

次世代RFID(ICタグ)技術の最新動向と応用

存在認識から位置計測へ

佐藤一郎

国立情報学研究所
E-mail: ichiro@nii.ac.jp
http://research.nii.ac.jp/~ichiro

Ichiro Satoh

自己紹介

佐藤一郎

1991年 慶應義塾大学理工学部(電気工学科)卒
1996年 同大学後期博士課程(計算機科学専攻)修了(博士(工学))

現在 国立情報学研究所助教授/総合研究大学院大学助教授(併任)
■ Rank Xerox 客員研究員、科学技術振興事業団さきがけ研究21「情報と知」研究委員
■ IEEE PerCom、UBICOMP他の主要なユビキタスコンピューティング関連の主要国際会議のChairとProgram Committee
(年間、15個以上の国際会議のプログラム委員 → 査読でたいへん)

もう一つの立場:

■ ISO SC31 (RFID)委員
アクティブ/パッシブタグ、Real-time Locating Systemsの標準化

Ichiro Satoh

講演概要

- Ubiquitous Computing と Location Based Service (LBS)
- RFID(ICタグ)技術
 - RFID技術とは
 - ICタグはなぜブレイクしないのか
- Real Time Locating System (RTLS)
 - 次世代RFID技術としてのRTLS
 - RTLSの技術・標準化動向
- RFIDとRTLSを支えるソフトウェア技術
 - 世界モデル
 - LBS向けミドルウェア
- まとめ

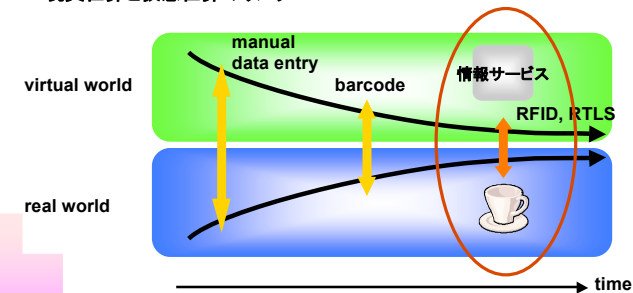
企業の方へ
RTLS技術とバーコードを利用することにより
多くのICタグ応用事例は不要化
ヒント:ハンディバーコードスキャナーの位置が
わかったら何ができますか?

Ichiro Satoh

ユビキタスコンピューティング

ユビキタスコンピューティングは現実世界と仮想世界を融合

現実世界と仮想世界のリンク



Ichiro Satoh

RFID(ICタグ)技術の最新動向

なぜICタグはブレイクしないのか

佐藤一郎

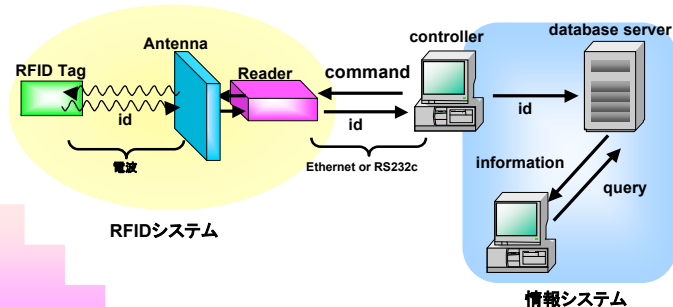
国立情報学研究所
E-mail: ichiro@nii.ac.jp
http://research.nii.ac.jp/~ichiro

Ichiro Satoh

RFIDシステム

RFID (Radio Frequency IDentification system)

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

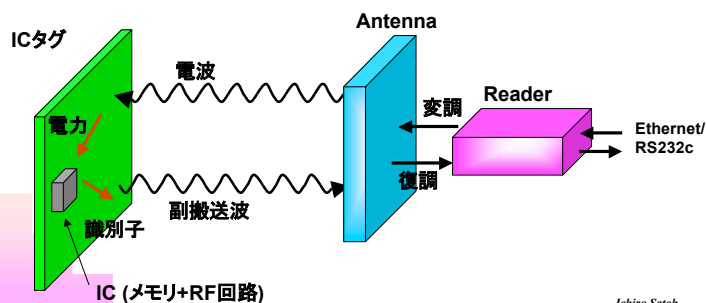


Ichiro Satoh

パッシブRFIDの動作

動作原理

- リーダ/ライターから電力供給
- ICチップ内の識別子を返信



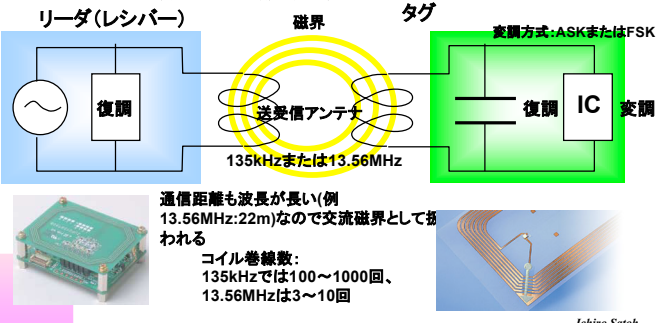
Ichiro Satoh

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

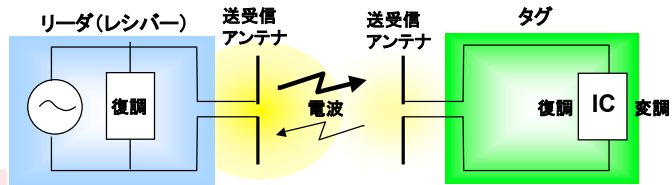


Ichiro Satoh

▶ 伝送方式: 電波(マイクロ波)

電波方式(UHF、2.45GHz)

- 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RFタグの通信はFSKまたはPSKを利用

UHF帯及び2.45GHzタグは13.56MHzタグよりタグの傾きに強い

Ichiro Satoh

▶ 周波数と特性の比較

周波数帯とその特徴

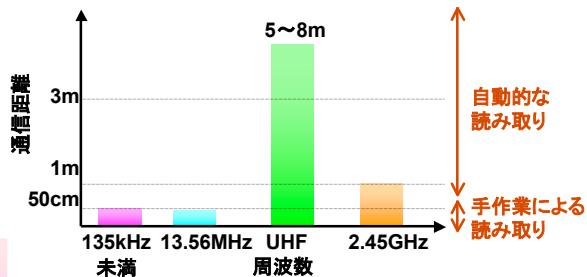
周波数	125 or 134.2kHz	13.56MHz	UHF	2.45GHz
最大通信距離	実質数センチ	実質数センチ	実質5メートル	実質1メートル
通信速度	非常に遅い(4kbps)	遅い(27kbps)	速い(20kbps??)	速い(40kbps)
副搬送波	134.2, 124.2kHz	423.75, 484.28MHz	UHF	2.45GHz
価格	高い(1ドル)	安い(数十セント)	安い(数十セント)	安い(数十セント)
方式 レシーバ/タグ/タグ-レシーバ	電磁誘導 ASK/FSK or OOK	電磁誘導 OOK/FSK	電波(マイクロ波)	電波(マイクロ波) OOK/OOK
問題	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
用途	生体、食品トレー サビリティ	(手作業による)在 庫管理	物流・在庫管理	真贋対策

注意: 特性は製品・電波出力によって大きく異なるので参考データで見ること

Ichiro Satoh

▶ 周波数と通信距離

通信距離は周波数(と出力)とタグサイズによって相違
→ アプリケーションが大きく相違する



誘導電磁波(135kHz, 13.56MHz)
放射電磁波(UHF, 2.45GHz)

距離の2乗の逆数でエネルギーが減衰
距離の逆数に比例して電波強度が減衰

Ichiro Satoh

▶ 国内におけるUHF帯-タグ

総務省のUHF- ICタグの周波数・出力規制の意味

- 出力規制により、通信距離は5m (改良が進めば7m)
 - 欧州の出力規制よりやや緩い
 - 国内における建屋の大きさを考えると妥当
 - 高出力(1W)と低出力(10mW)に分類
- 周波数が952-954MHz
 - 915MHz(米国内)のタグは認識可能
- 利用可能な周波数幅が2MHz分(米国は26MHz分)
 - 狭帯域で識別可能なリーダが必要
 - キャリアセンス+間欠通信(周波数ホッピングする先が少ない)
 - リーダ設置には工夫が必要

