

RFIDの技術動向



佐藤一郎

国立情報学研究所

E-mail: ichiro@nii.ac.jp

Ichiro Satoh

▶ 講演概要

1. RFIDの動作原理
2. RFIDの技術と特徴
3. RFIDのコード
4. RFIDの技術動向

Ichiro Satoh

RFIDの動作原理



佐藤一郎

国立情報学研究所

E-mail: ichiro@nii.ac.jp

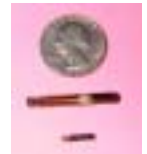
Ichiro Satoh

▶ RFIDとは

RFID (Radio Frequency IDentification system)

- 媒体に電波・電磁波を用いたIDシステム
- 非接触でデータの読み出し、読み書きが可能
c.f. 非接触ICカード
- パッシブタグ、セミパッシブタグ、アクティブタグ

市場予測: RFIDは2006年には
世界規模で約6,000億円程度まで拡大

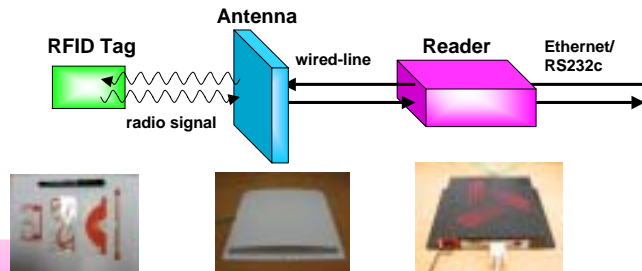


Ichiro Satoh

RFIDシステム

システム構成

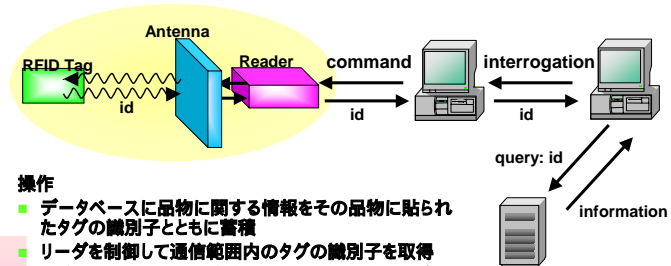
- リーダ(+アンテナ)
- タグ (RFIDタグ、無線ICタグ、無線タグ、電子タグ、ICタグ、transponder)



Ichiro Satoh

RFIDシステム(全体)

システム構成



操作

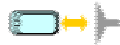
- データベースに品物に関する情報をその品物に貼られたタグの識別子とともに蓄積
- リーダを制御して通信範囲内のタグの識別子を取得
- タグ識別子よりそのタグが貼られた品物の情報をデータベースから取得

Ichiro Satoh

RFIDの特徴

非接触

通信距離は1cm～数メートル



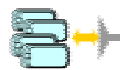
移動中・高速

移動していても読み書き可能
1秒以内に識別可能



複数同時読取

複数個同時読み取り可能



被覆可能

遮閉物(金属を除く)があっても認識可能



Ichiro Satoh

RFIDの特徴

環境性

汚れ・振動・衝撃等に強い



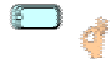
耐久性

経年変化が少なく長期にも耐える



小型・薄型

貼付け可能な商品や製品が多様



書換可能

新たな情報を加えたり、書換えが可能



Ichiro Satoh

RFIDの有用性

バーコードとRFID

比較項目	バーコード	RFID
データ量	約20バイト	8～数Kバイト
読取距離	～10cm	～数m
読取時間	非常に長い	短い(1秒以下)
同時読み取り	困難	可能
汚れ・振動・磨耗等	影響大	基本的に影響なし
障害物	不可	金属以外
価格	数銭	数十円～数百円
運用コスト	人件費	設備

