

マルチホップ伝送機能を有するローカル位置情報システム

工藤 栄亮 内田 大誠 渋谷 昭範 小川 智明
中津川 征士 須田 博人 久保田 周治

近年、モバイルコンピューティングの発展に伴い位置情報を利用したサービスが注目されている。このような位置情報サービスを提供するためには位置検出が不可欠であるが、既存システムでは必ずしも高精度な位置検出が行われるわけではない。高精度な位置情報を提供しうるシステムとしてNTTではこれまでに小型送信機を多数配備する位置情報システムを提案してきた。

本稿では、まず、位置情報を利用したサービス例を示し、位置情報システムに対する要求機能について述べる。次に、それらの要求機能に適合するシステム構成法について述べ、技術的課題についても言及する。さらに、これらの検討に基づき我々が実際に製作した試作機の概要について述べる。

Local positioning and information system with multi-hop transmission function

Eisuke KUDOH, Daisei UCHIDA, Akinori SHIBUYA, Tomoaki OGAWA,
Masashi NAKATSUGAWA, Hirohito SUDA and Shuji KUBOTA

Recently, geographic information services become attractive with developing of mobile computing. It is necessary for these services to provide high accurate detection of positioning. However, existing system is insufficient for these requirements. We have proposed the high accurate positioning information system which was realized by small transmitters.

At first, we show some examples of geographic information service and required functions. Then we present the system architecture which satisfies above requirements and technical subjects. We have manufactured prototype, so the outline of this prototype is expressed.

1. まえがき

近年、移動通信が爆発的に普及してきている。これまでは音声通信が中心であったが、今後はデータ通信の発展が予想され、“いつでも”、“どこでも”使える通信サービスが期待されている。そして、“どこでも”という要素はユーザの位置に関連した情報の利用へ展開されていくものであり、さまざまなコンテンツ、サービスの宝庫として注目されている。いわゆるユービキタスコンピューティングという概念もこの流れの一環と言えるであろう。

一方、位置情報を取得するためには、その前提として位置を正確に検出することが必要となる。衛星を利用した位置検出システムであるGPSは、カーナビゲーション

NTT 未来ねっと研究所 ワイヤレスシステムイノベーション研究部
NTT Network Innovation Laboratories
Wireless Systems Innovation Laboratory

ションばかりでなく、装置の小型化により歩行者ナビゲーションへと発展してきている。また、PHSを利用した位置検出サービスも普及しつつある。しかしながら、GPSを利用したシステムでは衛星を見通せないエリアで利用できず[2]、PHSを利用したシステムでは基地局間距離程度の精度しか得られない[3]。

したがって、将来の位置情報サービスの発展を考えた場合、既存システム以上の高精度な位置情報を提供しうるシステムを構築することが重要な課題となっている。このような要求にかなったシステムとしてNTTではこれまでに小型送信機を多数配備する位置情報システムを提案してきた[1]。

本稿では、まず、位置情報を利用したサービス例を示し、これらに対する要求機能について述べる。次に、それらの要求機能に適合するシステム構成法について述べ、技術的課題についても言及する。さらに、これらの検討に基づき我々が実際に製作した試作機の概要について述べる。

2. 位置情報サービス

表1に提案システムを利用したサービスの適用エリア例を示す。ここにあげたものは一例にすぎないが、屋内・屋外ともに需要は存在すると考えられる。図1に展示会場におけるサービス例を示す。博物館、美術館、展示会場では各展示物に対するガイダンスの提供ばかりでなく、見学者の目的・要望に応じた見学コース設定・誘導も考えられる。見学者の利用のみならず、管理者においても迷子検索や、見学者の分布状況把握等の利用が考えられる。図2にデパート・スーパーマーケットでのサービス例を示す。デパート・スーパーマーケットでは単なる購入目的物の売り場案内ばかりでなく、目的物を明示できない場合の購入支援(ex.料理メニューに対応する素材の購入支援)や、特売情報の取得等も考えられる。これらのサービスを実現するためには以下の機能が必要となる。

- ①ユーザが自己の位置を高精度に検出できること
- ②管理者がユーザ位置を把握可能であること
- ③ユーザが管理者に各種情報を要求可能であること
- ④管理者がユーザに各種情報を発信可能であること
- ⑤情報の保守・更新が容易であること