総務省の報告書(案)が性能・電波特性がまとまっている

http://www.soumu.go.jp/s-news/2004/pdf/041112_3a.pdf

Ichiro Satoh

読み書き可能タグ

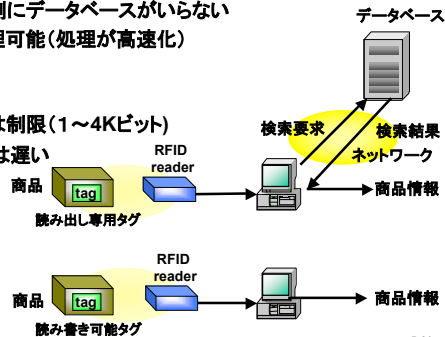
タグ内にメモリ(FeRAM等)を搭載

メリット

- 情報システム側にデータベースがいらない
- ローカルに処理可能(処理が高速化)

デメリット

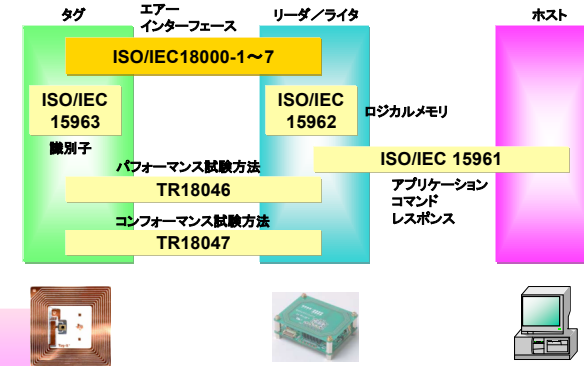
- データ容量には制限(1~4Kビット)
- 書き込み速度は遅い
- 高価格化



Ichiro Satoh

ISOの標準化

パッシブRFIDタグのISO規格



Ichiro Satoh

EPCglobalのエア-規格

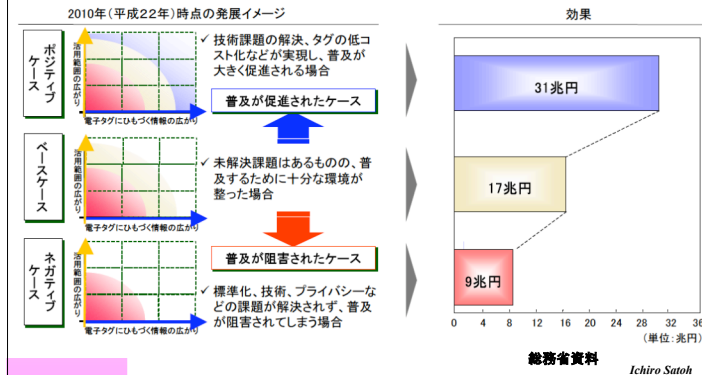
EPCGlobal

- Class 0 / Class 0+ (read-many / read+write)
 - Matrixs
 - Class 1 (write-once + read-many)
 - Alian Technologies、Intermec Technologies他
- 互換性なし、分裂が深刻化
- Class 1 Generation 2 (Class 1に加えてClass 0の読取可能)
 - 特許ロイヤリティフリー
 - 狭通信帯域に配慮(欧州・日本に電波規制を考慮)
 - 年内に標準化作業終了
 - 響きプロジェクトによるClass 1 Generation 2のサブセット提案
 - 国内報道とEPCGlobal側の見解が一致していないような...

Ichiro Satoh

ICタグと経済効果

ICタグ(RFID)は大きな市場(効果)が期待されている(本当?)



Ichiro Satoh

ICタグ市場への期待と現実

国内タグ出荷枚数の推定 (正確な出荷統計は存在しない)

1000万枚 (2003年度)、1500万枚 (2004年度)、2000万枚 (2005年度)

- 本当はもっともっと少ない?
- 実質市場規模は数十億円程度?
- 本格市場立ち上がりまでは体力勝負



業界事情

- 例: 引き合いは1000件を超えても、本格導入事例は十件未満
→ 引き合いへの対応に忙殺されて仕事にならない
- 例: 見本市の客寄せ&マスコミ用企画と割り切る
 - 他社のRFタグをこっそり貼って自社製タグのデモ・実験
 - 実は展示員が操作しているケースも...
- 例: 商品貼付用タグより、見本市で配ったノベルティ用タグの方が多
メーカーも...

Ichiro Satoh

実証実験の虚実

国内における実証実験の多くは補助金が前提

- コストに見合えば自社で投資・整備するはず
- 多くの実証実験が実験期間後は実運用に発展していない

ICタグは合理化の手段

- 成功事例もあるが、ノウハウを盗まれるのを嫌って見せがらない
 - メディアに登場している実証実験事例は?
- (国内では) 人件費の削減に繋がらないと導入効果は低い

いつまでたっても実証実験

- マスコミ受けが目的という事例も...
- 既存の実証実験事例の多くは5年前の事例と大差ない
c.f. 航空手荷物 Lufthansa (1995年)、英国航空 (1998年)...
- 国内ではリーダーシップを取る企業が不在
c.f. Walmart, 米国防省...

Ichiro Satoh

識別率

ICタグが読み(書き)の成功率

- 現行のタグの識別率は理想的な状態でも99%以下
- 実務に耐えるには99.9%または99.99%が必要
- タグとリーダの距離や傾きにより悪化、タグの枚数が多いと悪化
- 外来ノイズ、リーダ同士、タグ同士の電波干渉
- 不良タグ・タグ故障

ICタグによる商品個体管理の矛盾

- 識別ミスを検討すると高額商品には貼れない
- しかし、低額商品はタグが高くて貼れない



Ichiro Satoh

個体識別への幻想

個々の商品にICタグを貼付して、個体識別が前提

- パレット・ケース単位のICタグ貼付で十分
 - Walmartや米国防省のRFID技術導入事例は個体ではなくパレット・ケース単位識別
- 個体識別 → 日本だけ

現実:

- 識別率の制約
- タグ単価の制約
- 貼付対象の制約
- 情報システムへの負荷
- プライバシー問題
- 段ボール内のタグ認識率は90%以下
- 2次元バーコードでも個体識別は可能
- コスト負担者が不明



Ichiro Satoh

医療機器への影響

ICタグリーダ/ライターにより医療機器への影響が報告されている

- 複数種の植え込み型心臓ペースメーカー
- 複数種の植え込み型除細動器
- 複数種のリーダ/ライター(ゲート型・ハンディ型)

の組み合わせについて最悪条件で影響を調査

一部の組み合わせで医療機器への影響を確認

- ペースメーカーは鼓動が間引かれることがあった(患者への影響は軽微)
- 除細動器は不要除細動ショック(患者への影響は大)
- リーダに医療機器を機器に近づいた際に発生、離れると回復

Ichiro Satoh

医療機器への影響

UHF帯タグは携帯電話の周波数帯と同じ

- 複数種のRFリーダ製品と医療機器の組み合わせで影響を実験
- 一部のRFリーダ製品と一部医療機器の組み合わせでは影響が発生

解決策: RFIDのアンテナ部を装着部位から22cm以内に近づけない

総務省報告書による影響と解決指針(13.56MHz帯タグの場合)

	ゲートタイプ ^{※1}	ハンディータイプ ^{※1}
ペースメーカー ^{※2}	50cm	15cm
除細動器 ^{※2}	密着	1cm
対応策等	立ち止まらずに通路の中央を真っ直ぐに通過すること等により影響を最小限に抑えることができる。	22cm以上離せば影響はなくなる。

情報通信審議会情報通信技術分科会小電力無線システム委員会報告(案)(平成16年)より

携帯電話同様に医療機器への配慮が必要
例: 利用範囲を限定・利用を明示化など

Ichiro Satoh

アクティブタグ

アクティブタグ

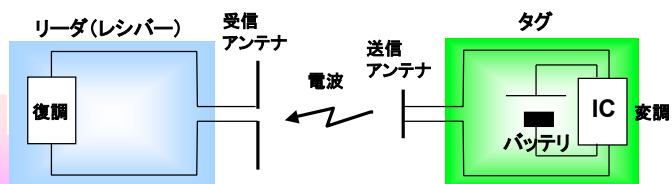
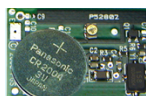
- 内蔵された電池によりRF回路を駆動

パッシブタグより識別率は高い

- 金属に添付しやすい

リーダ

- 通信距離は最大30メートル程度(国内)
- タグが発信した識別子を発見
- 数メートルの誤差で位置を読み取り可能な製品もある



参考: 1秒毎の発信の場合、電池寿命は1年程度

Ichiro Satoh

アクティブタグ例

- タグ存在(Proximity)
 - リーダ受信可能エリア内のタグを検出
半径30cm~20m程度(受信強度閾値を変えることにより変更可能)
- リアルタイム位置計測
 - 電波強度を3点測定



RF-Code Spider (300MHz)



(株)富士通ソフトウェアテクノロジー(300MHz)



Elpas (赤外線)

Ichiro Satoh

▶ アクティブタグ例

米Savi



金属貼付用アクティブタグ



開封判別タグ(e-seal)

リーダー

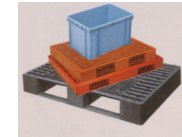


Ichiro Satoh

▶ パレット・ケース単位の物流管理

リターナブルパレットに貼るのであればアクティブタグも可能

- 単価は高くてもいい(アクティブタグは1000円程度)
- パレットの耐久性は3年程度(バッテリー持続時間も3年程度)
- アクティブタグはパッシブタグと比較して認識率は一桁高い
- タグの方向や金属の影響が小さい
- 識別範囲を制御可能(50cm~100m)
- 実装が容易(既存メーカーの多くは中小企業)



アクティブタグにセンサーを埋め込むと...

