

システム開発
18-F-12

携帯電話に装着する電子タグ入出力装置の開発 に関するフェージビリティスタディ

報 告 書

— 要 旨 —

平成19年3月

財団法人 機械システム振興協会

委託先 財団法人ニューメディア開発協会



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。
URL : <http://keirin.jp/>



序

わが国経済の安定成長への推進にあたり、機械情報産業をめぐる経済的、社会的諸条件は急速な変化を見せており、社会生活における環境、都市、防災、住宅、福祉、教育等、直面する問題の解決を図るためには技術開発力の強化に加えて、多様化、高度化する社会的ニーズに適応する機械情報システムの研究開発が必要であります。

このような社会情勢の変化に対応するため、財団法人機械システム振興協会では、日本自動車振興会から機械工業振興資金の交付を受けて、システム技術開発調査研究事業、システム開発事業、新機械システム普及促進事業を実施しております。

このうち、システム技術開発調査研究事業及びシステム開発事業について、当協会に総合システム調査開発委員会(委員長：政策研究院 リサーチフェロー藤正 巖氏)を設置し、同委員会のご指導のもとに推進しております。

本「携帯電話に装着する電子タグ入出力装置の開発に関するフェージビリティスタディ」は、上記事業の一環として、当協会が財団法人ニューメディア開発協会に委託し、実施した成果をまとめたもので、関係諸分野の皆様方にお役に立てれば幸いです。

平成19年3月

財団法人 機械システム振興協会

はじめに

この報告書は、財団法人 ニューメディア開発協会が平成18年度事業として、財団法人 機械システム振興協会から委託を受けた「携帯電話に装着する電子タグ入出力装置の開発に関するフィージビリティスタディ」についての報告書であり、携帯電話に装着する電子タグ入出力装置の開発及び事業化等について行ったフィージビリティスタディ(以降「スタディ」と略す)をまとめたものである。

本スタディは、財団法人 ニューメディア開発協会内に「携帯電話に装着する電子タグ入出力装置の開発に関するフィージビリティスタディ推進委員会」を設置し、同委員会のご指導のもとに推進した。

本報告書の内容をベースに、携帯電話に装着する電子タグ入出力装置及び電子タグが普及し、情報化社会の基盤が、早期に実現されることを期待する次第である。

最後に、本開発にご協力していただいた委員会の方々、並びに貴重なご意見を下さった多くの協力者の皆様方に深く感謝の意を表す次第である。

平成19年3月

財団法人 ニューメディア開発協会

目次

序

はじめに

1	スタディの目的	3
2	スタディの実施体制	4
3	スタディの内容	6
3.1	スタディの概要	6
3.2	スタディの実施計画	7
3.3	スタディの進め方	7
4	関連技術と電子タグシステムに関する技術検討	10
4.1	Bluetooth関連技術について	10
4.2	RFID関連技術について	12
4.3	電子タグシステムについて	15
5	携帯電話に装着する電子タグ入出力装置の開発	18
5.1	携帯電話に装着する電子タグ入出力装置の開発概要	18
5.2	アプリケーションの設計	22
5.3	マルチキャリアを意識した通信制御の設計	23
5.4	実験用システムの構築と動作確認	24
5.5	システム開発のまとめ	26
6	実証実験の概要と検証項目	29
6.1	実証実験の概要	29
6.2	実験の狙いと検証項目	29
6.2.1	複数チップメーカーの電子タグに対する汎用性の検証	29
6.2.2	電波干渉に対する耐性の検証	30
6.2.3	通信距離と通信時間の測定による基本性能の検証	31
6.2.4	無線通信の信頼性の検証	32
6.2.5	低消費電力に関する実用性の検証	32
6.2.6	実用システムを考慮した検証	33
6.3	実験環境	33
7	実験結果と技術的課題の検討	37
7.1	複数チップメーカーの電子タグに対する汎用性の検証	37
7.1.1	実験結果	37
7.1.2	考察	37
7.2	電波干渉に対する耐性の検証	38
7.2.1	実験結果	38

7.2.2 考察	40
7.3 通信距離と通信時間の測定による基本性能の検証.....	42
7.3.1 実験結果.....	42
7.3.2 考察	44
7.4 無線通信の信頼性の検証.....	46
7.4.1 実験結果.....	46
7.4.2 考察	48
7.5 低消費電力に関する実用性の検証.....	50
7.5.1 実験結果.....	50
7.5.2 考察	51
7.6 実用システムを考慮した検証.....	52
7.6.1 実験結果.....	52
7.6.2 考察	55
8 まとめ	59
8.1 全体考察	59
8.2 課題と今後の展望.....	62
8.2.1 本スタディに関する今後の課題.....	62
8.2.2 今後の展望.....	63

1 スタディの目的

「いつでも」、「どこでも」、「誰でも」、安心・安全・便利が望まれるユビキタス情報社会において、IT分野の閉塞感を打ち破る技術・サービスとして電子タグが注目されている。そして、電子タグは、あらゆる場所、あらゆる人、あらゆる物の情報をネットワーク化・一体化させる技術として社会的ニーズ、経済的ニーズが、非常に大きくなっている。電子タグの技術は、電波飛距離の向上、超小型化、グローバル標準化、加工技術の向上、低価格化等で急速に進歩している。一方、この電子タグの内容を読み書きする入出力装置は、ハンディ型を含め、多くのメーカーで開発されつつある。しかし、開発されている入出力装置は、PCや回線と接続して使用するタイプの高額なものが多く、実用化においては、設置台数に制限が生じている。その結果、利用システムも、電子タグが付与された物がある場所に集中するという物流形態のシステムに限られる。最近では、特定メーカーの電子タグの内容を携帯電話と接続して読取るという試作品が開発されてきた。

本スタディでは、複数メーカーの電子タグを対象にした、複数通信事業者の携帯電話に接続して、電子タグの内容を読取ることができる電子タグ入出力装置を、実用化が可能な価格で開発することを目的とする。

その結果、電子タグが付与された多くの物を、広範囲の多くの場所(例えば、商店街の全店、観光地の色々な場所等)で多くの人(例えば、全警察官、全消防・救急職員等)が自動認識できるようになり、電子タグの利用形態も多様になり、大いに電子タグが普及し、情報化社会の基盤作りになると考える。

2 スタディの実施体制

本スタディを実施するに当たり、財団法人機械システム振興協会に「総合システム調査開発委員会」を、財団法人ニューメディア開発協会に「携帯電話に装着する電子タグ入出力装置の開発に関するフィージビリティスタディ」推進委員会を設置し、スタディ内容についてご意見を頂いた。

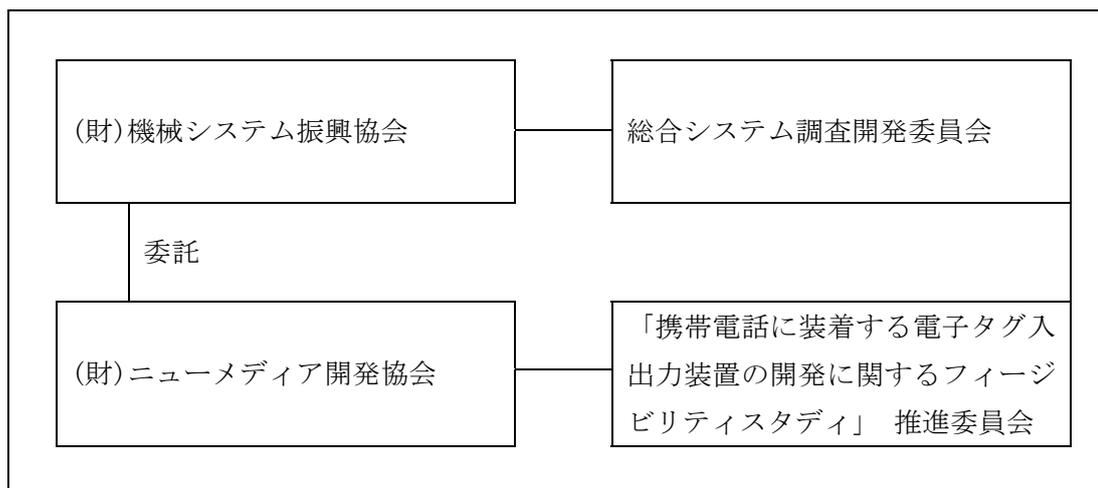


図 2-1 本スタディの実施体制

[総合システム調査開発委員会委員名簿]

(順不同・敬称略)

委員長	政策研究院 リサーチフェロー	藤 正 巖
委員	埼玉大学 地域共同研究センター 教授	太 田 公 廣
委員	独立行政法人産業技術総合研究所 エレクトロニクス研究部門 副研究部門長	金 丸 正 剛
委員	独立行政法人産業技術総合研究所 産学官連携部門 コーディネータ	志 村 洋 文
委員	東北大学 未来科学技術共同研究センター センター長	中 島 一 郎

委員 東京工業大学大学院
総合理工学研究科
教授 廣 田 薫

委員 東京大学大学院
工学系研究科
助教授 藤 岡 健 彦

委員 東京大学大学院
新領域創成科学研究科
教授 大 和 裕 幸

[携帯電話に装着する電子タグ入出力装置の開発に関するフュージビリティスタディ
推進委員会 委員名簿]

(順不同・敬称略)

委員長 慶應義塾大学
環境情報学部
助教授 高 汐 一 紀

委員 東京工科大学
メディア学部
専任講師 村 上 康 二 郎

委員 (株)NTTドコモ
モバイル社会研究所
主査 遊 橋 裕 泰

委員 (株)デンソーウェーブ
自動認識事業部 ソリューション部
シニアマネージャー 浅 井 重 孝

委員 立命館大学
経営学部
助教授 西 川 英 彦

[事務局]

財団法人ニューメディア開発協会 多湖 和男、高柳 賀一

(株)エヌ・ティ・ティ・ドコモ 加瀬 邦雄、川上 太一、宍倉 暁彦

ドコモ・システムズ(株) 齋藤 博、大谷 章、小島 兼児

3 スタディの内容

3.1 スタディの概要

本スタディでは、Bluetooth¹により複数通信業者の携帯電話に接続し、複数メーカーの電子タグを読み取ることができる、電子タグリーダー・ライターを用いた電子タグシステムを開発し、開発に伴う技術的課題及び実用化に関する検証を行う。

本スタディが提唱する電子タグシステムの構成は、図 3-1 に示すように、電子タグの読み取りを行う現場側環境と、データベースサーバーが設置されているセンター側環境を、携帯電話を仲介したネットワークにより接続する。従来の電子タグシステムのように、電子タグを扱う現場にまでPCや回線を準備する必要はなく、システム導入及び移設などの費用が抑えられ、広範囲に点在する現場で活用できるなど、さまざまな場面で利点が多い。この構成を基本とする実用的なシステムの試作及び実用化に関する実験を行い、開発に伴う技術的な問題点及び実用システムの実現性について検討を行う。

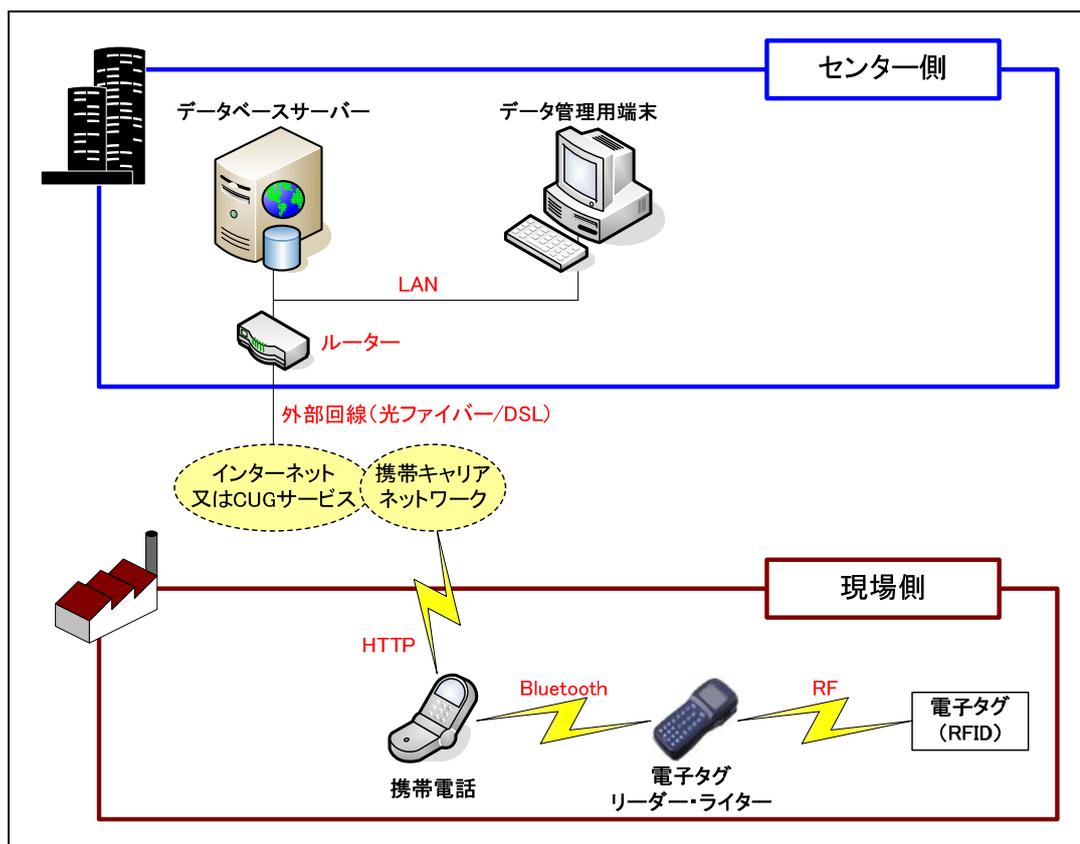


図 3-1 本スタディが提唱するシステム構成

¹ Bluetoothは米国Bluetooth SIG, Inc. の登録商標。

3.2 スタディの実施計画

本スタディでは、表3-1の内容について検討及び検証を行う計画を立て、電子タグシステムを実際に開発し、実証実験を行うことで、開発及び実用化の際の技術的課題を検証し、その結果をまとめて報告する。

表 3-1 本スタディの実施計画

(1) 市販されている携帯電話と電子タグ入出力装置は、汎用性のある「Bluetooth」、2.4GHz帯を利用し、SPP(Serial Port Profile)通信、「ペアリング」によりセキュリティを確保して接続する。屋外、屋内のさまざまな場面でノイズに強いといわれる周波数ホッピング方式を採用する。
(2) Bluetooth のアドホック接続をした場合、単純なピコネットの接続だけでなく、複数のピコネットで構成されるスカッタネット接続も考慮する。
(3) 電子タグ入出力装置の機能は、電子タグの ID データを読み取り、携帯電話のアプリケーションを介して、ID 情報を携帯電話に表示し、サービスプラットフォームに ID データを転送する。さらに、サービスプラットフォームからの電子タグにリンクされた情報を携帯電話に適切な形態で表示する。
(4) モバイル利用のため、低消費電力で利用可能とする。
(5) 技術的課題の検証として、性能（アンチコリジョン、処理能力、読み取り距離）、信頼性（干渉、セキュリティ）、運用（省電力、マルチキャリア対応）など、実際の使用する周囲条件や動作条件（例えば、ポスター、チラシ、はがき、カード、シール、物体などに付与）に適応した機能を発揮できるかの評価・検証を行う。また、PDA を使用した場合との利便性や課題を検証する。
(6) 読み取る電子タグは、生活への浸透の可能性を考え非接触型の近傍型を対象に、まず、「パッシブタグ」（入出力装置が電子タグに電波を発信してその反射波を受信する）に注目し、その後、「アクティブタグ」（電波送信機能を内蔵して、入出力装置と長距離通信が可能）に技術展開していく。
(7) 必要なら、電子タグとのインターフェース基準、携帯電話とのインターフェース基準の標準規約化の検討を行う。

3.3 スタディの進め方

スタディの進め方(図3-2)については、前項の実施計画を踏まえ、まず、机上での技術検討を行った上で、本スタディが提唱するシステム構成を基本とした小規模のシステムを試作し、開発に伴う技術的課題の抽出とその検討を行った。そして、試作したシステムを用いて実証実験を行うことにより、実用性の検証及び実用化に向けた課題の検討を行い、最後に成果と今後の課題についてまとめた。

