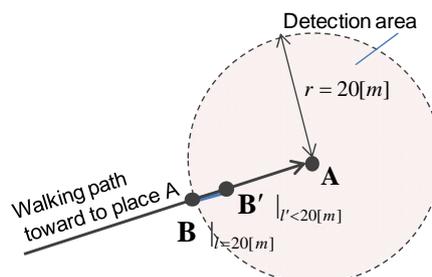


図 4-3-4-2-2：円による場所定義における場所認識手順の概念図

この際に必要となるポリゴン領域に対するある地点の包含判定は、一般に PIP(Point In Polygon)問題と呼ばれ、古くからいくつかのアルゴリズムが提案され、昨今では、この処理の計算コストについても十分に議論されるようになった。ここでは、現在一般に最も計算コストが少ないと言われる⁽¹⁾Ray-casting アルゴリズムを選択し、実装を行った。

Ray-casting アルゴリズムは、あるひとつの地点が、対象とするポリゴンに含まれるかど

¹ Point In Polygon : http://en.wikipedia.org/wiki/Point_in_polygon

うかを、ある地点から伸ばした直線が何回ポリゴンの辺に交差するかといった回数を参照することでポリゴンへの包含判定を行うアルゴリズムである（図 4-3-4-2-3）。本アルゴリズムを用いる場合、包含認識対象とするポリゴンは凹形状であっても良い。

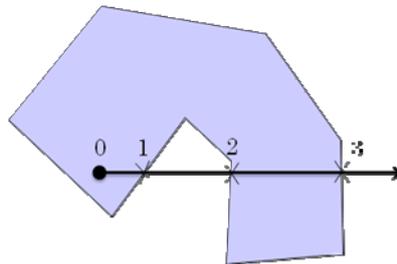


図 4-3-4-2-3 : Ray-casting アルゴリズムの crossing test 概念図

GPS 測位精度補償フィルタ

昨今の一般的な GPS の精度は 5~10m とうたわれているが、それは屋外において天頂に向かって電波を遮る構造物の無い場合に限った値である。しかしながら、本研究が対象とするサービスでは、GPS レシーバを持ったまま電波環境の悪いエリアや屋内に移動する場合は考えられ、そうした際に、GPS による測位結果は一般的に 30m~100m の大幅な精度低下を示すことがある。

そこで、GPS の一般的な NMEA フォーマットに含まれる電波強度や衛星数、衛星の角度に関する情報を用い、GPS の測位結果がどの程度信頼できるかといった指標を算出し、この信頼性指標を用いることにより、GPS レシーバを持ちながら屋内に移動した際の測位精度低下を回避するフィルタを設計した。

フィルタには、瞬時値を参照し測位信頼度を算出するものと、信頼度が低下する秒数に基づいたものを設計した。瞬時値を参照するフィルタでは、主に GPS 衛星の電波強度を参照し、電波強度が一定値以上の衛星の数をカウントすることで、測位結果の信頼度を算出した。また、電波強度の平均値が一定値以下の場合には、屋内であると判断することも可能で、その値が著しく低下した際には、測位結果を信頼しないといった方策のフィルタを設計した。

表 4-3-4-2-1 : 瞬時値を用いた GPS 測位結果の補償フィルタ

| 判定項目 | 内容 | 目的 |
|-------------------------------|--|---|
| (a) nSAT_SNRValid による測位の信頼性判定 | GPS の NEMA メッセージに含まれる電波強度値 SNR がある一定値 (15[dB]) 以上の衛星数を (nSAT_SNRValid) をカウントする。 nSAT_SNRValid が次の条件に該当する場合、測位結果を信頼しない。 $nSAT_SNRValid \leq 4$ | 電波強度が有効と思われる衛星の数に基づくフィルタリングを行い、測位精度低下を防止する。 |
| (b) SNR_mean による測位の信頼性判定 | 衛星の電波強度値 SNR が 0 ではない電波強度値の平均値 (SNR_mean) を計算する。 SNR_mean が次の条件に該当する場 | そもそも SNR が低い場合は、屋内などであり、精度が低下するので、電波強度の平均値によって屋内か |

| | | |
|----------------------|---|---|
| | 合測位結果を信頼しない。 $SNR_mean \leq 17$ [dB] | 屋外かといったおおまかな判定を行う。 |
| (c)HDOP / PDOP による条件 | 以下の条件の場合 測位結果を信頼しない。 $HDOP \geq 200$ or $PDOP \geq 200$ or $VDOP \geq 200$ | SNR 等が高くても、HDOP が高ければ、精度が低下するためこのような場合の精度低下を防止する。 |