- 温度や湿度、光、モーションなどを測定・記録して、通知可能
- ワンホップのセンサーネットワークを構成

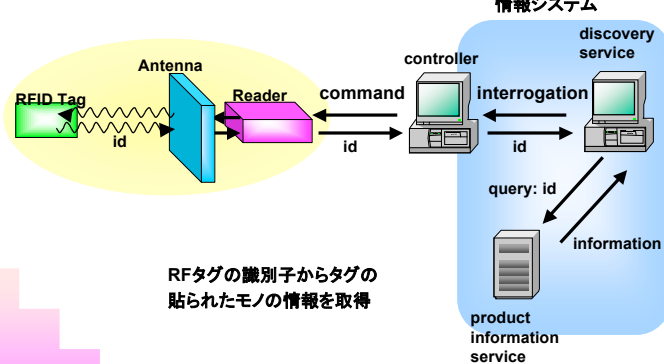


RFID付きパレット

Ichiro Satoh

▶ RFIDシステムと情報システム

システム構成



Ichiro Satoh

▶ 情報システムへの要求

RFIDシステム=大量更新を伴うデータベースシステム

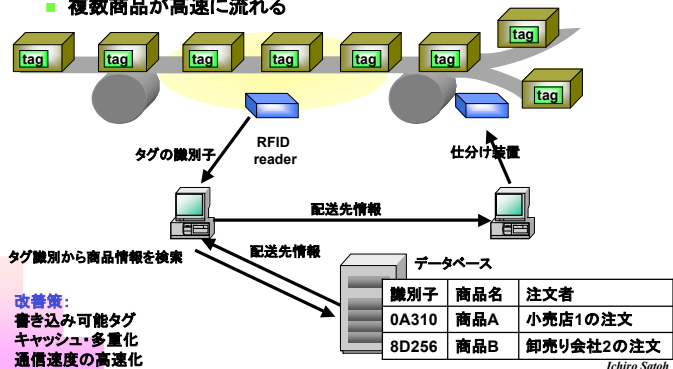
- レスポンス
ベルトコンベアで搬送される物品移動速度に耐える処理
- スケーラビリティ
多数のRFタグを認識・情報管理(c.f. バーコード)
- 相互接続性
RFタグシステムの相違、コード化の相違を吸収
- 識別エラーと多重読み込み対策
一つのタグを複数のリーダーが識別
- アクセス制御
利用者によりアクセス可能情報範囲を設定
- 故障対策
タグ単位またはシステム単位の代替処理との連携
- プライバシー対策
利便性と匿名性を両立するには？

Ichiro Satoh

レスポンス性能

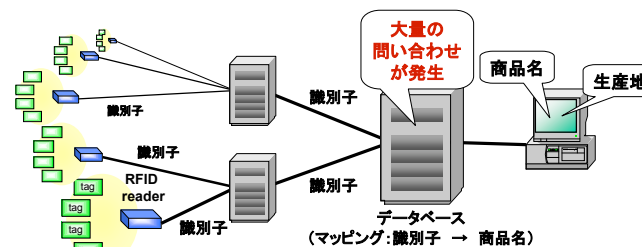
ベルトコンベアの速度に対応可能な処理速度(レスポンス性能)

- 複数商品が高速に流れる



スケラビリティ(検索処理)

大量の商品に貼られたRFタグを認識し、商品の仕分け・記録



高性能タグほどシステム負荷が大きい
UHF帯タグは認識するタグ数が多く、処理量が増加

Ichiro Satoh

スケラビリティ(検索処理)

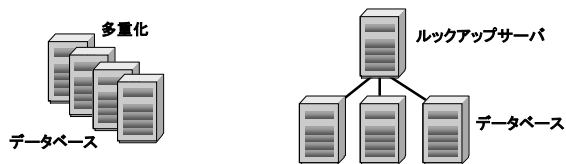
RFタグによる物流・商品管理

ボトルネック:

大量のRFタグ(識別子)から商品情報を検索

解決策

- データベースの多重化
- データベースを検索するデータベースを導入
- ネットワーク処理の高速化

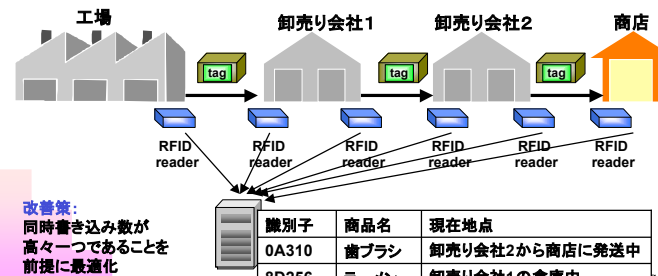


Ichiro Satoh

スケラビリティ(更新処理)

トレーサビリティ管理におけるデータベースへの要求

- 商品が流通経路・状態を記録
- 読み手は複数、同時書き込み数は一つ。ただし処理数が多い
- 読み手により参照可能な情報範囲が相違(アクセス制御)



Real-Time Locating System

次世代RFID技術: 存在認識から位置計測へ

佐藤一郎

国立情報学研究所
E-mail: ichiro@nii.ac.jp
http://research.nii.ac.jp/~ichiro

Ichiro Satoh

RTLSとは

Real-Time Locating System (RTLS)

文字通りリアルタイムに位置計測可能なシステム

用語の混乱: 位置計測、位置推定、位置捕捉、測位、...

- (自己)位置測位システム (Self-positioning devices)
e.g., GPS
- 位置捕捉システム (Infrastructure-based solution (tracking))
e.g., RFID
- 融合方式 (Hybrid solutions)
e.g., Assisted GPS

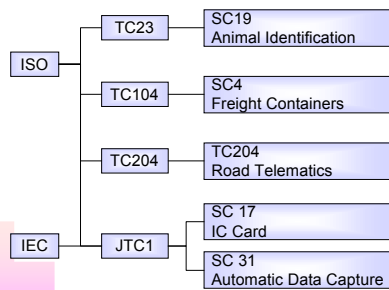
ただし、ISOではRFIDの発展技術としてとられる

担当委員会 ISO-SC31 WG4(パッシブタグ)、
WG5(アクティブタグ & RTLS)

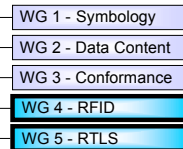
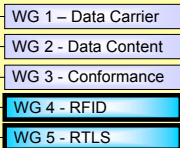
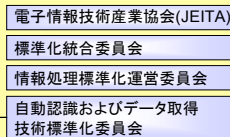
Ichiro Satoh

ISOの標準化作業

RFID関連の標準化



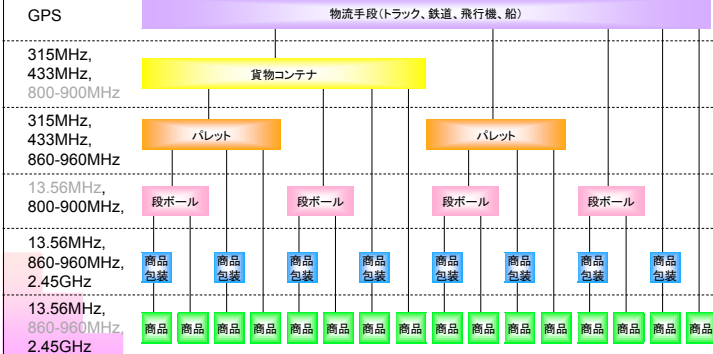
国内SC31標準化審議体制



Ichiro Satoh

SC-31 WG-4/5の標準化対象

物流形態や在庫管理の位置・識別管理



Ichiro Satoh

ISO SC31-WG5

WG5のミッション

- アクティブタグの標準化
 - 物流向けアクティブタグの電波・コード方式の標準化
 - 433MHz帯タグの導入(対総務省)
- RTLS技術の標準化
 - RTLS技術の電波方式の標準化
 - RTLSの上位APIの標準化
- Global RTLS
 - 世界規模の位置特定システム
 - 局所から世界規模までの位置計測技術の統合