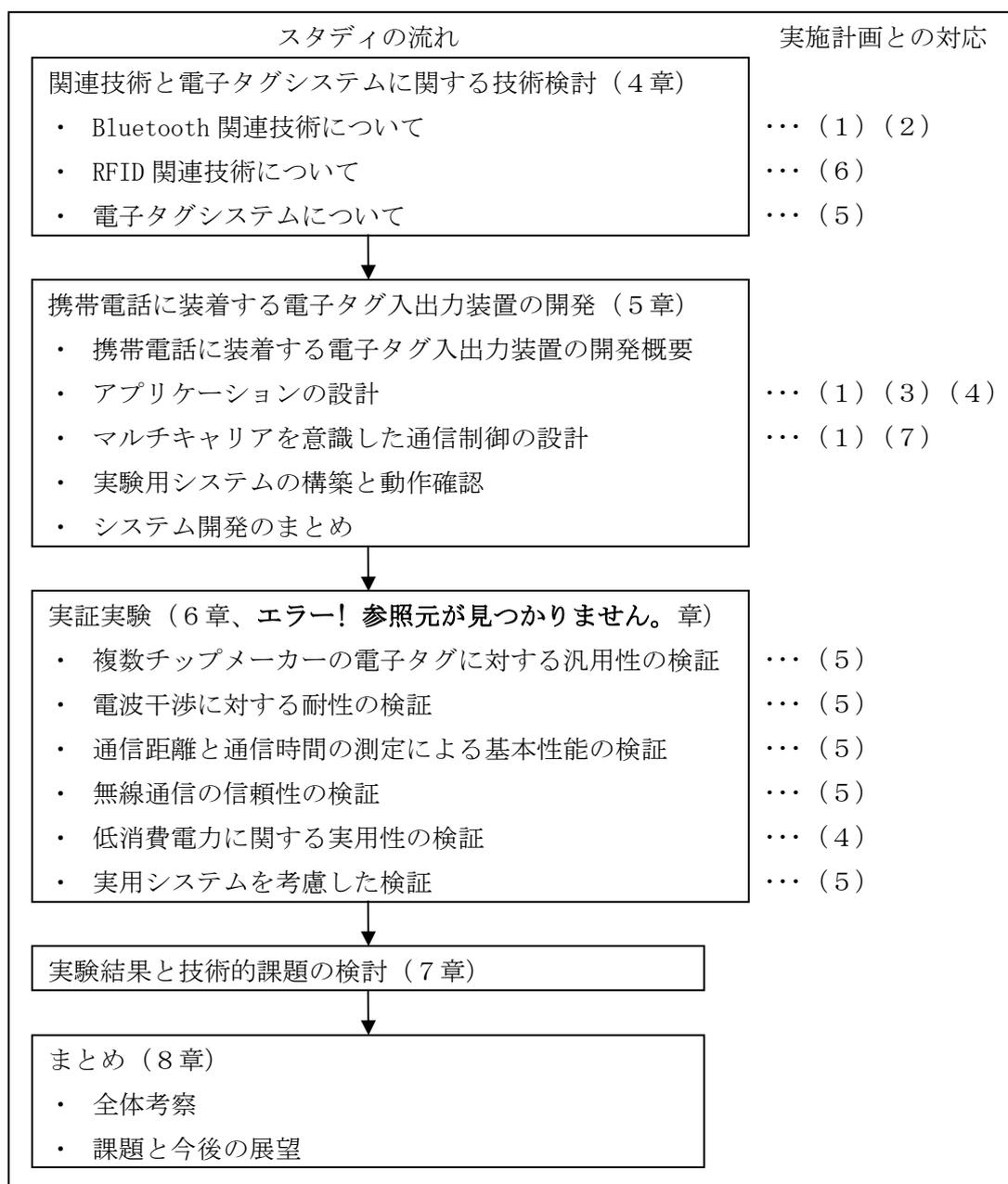


図 3-2 本スタディの進め方

4章の技術検討では、周波数ホッピング方式やアドホック接続といったBluetoothの関連技術と、パッシブタグやアクティブタグといったRFIDの関連技術について調査と技術検討を行った。また、現状の電子タグシステムについて、PDAなどを用いたシステムの構成と本スタディが提唱するシステム構成との比較検討を行った。【実施計画 (1)、(2)、(5)、(6)】

5章の開発では、電子タグリーダー・ライターと携帯電話、並びにデータベースサーバーを連携させる構成で電子タグシステムを開発する方法について検討した。特に、複数通信事業者の携帯電話との連携、低消費電力への考慮といった課題に対して検討を行い、その検討結果を踏まえてシステムの設計を行った。また、実際に小規模なシステムを試作し、その過程で技術的な課題があれば解決方法を検討した。

【実施計画（1）、（3）、（4）、（7）】

6章～7章の実証実験では、5章で試作したシステムを用いて、複数チップメーカーの電子タグに対応できる汎用性、電波干渉の影響、通信距離や通信時間といった基本性能、セキュリティの観点を含めた通信の信頼性といった、システムの実現性を検証する実験と、バッテリーの持ち時間、タグを貼り付ける対象の違いによる影響、システムの操作性といった、実用性に関する検証も行い、技術的課題の抽出及び課題に対する検討を行った。【実施計画（4）、（5）】

4 関連技術と電子タグシステムに関する技術検討

4.1 Bluetooth 関連技術について

Bluetooth は、2.4GHz 帯の無線を用いた近距離用通信技術である。

10m 程度の近距離を対象とした、携帯電話や PDA、各種デバイス間のデータ通信技術として注目されており、省電力、低コストなどの特徴を持っている。Bluetooth は、各種デバイスへの搭載が進んでおり、2005 年末の時点において世界で 5 億台以上という実績もあるように、利用しやすい環境が整ってきている。

Bluetooth は、1998 年に設立された標準化団体「Bluetooth SIG」によって標準化が進められており、バージョンが上がるごとに性能改善が行われているため、今後も期待できる技術といえる。

【ノイズに強い通信方式】

Bluetooth は、ISM(Industrial Science Medical)帯のひとつである、2.4GHz 帯の周波数を使って通信をしている。この ISM 帯とは、免許なしで利用可能な帯域であり、他に無線 LAN などにも利用されている。

Bluetooth の通信には、周波数ホッピングという、極めて短い時間ごとに、信号を送信する周波数を切り替える方式が使われており、具体的には、2402～2480MHz という帯域の中で、周波数を 1 秒間に 1600 回切り替えている。

送信する周波数を次々に切り換えていくため、ノイズや他の無線通信の干渉に強く、機密性にも優れている。

【拡張性の高いネットワーク】

Bluetooth 対応機器は、端末同士で直接接続することが可能で、これをアドホック接続と呼ぶ。アクセスポイントなどのインフラが不要であるため、システム導入時のコストが安く、システムの移設や屋外での使用などにも対応しやすい。

また、Bluetooth は、1 対 1 の通信だけでなく、1 対 n の通信が可能で、同時に 8 台の機器でピコネットと呼ばれるネットワークを構成することができる。さらに、必要に応じて、複数のピコネットをつなげてスカッタネットと呼ばれるネットワークに拡張させることも可能である。

本スタディでは、電子タグリーダー・ライターと携帯電話の 2 台のピコネットで、データ通信を行う。

【ペアリングによるセキュリティの確保】

Bluetooth 機器で通信を行う場合は、最初に「ペアリング」と呼ばれる接続相

手を特定するための作業が必要となっている。Bluetooth には、接続される側の機器（スレーブ）と接続する側の機器（マスター）の区別があり、ペアリングは一般的に次の手順で行われる。

- ① スレーブを、接続要求に応答するように設定する。
- ② マスターから接続要求を行い、スレーブの検出をする。
- ③ マスター側で、検出された機器から接続相手を選択する。
- ④ マスター側、スレーブ側で、30 秒以内に同一のパスキーを入力する。

この手順からも分かるように、マスター、スレーブの両方の機器を操作できる人以外は、ペアリングができない仕組みになっている。そのため、意図しない機器から勝手に接続されてしまうといった危険性はなく、接続のセキュリティが確保されている。

【低消費電力】

Bluetooth は、当初からモバイルでの利用目的で開発されてきたため、消費電力が小さいという特徴がある。消費電力は、送信時でも 30mW 程度であり、これは IrDA や無線 LAN など他の無線通信と比べて小さい。

本スタディで用いる、電子タグリーダー・ライター、携帯電話は、共にバッテリー駆動であり、1 回の充電で長く使用できることが求められるため、Bluetooth による通信は有利である。

【汎用性の高い通信】

Bluetooth は、さまざまなデバイスとの通信に使われるため、デバイスの種類ごとに通信方式が厳密に規定されており、それをプロファイルと呼んでいる。

SPP(Serial Port Profile)は、1 対 1 の通信をする場合に使用されるプロファイルで、シリアル通信と同様の通信を行うことができる。SPP は標準化されているため、SPP に対応している携帯電話であれば、キャリアが異なっても、同じように通信が可能となっている。

本スタディでは、電子タグリーダー・ライターと携帯電話の間の通信には、SPP を使うこととし、マルチキャリアへの対応が容易に実現できるようにする。

なお、SPP による Bluetooth 通信が可能な機器は、各キャリアから発売されている。(NTT ドコモ: M1000、P903i など、au: W31T, W44T など、SoftBank: X01HT など)

【IrDA（赤外線通信）との比較】

電子タグリーダー・ライターと携帯電話間で、データの受け渡しをする場合、現状では、Bluetooth の他に、赤外線を使った IrDA という方法がある。2 つの方

式を比較すると表 4-1 のようになる。

表 4-1 Bluetooth と IrDA の比較

	Bluetooth	IrDA(赤外線)
通信距離	10m	1m
最大通信速度	1Mbps	115.2kbps
指向性	広い(無指向性)	狭い
消費電力	小	やや大
遮蔽物越しの通信	可	不可

IrDAはBluetoothと比較すると、通信距離が短い、遮蔽物があると通信できない、指向性が狭く使いづらい、といったデメリットがあるため、入出力装置としての利用においては、Bluetoothが優位であるといえる。そのため、本スタディでは、電子タグリーダー・ライターと携帯電話間の通信は、Bluetoothを使用する。

【バージョンの更新による性能改善】

Bluetooth SIG では、Bluetooth の性能改善を進めており、1、2 年ごとに新しいバージョンが提供されている。バージョンによって表 4-2 のような違いがある。

表 4-2 Bluetooth のバージョンの比較

	Bluetooth1.1	Bluetooth1.2	Bluetooth2.0
最大通信速度	1Mbps(実効速度:433.9kbps)		3Mbps
干渉対策	×	○	○
接続までの時間	～数秒程度	～1秒程度	

Bluetooth1.2 では、無線 LAN など同じ 2.4GHz 帯を使用している通信の電波干渉を検知して、その帯域を使わないようにする AFH(Adaptive Frequency Hopping) 機能により、通信速度を維持できるようにしており、接続までの時間も Bluetooth 1.1 と比べて大幅に短くなっている。さらに、Bluetooth2.0 では、EDR(Enhanced Data Rate)と呼ばれる方式を利用して、通信速度を 3 倍にまで高めている。

バージョンが異なっても互換性があるため、Bluetooth1.1 と 2.0 の通信も問題なく行える。

4.2 RFID 関連技術について

RFID(Radio Frequency IDentification)とは、微小な無線 IC チップを、物や人に取り付け、無線通信を利用して読み取ることで、固体識別を行う技術である。

RFID の無線 IC チップ(タグ)については、電子タグ、IC タグ、RF タグなど、さまざまな呼び方があるが、本スタディでは、電子タグという表記を用いる。電子

タグには識別コードなどが格納されており、それを、リーダー・ライターと呼ばれる装置を使って、無線通信により非接触で読み出すことで、対象の識別を行う。

RFID については、ISO（国際標準化機構）/IEC（国際電気標準会議）で標準化が進められている。

【電子タグの種類】

電子タグについては、表 4-3 のような種類のものがあり、それぞれの特性に合わせて、異なる用途に用いられている。

表 4-3 電子タグの種類

分類	密着型	近接型	近傍型	遠隔型	
周波数帯	中波(LF)	短波(HF)	短波(HF)	UHF	マイクロ波
	4.91MHz	13.56MHz	13.56MHz	860-900MHz	2.45GHz
通信距離	～2mm	～10cm	～70cm	～5m	～2m
国際規格	ISO/IEC10536	ISO/IEC14443	ISO/IEC15693	策定中	策定中
通信方式	電磁誘導	電磁誘導	電磁誘導	電波	電波
電池有無	無	無	無・有	無・有	無・有
コスト	△	○	○	○	○
利用分野	決済 電子商取引	定期、身分証	FA、資産管理 入退室管理	物流管理 盗難防止	FA、物流管理

本スタディでは、安価で、今後の社会浸透が見込める近傍型(13.56MHz 帯)の ISO/IEC15693 に準拠した電子タグを対象として、入出力システムを開発する。

【パッシブ型とアクティブ型】

電子タグは、電源を内蔵しないパッシブ型と、電源を内蔵するアクティブ型に分けられる。パッシブ型は、電子タグリーダー・ライターからの電波をエネルギー源として動作するため、通信距離は数 mm～数 m と短い、小型化と低価格化が図れる。電池を内蔵しているアクティブ型は、10m～100m の距離で使うことができ、主に人の位置情報の認識用などとして使われる。

アクティブ型の電子タグについては用途が限られるため、本スタディでは、パッシブ型の電子タグを用いたシステムを開発する。

【電子タグの形状】

電子タグの形状には、カード型、箱型、円筒型、コイン型、スティック型、ラベル型などがあり、それぞれ用途に応じて使い分けられている。

RFID は、非接触での通信が可能であることから、耐環境性を高めるためにセラ

ミックスで固めたり、手で持ちやすい形状にしたりと、柔軟に対応ができる。
本スタディでは、検証がしやすいようにカード型のものを用いる。

【電子タグの低価格化】

電子タグが、より普及するためには、1 個あたり単価を下げる事が重要である。パッシブ型の電子タグの単価は、2004 年時点で数十円～数百円であったが、これでは、大量の物品の管理などに用いるような場合に、コストが掛かりすぎてしまう。

電子タグの低価格化については、経済産業省が、「響プロジェクト」と呼ばれるプロジェクトで推進した結果、月産 1 億個であれば 1 個 5 円が実現可能というレベルにまでコストダウンが進んでいる。

【電子タグの一括読み取り】

RFID には、複数の電子タグを一度に読み取りできるという特徴があり、これを、アンチコリジョン読み取りと呼ぶ。電子タグを、離れた位置から一括して読み取ることができるため、例えば、カート内の電子タグが貼られた商品の合計金額を瞬時に求めることなどに利用できる。

本スタディでも、アンチコリジョン読み取りが可能なようにシステムを設計し、実際に数種類の電子タグを使って一括読み取りの検証を行う。

【ユニークな ID】

13.56MHz の電子タグの国際標準規格である ISO/IEC15693 では、電子タグに、ユニークな ID を付けるように定めている。ISO/IEC15693 に準拠した電子タグには、製造時に 64 ビットの固有 ID が付けられ、これは、メーカーに関わらず、必ず違う ID になる。そのため、ISO/IEC15693 準拠の電子タグであれば、1 システムで複数メーカーの電子タグを使っても、一意に識別が可能である。

本スタディでは、ISO/IEC15693 に準拠した 4 つのメーカーの電子タグを使って、検証を行う。

【リーダー・ライターの種類】

電子タグのリーダー・ライターには、ハンディ型、据え置き型、ゲート型などがある。

ハンディ型は、人が手で持って使うタイプのもので、物品の管理などに使われる。低出力のため、読み取り距離は数 cm と短い。据え置き型は、卓上に置いて、その上に電子タグ付きの物品をかざして使うようなタイプのものである。ゲート型は、主に遠隔型の電子タグに用いられるもので、ゲートの中を複数の物品を通

して、一括して読み込むといった用途に使われる。

本スタディでは、近傍型の電子タグを対象としているため、ハンディ型のリーダー・ライターを使用する。

【バーコードとの比較】

RFIDとバーコードについては、その用途が近いことから、比較されることが多い。電子タグとバーコードやQRコード¹との主な違いは表4-4のとおりである。

表 4-4 RFID とバーコードの比較

項目	電子タグ	QRコード	バーコード
保持できる情報量	～数千 Byte	～数百 Byte	数十 Byte
コスト	やや高い	安い	
読み取り距離	長い	短い	
複数同時読み取り	可能	不可	
耐環境性	強い	弱い	
障害物越しの読み取り	可能	不可	
データの書き込み	一部可能	不可	
偽造	極めて困難	容易	

電子タグの長所としては、離れた位置から複数のタグの同時読み取りができるため、オペレーションの負担が減らせることが挙げられ、物流での商品管理などの効率アップが期待されている。

また、汚れに強く、半永久的に使用可能である点や、電子タグ自体にデータを書き込むことができるという点でも、バーコードより優れている。

ただし、コスト面ではバーコードには勝ち目がないため、表4-4のようなメリットが生かせないような用途で、バーコードでも実現可能であることであれば、バーコードを利用した方が安価に実現できる。

4.3 電子タグシステムについて

電子タグを使用するシステムでは、電子タグリーダー・ライターを用い、電子タグのデータを読み取ったり、データを書き換えたりする。電子タグにはメモリが内蔵されており、電子タグリーダー・ライターを使用してデータを書き換えることができるため、電子タグと電子タグリーダー・ライターだけを用いて流通のトレーサビリティを実現するなどの運用も可能である。しかし、大量の電子タグを扱って集計を行う場合や、電子タグに記録された情報の改ざん、漏洩などが問題になる場合は、

¹ QRコードは株式会社デンソーウェーブの登録商標。

電子タグの ID 情報 (uid) だけを使用し、関連データをデータベースで一括管理するような運用方法が一般的である。

電子タグリーダー・ライターとデータベースサーバーを連携させる運用の場合、両者の間で通信を行う必要がある。従って、電子タグを扱う現場に LAN などのネットワーク環境を準備する必要があり、現場とサーバーの距離が離れている場合は、VPN などの回線契約によって遠距離通信を行う手段を構築する必要がある。このため、システムの導入コストが高額になるケースが多く、また、電子タグの利用可能範囲が現場 LAN の周辺に制限されるといった問題がある。本スタディでは、提唱するシステム構成によって、このような問題点を解決することを目指す。