Ichiro Satoh

RFIDの技術と特徴

佐藤一郎

国立情報学研究所

E-mail: ichiro@nii.ac.jp

Ichiro Satoh

動作原理

- アクティブ方式
- パッシブ方式
 - 電磁結合方式
 - 電磁誘導方式
 - 電波方式(マイクロ波方式)
 - 静電誘導方式
- セミパッシブ方式
 - 電磁誘導方式
 - マイクロ波方式

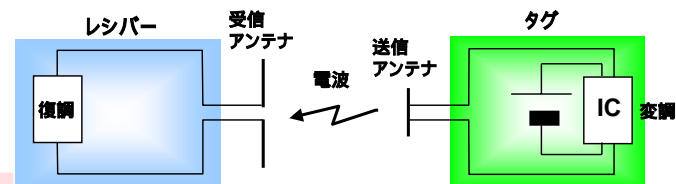
注意:RFID分野では各方式の名称が混乱し、一貫性はない
例:RFID、RFタグ、無線ICタグ、無線タグ、ICタグ、電子タグ

Ichiro Satoh

アクティブタグ

アクティブタグ

- 内蔵された電池によりRF回路を駆動
- 識別子を定期発信



参考:数秒毎の発信の場合、電池寿命は3年程度

Ichiro Satoh

▶ パッシブRFIDの動作

動作原理

- リーダから電力供給
- ICチップ内の識別子を返信

RFID Tag Antenna Reader Ethernet/RS232c

電波 電流 識別子 副搬送波

IC (Memory+RFID circuit)

Ichiro Satoh

▶ パッシブタグの構造

RFID tag

Polyethylene Media Copper Coil Antenna IC

Typical Tag Sizes

15mm x 45mm	25mm x 25mm
45mm x 45mm	22.5mm x 38mm
45mm x 76mm	17mm x 93mm

アンテナ RF回路 制御回路 ROM RAM

Ichiro Satoh

▶ 動作原理: 伝送方式

伝送方式	静電誘導	電磁結合	電磁誘導	マイクロ波
動作原理	静電気の誘導作用	密に結合した電磁誘導の相互誘導作用	電磁誘導作用	マイクロ波帯の電波
周波数		数百kHz	125 ~ 135kHz, 13.56MHz	UHF, 2.45GHz
通信距離	~数mm	~数cm	~1m	~5m
通信速度	~500Kbps	~30Kbps	~10Kbps	~5Kbps
規格	ISO/IEC 10536	ISO/IEC 10536	ISO/IEC 14443, ISO/IEC 15693	
特徴	リーダライトのアンテナとタグとの距離が極めて密となるため、電気的なノイズや混信に強い	近距離の磁束結合のため、ノイズに強い	<ul style="list-style-type: none"> ■ 水、油や塵埃などの影響に強く、工場・道路などの環境でも利用可能 ■ 使用目的に応じてタグ形状を成型しやすい 	通信距離が長く、離れた距離からIDを読み取れる

Ichiro Satoh

▶ 伝送方式: 誘導結合

誘導結合方式

- リーダの発生する交流磁界エネルギーによる誘導結合
- ICチップ内の識別子を副搬送波で送信

磁界 変調方式: ASK

レシバ タグ

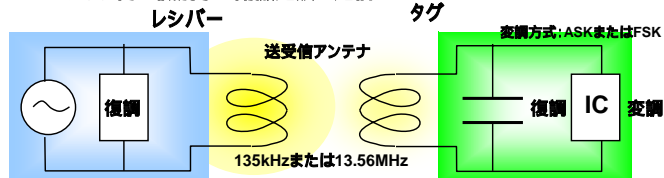
Ichiro Satoh

伝送方式: 電磁誘導

電磁誘導方式(inductively coupling)

リーダの発生する交流磁界エネルギーによる誘導結合

- ICチップ内の識別子を副搬送波で送信



通信距離も波長が長い(例13.56MHz:22m)なので交流磁界として扱われる

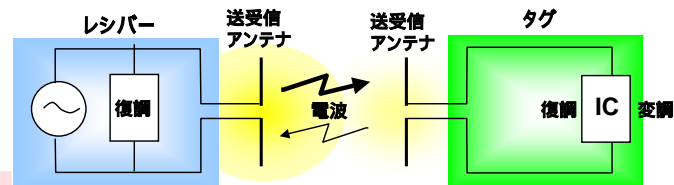
コイル巻線数:
135kHzでは100 ~ 1000回,
13.56MHzは3 ~ 10回