Ichiro Satoh

RTLSとユビキタスコンピューティング

位置関連技術はユビキタスコンピューティングの主戦場

技術要点

- 位置計測技術&識別技術 (Location Acquisition)
- 位置依存サービス向けミドルウェア (Location-aware Framework)
- 位置依存サービスのアプリケーション (Location-based Services)

例: 国際会議UbiComp'05の場合

9セッション中の3セッションは

“Location 1”、“Location 2”、“Location 3”

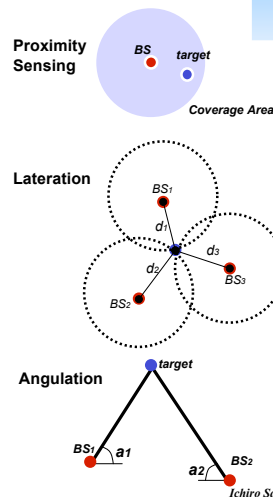
ubicomp'05

ただし、位置計測技術は商業製品が先行、学術研究は5年は遅れている実状

Ichiro Satoh

位置推定方法

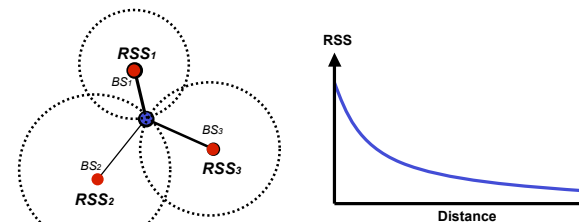
- Proximity Sensing
パイロット(ビーコン)信号の有無で存在範囲を特定
- Lateration
複数点で対象からのパイロット信号の到着時間差、信号強度差を計算して位置を特定
- Angulation
複数点で対象への方位(角度)を計測して位置を特定
- Dead Reckoning
既知の位置からの方位と距離を計算して位置を特定
- Computer Vision
画像処理で位置を推定



Ichiro Satoh

RSSI位置測定

- ビーコン発信器の電波を複数点(3点以上)の基地局で受信
- 距離による電波強度(Received Signal Strength)の減衰から各発信器と発信器の距離を算出
- RSSIはマルチパスやノイズが測定精度に影響



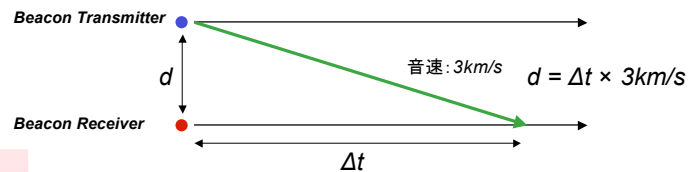
キャリブレーションは必須

Ichiro Satoh

ToA位置測定

Time of Arrival

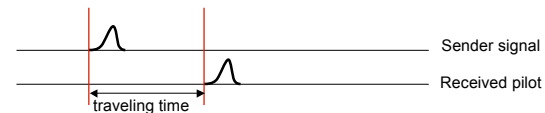
- 発信時間と到着時間の差を測定して距離を算出
- ビーコン発信器と受信機のあいだで高精度な時刻合わせが必要
- 電波または超音波を利用



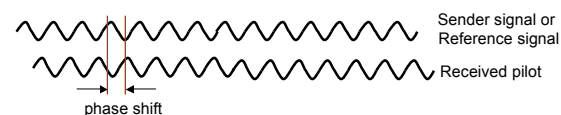
Ichiro Satoh

時間計測

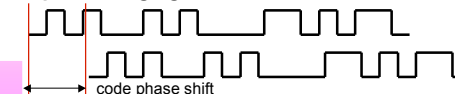
Pulse ranging



Carrier phase ranging



Code phase ranging

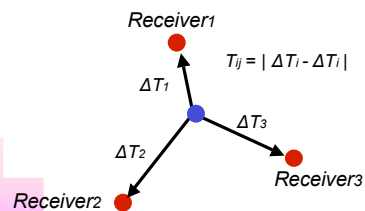


Ichiro Satoh

TDoA

Time Difference of Arrival

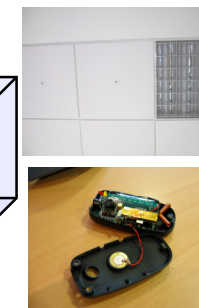
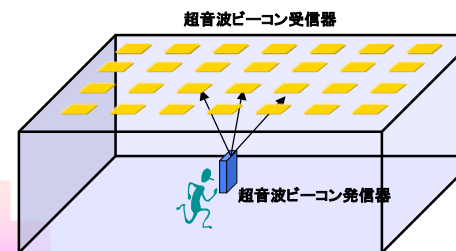
- ビーコン発信器のシグナル(電波または超音波)を複数ポイントで受信して、各箇所の到達時間差から距離を算出
- 発信器と受信機の時刻合わせは不要
- 受信機同士は高い精度の時刻合わせが必要



Ichiro Satoh

超音波ベースの位置計測システム

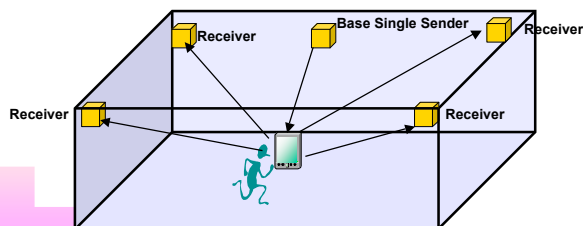
- 受信機を天井や壁などに1~2メートル間隔で設置
- ユーザやモノに添付された超音波ビーコンを発信
- 精度は5cm



Ichiro Satoh

WiFiベースの位置計測システム

- 受信機を部屋の数カ所に設置
- WiFi対応製品ならば位置捕捉可能(識別子はMACアドレス)
 - 一般のWiFi付きPCやPDAはソフト・ハード的追加は不要
- WiFiタグ(識別子は専用またはMACアドレス+アルファ)
- TDoA方式ではマルチパスや障害物の影響は少ない
- 精度は2~3メートル(ただし、外界2.45GHz電波の影響を受ける)



Ichiro Satoh

ToDA例

電波

AirLocation(日立製作所) WiFi (2.45GHz)

- 測位装置: WiFiアクセスポイント+波形受信回路
- 測位対象: 専用タグ、一般のWiFi機器
- 精度: 2~3メートル



Aeroscout(Aeroscout) WiFi (2.45GHz)

- 測位装置: FPGAベースのWiFi受信機
- 測位対象: 専用タグ、一般のWiFi機器
- 精度: 2~3メートル



Ichiro Satoh

WiFiベースの位置計測の精度

3×5メートルの実験室(TDoAシステムには狭い)
ターゲットは部屋の四隅から(1メートル, 1メートル)のタグ

- 平均による補正済みデータ



- RAWデータ



Ichiro Satoh

RFIDによる在庫管理はもういらない?

- WiFiベースの位置計測システムを利用した場合
 - 無線LAN付きバーコードスキャナーの位置とバーコードがわかる
→ **バーコードをどこでスキャンしたかがわかる**
- 追加投資はTDoA測定システムだけ
 - 20×20メートル程度で200~300万円ぐらい
 - バーコードはすでに商品に貼ってある(追加コストゼロ)
- 人件費はむしろ小さい
 - **商品がある倉庫の特定ではなく、倉庫のどこに商品があるかが重要**
- 国内ではバーコードによる商品管理がうまくいっている
 - **すでに大手スーパーでは実験を開始**
 - 倉庫の在庫管理では3メートルの精度があれば十分
 - 今日からでもはじめられる

Ichiro Satoh

▶ アクティブタグ＋バーコードスキャナー

バーコードリーダーと位置捕捉可能アクティブタグを組み合わせ

- バーコードの識別子と読み取り位置をサーバに転送
- 物品の保管位置を特定



c.f. パッシブICタグによる在庫管理
倉庫の出入り口で商品に貼付されたICタグを読み取っても、
倉庫にあることはわかって、倉庫のどこにあるかはわからない

Ichiro Satoh

▶ 2.45GHz-無線位置計測システム

物流コンテナ用の測位システム(米国防省系)

- 周波数: 2.45GHz
- 通信距離: 200メートル (野外は300メートル)
- 位置分解能: 3メートル (ビーコン到着時間差より3点測量)
- ビーコン間隔: 5秒～1時間
- バッテリー持続時間: 7年 (ビーコン間隔:1時間)