【提唱するシステム構成の利点】

一般的なシステム構成では、電子タグを読み取る現場にパソコンを設置し、パソコンに接続された電子タグリーダー・ライターを用いるか、PDA などのハンディ型の端末に小型の電子タグリーダー・ライターを接続して用いることが多い。いずれにしても、現場に配線された LAN 又は無線 LAN などの通信設備に接続して、データベースサーバーにアクセスすることになる。

本スタディで提唱するシステム構成では、携帯電話を用いて、電子タグリーダー・ライターとデータベースサーバーの間の通信を実現する。携帯電話の広範囲に渡るネットワークを効果的に使用することによって、現場に通信設備やパソコンなどの機材を設置する必要がなく、電子タグを使用する場所が通信設備の付近に限定されるといった問題も解決できる。

【PDA を使用するシステムとの比較】

PDA を用いたシステムでは、PDA の外部インターフェースに電子タグリーダー・ライターを接続する。一般的には、ボタンなどのユーザーインターフェースを持たない小型の電子タグリーダー・ライターを使用することが多く、PDA 上の操作によって電子タグリーダー・ライターの電源制御などを行う。PDA に接続された電子タグリーダー・ライターを電子タグにかざすことで、電子タグを読み取り、PDA が持つグラフィカルな画面上に読み取った結果を表示できる。操作性は十分に良く、ハンディ型のため、現場での作業に適している。

一方、本スタディが提唱するシステムでは、携帯電話を用い、電子タグリーダー・ライターと Bluetooth による通信を行うため、電子タグリーダー・ライターの形状を気にする必要はなく、ボタンや画面といったユーザーインターフェースを持つものも選択できる。携帯電話の画面表示についても表現力が豊富で、操作性及びハンディ性に関して PDA と同等といえる。

また、両者とも、サーバーと通信を行う際に無線通信を使うことになる。PDA

は無線 LAN を使用し、携帯電話は携帯電話会社のネットワークを使用する。無線 LAN はアクセスポイントの周辺で高速な通信を行うことができる。一方、携帯電話は電波が入るところであれば通信ができるため、無線 LAN のように、使用する場所が一定の範囲内に制限されることはない。また、先述のように、携帯電話を使用すれば、固定の通信機器を準備する必要もない。

以上のことから、一般的な利用シーンにおいて、PDA を使用するシステム構成と、携帯電話を使用するシステム構成を比較すると、操作性については同等であり、通信機器の準備と通信可能範囲については携帯電話の方が有利であるといえる。

【コスト比較】

先述のように、本スタディが提唱するシステム構成では、現場環境に固定の通信機器などを準備する必要がないため、初期導入のコストを抑えることができる。遠隔地に電子タグを扱う現場がある場合は、VPN の準備が不要なことから、特に有利である。現場環境を移設する際にも同様に、システムの移設にかかるコストはほとんどない。

また、携帯電話が普及していることにより、システムのために端末を準備する必要がないケースも考えられる。PDA を用いる場合には、既設 LAN の流用について考慮の余地はあるが、セキュリティ・動作保証の面で難がある。電子タグリーダー・ライターに関しては、本スタディで提唱するシステム構成上、Bluetooth を搭載しているものであれば良いため、市販の安価なものを選択できる。

5 携帯電話に装着する電子タグ入出力装置の開発

5.1 携帯電話に装着する電子タグ入出力装置の開発概要

本スタディでは、提唱するシステム構成で実用的なシステムを構築できることを実証するために、実際に小規模なシステムの開発を行い、開発に伴う技術的な課題について検証を行う。電子タグを利用する実用的なシステムの例として、資産管理システムを取り上げて実際に試作し、本スタディにおける実証実験に用いる。

資産管理システムは、管理対象物品に貼られている電子タグの ID を読み取り、物品の関連情報をデータベースサーバーからダウンロードして端末上に表示して確認する。また、現品確認を行った際には、物品の棚卸し状態を未棚卸し状態から棚卸し済みの状態に変更するといった、データ更新機能も有する。この資産管理システムを、本スタディが提唱するシステム構成で実現し、実際のシステム開発を通じて、電子タグ、電子タグリーダー・ライター、携帯電話、データベースサーバーを連携させるシステムを開発する上での技術的な課題を明らかにする。

システムの開発において中心的な課題となるのが、ソフトウェアの開発である。本章では、資産管理システムの概要を述べた後に、電子タグリーダー・ライター、携帯電話、データベースサーバーのそれぞれにインストールする形で動作するアプリケーションの設計について、各機材の機能を有効に使うための機能設計を初め、セキュリティ及び低消費電力に関して設計に盛り込んだ点などについて説明する。

また、本スタディの主題といえる、電子タグリーダー・ライターと携帯電話を Bluetooth 通信で連携させる点について、SPP 通信技術を用いてソフトウェア開発を行うことで、複数通信事業者の携帯電話に対応可能な汎用性を担保しつつ、通信機能を実装できることなど、アプリケーションを連携させる際の通信制御の設計について、実用性の高いシステムの実現に向けて考慮すべき点を中心に説明する。

最後に、システムを開発する中で生じた問題点とその解決方法について説明し、技術的な課題と合わせて、今後、実用システムを開発する際の注意点としてまとめる。

【使用する機材について】

携帯電話はモトローラ社製でNTTドコモ社の回線を使用するFOMA®¹ M1000（次、M1000）を使用する。M1000は、Bluetooth通信プロファイルとしてSPPによる通信が可能である。

電子タグリーダー・ライターは、デンソーウェーブ社製のハンディターミナルBHT-8048DBID²を使用する。携帯電話に装着できる電子タグリーダー・ライターを開

¹ FOMAは株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモの登録商標。

² BHTは株式会社デンソーウェーブの登録商標。

発して使用することも視野に入りたいが、その場合もBluetooth通信によって携帯電話と通信を行うことに関しては同様のため、本スタディではハンディターミナルを用い、Bluetoothにより携帯電話と通信できるソフトウェアを開発することに注力した。

サーバーについては、携帯電話からの要求に対して応答できるWebサービスが実行でき、Webサービスとデータベースが内部で連携できるサーバーであれば問題はない。本スタディでは、Microsoft® Windows®¹ Server 2003 R2 が動作するサーバーを使用する。

【資産管理システムの概要】

資産管理システムは、管理対象物品に貼られている電子タグを読み取ることで、物品の詳細情報を参照することができる。また、現品確認を行った際には、棚卸し状態の変更をサーバーに登録でき、現品確認の結果を集計することができる。

資産管理システムの運用については、図 5-1 のように、資産管理サーバーを設置するセンター側と、管理対象物品が置かれている現場側に分けて運用を行う。

センター側の業務では、資産管理サーバー内のデータベースに登録されているデータの管理を中心に行う。データベースで管理されているデータとして、個々の物品の品名、管理部署名、棚卸し状況などで構成される物品データと、現場側でシステムを利用する現場作業者のログイン情報や氏名で構成されるユーザーデータがある。資産管理部門のデータ管理者は、Web ブラウザなどを利用して管理用端末から資産管理サーバーにアクセスし、物品データの新規登録、削除、修正といったデータ更新業務を行い、必要に応じて、物品データを検索しながら詳細情報の確認や棚卸し状態の確認を行う。また、現場作業者用のユーザーデータについて、ログイン情報や氏名の管理も行う。

現場側の業務では、現場作業者が管理対象の物品に貼られた電子タグを電子タグリーダー・ライターで読み取って端末に送信し、端末の操作により、電子タグの ID 情報に紐付けられた物品データを資産管理サーバーから取得して確認する。また、現品確認を行う場合は、端末から資産管理サーバーに対して棚卸し状態を変更するための要求を送信することで、物品データを未棚卸し状態から棚卸し済みの状態に更新する。

本スタディのシステム構成では、端末として携帯電話を利用し、電子タグリーダー・ライターとの間で ID 情報の送受信を行うために Bluetooth 通信を行う。また、携帯電話から資産管理サーバーに対して物品データの問い合わせや棚卸し状態の更新を行うために、パケット網及びインターネットなどを介した HTTP (Hypertext

¹ Microsoft及びWindowsは米国 Microsoft Corporationの米国及びその他の国における登録商標。

Transfer Protocol) 通信を行う。

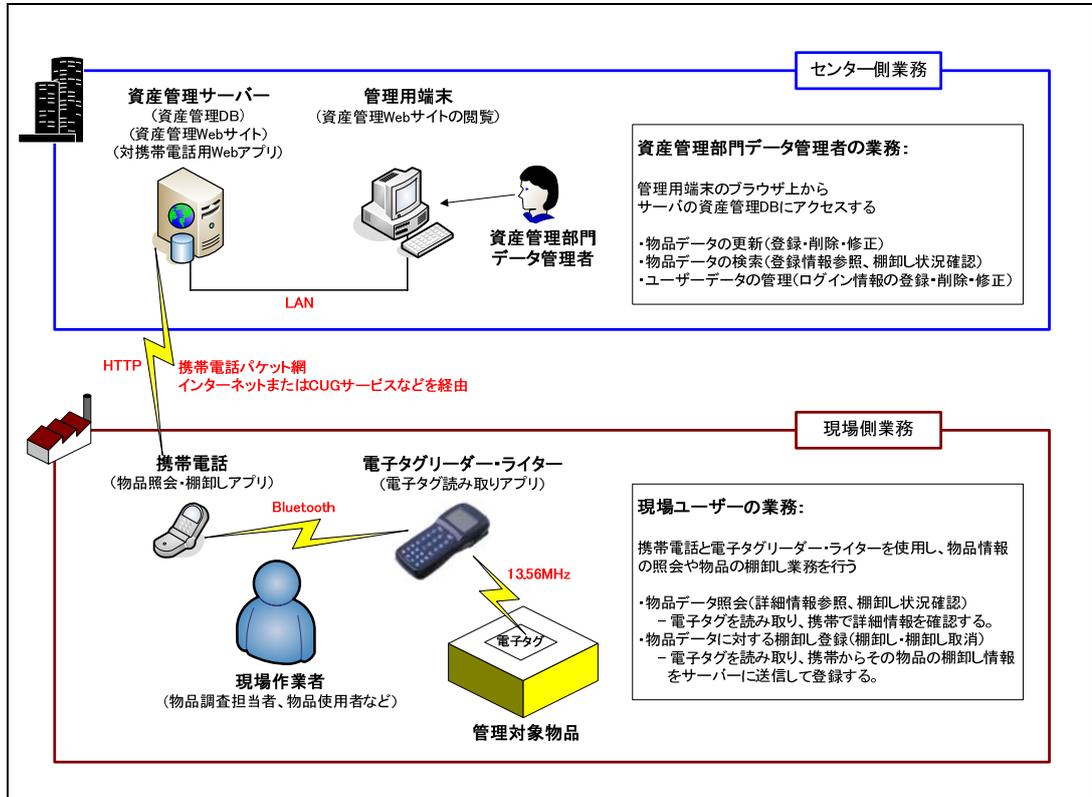


図 5-1 資産管理システムの概要

センター側では、図 5-2 のように、資産管理部門のデータ管理者が管理用PCのブラウザを用いて資産管理サーバーのWebサイトにアクセスする。アクセス制限を行うために、ユーザー名とパスワードなどによる認証の仕組みも必要となる。認証に成功すると、ユーザーデータ又は物品データが参照でき、必要に応じてデータの更新を行うことができる。データの更新を行うと、資産管理サーバー内のデータベースにあるデータが更新される。

新しい管理対象物品が発生した場合は、データ管理者はその物品に対する物品データを新規登録しなければならない。その際、その物品に電子タグを貼り付け、電子タグの ID 情報と物品を紐付けた上で、物品データとして登録する必要がある。

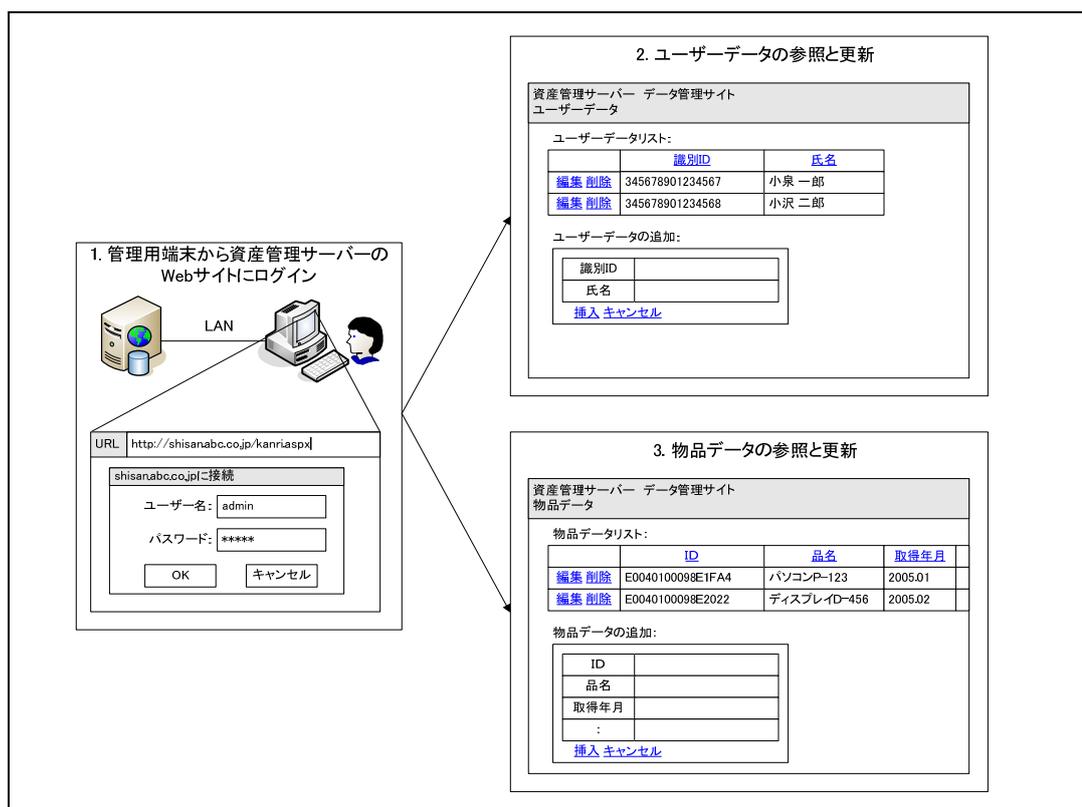


図 5-2 センター側の業務イメージ

現場側では、図 5-3 のように、現場作業者が携帯電話と電子タグリーダー・ライターを使用して物品データの照会や棚卸し状態の更新を行う。

携帯電話と電子タグリーダー・ライターは Bluetooth で無線通信を行うため、互いに通信相手の機器を特定させるためのペアリングを行う必要がある。一度ペアリングを行った機器同士は、次回の使用に備えて通信相手を記憶しておくことで、通信相手を変更しない限り、使用するたびにペアリングの作業を行う必要はない。

物品データの照会を行うためには、電子タグリーダー・ライターで物品に貼られている電子タグを読み取り、読み取った ID 情報を Bluetooth 通信により携帯電話に転送すると、携帯電話のアプリケーションは資産管理サーバーに問い合わせを行い、物品データをダウンロードして表示する。この際、電子タグリーダー・ライターには複数の電子タグを一括で読み取ることができるアンチコリジョン読み取り機能があるため、その特長を活かし、現場作業者の操作次第で、複数の物品データの参照を一度の作業で行えるようにアプリケーションを工夫すべきである。このため、携帯電話のアプリケーションは、物品データの内、品名などの一部のデータを用いて複数の物品データをリストにより一覧表示し、作業者の指示により、個別の物品データの詳細を表示できるようにする。また、棚卸し状態の更新についても同様に、電子タグリーダー・ライターで読み取った電子タグの ID 情報を携帯電話に送信し、

携帯電話から ID 情報及び棚卸し状態の変更をサーバーに要求することで、サーバー内のデータを更新する手順となるが、物品データの照会処理を途中まで流用し、物品データの表示画面において、棚卸し状態を変更してサーバーに登録できるようにすることで、作業者は棚卸し状態を更新する前に、物品データと実際の物品の一致を確認することができる。