伝送方式: 電波

電波方式(UHF, 2.45MHz)

- リーダからの照射電波でタグ上のICチップを駆動
- ICチップ内の識別子を副搬送波で送信

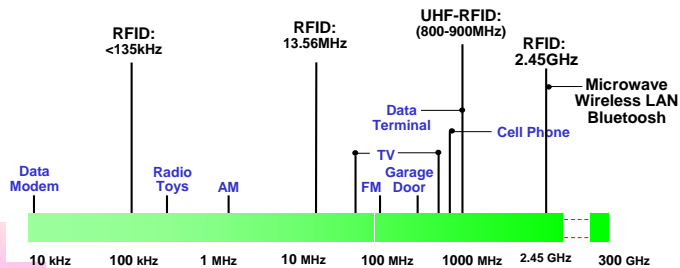


読取器とRFIDタグの通信はFSKまたはPSKを利用

Ichiro Satoh

周波数

RFIDは利用する電波周波数により特性が相違



Ichiro Satoh

RFIDタグの利用周波数

代表的な周波数

- 135kHz以下 (125 kHzまたは134 kHz)
電磁誘導方式、実質数センチ
- 13.56MHz
電磁誘導方式、数十センチ、応用: スマートカード
- UHF (868MHz, 915MHz)
電波方式、5メートル、応用: 物流
- 2.45GHz
電波方式、2メートル、応用: 物流
- 5GHz
電波方式、指向性大、応用: ? ?、標準化作業は停止状態

Ichiro Satoh

125kHz & 134kHz-RFID

特徴

利点

- 雨、氷、塵埃の影響が小さい
- アンテナ指向性が緩やかかつ回折が大きい通信範囲が広い
- 非導電体(人体、ガラス、木材)への透過性が良い

欠点

- 通信距離が短い(実質数センチ、電波規制が弱いので延長可能)
- 通信速度が遅い(実質4kbps)
- アンテナの巻数が多いために、タグが複雑かつ高価

応用範囲

- 食堂精算、イモライザー、スキーゲート等



Ichiro Satoh

13.56MHz-RFID

特徴

利点

- 雨、氷、塵埃の影響が小さい
- アンテナ指向性が緩やかかつ回折が大きい通信範囲が広い
- 非導電体(人体、ガラス、木材)への透過性が良い
- アンテナ巻数が少ないので、薄型・小型化可能

欠点

- 通信速度が遅い(実質10kbps以下)
- 通信距離が短い(実質数十センチ)

応用範囲

- 、スキーゲート等



Ichiro Satoh

2.45GHz-RFID

特徴

利点

- 通信距離が長い(実質1メートル)
- 通信速度が速い(実質数十kbps)
- アンテナ指向性が高く、通信範囲の限定が可能
- 小型化が可能

欠点

- 雨、氷、塵埃の影響が大きい
- 回折が小さいため通信範囲が限定
- 無線LANや電子レンジと混信

応用範囲

- 物流・在庫管理、製造物履歴管理等



Ichiro Satoh

UHF-RFID

特徴

利点

- 通信距離が長い(実質3メートル)
- 通信速度が速い(実質数十kbps)
- 回折がある程度あるため通信範囲が広い(c.f. 2.45GHz-RFID)