米WhereNet

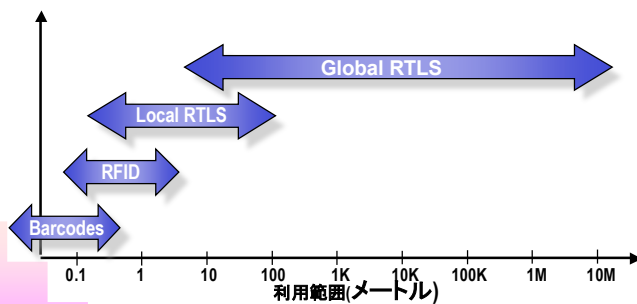


ビーコン発信器

Ichiro Satoh

▶ Global Real Time Locating System (Global RTLS)

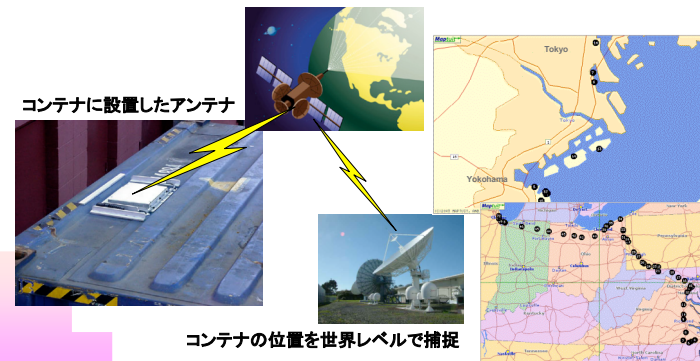
- 世界規模の位置特定システムとシームレスに統合
- 米国防省による軍用資材管理システム?



Ichiro Satoh

▶ Global RTLS例

GPSで捕捉した位置情報を衛星通信で定期的に通知



ISO SC31-WG5

WG5のミッション

- アクティブタグの標準化
 - 物流向けアクティブタグの電波・コードの標準化
 - 433MHz帯タグの導入(対総務省)
- RTLS技術の標準化
 - RTLS技術の電波方式
 - RTLSの上位API
- Global RTLS
 - 世界規模の位置特定システム

Ichiro Satoh

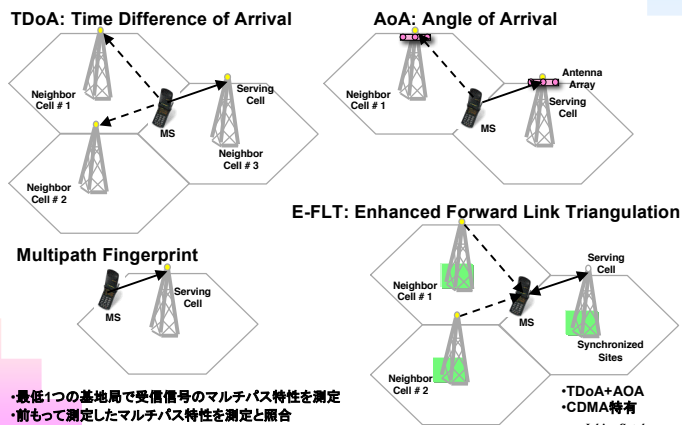
E-911サービス

総務省は無線LANベースのIP電話を含む携帯電話は、110番や119番通報時に通報者の位置(半径15m)がわかることを求めている。
110番や119番通報の半分以上は携帯電話

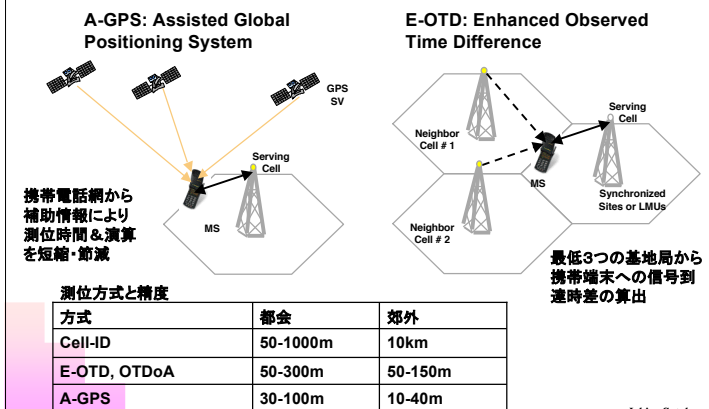
位置依存サービスはオプションではなく義務になりつつある

Ichiro Satoh

携帯電話の測位



携帯電話の測位



RFIDとRTLSを支える ソフトウェア技術

佐藤一郎

国立情報学研究所
E-mail: ichiro@nii.ac.jp
<http://research.nii.ac.jp/~ichiro>

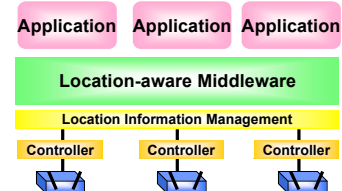
Ichiro Satoh

位置依存サービス

物理世界の位置に応じてサービスの提供方法・内容を適応

位置依存サービスに必要なソフトウェア

- 各種センサーから位置情報を取得
- 位置情報のノイズ除去・誤差補正・変換・フュージョン
- 位置情報の管理・イベント管理するミドルウェア
- サービスを実現するアプリケーションソフトウェア



Ichiro Satoh

位置センサーの多様性

位置センサーは種別・製品毎に制御方法、出力データが相違

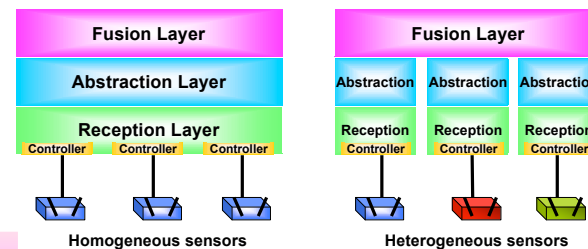
- **Positioning vs. Tracking**
センサー自体の位置または他の物体の位置を測位
- **Synchronous vs. Asynchronous dissemination**
センサーは計測情報を自律的に通知または問い合わせがあると返答
- **Discrete update vs. Continuous change**
常時または定期、変化時のみ通知
- **Stateful vs. Stateless**
センサーが計測値を保持またはオンデマンドで計測
- **Absolute vs. Relative**
位置は絶対位置または相対位置
- **Homogeneous vs. Heterogeneous sensors**
センサーの種類・製品は同一または相違

Ichiro Satoh

センサー管理機構

センサーは種別・製品毎に制御方法、出力データが相違

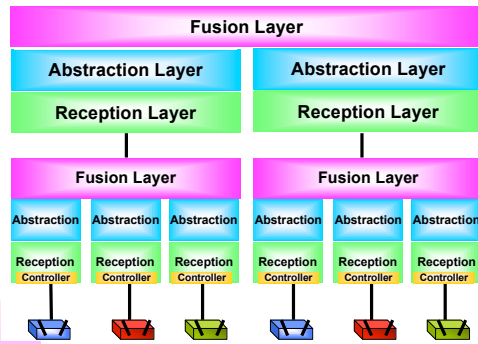
Acquisition Stack



Ichiro Satoh

▶ センサー管理機構

Hierarchical Acquisition Stack

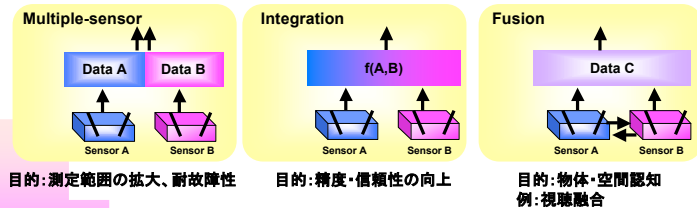


Ichiro Satoh

▶ センサーフュージョン

90年代に計測工学分野で流行
 センサーフュージョン (Sensor Fusion) とは
 複数の (相違な) センサーによる情報を統合することにより、(単一センサーでは測定できない) 高い信頼性・新たな情報を獲得
 例: 人間は5感を組み合わせて、外界や自己を認識

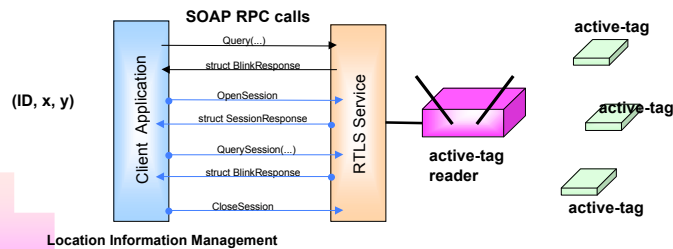
主要なセンサーフュージョン手法



Heterogeneous sensor Ichiro Satoh

▶ 位置計測システムの上位APIの標準化

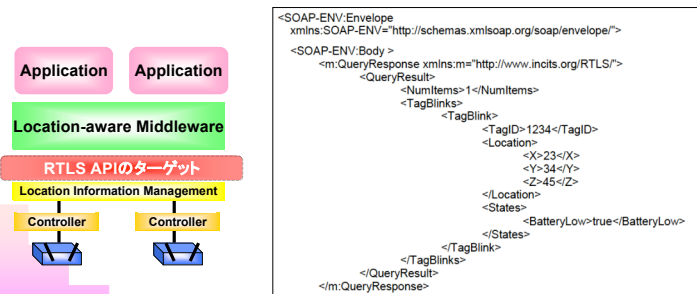
- Real-Time Locating System API (ISO SC31-WG5)
- SOAP 1.2による問い合わせ言語の標準化(最終段階)
 - Webサービスから呼び出し可能



Ichiro Satoh

▶ 位置計測システムの上位APIの標準化

- SOAPによる記述
- 各種RTLSセンサーの統一的取り扱い(自由度は高い)
 - Proximity, XY-coordination, etc.