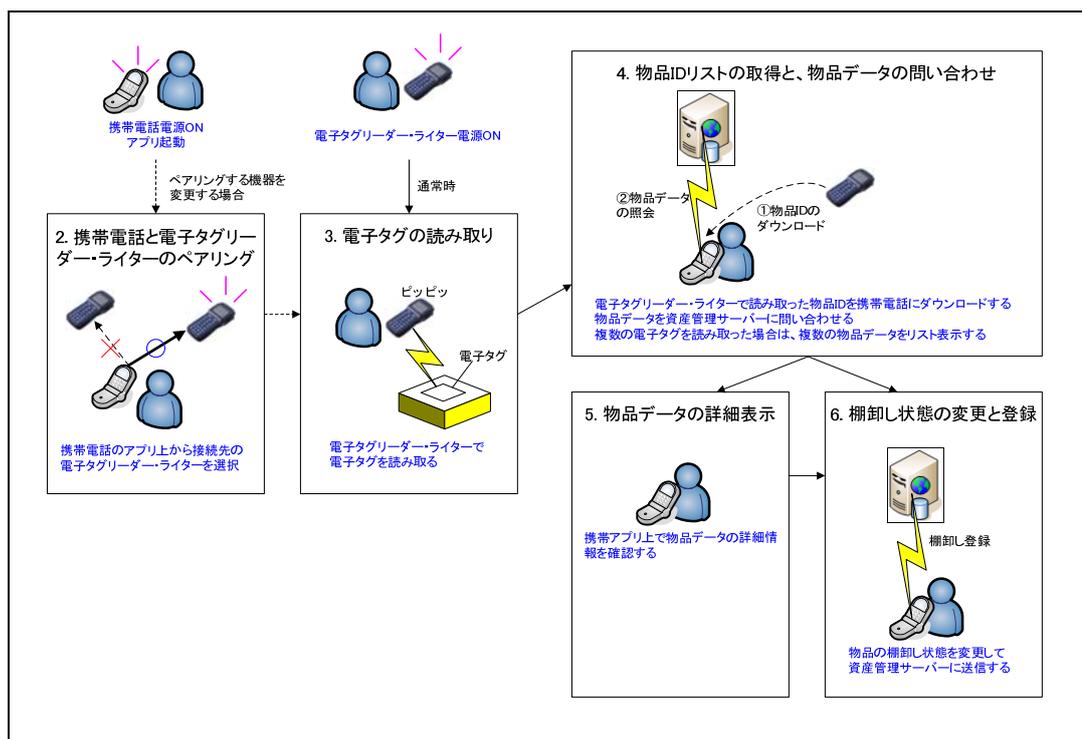


図 5-3 現場側の業務イメージ

5.2 アプリケーションの設計

本スタディが提唱するシステム構成では、電子タグリーダー・ライター、携帯電話、及びデータベースサーバーを使用するため、それぞれにインストールするためのアプリケーションを開発する。

本スタディで使用する電子タグリーダー・ライター及び携帯電話は、共にユーザーインターフェースを実装できることから、双方でシステムの機能を分担することになる。電子タグリーダー・ライターにほとんど全ての機能を実装し、携帯電話は単なるブリッジの役目をするように構築する方法も考えられるが、本スタディでは、携帯電話と電子タグリーダー・ライターの双方でそれぞれ得意とする機能を分担する形でシステムを実現する。電子タグリーダー・ライターは、電子タグを読み取り、読み取った電子タグの ID 情報を、Bluetooth を使って携帯電話に送信する。携帯電話は電子タグリーダー・ライターから ID 情報を受信し、その ID 情報に紐付けられた関連情報を

データベースサーバーから取得して、リッチな表現方法が可能な携帯電話の画面上に表示する。

本スタディでは、実用的なシステムの構築を意識し、資産管理システムを例題として実際にシステム開発を行う。資産管理システムでは、上記のような一連の参照系機能として物品照会機能を実現する。さらに、実用的な機能の実装を意識し、資産管理業務上で必須となる棚卸し業務に対応できるように、物品の棚卸し状態をサーバーに送信して登録するといった、更新系の機能も実装する。

また、システム構成上、機材をモバイル利用することを考慮し、セキュリティ及び消費電力にも配慮した設計とする必要がある。このような考慮すべき点を盛り込みながら、本スタディが提唱するシステム構成を基本とした資産管理システムを構築するために、電子タグリーダー・ライター、携帯電話、データベースサーバーのそれぞれに必要なアプリケーションを設計し、技術的な課題があれば検討を行う。

5.3 マルチキャリアを意識した通信制御の設計

本スタディが提唱するシステムの構成上、電子タグリーダー・ライターと携帯電話間の通信、及び携帯電話とサーバー間の通信について、通信を制御するための機能をアプリケーションに実装する必要がある。これらの通信制御の方法に関しては、本スタディで使用する機材の間だけで使用できるような特殊な方法ではなく、汎用的な技術によって通信制御を実現できることを示し、使用する機材の選択肢を広げることができるように設計を行う。

電子タグリーダー・ライターと携帯電話間の Bluetooth 通信に関しては、通信相手をセキュアに制御する「ペアリング」の設計、ポートオープン・クローズといったデバイス制御などの基本的な設計の他に、汎用的な通信機能である SPP (Serial Port Profile) を使用した通信制御プログラムの設計を行い、実際に双方で取り決めた電文（例えば、読み取った電子タグの ID を表す文字列）が通信できることを確認する。SPP を基本とした通信制御を設計・実装することにより、SPP を持つ携帯電話であれば、通信事業者が異なる携帯電話であっても、電子タグリーダー・ライターと通信可能なアプリケーションを開発できることから、「マルチキャリア」への対応ができ、携帯電話の機種に応じて電子タグリーダー・ライター側のアプリケーションを変更する必要がなくなる。

また、携帯電話がサーバーにアクセスして情報をダウンロードするための通信制御を設計する必要があるが、市販されている携帯電話の多くは、インターネットの Web サイトにアクセスするための汎用的な HTTP 通信が可能であるため、本スタディにおいても、サーバー及び携帯電話のアプリケーションは HTTP によって通信を行い、携帯電話の機種に依存しない汎用的な通信制御を設計する。HTTP を使って携帯電話とサーバーの間で情報を送受信するために、電文によるインターフェースを定義し、双方の A

アプリケーションにおいて、そのインターフェースに従った通信制御の設計を行う。

5.4 実験用システムの構築と動作確認

【実証実験用システムの構築】

● 機材の準備

本スタディでは、携帯電話はFOMA M1000 を使用し、電子タグリーダー・ライターはBHT-8048DBIDを使用する。また、電子タグは、I-CODE®¹ SLI (次、I-CODE)、Tag-it®² HF-I (次、Tag-it)、my-d®³ SRF55V02P (次、my-d)、及びFerVID family™⁴ MB89R118 (次、MB89R118) の4種類を使用する。サーバーに関しては、実験を行うために十分なスペックを持つものを使用し、インターネットに接続するための高速な回線も準備する。データ登録用の管理用端末は、Windows XPが動作する一般的なパソコンを使用する。

● 開発したアプリケーションのインストール

開発したアプリケーションは、電子タグリーダー・ライター (BHT-8048DBID) 及び携帯電話 (FOMA M1000) にインストールする必要がある。BHT-8048DBID へのアプリケーションのインストールは、パソコンと RS-232C ケーブルにより接続し、プログラムファイルを転送するためのツールを使用することでインストールができる。一方、携帯電話へのインストールについては、本スタディで使用する FOMA M1000 の場合は、パソコンと USB ケーブルで接続し、パソコンから直接インストールできるが、一般的には、プログラムファイルをサーバーからダウンロードしてインストールする形となり、特に Bluetooth を使用するアプリケーションをサーバーの Web サイトで公開する際には、通信事業者に申請し、アプリケーションをサーバーの Web サイトで公開するための承認を得る手続きが必要となる点に注意しなければならない。

● サーバー環境の準備

サーバー上には、データベースを構築し、物品データ及びユーザーデータを格納するためのテーブルを作成する。また、携帯電話からの要求に答えるための Web アプリケーションをサーバーの Web サービス上で公開する。さらに、管理用端末

¹ I-CODEはRoyal Philips Electronics社の登録商標。

² Tag-itはTexas Instruments社の登録商標。

³ my-dはInfineon Technologies社の登録商標。

⁴ FerVID familyは富士通株式会社の商標。

からアクセスするための Web サイトを公開するが、不正なアクセスを制限するために基本認証を行うように設定する。

また、通常は携帯電話用のアプリケーションを Web サイトで公開するが、先述のような注意が必要である。

- **データの登録**

管理用端末のブラウザでサーバーの Web サイトにアクセスし、サーバーのデータベースに物品データとユーザーデータを登録する。物品データは、電子タグの ID 情報と関連情報を紐付けて登録する必要があることから、電子タグリーダー・ライターを用いて、実験で使用する電子タグの ID 情報を調べてから登録する必要がある。また、ユーザーデータについては、携帯電話の使用者を認証するための情報を登録するが、本スタディでは、携帯電話の個体識別 ID を使用することから、実験で使用する携帯電話の個体識別 ID を調べてから登録する。

【システムの動作確認】

- **一連の動作の確認**

実証実験用に構築したシステム上で結合試験を行い、電子タグリーダー・ライターによる電子タグの読み取りから、携帯電話による物品データの参照・更新まで、一連の動作に問題がないことを確認した。また、資産管理システムを例にシステム開発を行ったため、資産管理業務の観点から、物品データ管理、物品照会・棚卸し処理、ユーザー登録など、必要な機能が正しく動作することを確認した。

- **電子タグリーダー・ライターと携帯電話間の通信について**

Bluetooth の通信が必要な、ペアリング機能及び ID 情報の送受信機能については、「エラー！参照元が見つかりません。 エラー！参照元が見つかりません。」で先述のように、設計変更及び動作確認時の不具合などがあったが、完成されたアプリケーションにおいては、設計変更後の動作内容で正常に動作することを確認した。また、ID 情報の送受信の際に、携帯電話と電子タグリーダー・ライターの双方で手動の操作が必要な点について、操作性に多少の問題があると予想したが、複数の電子タグを読み取って作業する運用を前提とした場合、それほど操作性は悪くなく、実用化された場合にも、問題にならない程度の操作性は確保できている。

- **携帯電話とサーバー間の通信について**

携帯電話とサーバーは HTTP による通信を行うが、「エラー！参照元が見つかりません。 エラー！参照元が見つかりません。」の【消費電力を考慮した設計】の

項目で先述のとおり、携帯電話が ISP 及びインターネットを通じてサーバーと通信を行う度に、ISP との通信を切断する設計を行ったところ、通信の再接続に時間がかかり、性能に大きな影響が出るのが結合試験の際に問題となった。このため、設計を変更し、3 分間の無通信時間があった場合に通信を切断するようにしたところ、通信による待ち時間が大幅に短縮できた。

この点を除けば、認証情報の送受信、物品データの送受信など、HTTP 通信を行う機能について、問題なく動作することを確認した。

5.5 システム開発のまとめ

本スタディでは、携帯電話と電子タグリーダー・ライターを用いて、小規模な電子タグシステムの開発を行った。実用化に向けて考慮すべき点を設計に取り入れながら、本スタディが提唱するシステム構成を基本として、実用的なシステムを開発できることを証明した。しかし、開発においていくつかの問題が発生し、解決するためにアプリケーションの仕様を変更するなど、技術的な課題も明らかになった。

今後、実用システムを開発する際の参考となるように、システムを設計する上で考慮した点と、開発を行う上で問題になった点について、まとめて説明する。

【設計において考慮した点】

- Bluetooth の SPP、及び HTTP を用いたマルチキャリア対応

電子タグリーダー・ライターと携帯電話間の Bluetooth 通信では、SPP を用いて通信を行うように設計した。また、双方でデータの送受信を行うために、SPP が提供するシリアル通信上での電文のシーケンスを定義した。このシーケンスに従って携帯電話のアプリケーションを開発することにより、SPP を持つ携帯電話であれば、電子タグリーダー・ライターのアプリケーションと通信できることになり、マルチキャリアに対応できる。

また、携帯電話とサーバー間の通信については、汎用的な HTTP による通信を行っており、携帯電話のアプリケーションにおいて、サーバーとの通信制御を簡単に実装することができる。

- 消費電力への配慮

電子タグリーダー・ライター及び携帯電話は、モバイル利用が前提のため、消費電力を抑えることに注意して設計を行った。

アプリケーションを設計する際に、トリガーボタンを押している間だけリーダーデバイスを起動する、Bluetooth は通信の度に接続を切るなどの工夫を行い、不必要な電力を消費しないように設計した。また、携帯電話とサーバー間の通信に関しても、通信の度に接続を切るように設計したが、次の接続に時間がかか

る機種の場合は、3 分間の無通信時間の経過後に接続を切るようにするといった設計にすべきであることも分かった。

- セキュリティ

Bluetooth 通信については、通信相手を特定するためのペアリングを行うことで、不正アクセスを防止できる。ペアリング機能の設計においては、使用者の明確な意思によってペアリングを行うように、電子タグリーダー・ライターと携帯電話の双方で操作を行うような設計にしており、一方的な不正アクセスによってペアリングされることのないようにしている。なお、実用システムを開発する場合は、双方の機器にパスキーを入力して相手を認証する仕組みを取り入れるべきである。

携帯電話に保存されている情報を保護するために、Bluetooth 通信の際は、必ず携帯電話がマスターとなるように設計している。これにより、一方的な Bluetooth 通信によって携帯電話が応答し、携帯電話内のデータを不正に取得されることはない。

携帯電話のアプリケーションの起動時には認証が必要であるが、携帯電話の個体識別 ID だけを用いて認証を行う仕組みで設計を行った。これにより、使用者は毎回のようにユーザー名及びパスワードを入力して認証する必要がなくなる。最近では、携帯電話を他人と共有して使用することがほとんどなく、セキュリティ機能も充実していることから、このような認証方式についても、操作性の向上のために検討すべきである。

サーバーでは、携帯電話からのアクセスに応答するために、Web アプリケーションを公開している。Web アプリケーションでは、登録されていない携帯電話からのアクセスは拒否するものの、重要なデータを扱う場合は、CUG サービスによるセキュアな回線を使用することを検討すべきである。

- 各機材の機能を有効に使うための工夫

電子タグリーダー・ライターと携帯電話の双方で、それぞれ得意とする機能を分担する形でシステムを実現するように設計を行った。電子タグリーダー・ライターのアプリケーションでは、ボタン操作によって使用者が効率よく電子タグを読み取れるようなユーザーインターフェースを実現した。また、細かい表示や操作が必要な機能は、携帯電話側で実現することにより、リッチな画面表示と直感的な操作を可能にした。

また、電子タグリーダー・ライターの特徴を活かし、一括で複数の電子タグを読み取った場合にも、ID 情報を電子タグリーダー・ライターにタンキングしておき、携帯電話上でリスト処理できる機能など、操作性に関しても十分に考慮して

設計を行った。

【開発上で問題となった点】

- リーダーデバイスと Bluetooth デバイスの同時使用について

本スタディで使用した電子タグリーダー・ライターは、電子タグを読み取るためのリーダーデバイスと、Bluetooth 通信のための Bluetooth デバイスが同時に使用できなかったため、電子タグを読み取るモードと、Bluetooth 通信を行うモードを手動で切り替える必要があった。Bluetooth の通信を確立させたままにしておき、電子タグを読み取ったり、ID 情報を携帯電話に送信したりする処理を、自由に行うためには、リーダーデバイスと Bluetooth デバイスが同時に使用できる機種を選ぶ必要がある。

- Bluetooth の通信中のボタン操作について

本スタディで使用した電子タグリーダー・ライターは、Bluetooth 通信中のボタン操作に制約があり、通信を中止するためのボタン以外は反応しない仕様であったため、ボタン操作を行うために、Bluetooth 通信を毎回切断しなければならなかった。これは、携帯電話を単なるブリッジとして使用し、電子タグリーダー・ライター側の操作を主体的に行う運用を考えると、携帯電話を介してサーバーにアクセスする度に Bluetooth 通信を確立しなおすことから、性能面で問題となる。

さまざまな運用形態を想定し、Bluetooth 通信を確立させたまま、ボタン操作ができる機種を選ぶことが望ましい。

- Bluetooth の通信確立直後の通信について

本スタディで開発したシステムでは、Bluetooth の通信が確立された直後の通信に不具合があり、ペアリング完了時には、Bluetooth を切断する処理を携帯電話側で 1 秒 Wait させてから行い、また、ID 情報の送受信時には、携帯電話から ACK が返されるまで ENQ の再送信を繰り返すといった対処が必要になった。電子タグリーダー・ライター側の処理が遅く、携帯電話側のアクションに間に合わないためと考えられるが、異なる機材を使用して通信を行うことから、こういった不具合はある程度想定して開発を行う必要がある。

6 実証実験の概要と検証項目

6.1 実証実験の概要

実証実験では、試作した資産管理システムを用いて、本スタディが提唱するシステム構成を基本とするシステムの実現性の検証と実用性に関する検証を行う。

システム実現性の検証としては、電子タグリーダー・ライターの長所でもある電子タグの複数一括読み取り機能（アンチコリジョン機能）、及び複数メーカーのチップを読み取れる汎用性に影響がないか、無線技術を用いたことによる電波干渉などの悪影響がないか、各無線通信における通信可能距離及び通信時間を計測して事前に予想する数値と大きな開きがないかなど、それぞれ確認するための実験を行い、基本性能に悪影響なくシステムを実現できることの検証を行う。また、各通信技術における通信データの正確性、Bluetooth 通信のペアリングにより通信相手を限定することの信頼性、サーバーにアクセスする際のユーザー認証及び携帯電話機の認証についても、セキュリティの観点を踏まえて問題がないか検証を行う。

実用性に関する検証としては、実運用の場面を想定し、省電力を考慮してシステム開発を行った上でのバッテリー駆動時間の実績値、電子タグを貼る対象の違いによる影響、試作した資産管理システムの操作性に関する意見についても言及する。

6.2 実験の狙いと検証項目

6.2.1 複数チップメーカーの電子タグに対する汎用性の検証

電子タグリーダー・ライターには、複数種類の電子タグを読み取ることができる汎用性が求められる。汎用的に電子タグを読み取れることにより、電子タグの購入の際に単価の安いものを選択できるほか、貼る対象の形状に合ったものや、デザイン性が高いものなどを自由に選択できる。