欠点

- タグサイズが大きい
- 電波法の規制

応用範囲

- 物流・在庫管理、製造物履歴管理等



Ichiro Satoh

周波数と特性

周波数帯とその特徴

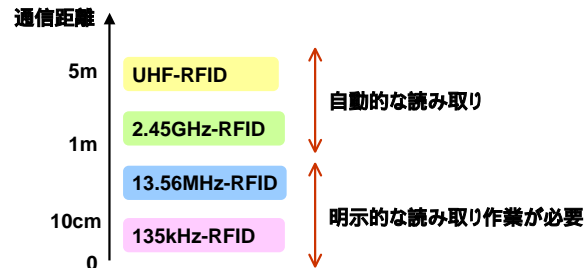
周波数	125 or 134.2kHz	13.56MHz	UHF	2.45GHz
最大通信距離	実質数センチ	実質数十センチ	実質3メートル	実質1メートル
通信速度	非常に遅い(4kbps)	遅い(27kbps)	速い(20kbps??)	速い(40kbps)
副搬送波	134.2, 124.2kHz	423.75, 484.28MHz	UHF	2.45GHz
価格	高い(1ドル)	やや高い(1ドル)	安い(数十セント)	やや安い(数ドル)
方式 レシバ タグ/タグ レシバ	電磁誘導 ASK/FSK or OOK	電磁誘導 OOK/FSK	電波(マイクロ波)	電波(マイクロ波) OOK/OOK
規格	ISO18000-2	ISO15693, ISO18000-3	ISO18000-6	ISO18000-4
備考	外来ノイズの影響	金属に弱い	電波法の規制	水に吸収されやすい

注意: 特性は製品・電波出力によって異なるので参考データとして見る

Ichiro Satoh

周波数と通信距離

通信距離は周波数(と出力)によって相違
アプリケーションが大きく相違する



Ichiro Satoh

動作原理: アクセス方式

■ シングルアクセス

アンテナ通信領域内に存在するタグは1個だけを認識
複数のタグが通信領域内に存在すると通信エラーとなる

■ FIFOアクセス

アンテナ通信領域内に順番に入ってくるタグを順番に認識
通信を終了したタグは領域内に存在しても通信エラーにならない

■ マルチアクセス

アンテナ通信領域内に複数のタグが存在しても各タグを認識

■ セレクティブアクセス

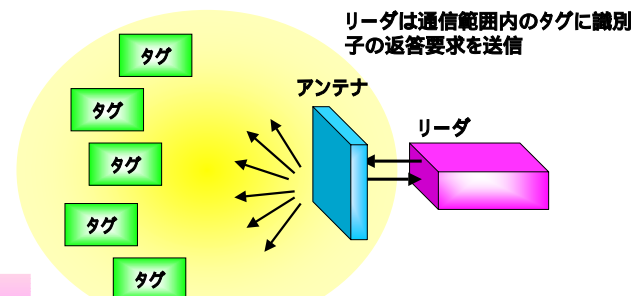
アンテナ通信領域内にある複数のタグのうち、特定のタグを認識



Ichiro Satoh

衝突防止

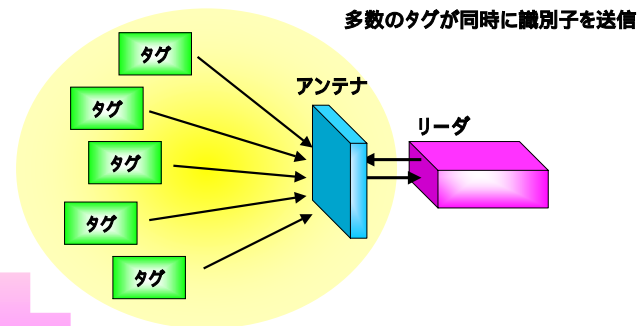
複数タグの同時認識



Ichiro Satoh

衝突防止

複数タグの同時認識



Ichiro Satoh

衝突防止策

衝突防止(アンチコリジョン)機構が望まれる

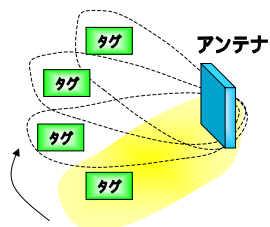
- 空間分割方式
- 周波数分割多重方式
- 時分割多重方式

ただし、RFIDメーカーは具体的な機構を公開していない

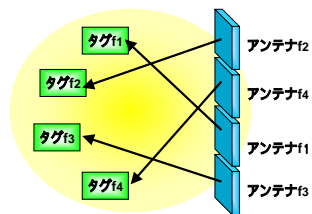
Ichiro Satoh

衝突防止策(空間・周波数分割)