表1 ローカル位置情報サービスの適用エリア

屋内	博物館 美術館 展示会場 デパート、スーパーマーケット 空港 旅館 オフィス
屋外	テーマパーク スキー場 ゴルフ場

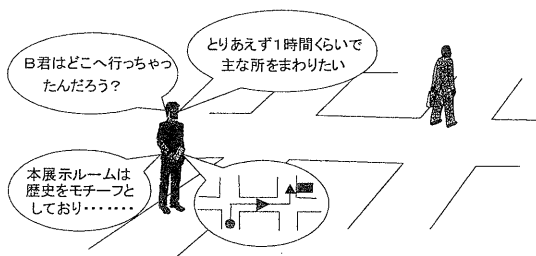


図1 展示会場におけるサービス例

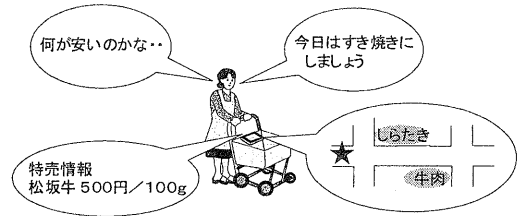


図2 デパート・スーパーマーケットにおけるサービス例

3. システム構成

前節のようなサービスを提供するためには、高精度な位置情報取得が必要となるが、前述のように既存のシステムの利用では、このような要求をみたすことは困難である。ローカルエリアで高精度な位置情報を得るためには小型送信機(マーカ)を多数配置し、マーカからの受信信号から位置を検出する方法が有効と考えられる。図3に本システムの位置付けを示す。[5]

図4に簡易マーカによるシステム構成を示す。マーカは送信機だけの機能を有し、受信機としての機能はない。ユーザはマーカから送信される信号を受信し、その受信レベルから自己の位置を推定する。

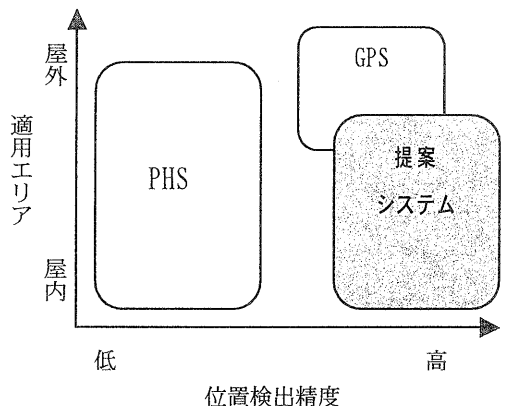


図3 本システムの位置付け

ユーザ端末はマーカに対する受信機と公衆端末のデュアルモード機能を搭載することにより、公衆基地局への接続が可能となる。このように公衆基地局へ接続できれば、公衆網を介して位置情報サーバにおいてもユーザの位置を把握することが可能となる。ユーザ端末も位置情報サーバから位置に関連した情報を得ることができるので、上記①～④の条件を満たすことができる。

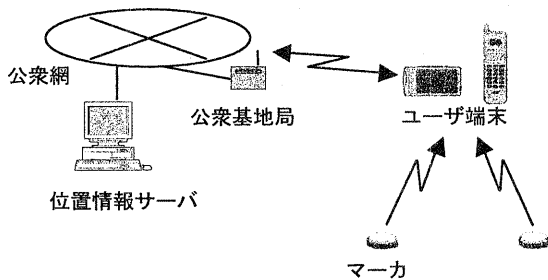


図4 簡易マーカによるシステム構成

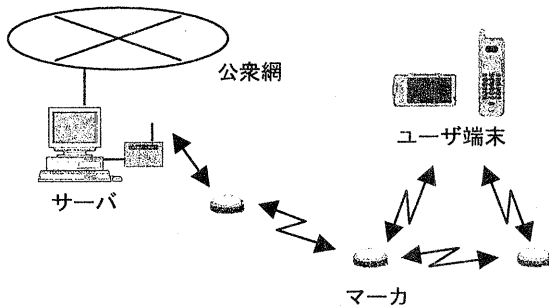


図5 高機能マーカによるシステム構成

図5に高機能マーカによるシステム構成を示す。本構成では、マーカには送受信機能が具備され、サーバにも無線機能が具備される。マーカを介してユーザ端末とサーバが接続されるので、ユーザ端末を直接公衆基地局に接続させずとも、上記条件の①～④を満たすことができる。また、サーバで位置情報を一元的に