しかし、電子タグには、パッシブタグとアクティブタグの違い、RFID チップの通信周波数帯の違いなどによりいくつかのタイプがあり、すべての電子タグを読み取ることができる電子タグリーダー・ライターは現状では存在しない。本検証では、13.56MHz の通信周波数帯で動作し、ISO/IEC15693 として規格化されているパッシブタグに焦点をあて、それを読み取り可能な電子タグリーダー・ライターを用いて検証を行う。ISO/IEC15693 準拠の電子タグは、複数のメーカーによって仕様の異なる RFID チップが製造されているため、本検証では、複数メーカーの RFID チップを用いた電子タグをいくつか用意し、電子タグリーダー・ライターが汎用的にそれらを読み取れることを確認する。

また、電子タグリーダー・ライターには、複数の電子タグを一括で読み取ること

ができるアンチコリジョン読み取り機能があるため、複数の RFID チップメーカーの電子タグが混在した場合でも、問題なく読み取れることを検証する。

本検証においては、表 6-1 の検証項目を挙げて実証実験を行う。

表 6-1 【検証 1】複数チップメーカーの電子タグに対する汎用性の検証

【検証 1-1】電子タグ読み取りの汎用性
【検証項目 1-1-1】電子タグの単独読み取りの可否
【検証項目 1-1-2】同一メーカーの電子タグにおけるアンチコリジョン読み取りの可否
【検証項目 1-1-3】複数メーカーの電子タグにおけるアンチコリジョン読み取りの可否

6.2.2 電波干渉に対する耐性の検証

電子タグリーダー・ライターと携帯電話を連携させるシステムを構築する上で、3種類の無線技術を使うことになる。1つ目ひとつは電子タグリーダー・ライターが電子タグを読み取るための近傍無線技術、2つ目は電子タグリーダー・ライターと携帯電話の間を通信させるための Bluetooth という近距離無線技術、最後に携帯電話がパケット通信を行うための遠距離無線技術である。

本検証では、これらの無線技術の同時使用による電波干渉の影響について検証を行う。また、想定される周囲の通信機器から受ける電波干渉の影響と、周囲に与える影響についても検証を行う。

本検証においては、表 6-2 の検証項目を挙げて実証実験を行う。

表 6-2 【検証 2】電波干渉に対する耐性の検証

【検証 2-1】電子タグ読み取りの干渉
【検証項目 2-1-1】干渉要素がある場合の電子タグ読み取り可否
【検証項目 2-1-2】電子タグ及び電子タグリーダー・ライターが周囲に与える影響
【検証 2-2】Bluetooth の干渉
【検証項目 2-2-1】周囲に干渉要素がある場合の、電子タグリーダー・ライターと携帯電話間の Bluetooth 通信可否
【検証項目 2-2-2】電子タグリーダー・ライターと携帯電話間の

6.2.3 通信距離と通信時間の測定による基本性能の検証

本スタディが提唱するシステムの構成において、各機材及び通信機能が基本性能を損なうことなく動作することの検証を行う必要がある。電子タグリーダー・ライターと電子タグの間の読み取り可能距離、電子タグリーダー・ライターと携帯電話間の通信可能距離、通信時間などを計測し、システム構成が原因で悪影響が生じることがないかを検証する。

また、手動操作による電子タグの読み取り時間なども計測し、性能面において実用上問題ないことを確認した上で、一般的な電子タグシステムを実用化する際の参考値として示す。

このような読み取り可能距離、通信時間などは、製品の仕様及びソフトウェアの設計により大きく変化するため、あらゆるシステムにおいて一定の性能が出るわけではないが、付近に干渉要素がある場合など、想定されるいくつかの環境下で実験を行い、目立った数値変化があれば報告を行う。

本検証においては、表 6-3 の検証項目を挙げて実証実験を行う。

表 6-3 【検証3】通信距離と通信時間の測定による基本性能の検証

【検証3-1】電子タグの読み取り可能距離及び読み取り時間
【検証項目3-1-1】電子タグの読み取り可能距離
【検証項目3-1-2】干渉要素がある場合の電子タグ読み取り可能距離
【検証項目3-1-3】電子タグの読み取り時間
【検証3-2】Bluetoothの通信可能距離及び通信時間
【検証項目3-2-1】Bluetoothの通信可能距離
【検証項目3-2-2】Bluetoothの通信時間
【検証3-3】携帯電話～サーバー間の通信時間
【検証項目3-3-1】物品データをサーバーからダウンロードする時間

6.2.4 無線通信の信頼性の検証

本スタディが提唱するシステム構成において、無線通信の信頼性を検証する必要がある。電子タグの読み取りについては、複数のメーカー混在の複数の電子タグを一括で読み取る場合に読み取ったデータが正しいか、Bluetooth 通信については、想定される周囲環境の下で通信データが正確かといった検証を行う。

また、Bluetooth という近距離無線技術を使用する際に伴うセキュリティリスクについて、「ペアリング」の技術により、セキュリティを確保した通信ができることを確認する。

本検証においては、表 6-4 の検証項目を挙げて実証実験を行う。

表 6-4 【検証 4】無線通信の信頼性の検証

【検証 4-1】電子タグ読み取りデータの信頼性
【検証項目 4-1-1】電子タグの読み取り正確性
【検証項目 4-1-2】メーカー混在の電子タグの読み取り正確性
【検証 4-2】Bluetooth 接続の信頼性
【検証項目 4-2-1】1対1のペアリングにおける信頼性
【検証項目 4-2-2】1対1のペアリングが複数ある場合の信頼性
【検証 4-3】通信の信頼性（通信できた場合に受信したデータが正しいか）
【検証項目 4-3-1】Bluetooth 通信正確性
【検証項目 4-3-2】付近に干渉要素がある場合の Bluetooth 通信正確性
【検証項目 4-3-3】携帯電話～サーバー間の通信正確性

6.2.5 低消費電力に関する実用性の検証

本スタディでは、携帯電話及びハンディタイプの電子タグリーダー・ライターというモバイル利用を前提とする機材を使うため、バッテリーによる利用可能時間についても考慮が必要である。省電力を考慮してアプリケーションを設計した上で、1回の充電による電子タグリーダー・ライター及び携帯電話の使用可能時間を実験により求め、実用化に耐え得ることを確認し、参考値として報告する。また、省電力を考慮したアプリケーションの設計を行ったことにより、実用時の操作性に影響が出る事項についても言及する。

本検証においては、表 6-5 の検証項目を挙げて実証実験を行う。

表 6-5 【検証 5】低消費電力に関する実用性の検証

【検証 5-1】 バッテリ駆動時間
【検証項目 5-1-1】 電子タグリーダー・ライターのバッテリー駆動時間
【検証項目 5-1-2】 携帯電話のバッテリー駆動時間

6.2.6 実用システムを考慮した検証

本スタディが提唱するシステム構成でシステムが実用化されることを想定し、試作する資産管理システムを用いて、いくつかの実運用に関する実験を行う。実際に電子タグシステムを導入する際には、システムの信頼性・性能のほかに、電子タグを貼り付ける対象についても注意が必要である。本検証では、電子タグをさまざまな物に貼った場合に、読み取り性能に差が出ることを確認し、貼り付ける対象の材質によって考慮すべき注意点を挙げる。また、試作した資産管理システムを実験的に使用し、実用化に際しての操作性や改良すべき点について、意見をまとめて報告を行う。

本検証においては、表 6-6 の検証項目を挙げて実証実験を行う。

表 6-6 【検証 6】実用システムを考慮した検証

【検証 6-1】 貼り付ける対象の違いによる電子タグの読み取り
【検証項目 6-1-1】 読み取りの可否
【検証項目 6-1-2】 読み取り可能距離
【検証項目 6-1-3】 読み取りデータの信頼性
【検証 6-2】 操作性
【検証項目 6-2-1】 実験用資産管理システムの操作性に関する意見

6.3 実験環境

【実験用システムの構成】

本スタディの中で試作した資産管理システムを用いて実験環境を作り、各検証項目について実証実験を行う。

サーバーを設置するセンター側の環境と、電子タグの読み取り作業を行う現場側の環境が離れていることを想定し、別々の場所にそれぞれの環境を用意する。サーバーはハウジングサービスを利用して遠隔地に設置し、Webサービスをインターネットに公開するために、必要な回線を用意してインターネットに接続する。電子タグ、電子タグリーダー・ライター、及び携帯電話は、事務室又は会議室に用意し、携帯電話会社のネットワークによってインターネットを経由してサーバーにアクセスする。データ管理用の端末は、通常はセンター側に設置するが、検証項目は現場側の環境で行うものが多く、実験を行う際の効率を考慮して、現場側として想定している事務室に設置する（図 6-1）。

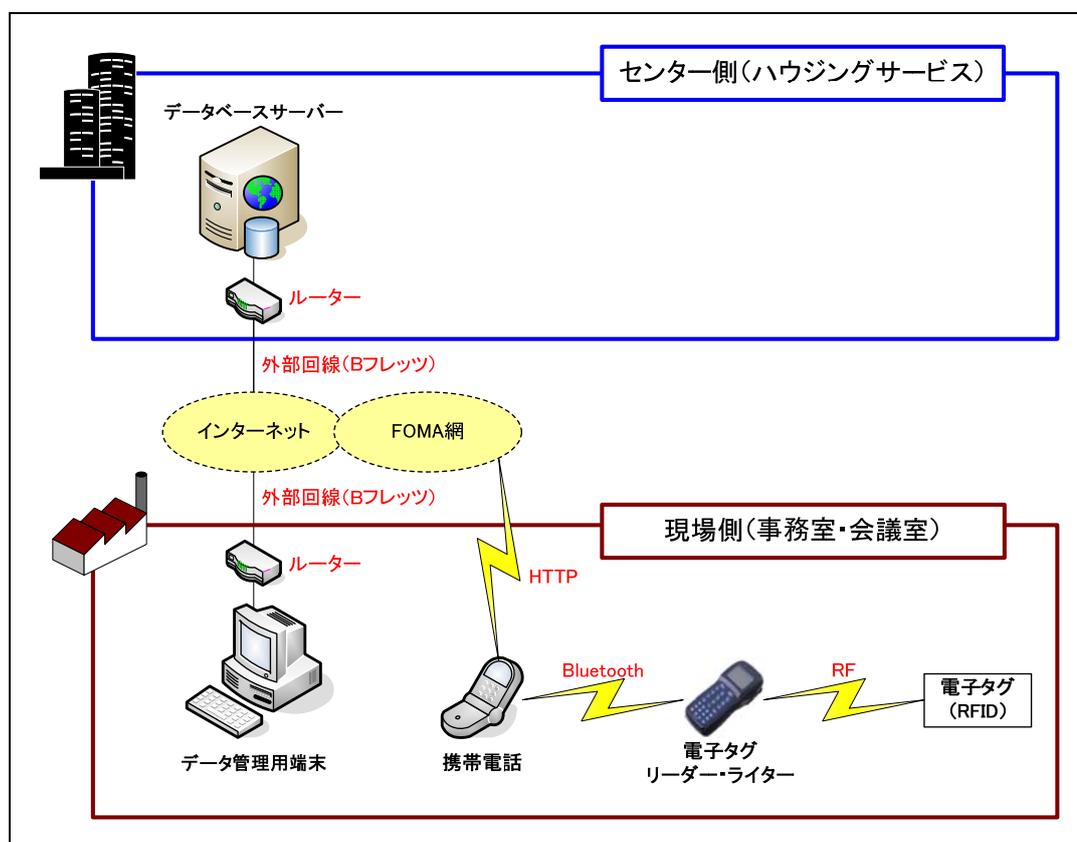


図 6-1 実験用システムの構成

【使用する機材について】

本スタディでは、実証実験用に表 6-7の機材を準備する。

表 6-7

種類	仕様・名称	数量
電子タグリーダー・ライター (図 6-2)	BHT-8048DBID	5 台
携帯電話 (図 6-2)	FOMA M1000	5 台
電子タグ (図 6-3)	I-CODE SLI	10 個
	Tag-it HF-I	10 個
	my-d SRF55V02P	10 個
	FerVID family MB89R118	10 個
サーバー機	Intel Pentium 4 プロセッサ (3GHz) 搭載のサーバー機	1 台
管理用端末	Windows XP が動作するパソコン	1 台
回線	Bフレッツ® ¹⁰ (センター側及び現場側)	2 回線



図 6-2 実証実験で使用する電子タグリーダー・ライター (上) と携帯電話 (下)

¹⁰ Bフレッツは東日本電信電話株式会社と西日本電信電話株式会社の登録商標。

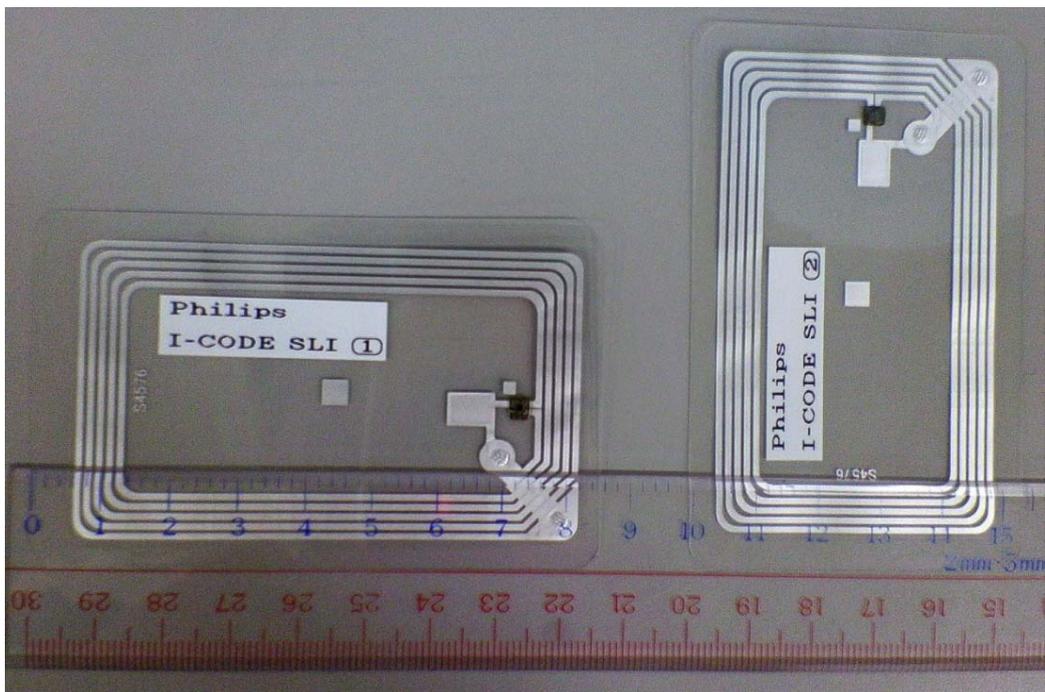


図 6-3 実証実験で使用する電子タグ

7 実験結果と技術的課題の検討

7.1 複数チップメーカーの電子タグに対する汎用性の検証

7.1.1 実験結果

【検証1-1】電子タグ読み取りの汎用性

【検証項目1-1-1】電子タグの単独読み取りの可否

4種類の電子タグについて、電子タグリーダー・ライター(DENSO BHT-8048DBIB)による読み込みが可能であるか検証した。4種類の実験用電子タグについて、5回ずつ読み取りを行い、全て読み取れるかを検証した。

4種類のタグとも全て読み取りが可能であることが確認できた。

【検証項目1-1-2】同一メーカーの電子タグにおけるアンチコリジョン読み取りの可否

4種類の電子タグを電子タグリーダー・ライターのアンチコリジョン読み取り機能(1回の読み取り操作で、複数のタグを読み取る機能)を使い、1回の読み取りで、実験用電子タグ(各メーカー10個ずつ)が、全て読み取り可能かを5回ずつ確認した。

4種類の電子タグについて、アンチコリジョン読み取りが可能であることが確認できた。

【検証項目1-1-3】複数メーカーの電子タグにおけるアンチコリジョン読み取りの可否

4種類の電子タグ(各メーカー10個ずつ)を混ぜた状態から、無作為に10個の電子タグを取り出し、1回の読み取り操作で、すべての電子タグが読み取り可能かを5回確認した。

1回の読み取り操作で、4種類の電子タグのアンチコリジョン読み取りが可能であることを確認した。

7.1.2 考察

【複数チップメーカーの電子タグに対する汎用性】

ISO/IEC15693 準拠の4種類の電子タグについて、単独読み取り、連続読み取りが可能であることが確認できた。13.56MHz帯の電子タグの標準規格であるISO/IEC15693では、各電子タグに64ビットの固有IDを割り振るように定

めており、その ID はメーカーが異なっても重なることはない。そのため、電子タグリーダー・ライターが対応している ISO/IEC15693 準拠の電子タグであれば、ひとつのシステム内で複数種類の電子タグを利用しても問題ない。もし、電子タグの種類によって、貼り付ける対象との相性がでるような場合は、それぞれ相性の良いメーカーの電子タグを使うこともできる。

7.2 電波干渉に対する耐性の検証

7.2.1 実験結果

【検証 2-1】電子タグ読み取りの干渉

【検証項目 2-1-1】干渉要素がある場合の電子タグ読み取り可否

電子タグの干渉要素として、Felica 搭載の携帯電話、Felica 用カードリーダーについて干渉があるか、検証した。

・付近に Felica 搭載の携帯電話がある環境における、電子タグの読み取り可否

Felica 搭載の携帯電話に電子タグを重ねた場合と、携帯電話と電子タグを 3cm 離れた場合で、読み取りが可能であるかを 50 回ずつ確認した。

Felica 搭載の携帯電話と重ねた状態では、読み取りできる場合とできない場合があった。読み取りができる場合でも、電子タグリーダー・ライターを接触する程度に近づける必要があり、その場合でも、読み取れないこともあった。携帯電話と電子タグを 3cm 離れた状態であれば、4 種類の電子タグ全てで読み取りができた。