空間分割方式



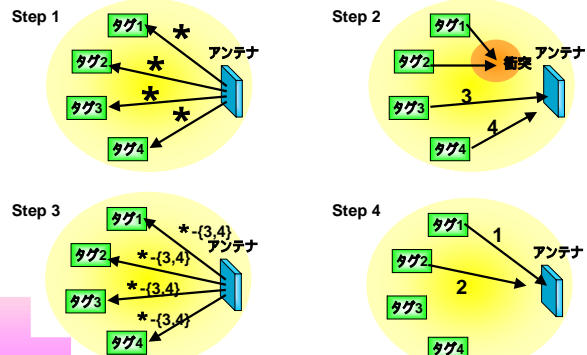
周波数分割多重方式



Ichiro Satoh

衝突防止策(時間分割)

返信タイミングを変更&認識したタグの返信を抑制



Ichiro Satoh

▶ リーダ間干渉

リーダの電波が隣接した他のリーダに影響

解決策

- レシーバ間距離を離す
- 各リーダの認識タイミングを制御
- 周波数ホッピング技術

RFIDタグ RFIDリーダ

RFIDタグ RFIDリーダ

Ichiro Satoh

▶ タグ向きと重なり

タグとレシーバの角度にシビア

RFIDタグ (電波方向に垂直)

× RFIDタグ (電波方向に水平)

タグの重なりにシビア

× RFIDタグ (電波方向に陰)

RFIDタグ (電波方向の手前)

RFIDレシーバ

RFIDレシーバ

Ichiro Satoh

▶ 電波的問題

その他の電波的問題

- 外的ノイズ
 - 外界の電波によりタグからの信号を受信できない
- 外部機器への影響
 - レシーバの発信電波により他の電波受信機器に影響
- 電波遮断物による減衰
 - 金属や水などにより電波が弱まる

Ichiro Satoh

▶ タグの形状(135kHz)

<135kHzタグの主な形状

- スティック型
- コイン型

Ichiro Satoh

▶ タグの形状(13.56MHz)

13.56MHzタグの主な形状

- カード型(厚さが非常に薄く、柔軟性が高い)



Ichiro Satoh

▶ タグの形状(UHF)

UHFタグの主な形状

- カード型(厚さが非常に薄く、柔軟性が高い、ただし比較的大きい)

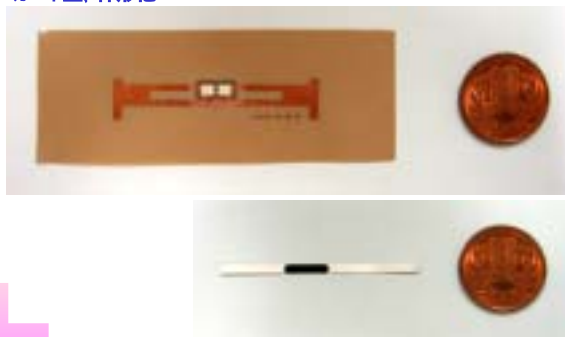


Ichiro Satoh

▶ タグの形状(2.45GHz)

2.45GHzタグの主な形状

- カード型、棒形他



Ichiro Satoh

▶ パッシブタグ

- Read-onlyタグ
固有識別子(64 ~ 128bit)のROM領域
- Read/Writeタグ
ROM領域に加えて ~ 2KB程度のRAM領域を持つ

- セキュリティ機能付きタグ
ただし、高度な機構は困難(パッシブタグで駆動可能なCPUは4 ~ 8bit)