管理することが可能であり、⑤の点でも優れる。ただし、本構成ではマーカには受信機能も配備されるので、マーカの消費電力の点で簡易マーカによるシステムに劣る。

本構成において、マーカ間通信等の無線インタフェースを PHS 自営モードに準拠させれば、公衆サービスとの親和性を持たせることが可能である。この場合、サーバは PHS 基地局、マーカはホームアンテナ、ユーザ端末は PHS 端末に相当する機能を有すればよい。マーカ間はマルチホップネットワークを構成し、各ユーザ端末はマーカ間通信を経てサーバに接続され、サーバは公衆ネットワークに接続されることになる。

さらに、ユーザ端末を公衆 PHS 端末と共用させれば、高精度な位置情報が要求されるエリアでは本システムを適用し、本システムのエリア外では既存の PHS 位置情報サービスを提供することによりシームレスなサービス提供が可能となる。また、PHS 基地局の電波が直接到達しないエリアにおいても、本システムを適用すれば公衆網へユーザ端末を接続させることが可能となるので、本システムと既存システムとは相互に補完的な役割を担いうる。

4. 技術課題

以下の3つの観点から技術課題について述べる。

- ・ ネットワーク構成法
- ・ 装置構成法
- ・ 高精度位置検出法

4.1 ネットワーク構成法

簡易マーカシステムの場合、マーカは送信機能のみを有する。マーカは他マーカからの信号を受信する機能を有しないので、マーカ間の同期を確立することができず、キャリアセンスも行えない。したがって、各マーカはユーザ端末に対し非同期にランダムアクセスすることになるが、衝突確率をなるべく小さくするためには、送信電力を抑え干渉の影響を抑制する必要がある、適切な回線設計をどのように行うかが課題となる。

高機能マーカによるシステムでは、マーカが中継機能を有し、サーバを最上位親局としたツリー型無線ネットワークを構築する必要がある。図6に高機能マーカシステムにおけるネットワーク構成を示す。保守の容易性を考えた場合、各マーカは自律的にネットワー

クを構築できることが望ましいので、いわゆる無線アドホックネットワークの構築法が課題となる。自律的に無線アドホックネットワークを構築するためには、各マーカ間通信における主従関係を決定しなければならない。無線インタフェースとして PHS の自営モードを想定した場合に、PHS での基地局選択方式をそのまま採用すると、最も受信レベルの高いマーカを親局に選択するので、最近接のマーカを親局に選択する確率が高くなる。したがって、ホップ数が増大するネットワークが構築されることになるので、これを回避する技術が必要となる[4]。

図7に無線インタフェースとしてPHSを適用した場合の高機能マーカシステムにおけるプロトコルスタックを示す。マーカは中継機能のみを有する。位置検出は、ユーザ端末においてマーカのCS-IDを受信することにより検出可能となる。地図等の各種データはPIAFSにより伝送可能である。