・付近に Felica 用カードリーダーがある環境における、電子タグの読み取り可否

PC に接続した状態の Felica カードリーダーに、電子タグを重ねた状態で、読み取りが可能であるかを 50 回ずつ確認した。

どの種類の電子タグについても、問題なく読み取ることができた。

【検証項目 2-1-2】電子タグ及び電子タグリーダー・ライターが周囲に与える影響

・付近に実験用の電子タグリーダー・ライターがある環境における、Felica の読み取り可否

Felica 用カードリーダーに Felica カードを乗せた状態で、その Felica カードに接触するくらいの位置に電子タグリーダー・ライターを置き、Felica

の読み取りが可能か 50 回ずつ検証した。

リーダー・ライターの電源が ON の状態であっても、Felica の読み取りには問題なかった。ただし、電子タグリーダー・ライターの読み取りボタンを押した状態では、15cm 以上離さないと、Felica の読み取りに失敗した。

・付近に実験用の電子タグがある環境における、Felica の読み取り可否

Felica カードリーダーの上に、Felica カードを載せ、さらにその上に電子タグを重ねた状態で、Felica の読み取りができるか 50 回ずつ検証した。

どの種類の電子タグと重ねた場合でも、Felica カードの読み取りに失敗した。ただし、Felica カードと電子タグを 3cm 以上離れた状態であれば、Felica の読み取りに失敗することはなかった。

【検証 2-2】Bluetooth の干渉

【検証項目 2-2-1】付近に干渉要素がある場合の、本スタディの Bluetooth 通信可否

本スタディの Bluetooth 通信が、次の無線通信が行われていることによって、通信できなくなることがあるかを検証した。

- ・付近で携帯 FOMA (2.0~2.4GHz) 通話中
- ・付近で携帯 FOMA (2.0~2.4GHz) パケット通信中
- ・付近で無線 LAN (2.4GHz 帯) 通信中
- ・付近で Bluetooth ファイル転送中

電子タグリーダー・ライターから携帯電話への Bluetooth 転送を、上記の条件下で、50 回ずつ行い、通信できるかを確認した。無線 LAN については、2.4GHz 帯を使用する IEEE802.11b 規格のアクセスポイントを使用した。

付近で、無線通信が行われている環境においても、本スタディの Bluetooth 通信に失敗することはなかった。

【検証項目 2-2-2】本スタディの Bluetooth 通信が周囲に与える影響

本スタディの Bluetooth 通信を行うことで、他の無線通信ができなくなることがあるか、また、通信時間などに影響が出る可能性があるか、50 回ずつ通信を行い、検証した。

本スタディの Bluetooth 通信中において、上記のいずれの無線通信においても、通信可能であることが確認できた。また、FOMA 通話、FOMA パケット通信、Bluetooth 通信については、音声ノイズや通信速度低下などの影響は見られなかった。ただし、2.4GHz 帯を使用する無線 LAN 通信においては、本スタ

デバイスの Bluetooth 通信を行うと、通信速度が落ちることが確認された。実験では、無線 LAN (IEEE802.11b) において、通常 10 秒で転送できるサイズのファイルを用意し、そのファイルの転送中に、本スタディの Bluetooth 通信で 100 件の ID 情報を転送すると、転送に 12~13 秒かかるようになることが確認された。

7.2.2 考察

【電子タグの読み取りの干渉】

ISO/IEC15693 準拠の電子タグは、13.56MHz の周波数で通信しており、同じ周波数を使用している Felica との干渉が予想されたが、実験の結果、干渉が見られたのは、Felica 搭載の携帯電話と電子タグが、ほとんど接触するような近い位置にある場合だけで、3cm ほど離すと影響は見られなかった。実用上では、問題ないと考えられる。

【電子タグ及び電子タグリーダー・ライターが周囲にあたる影響】

同じ周波数を使う Felica のシステムへの干渉を調べたところ、Felica と電子タグを接触するくらい近づけるか、Felica の読み取り機器の近くで、電子タグリーダー・ライターによる読み取りをしている場合のみ、Felica の読み取りに失敗した。実際の環境において、このような条件での使用は、あまり考えられないため、電子タグや電子タグリーダー・ライターを使うことによる周囲の機器への影響は、ほとんどないと考えてよい。

【携帯電話と Bluetooth の干渉】

FOMA による通話、パケット通信と Bluetooth の通信については、お互いに影響が見られなかったが、これは、FOMA が使用している帯域 (2.1GHz 前後) と Bluetooth が使用している帯域 (2.4GHz) が重なっていないため、当然と考えられる。

携帯電話の使用帯域は、総務省により割り当てが決められており、ISM 帯と呼ばれる 2.4GHz 帯は、携帯電話では使用できないようになっている。そのため、本実験では検証していないが、他のキャリア (KDDI, SoftBank など) の通話、通信においても、Bluetooth の通信と干渉が起きることはないと推測される。

【無線 LAN と Bluetooth の干渉】

無線 LAN と Bluetooth の通信においては、干渉が見られ、お互いの通信に遅れが発生することが確認された。これは、無線 LAN (IEEE802.11b/g) が、2400

～2484MHz の帯域内の 22MHz を使って通信をしており、これが Bluetooth の使用帯域の 2402～2480MHz と重複しているため、お互いの通信が干渉し、パケットの再送が発生しているためと考えられる。

ただし、通信に失敗することがなかったのは、Bluetoothが、図 7-1 のように、周波数ホッピング機能により、1 秒間に 1600 回の頻度で、使用帯域を細かく変更して通信をしているためと推測できる。

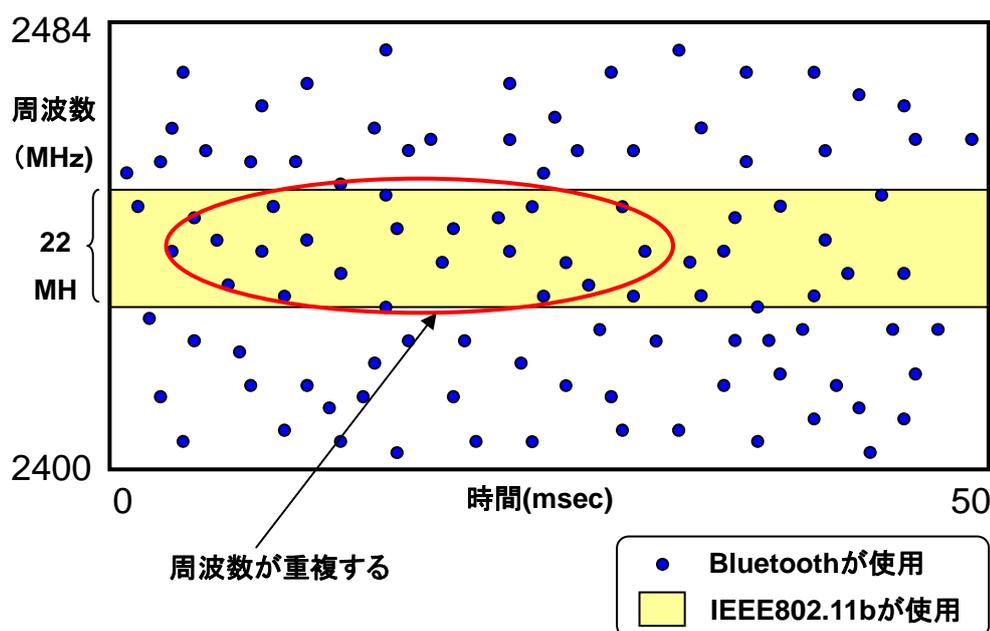


図 7-1 Bluetooth と無線 LAN の衝突

本スタディでは、Bluetooth での通信データ量が少ないため、実用で使えないというほどの通信の遅れは出なかったが、2.4GHz 帯の無線 LAN と同じ環境での使用は、できれば避けたほうがよいと考えられる。

無線 LAN を使う必要がある場合は、IEEE802.11a(5.4GHz)のように、2.4GHz 帯を使用しないものを使うようにすれば、干渉を避けられる。

また、本スタディで使用した電子タグリーダー・ライター、及び携帯電話は、どちらも Bluetooth1.1 準拠の機器であるが、Bluetooth1.2 からは、他の機器(無線 LAN など)で使用している帯域を検出して、その帯域を避けて通信する AFH(Adaptive Frequency Hopping)という機能が備わっている。今後は、Bluetooth1.2 に対応している機器が増えてくると思われるので、それらの機器を採用すれば、無線 LAN との干渉も、ほとんど気にする必要がなくなると考えられる。

【Bluetooth 同士の干渉】

複数の Bluetooth の通信を同時に行った場合については、一組だけ通信を行っている場合と比べても、通信速度などに違いは確認できなかった。これは、Bluetooth 通信が、周波数ホッピングにより、2402~2480MHz の間の帯域を 1 秒間に 1600 回という短い時間で切り換えて使用しており、Bluetooth 同士の衝突がほとんどないことによると考えられる。Bluetooth の同時使用機器の数が多くなれば、干渉の影響が見られると思われるが、通常考えられる範囲の数であれば、問題はないと考えられる。

7.3 通信距離と通信時間の測定による基本性能の検証

7.3.1 実験結果

【検証3-1】電子タグの読み取り可能距離及び読み取り時間

【検証項目3-1-1】電子タグの読み取り可能距離

4種類の電子タグについて、異なる個体で、それぞれ5回ずつ読み取り可能距離を計測し、その平均値を求めた。読み取り距離は、電子タグの後ろの物体によって変化するため、手で電子タグの端を持ち、宙に浮かせた状態で、読み取りを行った。

実験用の電子タグリーダー・ライターの仕様では、読み取り可能距離は0~50mm 次となっているが、実測では、4つのメーカーのタグとも、それを上回ることが確認できた。各メーカーの電子タグの個体差による読み取り距離の違いは、3mm 次であった。

【検証項目3-1-2】干渉要素がある場合の電子タグ読み取り可能距離

次の2つの場合について、それぞれ5回ずつ、電子タグの読み取り可能距離を計測し、その平均値を求めた。

・付近に Felica 搭載の携帯電話がある場合

電子タグを Felica 搭載の携帯電話に重ねた状態で、計測を行った。

5回の試行の中で、読み取りができる場合とできない場合が見られ、読み取りが不安定になった。読み取りができた場合の読み取り距離も、10mm 次で不安定であった。

・付近に Felica のカードリーダーがある場合

Felica のカードリーダーを PC に接続し、その上に電子タグを載せた状態で計測を行った。

Felica カードリーダーに載せることで、どの電子タグも読み取り距離が短くなっているが、カードリーダーの電源を OFF にした状態でも、ほぼ同じ読み取り距離であったため、Felica のカードリーダーであることよりも、カードリーダーの素材による影響であると考えられる。

【検証項目 3-1-3】電子タグの読み取り時間

複数の電子タグの読み取りを、電子タグリーダー・ライターのアンチコリジョン読み込み（連続読み読み取り）機能により読み取り、5 回計測して、その結果から平均時間を求めた。

- ・同一メーカーの電子タグを 10 個読み取る場合
4 種類ともほとんど差はなく、1 秒に 2 個程度の読み取りができることが確認できた。
- ・複数メーカーの電子タグを 10 個読み取る場合
同一メーカーの電子タグを 10 個読み取る場合と比べ、遅くなることはない。

【検証 3-2】

【検証 3-2-1】Bluetooth の通信可能距離

電子タグリーダー・ライターと携帯電話で、Bluetooth 通信を行い、通信可能な最大距離を計測した。表 7-1 5 のそれぞれの環境で、5 回ずつ計測し、その平均値を求めた。

Bluetooth の通信可能距離については、干渉要素の有無で、ほとんど変化がないことが確認できた。

【検証 3-2-2】Bluetooth の通信時間

電子タグリーダー・ライターから携帯電話に対して ID 情報を送信する際の Bluetooth の通信時間について、ID の数 1 個、10 個、100 個の場合で、通信時間を 5 回ずつ測定し、平均値を求めた。

通信時間については、Bluetooth のセッションが確立するまでの接続時間と、Bluetooth でのデータ送信時間について計測した。

- ・付近で携帯 FOMA 通話中
干渉なしの場合と比べて、影響は見られない。
- ・付近で携帯 FOMA パケット通信中

干渉なしの場合と比べて、影響は見られない。

- ・付近で無線 LAN(2.4GHz 帯)通信中

付近で、無線 LAN(IEEE802.11b)を使い、ファイル転送をしている状態で、Bluetooth の通信を行った。

干渉なしの場合と比べると、接続においては 2 倍以上、データの送信についても、20%程度余計に時間がかかっている。

- ・付近で Bluetooth ファイル転送中

干渉なしの場合と比べて、影響は見られない。

【検証 3-3】携帯電話～サーバー間の通信時間

【検証項目 3-3-1】物品データをサーバーからダウンロードする時間

携帯電話から電子タグの ID 情報をサーバーに送信して、物品データをダウンロード、表示するまでの時間について、タグ ID の数 1 個、10 個、100 個の場合で、通信時間を 5 回計測し、その平均値を求めた。

なお、携帯電話のセッションが確立していない場合は、アクセスポイントに接続してセッションを確立するのに時間がかかるため、上記の通信時間+10 秒程度の時間がかかった。

7.3.2 考察

【電子タグの読み取り距離】

電子タグの読み取りの距離については、4 つのメーカーで若干違いが見られたものの、どのメーカーも 50mm 以内では、読み取ることができた。

ただし、実際に利用する場合は、貼り付ける対象があり、それにより読み取り距離が変わってくる。それについては、7.6.2 で考察する。

【電子タグの読み取り時間】

複数メーカーの電子タグが混在している状態で読み取りをした場合でも、1 秒間に約 2 個の電子タグが読み取ることができた。今回使用している 13.56MHz 帯の電子タグは、読み取り距離が短いことから、読み取り時は、使用者が電子タグリーダー・ライターを電子タグの近くにかざす必要がある。そのため、この程度の読み取り速度ができれば、実用には全く問題がない。

【Bluetooth の通信距離】

実験の結果、20m 以上離れた位置でも Bluetooth の通信が可能であることが

確認できた。また、他の無線通信を行っている環境においても、通信距離が短くなることはなかった。

本スタディの実験用システムで、Bluetoothによるデータ転送を行う場合は、電子タグリーダー・ライターと携帯電話の両方を、使用者が操作する必要があり、離れた位置で使用されることは考えられない。そのため、このような使い方をするシステムであれば、Bluetoothの通信距離が問題になることはない。

【Bluetoothの通信速度】

Bluetoothの通信速度は、実効値で約430kbpsとなっていることから、本実験システムで100件のID情報を送った場合でも、0.1秒程度で転送できることになるが、実験では、100件転送した場合には、転送完了まで3秒以上かかってしまっている。

これは、本実験システムでは、電子タグリーダー・ライターから携帯電話へは、1件単位でデータを送信していることが原因と推測できる。電子タグリーダー・ライターは、データを1件送るたびに、携帯電話から返信されるACK信号(正常受信を知らせる信号)を待ち、次の1件のデータを送る、という処理をしている。そのため、1件のデータ送信ごとに、携帯電話と電子タグリーダー・ライターの双方で、受信待ち時間が発生しており、これがスループットを大きく低下させている原因と考えられる。

データの送信回数を減らせば、無駄な待ち時間をなくすることができることから、1回の送信で全件(最大100件)のデータを送ってしまえば、通信速度を向上させることができる。

本スタディで使用している電子タグリーダー・ライターでは、仕様上の制約から、最大でも255Byteしか送信ができないため、100件分のデータを1回で送ることはできない。そのため、1件ずつの送信という設計にしているが、リーダー・ライターの機種によっては、1回で数KBのデータを転送することが可能なものもあるため、そのような機種を採用することで、スループットを大幅に改善できるものと考えられる。

【Bluetoothの接続時間】

実験結果から、Bluetoothの接続に、2秒以上かかっていることが分かるが、これは、本実験で使用している機器が、Bluetooth1.1規格であることによる制限と考えられる。Bluetooth1.2以降では、接続までの時間が5分の1次程度になるということなので、Bluetooth1.2以降に準拠した機器を使うことで、大幅な改善が見込める。

【携帯電話とサーバーの通信速度】

本実験で使用した携帯電話(FOMA)の通信速度は、上りが最大 64kbps、下りが最大 384kbps であるが、実効値はそれよりもかなり低い値になる。

実験では、100 件の ID 情報送信から物品データの受信には、約 3.2 秒かかった。これは、想定した実効値(上り 35kbps、下り 80kbps)の場合の通信時間である約 1.5 秒に、サーバーでの DB 検索時間や通信の内部処理などの時間を加味すると、ほぼ想定内の結果であるといえる。

最大件数の 100 件の ID 情報を、電子タグリーダー・ライターから携帯電話に Bluetooth で送り、その物品データをサーバーから取得するという一連の処理についても、6~7 秒で完了するため、実用上においても、それほど問題ないと考えられる。