Ichiro Satoh

世界モデルの必要性

- 位置計測するセンサーは多様、またその制御・監視は難しい
- 位置依存サービスは多様、サービスにより必要とする位置情報は相違
 - センサーの相違を吸収して、サービスに要求に対応
- コンピュータ上のサービスは物理世界を直接扱えない
 - 物理世界をコンピュータ上の仮想世界で再現する必要がある

仮想世界上に現実世界に対応する世界モデルを構築・維持

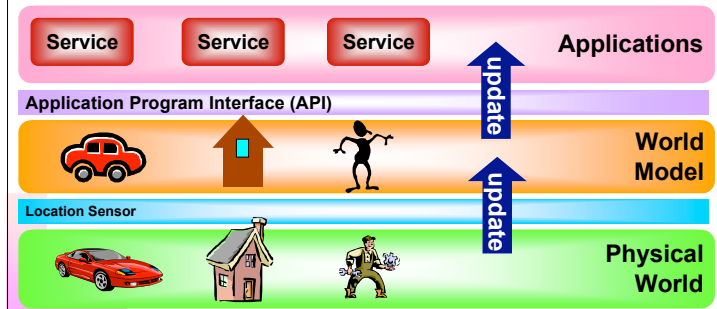
世界モデルの作り方がキーポイント

Ichiro Satoh

世界モデルの導入

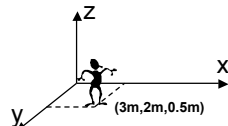
位置依存サービス向けミドルウェアへの要求

- 現実世界の状況を世界モデルに反映する機構
- 世界モデルの状況をアプリケーションに伝える機構

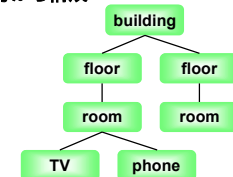


既存の世界モデル

- (数值的)位相空間モデル
 - 緯度経度や相対座標により対象の位置を表す
 - 地図上のナビゲーション
- 記号空間モデル
 - 建物や部屋などに対応する記号から構成
 - それ以外のアプリケーション



- 位相空間モデル
 - 数値的位置情報(緯度経度、xyz座標)
 - 地図を利用したアプリケーション



- 記号空間モデル
 - 位置の名前集合や含有関係
 - 室内サービス向け位置・ユーザ依存サービス

Ichiro Satoh

記号空間モデルの構成

- 要素 (Elements)
 - 場所 (Places)
 - 実体 (Objects)
- 関係 (Relationships)
 - 距離 (Distance)
 - 含有・重なり... (Containment, Overlap,...)
- 属性 (Attributes)
 - 精度 (Errors, Resolution)
 - 方向 (Orientation)
 - 永続性・移動性 (Persistence, Mobility)

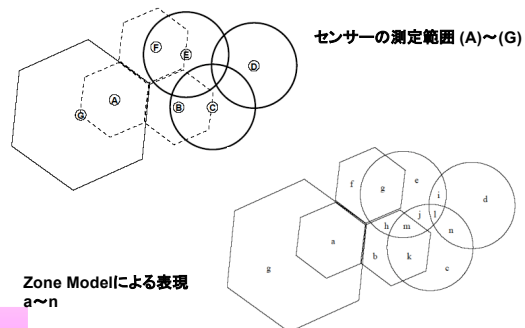


Ichiro Satoh

世界モデル例: Zone Model

Zone Model (Ulf Leonhardt, 1998)

オーバーラップするセンサー測定範囲を分割

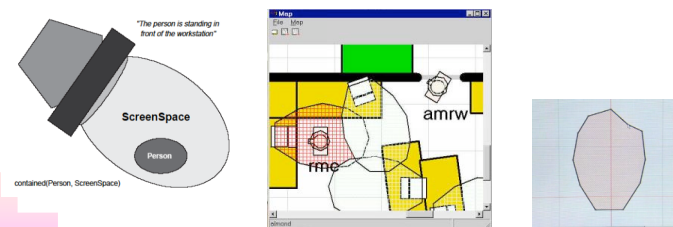


Ichiro Satoh

世界モデル例: Sentient Computing

Sentient Computing (AT&T and Cambridge Univ., 1999)

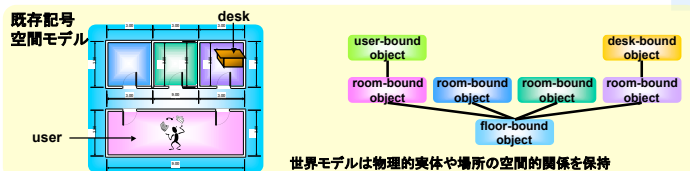
超音波位置計測システム(Active Bat、精度:5cm)を利用して、位相空間上に記号空間を明示的に定義



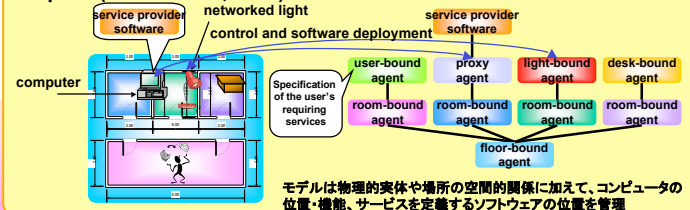
Ichiro Satoh

世界モデル例:M-Space

既存記号
空間モデル



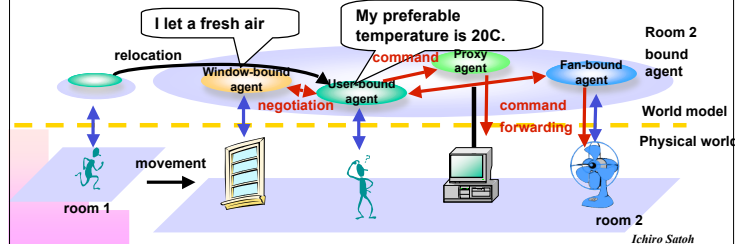
M-Space (Ichiro Satoh, 2004)



世界モデル例: M-Space

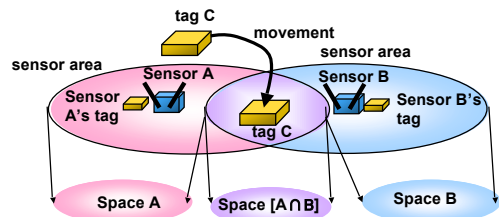
M-Space (Ichiro Satoh, 2004)

- 物理世界の空間的構成に応じて能動的プログラム(エージェント)を再配置
- 世界モデルによるサービス発見・実現
 - エージェント同士が通信
 - エージェントは対象に対するアノテーション
 - エージェントはコンピュータや機器のプロキシ



世界モデル例:M-Space

- 自己記述 (位置センサーの位置・含有関係を認識)
 - 動的にセンサーを追加可能
- 世界モデルを維持するコンピュータもネットワーク・物理位置を管理
 - 分散管理可能



例: アクティブタグセンサーAとBは同時に同一のタグを認識すると、領域がオーバーラップしていることを検知 (A ∩ B)

Ichiro Satoh

世界モデルの実装

- 既存データベースシステムを利用 vs. 独自データ構造
 - 関係データベース vs. オブジェクト指向データベース

データベース研究では

- Spatial database
 - 様々な空間・実体の位置・形状を保持
 - 空間的含有関係やオーバーラップに関する問い合わせ
- Moving object database
 - 移動物体の経路
 - 移動物体の経路・到着時間の問い合わせ

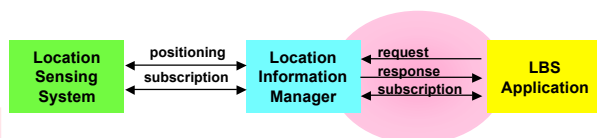
ただし、既存の空間データベースはユビキタスコンピューティングや実際の位置センサーとのミスマッチも大きい