また、時間変化に関連するフィルタについては、GPS の衛星が補足できない状態が一定時間以上継続し、その後衛星状況が回復した際には、測位結果が不安定になるといったケースが見られ、このような測位精度低下を補償するために、一定時間測位結果を信頼しないといった方針のフィルタを設計した。

表 4-3-4-2-2 : 時間的特性を考慮した GPS 測位結果の補償フィルタ

| 判定項目 | 内容 | 目的 |
|--------------------------|--|---|
| (d) システム 起動直後のエラー防止 | GPS の測位を開始した直後、90[s]間のデータは信頼しない。 | GPS 測位開始完了後、90[s]程度は不安定になるため、このような測位精度低下を防止する。 |
| (e)GPS 復帰後の待ち時間 | 電波 以上すべての処理により、測位が信頼できない状態が 30[s]以上続いた場合は、測位の信頼性が回復後 20[s]間測位結果を信頼しない。 | GPS 受信 status が復帰した直後の数十秒は不安定になるため、このような測位精度低下を防止する。 |
| (f)大きな HDOP / PDOP による条件 | 以下の条件が 2つ連続して発生した場合、 $HDOP \geq 600$ or $PDOP \geq 600$ or $VDOP \geq 600$ 発生後 5[s]後まで測位を信用しない。 (信頼開始時刻を 5s 延長する) | HDOP が大きな値をとった場合、その後 5 秒以下の測位揺らぎが見られるため、このような測位精度低下を防止する。 |