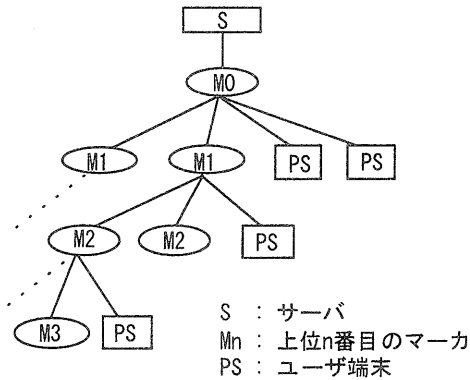


図6 ネットワーク構成

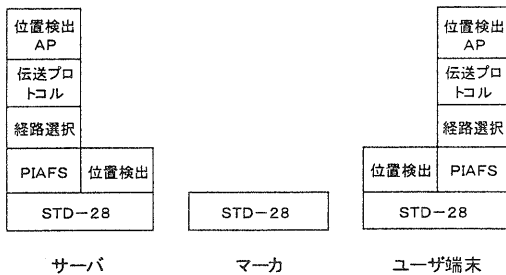


図7 プロトコルスタックの例

4.2 装置構成法

マーカはできるだけメンテナンスフリーとすることが望ましい。メンテナンスフリーを実現するために最も課題となるのは電源である。太陽光の照射を受けうる場所では太陽電池・2次電池を採用し外部電源を不要とする構成が有効である。また、電源の供給方法のみならず、いかにバッテリーセービングを行うかも重要であり、位置情報精度と間欠送信間隔の関係も明確化する必要がある。

一方、ユーザ端末については、簡易マーカシステムの場合には公衆端末とのデュアルモード端末を構築する必要があり、マルチモード端末を構成する技術としてソフトウェア無線技術も注目される。

4.3 高精度位置検出法

伝搬距離減衰特性が急峻なほど検出精度が上がるが、伝搬特性自体を変更することは容易ではない。また、移動通信の場合は多重波伝搬となるため、フェージングによるレベル変動が発生し、受信レベルから最近接マーカを推定できない可能性がある。これに対してはダイバーシティ等の技術を適用しレベルの落ち込みを抑制する方法が有効である[1]。また、位置の履歴情報を活用することにより急激な変動を取り除くことにより、位置検出精度を向上させることも可能である。

5. 簡易マーカシステム

簡易マーカによるシステムの試作を行った。表1に方式諸元を示す。公衆回線との干渉発生を回避するために、周波数帯はISM帯とした。アクセス方式は非同期ランダムアクセスとし、変調方式、ビットレート等の諸元はPHSに準拠させた。送信電力は10mおきにマーカが設置されることを想定し、-10dBm以下とした。図8にマーカおよび受信機のハードウェア構成を示す。マーカは、送信ユニット、アンテナ、太陽電池・2次電池により構成される。受信機は、受信ユニット、データ処理部、インタフェース部から構成される。

表 2 方式諸元

項目	諸元
アクセス方式	非同期ランダムアクセス
送信電力	-10dBm 以下
無線周波数	2.4~2.5GHz
周波数帯域幅	300kHz
変調方式	$\pi/4$ -QPSK
信号速度	384kbit/s
マーカ電源	太陽電池・2次電池

図 9 に本試作機の受信機の概観を示す。同図 (a) は PCMCIA カードタイプのものであり、PDA に接続可能である。接続先の PDA を PHS 等の公衆端末に接続させることにより、公衆網への接続が可能となる。

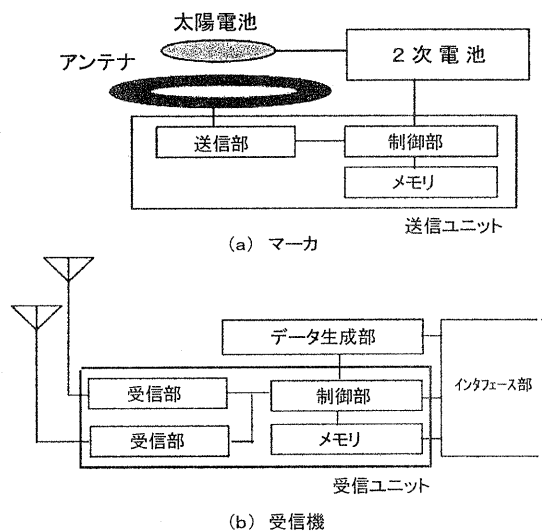


図 8 マーカおよび受信機のハードウェア構成

同図 (b) はペンダントタイプのものである。マーカから受信したデータを自動的に音声に変換する音声合成機能があり、音声でのナビゲーションも可能である。図 10 に本試作機のマーカの概観を示す。最上部に黒く示されているのは太陽電池であり、設置時に位置情報等を登録すれば、設置後は自動的に送信し続けるこ