Ichiro Satoh

位置依存サービスのアーキテクチャ

位置依存サービスに必要なソフトウェア

- 各種センサーから位置情報を取得
- 位置情報の管理・イベント管理するミドルウェア
- サービスを実現するアプリケーションソフトウェアに必要な技術
 - 位置情報をアプリケーションに通知
 - アプリケーションに位置に関する問い合わせ



携帯電話を中心とした標準化
GISの相互接続向け標準化

Ichiro Satoh

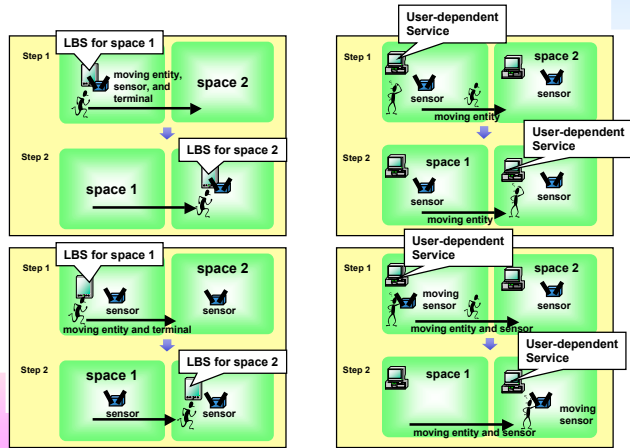
位置依存サービスのアーキテクチャ

位置依存サービスのアーキテクチャは多様

- 計測対象
 - Portable terminals vs. Physical objects or places
- 計測システム
 - Portable terminals vs. Stationary sensors
- サービスの提供場所・方法
 - Portable terminals vs. Stationary terminals
- 位置情報管理
 - Portable terminals vs. Back-end servers

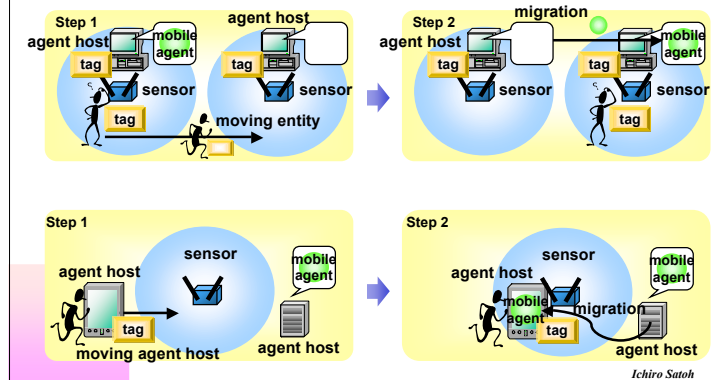
Ichiro Satoh

位置依存サービスの提供



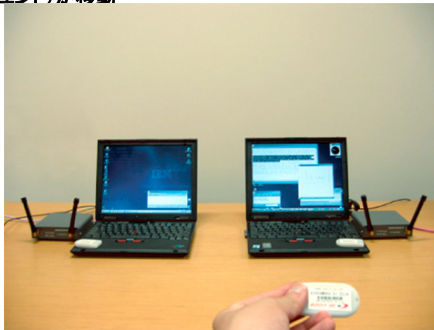
SpatialAgent

SpatialAgent (Ichiro Satoh, 2003)



Follow-Me Desktop Applications

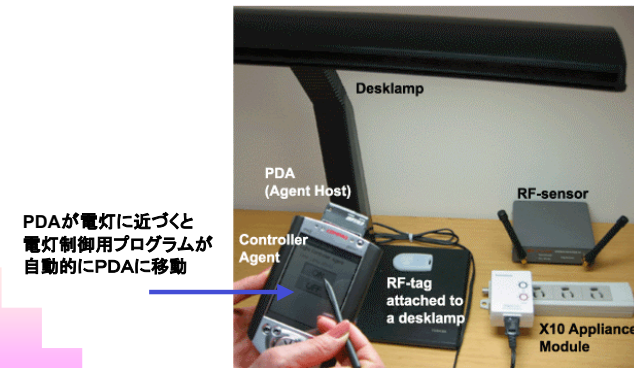
ユーザの近傍のコンピュータにデスクトップアプリケーション(モバイルエージェント)が移動



Ichiro Satoh

Location-Aware Universal Controller for Appliances

モノや人、場所に貼られたタグとソフトウェア(エージェント)をリンク



位置依存サービスの実現

据置き型端末による位置依存サービスの実現

- ユーザと現在位置に応じて、必要なサービスの選択、サービスを実行する端末の選択が必要
 - 端末により提供可能なサービスは制限
- ユーザだけでなく端末と提供可能なサービスを管理する必要がある

既存の手法

- 遠隔デスクトップ技術を利用して、サーバ側で実行されるソフトウェアのGUIをユーザの近くの端末に転送・操作
- 移動ソフトウェア技術を利用して、ソフトウェアをユーザの近くに端末に移動・実行

Ichiro Satoh

Location Server Implementations

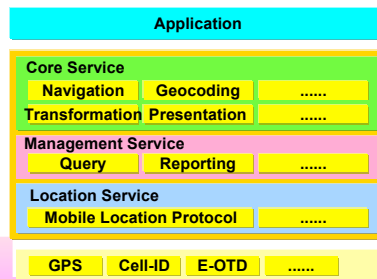
- AGPS(gpsOne)向けLBSミドルウェア
 - QUALCOMM: QPoint Solution
 - SnapTrack: SnapSmart
- 通信事業者向けの位置情報サービス
 - Hewlett: Packard OpenCall MLS
 - Autodesk: LocationLogic
 - Nokia: mPosition
 - Ericsson: Mobile Positioning System
 - Openwave: Location Services Platform
 - TCS: Xypoint Platform
 - TruePosition: Managed Location Services (MLS)
- 資産・従業員の位置管理
 - Oracle: Location-Based Services
 - Microsoft: MapPoint Location Server (MLS)

Ichiro Satoh

携帯電話のミドルウェア

GSM系携帯電話のLBSミドルウェアは標準化が進んでいる

- 複数オペレータを超えたLBSの提供
- E911対策の緊急電話

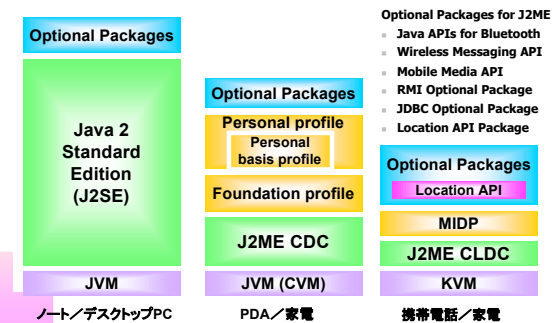


Ichiro Satoh

Location API for J2ME

Java 2 Micro Edition (携帯電話)向け位置情報用API

- J2MEのOptional Packageとして利用
- JSR-179 Committeeで標準化作業(Nokiaなど)



Ichiro Satoh

Location API for J2ME

Java 2 Micro Edition (携帯電話) 向け位置情報用API

Location APIが対応する機能

- 位置情報の取得機能
位置情報の取得、定期的な位置情報の更新
- 指定位置への接近検知機能
あらかじめ指定した位置に接近したときに通知
- ランドマークストアの情報取得と編集機能
既知の場所(ランドマーク)の登録・編集
- 端末方位の取得機能
端末の水平方向の方位角、水平面からの傾き・回転角

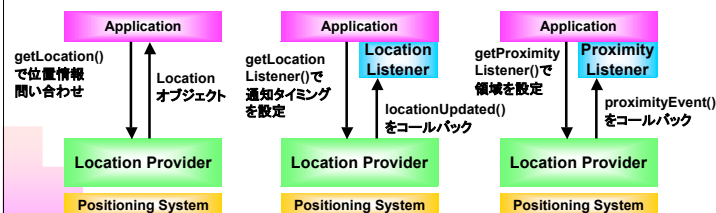
端末によって提供する機能は相違

Ichiro Satoh

Location API for J2ME

LocationProviderクラスのgetLocation()を通じて、各種位置情報を保持・設定するLocationクラスのインスタンスを生成

- アプリケーションから位置情報を問い合わせ
- アプリケーションが指定したタイミングで位置情報を通知
- アプリケーションが指定した領域にはいると通知

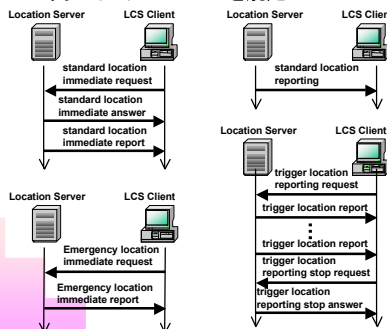


Ichiro Satoh

OMA Mobile Location Protocol

Open Mobile Alliance (MA) Mobile Location Protocol (MLP)