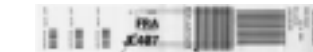
Ichiro Satoh

▶ 特定用途向けRFID

用途に応じてRFID技術は使い分けるべき

■ 物流向け

- 段ボールなどの配送単位に貼付
物流・在庫管理の自動化 長い通信距離
- 個々の商品に貼付
購入者へのプライバシー考慮 短い通信距離または機能停止操作



■ 物品判別向け

- ブランド品・紙幣の真贋判定
明示的な操作により判別
非常に短い通信距離で十分



Ichiro Satoh

▶ 価格

■ パッシブRFIDタグ

現状:10セント~数ドル(参考値)
制御ICよりもアンテナのコスト
将来:5セント

■ アクティブタグ

現状:数ドル~数十ドル(参考値)

■ リーダ&アンテナ

現状:数百ドル~数千ドル(参考値)
将来:百ドル

読みとり作業の省力化を考慮すると
バーコードよりもトータルコストは安
いかもしれない

Ichiro Satoh

RFIDのコード



佐藤一郎

国立情報学研究所

E-mail: ichiro@nii.ac.jp

Ichiro Satoh

▶ RFIDとコード

コード

モノに割り当てられる識別子の体系

注意:RFIDとコードは独立

国内ではRFID、コード、周波数問題が混同状態

Ichiro Satoh

▶ コードへの要件

識別子に要求される技術項目

- 識別子を割り当てる対象: 有形物、無形物
- 識別子の有効範囲: 会社内、取引先、国内、世界
- 識別子の有効期限: 永久(使い捨て)、期限付き(再利用)
- 識別子の長さ: 固定長(必要長は?), 可変長
- 識別子の管理方法: 階層化、独立、重複
- 識別子の可読性: 人間向き、機械向き

Ichiro Satoh

▶ 既存のコード体系

- The Universal Product Code (UPC)
- Japanese Article Number (JAN)
- International Standard Book Number (ISBN)
- License Plate Numbers
- Telephone Numbers
- IP Addresses, etc.

Ichiro Satoh

▶ バーコード

JAN(UPC)コード

製造者コード、製品コード、チェックディジットから構成
シリアル番号ではない(個々の商品には割り当てられない)



- 製造者コード
- 製品コード
- デジット

次世代バーコード Auto-IDセンター

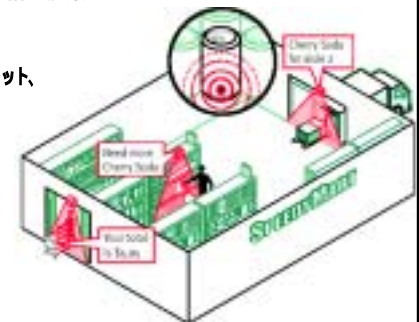
Ichiro Satoh

▶ Auto-ID Center

バーコードの25周年事業として次世代バーコードを研究・開発
次世代技術としてRFIDに注目

- バーコードにかわる標準規格の提案
- RFID技術の評価
- 実証実験の実施


MITを中心にWal-Mart、ジレット、
P&G、コカコーラなどが参加



Ichiro Satoh

▶ Auto-ID Center

Electronic Product Code (EPC)



Header	コード体系 & バージョン番号
EPC Manager	製造会社
Object Class	製品名
Serial Number	シリアル番号

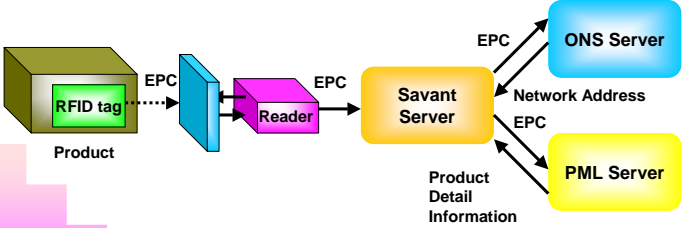
96bitを提唱しているが、128bitまたはそれ以上に拡張予定

Ichiro Satoh

▶ Auto-ID: アーキテクチャ

処理の流れ

1. リーダが商品タグのEPC番号を取得
2. EPC番号に対応する商品情報サーバ(PMLサーバ)のアドレスを名前解決サーバ(ONS)から取得
3. PMLサーバから商品情報を取得