以上のフィルタ機能の処理の流れを図に示す。図中の(a)～(f)は表 4-3-4-2-1 および表 4-3-4-2-2 の番号に対応する。

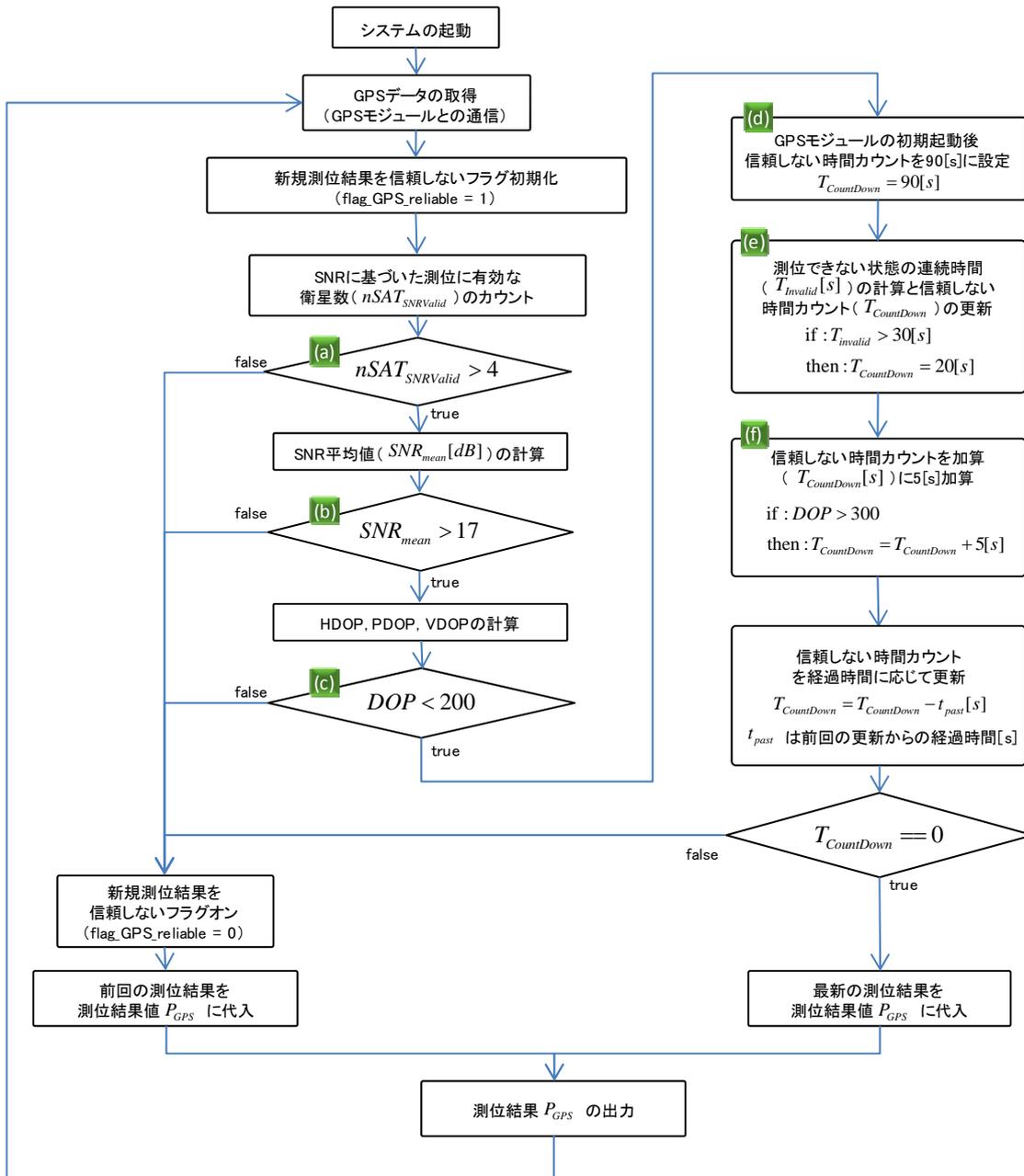


図 4-3-4-2-4 : GPS 測位精度補償フィルタの処理動作流れ図

以上のフィルタを用いることによって、精度の低下を補償することができた。

4-3-5 まとめ

超小型端末用チップセットの研究開発に関しては、20年度に開発したイベントプロセッサ FPGA 評価ボードに、無線アクティブタグ受信機と赤外線アクティブタグ受信機を対象として、ハードウェアロジックを搭載した。FPGA に汎用 CPU ハードウェアを形成し、イベント処理を汎用 CPU を使ったソフトウェア処理のみで動作させ、性能を評価した。次に、イベント処理のうち、専用ハードウェア化できる部分を抽出し、FPGA 上に専用ハードウェアロジックを追加した。このような構成でイベント処理を実行させ、ソフトウェアのみのと

きと性能の比較を実施した。その結果、無線アクティブタグにおいて、ハードウェアロジックで制御した場合とソフトウェアのみで制御した場合と比較して、アクティブタグの数によらず、CPU 占有率は約 60%という大幅な短縮することができた。このことにより、ハードウェアロジックが有効に機能していることを示すことができた。

ハードウェアプラットフォームに関しては、最終的な汎用コミュニケーション端末のプラットフォームを実現すべく、検証用の試作を実施した。開発した試作機では、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(3 軸)、気圧センサー、照度センサー、GPS 受信機、カメラといったデバイスを搭載し、これらのセンサー群によって周辺の状態を取得することができる。また、これ以外に、赤外線アクティブタグ、無線アクティブタグ、場所を示すために取り付けられるパッシブ型 RFID などから場所を検知することができる。従来、複数のデバイスで実現していた技術を一つのデバイスに統合することができた。

ソフトウェアプラットフォームに関しては、最終ハードウェアプラットフォームに移植する想定で現状のソフトウェアのチューニングを実施した。具体的には、GUI 部分のチューニングと、GPS におけるポリゴンによる位置指定、フィルタリング手法に関してチューニングを実施した。

GUI のチューニングに関しては、従来方式のようにホーム画面をすべて経由する方式の場合、単純ではあるのだが、画面遷移の手間がかかるため、比較的ユーザ側に負荷が高い設計となっていた。この設計を見直し、頻繁に利用するアプリケーションに関しては画面下部にタブを設置し、そのタブを選択することでアプリケーション間の遷移を行えるように改良した。このことによりホーム画面へ一度遷移しなくてもよくなることから、実行時のストレスを軽減させることが可能となった。