- Location Server (LCS)とLoCation Service Client (LCS Client)間のインターフェースを規定



- 伝送プロトコルは限定しない
- メッセージはXML表記
- LCS Clientは限定しない
固定コンピュータでも携帯伝でもよい

Ichiro Satoh

まとめ

- パッシブRFID技術は可能性も大きい、幻想も大きい
識別率、個体識別、UHF、タグ単価へは期待過多
- アクティブRFIDは現状では現実的
- TDoA技術によりWiFiベースでも2~3メートルの精度で位置計測可能
- 位置依存サービスの実現
 - センサーの制御・統合、世界モデル、API
- ユビキタスコンピューティングにおいて物体識別・位置計測は必須

Ichiro Satoh

論文

2003年以降の主要論文誌掲載論文

- Ichiro Satoh, "Location-based Services in Ubiquitous Computing Environments", to appear in International Journal of Digital Libraries, Springer, (2005)
- Tatsuo Nakajima and Ichiro Satoh: "A Software Infrastructure for Supporting Spontaneous and Personalized Interaction in Home Computing Environments", to appear in Journal of Persona and Ubiquitous Computing (PUC), Springer, (2005)
- Ichiro Satoh: "A Spatial Model for Ubiquitous Computing Services", IEICE Transactions on Communications, vol.E88-B, no.3, pp.134-144, March (2005)
- Ichiro Satoh: "Mobile Applications in Ubiquitous Computing Environments", IEICE Transactions on Communications, vol.E88-B, no.3, pp.239-248, March (2005)
- 佐藤一郎: "MobiDoc: ネットワークを考慮した複合ドキュメントフレームワーク", 情報処理学会論文誌, vol.46, No. 2, pp.556-569, February (2005)
- 佐藤一郎: "スマートスペースのプログラミングモデル", 情報処理学会論文誌, vol.45, No. 12, pp.2655-2665, December (2004)
- Ichiro Satoh: "Software Testing for Wireless Mobile Computing", IEEE Wireless Communications, vol. 11, no. 5, IEEE Communication Society, pp.58-64, October (2004)
- Ichiro Satoh: "A Component Framework for Document-centric Networking", IEICE Transactions on Communication, vol.E87-B, no.7, pp.1826-1833, July (2004)
- Ichiro Satoh: "Configurable Network Processing for Mobile Agents on the Internet", Cluster Computing (The Journal of Networks, Software Tools and Applications), vol. 7, no.1, pp.73-83, Kluwer, January (2004)
- Ichiro Satoh: "A Testing Framework for Mobile Computing Software", IEEE Transactions on Software Engineering, vol.29, no.12, pp.1112-1121, December (2003)

Ichiro Satoh

論文

2003年以降の主要論文誌掲載論文(続き)

- Ichiro Satoh: "Building Reusable Mobile Agents for Network Management", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, vol.33, no. 3, part-C, pp.350-357, August (2003)
- Ichiro Satoh: "MobileSpaces: An Extensible Mobile Agent System", IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, vol.E86-A, no.11, pp.2782-2790, November (2003)
- Ichiro Satoh: "Itinerant Agents for Network Management", IEICE Transactions on Communication, vol.E86-B, no.10, pp.2865-2873, October (2003)
- 佐藤一郎: "Bridging Physical and Virtual Worlds with Mobile Agents", 情報処理学会論文誌, vol.44, No. 8, pp. 2218-2229, August (2003)
- Ichiro Satoh: "SpatialAgents: Integrating User Mobility and Program Mobility in Ubiquitous Computing Environments", Wireless Communications and Mobile Computing, vol.3, no.4, pp.411-423, John Wiley, June (2003)
- 上野乃毅, 中島達夫, 佐藤一郎, 副島康太: "Webプロトコルを用いたホームコンピューティングミドルウェアの統合", 情報処理学会論文誌: コンピューティングシステム, vol.44, no.SIG 10(ACS 2), pp.177-186, July, (2003)
- 佐藤一郎: "モバイルエージェントの経路記述と選択機構", 情報処理学会論文誌, vol.44, no.6, pp.1473-1482, June (2003)
- Ichiro Satoh: "Network Protocols for Mobile Agents by Mobile Agents", 情報処理学会論文誌, vol.44, no.3, pp.760-770, March (2003)
- 梅澤猛, 佐藤一郎, 安西祐一郎: "モバイルエージェントを用いたセンサネットワーク向けフレームワーク", 情報処理学会論文誌, vol.44, no.3, pp.779-788, March, (2003)

Ichiro Satoh

論文

査読付き国際会議発表論文(一部)

- Ichiro Satoh: "A Location Model for Pervasive Computing Environments", to appear in Proceedings of IEEE 3rd International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom'05), IEEE Computer Society, March (2005)
- Ichiro Satoh: "A Mobile Agent-based Framework for Location-Based Services", to appear in Proceedings of IEEE International Conference on Communications (ICC'2004), IEEE Communication Society, June (2004)
- Ichiro Satoh: "Selection of Mobile Agents", Proceedings of 24th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS'2004), pp.484-493, IEEE Computer Society, March (2004)
- Ichiro Satoh: "Dynamic Federation of Partitioned Applications in Ubiquitous Computing Environments", Proceedings of 2nd International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom'2004), pp.356-360, IEEE Computer Society, March (2004)
- Ichiro Satoh: "Linking Physical Worlds to Logical Worlds with Mobile Agents", Proceedings of IEEE International Conference on Mobile Data Management (MDM'2004), pp. 332-343, IEEE Computer Society, January (2004)
- Ichiro Satoh: "Location-based Services in Ubiquitous Computing Environments", Proceedings of International Conference on Service Oriented Computing (ICSOC'2003), Lecture Notes in Computer Science (LNCS), vol. 2910, pp.527-542, Springer, December (2003)
- Ichiro Satoh: "Testing Mobile Wireless Applications", Proceedings of 8th International Conference on Personal Wireless Communications (PWC'2003), Lecture Notes in Computer Science (LNCS), vol.2775, pp.75-89, Springer, September (2003)

Ichiro Satoh

Passive RFIDの標準化動向



佐藤一郎

国立情報学研究所

E-mail: ichiro@nii.ac.jp

Ichiro Satoh

RFIDの標準化(ISO18000)

- 電波的特性に関する標準化(ISO-SC31 WG4)
 - ISO18000-1(規格化パラメータ)
 - ISO18000-2(135kHz未満)
 - ISO18000-3(13.56MHz)
 - ISO18000-4(2.45GHz)
 - ISO18000-5(5.8GHz)→休止状態
 - ISO18000-6(860—930MHz)
 - ISO18000-7(433.92MHz)
 - ISO15961/15962(データシンタックス)
- 2004年中にはほとんどの規格が確定する

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(ISO18000-3)

- ISO18000-3(13.56MHz以下)
- モード1:ISO15693(I-CODE)方式
 - リーダ→タグ
 - 周波数:13.56MHz、通信速度:26.5kbps
 - タグ→リーダ
 - 周波数:423.75と484.28kHz、通信速度:26.5kbps
 - モード2:Magellan方式
 - リーダ→タグ
 - 周波数:13.56MHz、通信速度:42.4Kbps
 - タグ→リーダ
 - 周波数:969, 1233, 1507, 1808, 2086, 2465, 2712, 3013kHz
 - 通信速度:106kbps(1チャンネル)

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)
 - リーダー→タグ
 - 周波数:2.45GHz、通信速度:20-40kbps
 - タグ→リーダー
 - 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)
 - リーダー→タグ
 - 周波数: 13.56MHz、通信速度: 384kbps
 - タグ→リーダー
 - 周波数: ?
 - 通信速度: 384kbp

Ichiro Satoh

RFIDの標準化(ISO18000-6)

ISO18000-6 (UHF)

- Type A
 - Tagsys, TI他
- Type B
 - Intermec、Philips

Type AとType Bの違いはアンチコリジョン技術の相違

ただし、EPCglobalのUHFエア―標準化案を追認

Ichiro Satoh

EPCglobalのエア―規格

EPCGlobal

- Class 0 / Class 0+ (read-many / read+write) Matrics
 - Class 1 (write-once + read-many) Alian Technologies、Intermec Technologies他
- } 互換性なし、分裂が深刻化
- Class 1 Generation 2 (Class 1に加えてClass 0の読取可能)
 - 特許ロイヤリティフリー
 - 狭通信帯域に配慮(欧州・日本に電波規制を考慮)
 - 年内に標準化作業終了

Ichiro Satoh

コード化

コード

モノに割り当てられる識別子の体系

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