Ichiro Satoh

▶ ユビキタスIDフォーラム

- モノに付与するID体系 (ユビキタスID: uID)
- 128 bit長コード (拡張可能)



from Ubiquitous ID forum's web page

概念レベルの情報だけで技術詳細は不明

Ichiro Satoh

▶ Auto-ID vs. ユビキタスID

技術的な相違点

- 物流以外も対応 (ユビキタスID) vs 物流に限定 (Auto-ID)
- 128bit (ユビキタスID) vs. 96または128bit (Auto-ID)
- インターネットの利用を前提? (Auto-ID)
- RFID以外の識別子にも応用? (ユビキタスID)

政治的な相違点

- 省間対立の縮図?
- まとはずれな比較により混乱

Ichiro Satoh

RFIDの技術動向



佐藤一郎

国立情報学研究所

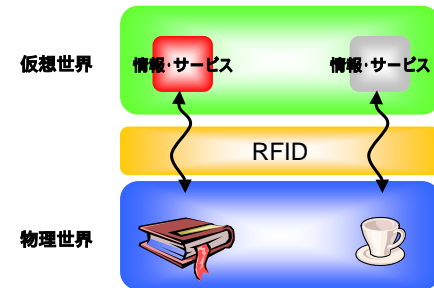
E-mail: ichiro@nii.ac.jp

Ichiro Satoh

ユビキタスコンピューティング

物理世界と仮想世界 (IT)をつなげる技術

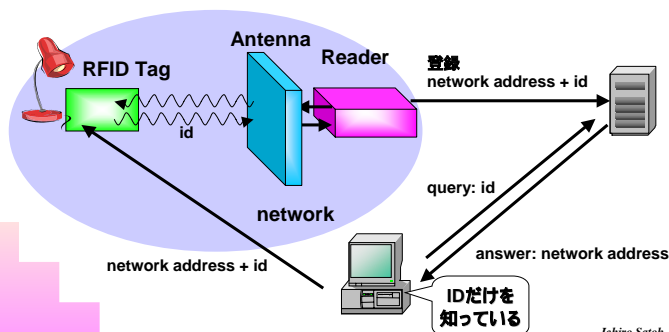
- ITは物理世界を扱うのは不得意
- ITという閉じた世界では限界がある



Ichiro Satoh

Networkとの融合

ネットワーク (IP) アドレスとして RFID
プラグアンドプレイネットワークの応用 (MAC アドレス RFID)



Ichiro Satoh

RFIDの標準化

- 電波的特性に関する標準化
 - ISO18000-1 (規格化/パラメータ)
 - ISO18000-2 (135kHz以下)
 - ISO18000-3 (13.56MHz)
 - ISO18000-4 (2.45GHz)
 - ISO18000-5 (5.8GHz)
 - ISO18000-6 (860 - 930MHz)
 - ISO18000-7 (433.92MHz)
 - ISO15961/15962 (データシンタックス)
- ID (識別子) に関する標準化
Auto-ID センタ
ユビキタスIDフォーラム

Ichiro Satoh

RFIDの標準化(ISO18000-1)

ISO18000-1(規格化パラメータ)

- タグとリーダの通信(周波数、出力、変調、符号化、通信速度、他)
- プロトコル(データサイズ、エラー処理、他)
- アンチコリジョン(方式、処理タグ数、他)

Ichiro Satoh

RFIDの標準化(ISO18000-2)

ISO18000-2(135kHz以下)

- タイプA
 - リーダ タグ
 - 周波数:125kHz、通信速度:3.7-5.7kbps
 - タグ リーダ
 - 周波数:125kHz(62kHz)、通信速度:4kbps
- タイプB
 - リーダ タグ
 - 周波数:134.2kHz、通信速度:0.5-40Kbps
 - タグ リーダ
 - 周波数:134.2kHzまたは124.2kHz、通信速度:9Kbps