GPS のポリゴンによる位置指定により、従来の単純な同心円による指定と比較して、細かな場所指定が可能となった。GPS のフィルタに関しては、結果から、森林の内部や、アーケード街、屋内など電波環境の悪化により測位精度が低下する場合において、フィルタを適用することで30~100[m]等の大幅な測位結果の乱れを排除し測位精度低下を低減することができた。

4-4 総括

超小型マルチプロトコル RFID R/W 装置の実現

パッシブ型に関しては試作したモジュールの評価結果をもとに小型化の検討を実施した。小型化を行うに当たり技術的に難しくなるのがアンテナの設計であり、アンテナをどのように実現するかを検討した。今回検討したアンテナでは、前回の試作におけるアンテナとピークにおいては近い性能が出ている。2.45GHz 帯アンテナの軸比の改善、13.56MHz 帯アンテナの性能向上の検討、また、UHF 帯及び 2.45GHz 帯のアンテナはベタ金属面から 3mm 離しているが、高さをさらに抑えるなどの小型化などの点が今後の検討事項である。これらは来年度の試作を行いながら検討を行う予定である。

また、21 年度は LSI の試作を実施する予定であったが、より競争力を高めることを目的に回路の見直しを実施した。不要な回路を外し、チップ面積を小さくすることによる低消費電力化、歩留まりの向上、チップ単価の低減などを行う。変更内容はメモリサイズの見直しや、ADC(Analog Digital Converter) のビット精度の見直しといった回路のチューニングであり、LSI の試作に関しては来年度実施することを予定している。

アクティブ型に関しては、2 種類の内容を実施した。一つはアンテナの受信感度の安定化を目的としてダイバーシティアンテナを検討した。本年度は、自動チューニング機構としてダイバーシティ機能を搭載することにより、外乱による変動を押さえられるかについて二次試作開発および実験を行った。その結果、偏波ダイバーシティを用いることにより

携帯型の超小型端末に実装可能なアクティブタグ受信機を実現でき、単体アンテナに比べ距離推定のばらつきを低減させられることが確認された。

また、発電機構内臓タグモジュールの試作を実施した。100mm タイプの球状太陽電池を搭載しバッテリーや充放電基板、アクティブタグを一体化した屋外取り付けに適する形状のモジュールを開発した。本モジュールは来年度実際に屋外に設置して、長期稼働テストを実施する予定である。

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

21 年度は、今まで開発してきたブラウザのチューニングおよび機能拡張を実施した。3次元ブラウザであるパノラマアプリにおいては、従来の周辺の情報の提供のみならず、経路案内の機能を追加し、ガイドコースの案内への応用にも利用できるように拡張した。経路案内として、写真上に矢印をオーバーラップさせることで進行方向を示し、さらに、音声による案内を出すことが可能である。そして、方位センサーと連動することにより、ユーザーが向いている方向に合わせた案内を実現することができた。

また、音声ガイドブラウザに関しても、従来のシステムで採用していた独自のコンテンツ形式をやめて、Podcast 形式へ対応することにより、コンテンツの開発効率の改善ができた。また、チャンネルの概念を導入し、複数のコンテンツを同時に扱うことができるようにした。このことで場所に応じていろいろなガイドを視聴することが可能となった。音声ガイドブラウザのカスタマイズ機能も充実し、観光応用や施設説明などの応用など様々なシーンでの利用が可能となった。

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

超小型端末用チップセットの研究開発に関しては、20 年度に開発したイベントプロセッサ FPGA 評価ボードに、無線アクティブタグ受信機と赤外線アクティブタグ受信機を対象として、ハードウェアロジックを搭載した。ハードウェアロジックの場合とソフトウェアのみのときと性能の比較を実施した。その結果、無線アクティブタグにおいて、ハードウェアロジックで制御した場合とソフトウェアのみで制御した場合と比較して、アクティブタグの数によらず、CPU 占有率は約 60%という大幅な短縮することができた。このことにより、ハードウェアロジックが有効に機能していることを示すことができた。

ハードウェアプラットフォームに関しては、最終的な汎用コミュニケーション端末のプラットフォームを実現すべく、検証用の試作を実施した。開発した試作機では、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(3 軸)、気圧センサー、照度センサー、GPS 受信機、カメラといったデバイスを搭載し、これらのセンサー群によって周辺の状況を取得することができる。また、これ以外に、赤外線アクティブタグ、無線アクティブタグ、場所を示すために取り付けられるパッシブ型 RFID などから場所を検知することができる。従来、複数のデバイスで実現していた技術を一つのデバイスに統合することができた。