なお、各キャリアが提供している高速通信サービスを使うことで、より短い時間でデータ取得が可能になる。例えば、FOMA の場合では、FOMA ハイスピードというサービスがあり、このサービスでは、上りが最大 384kbps、下りが最大 3.6Mbps と、格段に通信速度が向上している。

現時点では、使用エリアや使用可能な機種が限定されるものの、より多くのデータを扱うシステムや、早いレスポンスが求められるシステムでは、このようなサービスの採用も検討すべきである。

7.4 無線通信の信頼性の検証

7.4.1 実験結果

【検証4-1】電子タグ読み取りデータの信頼性

【検証4-1-1】電子タグの読み取り正確性

4 種類の電子タグについて、電子タグの単独読み取りを 50 回ずつ行い、読み取った ID 情報が正しいか検証した。

いずれのメーカーの電子タグについても、必ず正しい ID 情報が取得できることが確認できた。

【検証4-1-2】メーカー混在の電子タグの読み取り正確性

4 種類の電子タグを、それぞれ 1 個~10 個ずつ用意し、電子タグリーダー・ライターでアンチコリジョン読み取りを行った。読み取った ID 情報が正確であるかを、各場合について 5 回ずつ、計 50 回試験を行い、検証した。

複数メーカーの電子タグが混在した状態で、電子タグの連続読み取りを行っても、常に正確な ID 情報を取得できることが確認できた。

【検証項目 4-2-1】 1対1のペアリングにおける信頼性

電子タグリーダー・ライターと携帯電話のペアリングを行った場合に、ペアリングを行っていない機器と通信することがないかを検証した。

電子タグリーダー・ライターAと携帯電話A、電子タグリーダー・ライターBと携帯電話Bでペアリングを行った状態で、それぞれがペアリングしていない機器と通信することがあるかを、それぞれ5回ずつ検証した。

ペアリングを行っていない機器間で通信が行われてしまうことはないことが確認できた。また、電子タグリーダー・ライターAと携帯電話Bがペアになるように、設定を変更した後、電子タグリーダー・ライターAと、元々ペアリングしていた携帯電話Aで通信ができるか試したが、通信はできなかった。

【検証項目 4-2-2】 1対1のペアリングが複数ある場合の信頼性

複数のペアリングした電子タグリーダー・ライターと携帯電話で、同時に通信をした場合に、通信が可能であり、通信相手、通信内容が正確であることを、5組のペアリングした機器間で、10回ずつ通信を行い、検証した。

5組のペアリングした機器間で、同時に通信を行った場合でも、常に正しい相手と正確な通信ができた。また、通信時間についても、1組のペアリング機器間で通信する場合と比べて、時間が余計にかかるということはない。

【検証 4-3】 通信の信頼性

【検証項目 4-3-1】 Bluetoothの通信正確性

電子タグリーダー・ライターから Bluetooth 通信で送信されたデータが、携帯電話で正しく受信できるかを、送信する電子タグ ID の数、1個～10個の各場合について、5回ずつ試験し、検証した。

通信に成功した場合の通信内容は、常に正確であることが確認できた。また、機器を離れた状態で試すと、通信に失敗することがあるが、その場合は携帯電話に、「BT 接続に失敗しました」、と表示され、誤ったデータが表示されるようなことはなかった。

【検証項目 4-3-2】 付近に干渉要素がある場合の Bluetooth 通信正確性

付近に干渉要素がある場合について、【検証項目 4-3-1】と同様のデータ送信を5回ずつ行い、Bluetooth 通信の正確性を検証した。

・付近で携帯 FOMA 通話中

携帯 FOMA での通話中に、データ転送を行っても、常に正確なデータが受信

できることが確認された。

- ・付近で携帯 FOMA パケット通信中

携帯 FOMA でのパケット通信中に、Bluetooth によるデータ送信を行っても、常に正確なデータが受信できることが確認された。

- ・付近で無線 LAN(2.4GHz 帯)通信中

無線 LAN(IEEE802.11b)での通信中に、Bluetooth によるデータ送信を行った場合、通信時間が余計にかかる現象は見られるものの、受信データは常に正しいことが確認された。

- ・付近で Bluetooth によるファイル転送中

Bluetooth によるファイル転送中に、Bluetooth によるデータ送信を行っても、常に正確なデータが受信できることを確認できた。

【検証項目 4-3-3】携帯電話～サーバー間の通信正確性

携帯電話からサーバーに対して、電子タグ ID を送信し、関連情報をサーバーからダウンロードする際の通信処理が正確に行われることを、電子タグ ID の数を 1 個～10 個の場合で、5 回ずつ試行して検証した。

常に正確なデータが受信できることを確認できた。電波の受信状態によっては、受信に失敗することがあるが、その場合は、携帯電話に、「データ取得に失敗しました」と表示され、誤ったデータが表示されるようなことはなかった。

7.4.2 考察

【電子タグ読み取りの信頼性】

実験では、電子タグの読み取りによって取得されたデータは常に正確であった。実験で使用した ISO/IEC15693 準拠の電子タグは、13.56MHz 帯の電子タグの通信規格を定めた ISO/IEC18000-3 に準拠した通信を行っている。この ISO/IEC 18000-3 規格では、電子タグとの通信については、そのデータの内容を元に、CRC(Cyclic Redundancy Check:巡回冗長検査)値が計算され、それがデータの末尾に付けられる。データを受信した側で、データの内容と CRC 値を使ってチェックすることで、受け取ったデータにエラーがあるかを判別している。

電子タグリーダー・ライターでは、エラーチェックに通った場合だけ読み取り成功とするため、読み取りに成功したデータは常に正しく、信頼性は高

いといえる。

【ペアリングの信頼性】

携帯電話と電子タグリーダー・ライターで Bluetooth 通信を行うには、まずペアリングによって、接続設定をする必要がある。実験においても、ペアリングを行っていない機器間での通信はできないことが確認された。

本実験システムでペアリングを行う場合は、電子タグリーダー・ライター側で、メニューから「接続変更」を選び、それから 30 秒以内に、携帯電話で、機器の検出、及び接続処理をしなければならない。そのため、電子タグリーダー・ライターの操作ができない第 3 者（部外者）に、ペアリングをされてしまう危険性はない。

この方法で、セキュリティ的にもほとんど問題ないと考えられるが、実用化においては、さらに、お互いの機器でパスキーと呼ばれるパスワードをペアリング時に入力させるようにし、セキュリティを向上させるべきである。

【Bluetooth 通信の信頼性】

本実験においては、干渉要素の有無に関わらず、Bluetooth 通信の内容は、常に正確であった。

Bluetooth の仕様では、通信の信頼性を高めるため、複数のエラーチェック機能を持たせている。エラーが検出されたデータについては、受信側が再送要求を送ることで、正しいデータを受信しなおすようにしている。エラーチェックには、FEC (Forward Error Correction: 前方誤り訂正)、及び CRC が使われており、送信データの内容から計算した値をデータに付与する。受信側では、受信データと CRC 値を確認することで、データの誤りをチェックしている。

無線 LAN のような干渉要素がある場合においては、通信時間が余計にかかることから、何度も再送が行われ、再送の結果、正確なデータの受信ができていると考えられる。

Bluetooth のエラー訂正機能のみでも信頼性は十分高いと考えられるが、本実験システムでは、さらに、電子タグリーダー・ライターの送信データに、BCC (Block Check Character) と呼ばれる水平パリティバイトを付与している。携帯電話側では、受信したデータと BCC の値の整合性をチェックし、合わなければ途中でデータが壊れたと判断して、通信エラーとしている。

このようにプログラムレベルでも、エラーチェックの機能を追加することで、さらに高い信頼性を確保できる。

【携帯電話とサーバー間の通信の信頼性】

実験では、携帯電話とサーバー間の通信は、常に正確であった。

携帯電話とサーバー間の通信には、HTTP プロトコルを用いており、その下位プロトコルである TCP/IP において、エラー訂正処理が行われている。エラーが検出されたパケットや届かなかったパケットについては、受信側が再送要求を送ることで、正しいパケットを受信する仕組みになっており、壊れたデータを受け取ることはない。

また、携帯電話の HTTP 通信を使ったシステムは、EC サイトなど高い信頼性が必要とされるシステムでも使われており、そういった実績からも、通信の内容については、十分に信頼性が高いと考えられる。

7.5 低消費電力に関する実用性の検証

7.5.1 実験結果

【検証 5-1】 バッテリ駆動時間

【検証 5-1-1】 電子タグリーダー・ライターのバッテリー駆動時間

電子タグリーダー・ライターの 1 回の充電による使用可能時間を、次の場合について、計測した。

・1分に1個のタグ読み取り

1分に1回のペースで、電子タグを1個読み取り、それを Bluetooth 通信で携帯電話に送信した場合の使用可能時間を計測した。

・連続的にタグを読み取った場合

電子タグリーダー・ライターの読み取りボタンを押し続けた状態での使用可能時間を計測した(表 7-1)。

表 7-1 電子タグリーダー・ライターのバッテリー駆動時間

使用条件	使用可能時間
1分に1個のタグ読み取り	3時間 18分
タグの連続読み取り	1時間 28分

【検証 5-1-2】 携帯電話のバッテリーの駆動時間

携帯電話の1回の充電による使用可能時間を、次の場合について、計測した。

- ・1分に1個の物品データを読み込んだ場合
1分に1回のペースで、電子タグリーダー・ライターから電子タグIDを1個受け取り、サーバーから物品データを読み込んだ場合の使用可能時間を計測した。
- ・連続的に物品データを読み込んだ場合
1分に5回のペースで、サーバーに接続し、物品データ(100個)を読み込んだ場合の使用可能時間を計測した(表7-2)。

表 7-2 携帯電話のバッテリー駆動時間

使用条件	使用可能時間
1分に1個のデータ読み込み	6時間42分
データの連続読み込み	3時間47分

7.5.2 考察

【バッテリーの駆動時間について】

実験の結果、バッテリーの駆動時間については、電子タグリーダー・ライター、携帯電話の両方で、期待していた8時間に届かなかった。

実験では、電子タグリーダー・ライターや携帯電話でのデータ連続読み込みについても計測したが、実際の運用時にこのような使われ方をすることは、ほとんどないと考えられるため、1分に1個のデータ取込時の使用可能時間が、実運用時の値に近いと思われる。しかし、その場合であっても、電子タグリーダー・ライターで3時間強、携帯電話で7時間弱という結果になっており、これは、1日の業務時間を8時間と想定した場合、途中でバッテリーが切れてしまうことを意味している。

これでは、実運用においては問題があると思われる。ただし、システム的设计においては、Bluetooth接続は通信時だけにするなどの省電力対策をしており、これ以上の省電力設計は難しいものとする。

そうすると、ハードウェア側での対処が求められるが、現時点では、予備のバッテリーパックを使う、業務の合間に充電して使用するといった、運用での対処が必要になるとと思われる。

本スタディでは、Bluetooth1.1の機器を使用しているが、Bluetooth2.0では、消費電力を抑えており、Bluetooth1.1に比べて、駆動時間を2倍程度にできるということであるので、Bluetooth2.0に対応した製品を使うことで、連続使用時間の改善が期待できる。

【省電力設計による操作性への影響】

本システムでは、省電力設計、及び実験で使用した電子タグリーダー・ライターの制約により、データ転送時のみ、Bluetoothの接続をするようにしている。そのため、データを送信する場合には、電子タグリーダー・ライターで「接続」を選び、携帯電話から「ID取得」を選ぶという手間が必要となっている。

もし、電子タグリーダー・ライターがBluetooth接続した状態でも、電子タグの読み取りが可能で、かつバッテリー消費の問題が解決されるのであれば、電子タグリーダー・ライターと携帯電話は、常にBluetoothで接続している方が、操作性を向上させられる。

その場合、電子タグリーダー・ライターで電子タグの読み取りをすると、自動的に、携帯電話の画面に物品の情報を表示することができるため、データ転送の操作が不要になり、即時に物品情報を確認できるようになる。

7.6 実用システムを考慮した検証

7.6.1 実験結果

【検証6-1】貼り付ける対象の違いによる電子タグの読み取り

【検証項目6-1-1】読み取りの可否

4種類の電子タグを使い、電子タグを貼り付ける対象の違いにより、読み取りの可否が変わるかを検証した(表7-3)。

表 7-3 対象の違いによる電子タグの読み取り可否

対象	I-CODE	Tag-it	my-d	MB89R118
ポスター	○	○	○	○
チラシ	○	○	○	○
はがき	○	○	○	○
カード	○	○	○	○
シール	○	○	○	○
金属	×	×	×	×
Felica 携帯	△	△	△	△

電子タグを金属に貼り付けた場合、どのメーカーの電子タグにおいても、読み取りができなくなった。Felica 携帯については、読み取れる場合と読み取れない場合があった。

読み取りができなかった金属、及び Felica 携帯について、読み取りが可能

になる条件を試したところ、対象と電子タグとの間に、厚紙をはさんだ状態であれば読み取りが可能になることが分かった。

次に、対象との間に、3mm厚の厚紙をはさんだ状態での、読み取り可否結果を表7-4に示す。

表 7-4 対象の違いによる電子タグの読み取り可否(対処時)

対象	I-CODE	Tag-it	my-d	MB89R118
金属	○	○	○	○
Felica 携帯	○	○	○	○

【検証6-1-2】読み取り可能距離

4種類の電子タグを異なる対象に貼り付けた場合の、読み取り可能距離を計測した。各メーカーのタグを5枚ずつ用意し、それぞれを対象に貼り付けた状態で、読み取り可能距離を計測した。

どの種類の電子タグも、電子タグ単体で測定した場合と比べ、読み取り可能距離が若干短くなっているが、問題となるような違いは見られなかった。

金属、及びFelica携帯については、対象と電子タグの間に、3mm厚の厚紙をはさんだ状態で、読み取り可能距離を測定した(表7-5)。

表 7-5 対象の違いによる電子タグの読み取り可能距離(対処時)

対象	I-CODE	Tag-it	my-d	MB89R118
金属	7mm	8mm	12mm	13mm
Felica 携帯	24mm	37mm	40mm	38mm

【検証6-1-3】読み取りデータの信頼性

4種類の電子タグ(各10個)を、次の対象に貼り付けて、電子タグリーダー・ライターで読み取り、そのデータ(本システムでは、電子タグのID番号)が正確であるかを検証した。

読み取り可能な対象であれば、読み取り結果は常に正確だった。読み取り不可の対象の場合についても、不正確なデータが読み取られるようなことはなく、電子タグリーダー・ライターが反応しない、という動作になった。

金属、Felica携帯については、対象と電子タグの間に、3mm厚の厚紙をはさんだ状態で読み取りを行い、読み取ったデータが正確であるかを検証した。

【検証6-2】操作性

【検証項目6-2-1】実験用資産管理システムの操作性に関する意見

被験者 5 人に、10 個の物品の照会、棚卸作業を行ってもらい、アンケートを取った結果、表 7-6 のようになった。

表 7-6 操作性に関するアンケート結果

電子タグの取込速度	遅さが気になる	0 人 (0%)
	遅さが気にならない	5 人 (100%)
電子タグの取込距離	距離の短さが気になる	0 人 (0%)
	距離の短さが気にならない	5 人 (100%)
ID データ転送速度	遅さが気になる	1 人 (20%)
	遅さが気にならない	4 人 (80%)
棚卸処理速度	遅さが気になる	1 人 (20%)
	遅さが気にならない	4 人 (80%)
電子タグリーダー・ライターの操作	分かりやすい	3 人 (60%)
	分かりづらい	2 人 (40%)
携帯電話の操作	分かりやすい	5 人 (100%)
	分かりづらい	0 人 (0%)
操作性についての意見		
・電子タグリーダー・ライターと携帯電話の 2 台を持ち運び、操作しなければならず、面倒に感じる。どちらか 1 台にまとめることはできないのか。		
・電子タグリーダー・ライターの画面に電子タグの ID しか表示されないため、本当にその物品の電子タグが読み込めたのかが、目で確認できない。電子タグには、ID が表記されていない。		
・電子タグリーダー・ライターに、同じ電子タグが何回も取り込めてしまう。データが重複することがあるため、分かりづらい。		
携帯電話を利用することについての意見		
・PDA に電子タグリーダー・ライターを取り付けて、無線 LAN を使用すれば、携帯電話を使わずに、同じようなことができるのではないか。		
電子タグを使って資産管理をすることについての意見		
・管理表を使って、ひとつずつ現品確認して状態を更新する場合と比べて、手間が少なく、物品がないのに棚卸できてしまうなどの人的ミスもないため、効果的であると思う。		
・バーコードを使えば、同じことが安くできるのではないか。		

7.6.2 考察

【金属に電子タグを貼り付けた場合の読み取り】

金属に電子タグを直接貼り付けた場合、全く読み取りができなくなった。これは、本実験で使用している 13.56MHz 帯の電子タグが、電磁誘導型と呼ばれる方式であるための制約と考えられる。電磁誘導型では、リーダー・ライターのコイルから発生した磁束が、電子タグのコイルを貫通することで発電し、それにより動作している。そのため、裏面に金属があると、磁束が打ち消されてしまい、動作しなくなってしまう。

ただし、本実験のように、金属と電子タグの間に、ある程度の厚みを持った非電導体を挟み込むことで読み取りができるようになるため、金属物の管理には利用できないということではない。実験では、厚紙で試したため、3mm ほどの厚みを必要としたが、市販されている電磁シールド材のようなものを使用すれば、0.5mm 程度の厚さでも、読み取り可能となるという。

また、電子タグにフェライトなどで厚みを持たせて、金属対応とした電子タグが複数メーカーから発売されているため、金属については、そのような製品を使うことも可能である。

【電子タグの読み取り可能距離】

電子タグを対象に貼り付けた場合の読み取り距離は、非金属であれば、およそ 50mm 前後で読み取り可能で、金属についても、電子タグと金属の間に非電導体を挟みこむことで、10mm 程度の距離であれば読み取れるようになることが分かった。

資産管理のような用途では、物品に貼り付けられた電子タグひとつひとつに対し、電子タグリーダー・ライターをかざして、読み取りを行うことができればよいため、この程度の読み取り距離ができれば、問題ないものと考えられる。

むしろ、読み取り距離が長すぎると、複数の電子タグが近くにある状態で読み取りを行った場合に、どの電子タグが反応したかの判別が難しくなる弊害が予想され、この程度の読み取り距離の方が使いやすいと考えられる。

数 10cm 以上離れた距離での読み取りが必要な用途であれば、本スタディで使用した HF 帯の電子タグではなく、UHF 帯やマイクロ波帯の電子タグを使うようにすべきである。

【電子タグの読み取りデータの信頼性】

電子タグの読み取りデータについては、電子タグを対象に貼り付けた状態でも正確であることが確認できた。電子タグの読み取りにおいては、7.4.