Ichiro Satoh

RFIDの標準化(ISO18000-4)

ISO18000-4(2.45GHz)

- モード1:パッシブ方式(電池なし)
 - リーダ タグ
 - 周波数:2.45GHz、通信速度:20-40kbps
 - タグ リーダ
 - 周波数:2.45GHz、通信速度:20-40kbps
- モード2:セミパッシブ方式(電池付き)
 - リーダ タグ
 - 周波数:13.56MHz、通信速度:384kbps
 - タグ リーダ
 - 周波数:?
 - 通信速度:384kbp

Ichiro Satoh

動向

各省が独立に実証試験や研究会の立ち上げ

- 経済産業省 ISOを管轄 UHF帯
 - 総務省 電波規制 UHF帯 x
 - 国交省 物流システム UHF帯
 - 農水省 食品のトレーサビリティ UHF帯?
- 意思統一どころか名称も不一致

Ichiro Satoh

動向

IT戦略本部 e-Japan戦略 (案) 5月15日

III. 新しい IT 社会基盤の整備

1. 次世代情報通信基盤の整備

国等、国・地方公共団体の周波数利用の効率化を推進する。次世代移動通信システム、IP網（超広帯域無線）、ソフトウェア無線の技術開発を推進する。

- ④ 過疎地や既設集合住宅等におけるラストワンマイル用のアクセス回線として、無線システムの導入・普及を検討する。乗り物等のエッジネットワークの基盤とするため、空回線料による低額回線の IP 無線通信網の全国への普及を支援する。電子タグは、今後の利用ニーズを踏まえ、必要な周波数の確保について、800/900MHz 帯を含め検討する。
- ⑤ 道路交通インフラを中心とした ITS の整備を引き続き推進するとともに、インターネ

Ichiro Satoh

動向

総務省の動向

- 4月にRFID周波数WG委員会を設置
7月までに答申書(UHF-MCA通信用帯域の一部開放?)
- 2.45GHzタグの出力規制緩和?

国土交通省

- 米国テロ対策用UHF帯RFIDシールへの対応
- 成田空港で実証実験

経済産業省

- 物流用にUHFタグの推進
- e-Japan答申書に800-900MHzの実証実験の必要性を明記

Ichiro Satoh

RFIDに対する誤解

- アンテナがないと使えない
チップだけ小さくても意味がない
- ICタグとの混同(Suicaのイメージ)
ICカード機能とRFID機能は必ずしも一致しない
- RFIDのICチップメーカーとタグメーカーは一致しない
チップメーカーは一握り(TI, Philips, ペンチャー)
- 特許との戦い
初期の基本特許が2000年前後に失効
アプリケーションに関する特許が増加中

Ichiro Satoh

RFIDの理想と現実

- 信頼性
実務に耐えるにはタグ認識率は99.9~99.99%が必要
- 金属には貼れない
何でも貼れるわけではない
- 電波干渉に弱い
理屈ではなく試行錯誤で解決
- 認識可能距離
電波方式、周波数、アンテナサイズに依存
- 電波規制
国によって利用可能な周波数帯域は相違

Ichiro Satoh

▶ RFIDに対する誤解

■ 省力化・経費削減

■ 初期投資と実地実験

Suicaは8年以上の実地実験と百億単位の設備投資

■ 故障対応

タグやシステム故障時の対応コストが大きい

■ 二重投資

レガシーシステムと共存が必要



Ichiro Satoh

▶ まとめ

■ RFIDはITの世界と現実世界をつなぐ技術

■ 業務にもITシステムに影響

■ 新しいアプリケーションの登場

■ UHFや2.45GHzの次世代RFID技術が登場

■ 個々の企業内インフラから企業間のインフラへ

■ 実地実験などノウハウ蓄積が急務

■ プライバシーやセキュリティ問題

Ichiro Satoh