ソフトウェアプラットフォームに関しては、最終ハードウェアプラットフォームに移植する想定で現状のソフトウェアのチューニングを実施した。具体的には、GUI 部分のチューニングと、GPS におけるポリゴンによる位置指定、フィルタリング手法に関してチューニングを実施した。

GUI のチューニングに関しては、従来方式のようにホーム画面をすべて経由する方式の場合、単純ではあるのだが、画面遷移の手間がかかるため、比較的ユーザ側に負荷が高い設計となっていた。この設計を見直し、頻繁に利用するアプリケーションに関しては画面下部にタブを設置し、そのタブを選択することでアプリケーション間の遷移を行えるように改良した。このことによりホーム画面へ一度遷移しなくてもよくなることから、実行時のストレスを軽減させることが可能となった。

GPS のポリゴンによる位置指定により、従来の単純な同心円による指定と比較して、細かな場所指定が可能となった。GPS のフィルタに関しては、結果から、森林の内部や、アーケード街、屋内など電波環境の悪化により測位精度が低下する場合において、フィルタを適用することで30～100[m]等の大幅な測位結果の乱れを排除し測位精度低下を低減することができた。

実応用への展開

開発している汎用コミュニケーション端末を実際のシステムとして利用することも行っている。浜離宮恩賜庭園において、ユビキタス庭園ガイドシステムを開発しているが、その中で応用している技術として、アクティブタグを用いた場所認識による場所に基づいた情報提供、庭園内の3次元ブラウザを用いたコース案内や周辺のビル案内などを実現している。平成22年1月より導入を開始し、導入した機器が50台にもかかわらず、日平均100台以上の貸し出しを行うなど好評を博している。この事例にとどまらず、多くの場所での導入を図り、開発した技術の普及を促進していく予定である。

また、欧州における標準化活動も積極的に行っている。CASAGRAS (Coordination and Support Action for Global RFID-related Activities and Standardization) は EU が支援する大型プロジェクトであるが、日本からは唯一、YRP ユビキタス・ネットワークング研究所がフルパートナーとして、ユビキタス ID 技術の提示を行い、途中段階の白書、最終報告書の執筆、作成に参加した。欧州では、ネットワークと RFID を使って、実世界と仮想世界を融合する取り組みのことを、“The Internet of Things (IoT)” と呼んでおり、この The Internet of Things の実現に必要な技術を探り、実現していく過程で必要な標準に関して EU 全体に提示していくのが目的である。このプロジェクトの最終報告書に我々の活動が記載された。報告書の中で、ユビキタス ID 技術の紹介に加え、未来の IoT の姿として我々が開発してきた汎用コミュニケーション端末を用いたアプリケーションの紹介がなされている。最終報告書の中に我々の技術が取り上げられたことは、IoT の一つの目標が我々の技術であるということの意味しており、欧州における今後の IoT の技術開発において我々の技術が採用されていくための下地を作ることができたといえる。