2に記述したように、CRCによるエラーチェックが行われているため、読み取りに成功した場合のデータの信頼性は十分に高いと考えられる。

【1 台の機器への集約】

電子タグリーダー・ライターと携帯電話の2台に分かれていると、操作が面倒、という意見は、当然のものと思われる。使用者にとっては、電子タグを読み取ると、その機器の画面に物品情報が表示され、その画面で棚卸処理ができるのが、最もシンプルで使いやすいものと思われる。

1台にまとめる場合は、グラフィカルな表示を得意とし、遠隔地にあるサーバーとのパケット通信が可能な、携帯電話に集約することになるだろうが、現時点では、携帯電話に電子タグの読み取り機能がついている機種、もしくは、携帯電話に直接接続可能な電子タグリーダー・ライターがないことから、本スタディでは、2台構成となっている。

ただし、今後、携帯電話に装着可能な電子タグリーダー・ライターが出てきた場合についても、通信にはBluetoothが使われることが想定されるため、本スタディでの開発したシステムについては、そのまま応用できると考えられる。

【同一 ID の電子タグの取り込み】

本実験システムでは、限られた数の実験用電子タグを使って、100個の電子タグの取り込み実験などをしなければならなかったため、電子タグリーダー・ライターでの読み取りにおいて、同一IDの電子タグをタンギングできるよう設計している。そのため、同じ物品の電子タグを、何回も電子タグリーダー・ライターに取り込めてしまうが、資産管理システムに限らず、実際のシステムでは、同一IDの電子タグについては、1回しか取り込めないようにした方がよい場合が多いと思われる。

【電子タグリーダー・ライターの画面表示】

本実験システムでは、電子タグの読み取りを行ったときに、電子タグリーダー・ライターの画面には、電子タグの16桁のID(例えば、E08010C382125C3)が表示され、それ以上の情報は、ID情報を携帯電話に転送した後に、携帯電話の画面に表示されるようにしている。

ただし、被験者の意見にもあるように、電子タグのID番号が表示されても、その番号が電子タグに表記されているわけではないため、本当に取り込めたのかが分かりづらい。

これは、電子タグリーダー・ライターで電子タグを取り込んだときに、自

動的に ID 情報を携帯電話に送り、携帯電話に物品情報が表示されるようになれば解決する問題である。本スタディで使用した電子タグリーダー・ライターは、電子タグの取り込みと Bluetooth 通信が同時に行えないという仕様であったため実現できなかったが、将来的には、そのような動作が可能な製品が出てくることが予想される。

【携帯電話を利用することについて】

PDA と電子タグリーダー・ライターを使って、資産管理のシステムを構築した場合、使用範囲が、無線 LAN などの設備のある環境内に限られてしまう。携帯電話を利用することのメリットは、携帯電話が使える場所であれば、どこでも使用可能である点にある。例えば、資産管理であれば、管理サーバーが本社ビルにあり、さまざまな拠点にある支社や営業所などにある物品を確認する場合においても、ネットワークについて気にする必要はない。

【バーコードとの比較】

RFID とバーコードには、表 4-4 に記述したような違いがある。RFID の方が優れている特徴としては、離れた位置から複数同時読み込みができることや、経年劣化がないこと、電子タグへのデータの書き込みが可能であることなどが挙げられる。

本スタディでは、電子タグを使った代表的なシステムとして資産管理システムを試作した。今までの資産管理業務では、シールにバーコードを印刷して物品に貼り付けて運用する方法が一般的であり、確かに、RFID よりもシールの方が安価である。しかし、バーコードは汚れなどの経年劣化が起こる他、実際に読み取る際には、バーコードリーダーの焦点をバーコードに合わせなければならない。RFID の場合は、貼り付けてあるおおよその位置に電子タグリーダー・ライターをかざすだけで読み取りができるため、バーコードを用いるよりも作業効率が良い。また、最近の携帯電話には、カメラ機能を応用してバーコードを読み取る機能が搭載されているため、バーコードを物品に貼る運用であれば携帯電話だけでも現場作業が可能であるが、カメラの焦点を合わせるのに手間がかかるため、作業効率の面で限界がある。また、RFID で資産管理を行った場合は、入り口にゲート型のリーダー・ライターを設置して、ノート PC などの不正持ち出しのチェックや履歴管理などに応用させるといったことも可能であり、発展性を考えても、RFID が有利であると考えられる。

また、物流の分野で、ゲート間を複数の物品をまとめて通して在庫管理をする場合のように、バーコードを使う場合と比べて大幅な効率アップが期待

できる用途や、ブランド品に電子タグを付けて真贋判定をするといった、バーコードでは不可能な用途もある。

8 まとめ

8.1 全体考察

本スタディでは、携帯電話と電子タグリーダー・ライターを用いて、小規模な電子タグシステムの開発を行い、提唱するシステム構成を基本とした実用的なシステムを開発できることを実証した。また、開発した電子タグシステムを用いて実証実験を行い、システムの実現性及び実用性に関する課題について検証を行った。今回のフィージビリティスタディにおいては電子タグリーダー・ライターと携帯電話をわけ、2台の間を Bluetooth の近接無線で接続することにより機能を実現した。携帯電話へ装着する電子タグリーダーとしては携帯端末自体に電子タグリーダー・ライター機能を持たせることが考えられるが、本スタディの様に物理的に分けることにより、メリットが出てくることも明らかになった。システム開発及び実証実験を行う中で得られた考察、及び、技術的な課題について次に報告する。

【システム開発に関する考察】

- マルチキャリアに対応するために、Bluetooth の SPP を用いた通信を実現したが、現状 SPP のプロファイルを搭載している汎用機が少ない。汎用機を用いたシステムを構築するにあたっては SPP プロファイルの搭載機器が増えるか、もしくは他のプロファイルでの利用を検討する必要がある。
- 電子タグリーダー・ライターと携帯電話間の Bluetooth 通信について、電文フォーマット及びデータ送受信のシーケンスを設計し、両者間のインターフェースとして定義したが、Bluetooth 通信規格があっていれば問題なく通信が可能となる。
- 電子タグリーダー・ライターよりタグ情報が携帯電話に転送されれば、携帯電話とサーバー間の通信について、HTTP を用いたインターフェースを定義し、標準的な方法でデータを送受信が可能である。
- 機材をモバイル利用することを考慮し、基本性能を担保しつつ、消費電力をできるだけ抑える設計によって、アプリケーションを開発することが可能である。
- ペ어링によって、Bluetooth の通信相手を特定し、不正アクセスを排除できることを実証した。また、ペ어링のために双方の機器を操作することで、不用意にペ어링が実行されない設計とすることが可能であり、通信規格が同じであれば、設定変更をすることにより組合せ自由な接続が可能となる。
- 必ず携帯電話がマスターとなって Bluetooth 通信を行うことで、Bluetooth の不正なアクセスから、携帯電話に保存されている情報を保護するための設計が可能である。
- 携帯電話の利用者を認証する際に、操作性を向上させるため、携帯電話の个体識

別 ID の情報だけを用い、ユーザー名とパスワードの入力が不要な認証方法によってシステムを運用することが可能である。

- 電子タグリーダー・ライター及び携帯電話を物理的にわけることにより、双方が持つ端末のユーザーインターフェースを有効活用し、それぞれが得意とする機能を分担して実装することで、業務効率を上げるための設計が可能である。
- 電子タグを使用することの利点を活かすために、一括で複数の電子タグを読み取ってリスト処理することが可能である。

【システム開発に関する技術的な課題】

- 電子タグリーダー・ライターは、リーダーデバイスと Bluetooth デバイスの同時使用ができないという制約があったが、端末の固有の問題であり、必要に応じて同時に使用ができる機能を実装した端末を利用することが望まれる。
- Bluetooth の通信中は、電子タグリーダー・ライターに装備されているほとんどのボタンについて、操作ができないという制約があった。
- Bluetooth 搭載機器は市販の携帯電話等で発売されているが、Bluetooth の規格やプロファイルが機器により異なり、実際に接続するにあたっては機器の仕様を確認する必要がある。

【実証実験に関する考察】

- 使用する機器同士の電波干渉など、本スタディが提唱するシステム構成が原因で、機器の基本性能に悪影響を及ぼすことはないことを確認した。
- ペ어링により通信相手を限定することの信頼性を確認し、サーバーにアクセスする際の携帯電話機の認証についても、セキュリティ上、問題ないことを確認した。
- 複数メーカーの電子タグについて、メーカーが異なっても汎用的に読み取れることが確認でき、同時に複数の電子タグを一括で読み取れることも確認した。
- 各種の電波干渉がある環境においても、システム全体が正確に機能することを確認した。
- 通信距離、通信時間に関して、今回のスタディで想定している資産管理の利用シーンの基本運用で問題ないレベルであることを確認した。

【実証実験に関する技術的な課題】

- Bluetooth による通信を行う際に、周囲にある無線 LAN と干渉し、双方で通信速度が落ちることがあるため、実際の利用に際しては周囲の無線 LAN 環境などを確認する必要がある。

- ID 情報を送受信する際の Bluetooth 通信において、想定していた通信速度よりも、大幅に遅い結果となった。電子タグリーダー・ライターにおける制約もあり、ID 情報を 1 件ずつ送受信する方法をとったことが原因である。
- 電子タグリーダー・ライターの電池の持続時間が予想よりも短いため、実際の利用用途によっては予備バッテリーの準備又は運用対処を検討しなければならない。

8.2 課題と今後の展望

8.2.1 本スタディに関する今後の課題

【電子タグリーダー・ライターの制約について】

電子タグリーダー・ライターと携帯電話の間の Bluetooth 通信は、常に接続状態を保ったままにしておくことで、多少の消費電力は犠牲になるものの、通信時間が短くなり、さまざまな運用形態に応用できる。

しかし、本スタディで使用した電子タグリーダー・ライターには、リーダーデバイスと Bluetooth デバイスの同時使用ができない、及び、Bluetooth の通信中は電子タグリーダー・ライターのボタン操作ができないという制約があり、Bluetooth の接続を通信の度に切断する必要がある。又、通信を行うモードにするために、手動操作が必要となった。

複数の電子タグを読み取ってから、ID 情報の送受信を行う運用では特に問題にならないが、1 個の電子タグを読み取って、すぐに ID 情報を携帯電話に送信するような運用の場合、Bluetooth の接続を毎回行うことによる通信時間の遅延と、通信を行うための手動操作は、実用性に影響がある。

また、電子タグリーダー・ライターの内部変数のサイズが 255 バイトしかないことから、256 バイト以上のデータを送信できないといった制約もあり、細かいデータを繰り返して送信することで、結果的に通信の性能に大きく影響した。

現時点では、機種によって上記の制約があることから、十分に注意して機種を選定、及び、システムの設計を行う必要がある。また、電子タグリーダー・ライター自体を開発する場合には、これらの制約がないように設計すべきである。

【電波干渉について】

本スタディで使用した Bluetooth のバージョンは 1.1 であったため、周囲に無線 LAN がある場合に、双方で通信速度が落ちるといった影響が出た。通信ができなくなるほどの干渉はないが、可能であれば、干渉の対策が施されている Bluetooth 1.2 以降を使用すべきである。

今後発売される端末は 1.2 以上のバージョンのものが搭載されているのが多いため、最新機種を利用する場合には特に問題はないと思われる。

【セキュリティについて】

本スタディでは、Bluetooth のペアリングの際に、パスキーを使用していな

いが、実用システムでは、パスキーによる通信相手の認証を行うべきである。携帯電話とサーバー間の通信についても、扱うデータの重要度によっては、CUG サービスを使用してセキュリティを向上させるべきである。また、携帯電話のアプリケーションを使用する際の認証については、携帯電話の個人識別 ID を使用する方法を用いて操作性を向上させた。この認証方法と合わせて指紋による認証などが可能になると、操作性を保ったまま、セキュリティを向上できると考える。

また、携帯電話と電子タグリーダー・ライターとの間の汎用性を持たせた形での接続を考えると、簡単に接続ができることは重要ではあるが、近くにある別の機器との接続が簡単に可能になるとセキュリティ上問題であるため、あらかじめ設定している機器間での通信のみが行えるようなペアリング認証が必要となる。

【消費電力について】

本スタディでは、消費電力を抑える設計を考慮してシステムを開発したが、電子タグリーダー・ライター及び携帯電話のバッテリー持ち時間が想定よりも少なかったため、長時間の作業や充電が定期的に行えず、連続で作業を行う場合などは予備バッテリーを準備するか、作業の合間に端末を入れ替えて充電するなどの運用対処をしなければならない。Bluetooth2.0 から消費電力は抑えられた設計ではあるが、バッテリー自体の性能も向上しているため、近い未来には、十分なバッテリー駆動時間を確保できると考える。

【Bluetooth を使用する携帯電話のアプリケーションについて】

携帯電話のアプリケーションは、通常はサーバーからダウンロードして使用するが、現状では Bluetooth の SPP 通信を使用するアプリケーションの公開には、通信事業者への申請が必要な場合があるため、注意しなければならない。また、通信するデータ量を制限されることから、アプリケーションの設計においても、使用可能なデータ量を表示するなど、工夫する必要がある。

8.2.2 今後の展望

【マルチキャリアについて】

電子タグリーダー・ライターと携帯電話間の Bluetooth 通信では、SPP を用いて通信シーケンスを定義することにより、マルチキャリアに対応する仕組みを実現した。現状では、SPP を持つ携帯電話の機種は少ないが、今後、Bluetooth によるデータ通信が世間に認知されるにつれ、Bluetooth 機能を搭載し、かつ SPP を持つ携帯電話が多く出回ることになると考える。

また、現状における携帯電話のアプリケーションは、開発言語などの違いにより、それぞれのキャリア向けに開発する必要がある。全ての携帯電話で同じアプリケーションを動作させるための統一化の取り組みが早期に開始されることを期待する。

【電子タグリーダー・ライターについて】

電子タグリーダー・ライターの仕様については、Bluetooth 通信と連動する部分に制約が残るなど、まだ十分な機能を満たしているとはいえない。本スタディのような検証を積み重ね、問題点を解決していく必要がある。また、ユーザーインターフェースの充実、高速通信の実現など、さらに高機能化及び高性能化が求められる。

価格面でも、現状の電子タグリーダー・ライターは高価なものが多く、更なる低価格化の取り組みが必要である。安価で、且つ、より多くの種類の電子タグに対応し、さらに高機能な電子タグリーダー・ライターを開発することにより、電子タグシステムは大きく普及すると考える。

【携帯電話との連携について】

現状の携帯電話には、カメラ機能により二次元バーコードを読み込める機能があり、かなり普及している。しかし、読み取り易さの面では、バーコードリーダーを起動してから、読み込むよりも、かざすことにより読み取ることができる電子タグの方がはるかに利便性が良い。従って、本スタディをはじめとする検証を繰り返すことによって技術的な問題点を解決し、携帯電話に搭載できる電子タグリーダー・ライターを開発すれば、二次元バーコードに代わるものとして、電子タグが広く世間に浸透し、多くの人が利便性を手に入れることができる時代が来ると考える。

【利用シーンの展開】

本フィージビリティスタディでは資産管理の利用シーンを想定したが、今回のように汎用的な携帯電話と接続できるシステムを考えた場合、物流業界での物品管理の利用や個人でのブログ、SNS などへの応用が検討可能である。物流での物品管理では現状社員だけでなく、繁忙期に契約社員などと契約を行うため、専用端末を開発・配布した場合にコストがかさむため、今回のような汎用的な接続ができるものが望ましいと考える。また個人での利用に関しては電子タグがさまざまなものに貼ってある場合、その情報を取得して保存することによりブログや SNS などでの情報共有に活用が可能と考えられるため、応用範囲は広いと考えられる。

システム開発 18-F-12

携帯電話に装着する電子タグ入出力装置の開発
に関するフェージビリティスタディ

[要旨]

平成19年3月

作 成 財団法人 機械システム振興協会
東京都港区三田一丁目4番28号
TEL 03-3454-1311

委 託 先 財団法人 ニューメディア開発協会
東京都文京区関口1丁目43番5号
TEL 03-5287-5032