とが可能である。

これらの試作機については、位置検出精度、電源特性等を試験し、良好な特性が得られることを確認した [6]。

6. 高機能マーカシステム

マルチホップ伝送機能を有する高機能型マーカシステムの試作も行った。エアインタフェースは PHS 自営モードに準拠させた。サーバは PHS 親局機能、マーカは PHS 親局、子局の両機能、ユーザ端末は PHS 子局機能を有し、サーバを最上位としたツリー型ネットワークを構成している。マーカは親局機能で送信する制御信号により位置情報を報知するとともに、サーバユーザ端末間通信における PHS リピータ機能も有する。簡易型マーカシステムに比べマーカの機能は高機能となるが、簡易型マーカとはほぼ同じ大きさの筐体で実現できた。本システムに関しては、マルチホップ伝送時においても理論値からの劣化もほとんどなく、良好なスループット特性が得られることを確認した [7]。

7. あとがき

位置情報システムの適用例を示し、これに適合するシステム構成法について述べ、技術課題について言及した。さらに、簡易マーカシステムとマルチホップ伝送機能を有する高機能型マーカシステムを試作し、その概観を述べた。

参考文献

- [1] 諏訪他, "モバイル環境におけるパーソナル位置情報システムの提案", DICOMO, pp. 579-586 (1998)
- [2] 日本測地学会編 新訂版 GPS, (社)日本測量協会 (1989)
- [3] 浦本他, "PHS 利用による簡易な位置情報取得の検討", 信学総大 B-5-138 (1997)
- [4] 内田他, "ローカル位置情報システムにおける自律的ツリー型ネットワーク構築法の提案", 信学総大 B-5-228 (2000)
- [5] 工藤他, "極小セル構成を用いたローカル位置情報システム (1)", 信学技報, RCS99-240 (2000)
- [6] 渋谷他, "極小セル構成を用いたローカル位置情報システム (2)", 信学技報, RCS99-241 (2000)
- [7] 内田他, "ローカル位置情報システムにおけるマルチホップ無線ネットワークの性能評価", 信学ソ大 (2000)

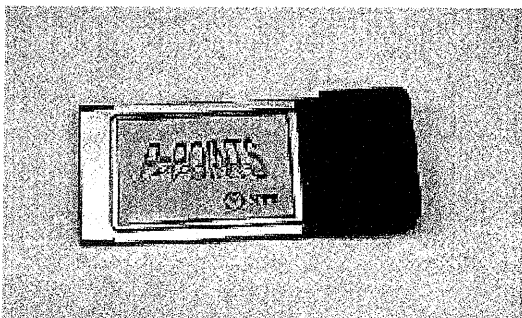


図9 (a) 受信機の概観

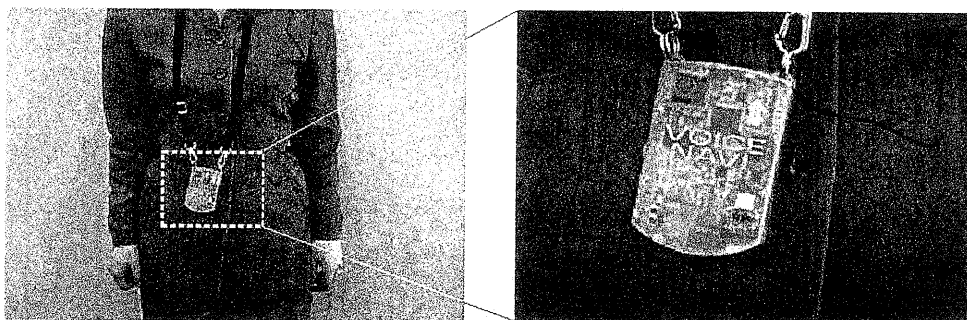


図9 (b) 受信機の概観

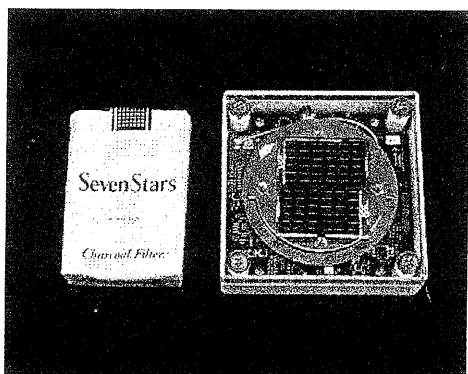


図10 マーカの概観