5 参考資料

5-1 研究発表・講演等一覧

<一般口頭発表>

- [1] Ken Sakamura, “Japan's UID strategy and international cooperation possibilities,” Internet of Things Workshop An early reality of the Future Internet, 10 May 2009.
- [2] 坂村 健、“オープン×オープン=∞ (無限大)”, ESEC2009、2009年5月15日 (特別講演)
- [3] Ken Sakamura, “Human-centric designs in TRON Project – TRON House and beyond,” IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS) 2009, May 24 – 27, 2009. (Keynote)
- [4] 坂村 健、“産学連携フェア基調講演-「イノベーションとユビキタス」”, 産学連携フェア、2009年10月14日 (基調講演)
- [5] 坂村 健、“ユビキタスコンピューティングと地域の安心・安全”, 第18回地理情報システム学会、2009年10月15日 (特別講演)
- [6] 坂村 健、“ユビキタスと宇宙”, ETS-8「きく8号」成果・利用 シンポジウム、JAXA、2009年10月20日 (基調講演)
- [7] 坂村 健、“組込み技術をとりにくく環境変化と T-Engine/T-Kernel”, ET2009、2009年11月18日 (基調講演)
- [8] 坂村 健、“TRON Project 2010”, TRONSHOW 2010, 2009年12月9日 (基調講演)
- [9] 越塚登:「ユビキタスで地域活性化 (各論)」, TRONSHOW 2010(東京), (2009年12月10日).
- [10] 越塚登:「ucode: 技術と応用」, MTI 官民サロン(東京), (2009年9月24日). 【招待講演】
- [11] 越塚登:「ucode: 技術と応用」, 高度測位社会基盤研究フォーラム(東京)、第一回ワークショップ, (2009年9月8日) 【招待講演】
- [12] Noboru Koshizuka: “Ubiquitous ID Technology: The Internet of things and places of the Future” , JBCE Information Society Committee Meeting, (Brussel), (July 3, 2009). 【Invited Speech】
- [13] Noboru Koshizuka: “Dreaming the Future of the Internet of Things” , 2009 EU-Japan Cooperation Forum on ICT Research(Brussel), (July, 2009). 【Keynote Speech】
- [14] Noboru Koshizuka: “Ubiquitous ID Technology: The Internet of things and places of the Future” , FuturICT 2009: Hungarian-Japanese Joint Conference on Future Information and Communication Technologies(Budapest, Hungary), (June 29-30, 2009). 【Invited Speech】
- [15] Noboru Koshizuka: “Ubiquitous ID Technologies” , 2009 Smart Card & RFID Expo, (Beijin China), (June 2009). 【Keynote Speech】

<報道発表>

- [1] YRP ユビキタス・ネットワーキング研究所、ユーシーテクノロジ株式会社、“浜離宮恩賜庭園にユビキタス庭園ガイドシステムを開発”、2010年1月23日

<解説、著書など>

- [1] 越塚登:「ユビキタス ID センターの技術と活動」, RFID タグの開発技術Ⅱ (普及版),

シーエムシー出版, 2009年, pp. 211～219.

<その他資料>

- [1] Ken Sakamura, Nadin Heinich Ed., “Smart Home,” Sensing Space, Re-Constructing Home, pp. 22-33, Oct. 2009.
- [2] Ian Smith, Ken Sakamura, Anthony Furness, et al., “CASAGRAS Final Report,” CASAGRAS, Vol. 216803, 2009.

<国際標準化提案>

- [1] Noboru Koshizuka, Testuo Kamina, “Survey on ID code schemes for NID applications and services,” CJK, Apr.8 – 10, 2009.
- [2] Noboru Koshizuka, Testuo Kamina, “Current status on NID and USN applications and services in Japan,” CJK, Apr.8 – 10, 2009.
- [3] Noboru Koshizuka, Testuo Kamina, “Using one ID code for multiple purposes by the IRP in Annex B of H.IRP,” ITU-T WP2/16, Jun. 22-26, 2009.
- [4] Jun Seob Lee, Noboru Koshizuka, “Survey on ID schemes for H.IDscheme,” ITU-T WP2/16, Jun. 22-26, 2009.
- [5] Noboru Koshizuka, Testuo Kamina, “Evidence that combination of multiple existing international standard ID schemes are insufficient,” CJK-N-ID, Jul.22-23, 2009.
- [6] Noboru Koshizuka, Testuo Kamina, “Evidence that multiple general purpose ID schemes are required,” CJK-N-ID, Jul.22-23, 2009.
- [7] Jun Seob Lee, Noboru Koshizuka, “Second survey report on ID schemes for H.IDscheme,” ITU-T SG16, Oct.26 – Nov.6, 2009.
- [8] Noboru Koshizuka, Testuo Kamina, “ID schemes for application examples in F.771,” ITU-T SG16, Oct.26 – Nov.6, 2009.
- [9] Noboru Koshizuka, Testuo Kamina, Jun Seob Lee, “Current status of N-ID related activities on ITU-T SG16,” CJK-NID, Nov.16 – 18, 2009.
- [10] Noboru Koshizuka, Testuo Kamina, “Modification Plan for H.IDscheme,” CJK-N-ID, Nov. 16 – 18, 2009

5 – 2 産業財産権

該当なし