

MB-OFDM 方式 UWB を用いた屋内位置認識技術*

寺田 篤司†

杉本 雅則†

橋爪 宏達‡

東京大学大学院 工学系研究科†

国立情報学研究所‡

1 はじめに

屋内向けの測距技術に関しては数多くの研究がなされているものの、屋外における GPS ほど広く普及している技術はなく、重要な研究課題の一つとなっている。これらの測距技術に使われる媒体としては超音波、無線 LAN などがあるが、壁や天井など周囲の環境によるマルチパスや使用媒体の帯域幅からくる距離分解能の限界の影響でどちらも屋内環境での測距に必要な十分な精度が出せていない。そこで本研究では、広帯域により距離分解能が高いことで最近注目されている UWB (Ultra WideBand) を媒体として用いた、屋内環境における測距技術を提案する。

2 提案手法

位置測定を行う上ではマルチパスによる影響が問題とされている。しかし従来の相関法では、使用する波の帯域幅により分解能が制限される。そこで提案手法では、まず取得した波形から IQ 平面上のコンスタレーション (各サブキャリアの信号点の配置) を計算する。送信時点では点となるコンスタレーションは、伝搬時間の経過に伴って各角速度に応じてその配置を変える。こうして得られたコンスタレーションに、超分解能アルゴリズムとして知られる MUSIC (MULTiple SInal Classification) 法 [1] を適用して信号の伝搬遅延時間を求める。MUSIC 法は本来、アレーアンテナを受信機とした場合に時間領域でのアレーデータを用いることで電波の到来角度を推定する手法である。しかし時間領域の代わりに周波数領域のアレーデータを用いることで、電波の伝搬遅延時間を推定することができる [2]。この周波数領域のアレーデータという点に、サブキャリアが等間隔に並んでいるという OFDM 方式の特徴が利用できる。こうして得られた伝搬遅延時間から、送

信機と受信機間の距離を計算する。

MB-OFDM 方式 [3] では、図 1 のように 3.1~10.6GHz を 14 のサブバンドに分けている。それぞれのサブバンドの帯域は 528MHz となっていて、これらを複数使用して伝送するためのマルチバンド生成と、OFDM 変調を組み合わせている。マルチバンドは TFC (Time Frequency Code) のホッピングパターンを用いた周波数ホッピング変調で生成される。

1 シンボルは OFDM 信号 242.42ns, それにガードインターバルを加えて 312.5ns で構成される。また、各パケットの先頭部分に同期補足およびチャネル推定用の PLCP (Physical Layer Convergence Procedure) プリアンブルを伝送する。PLCP プリアンブルは通常、パケット同期系列が 21OFDM シンボル、フレーム同期系列が 3OFDM シンボル、チャネル推定系列が 6OFDM シンボルで構成される。チャネル推定系列の 6 シンボルは既知の信号が伝送される。本研究ではこのチャネル推定系列のシンボルを使用する。

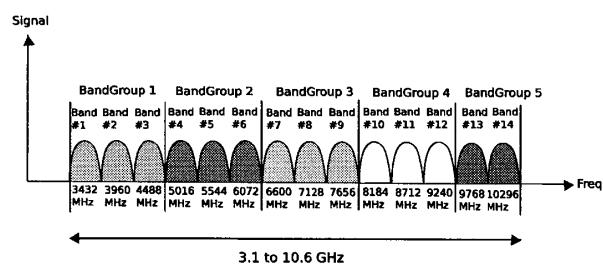


図 1 MB-OFDM 方式

3 実験

3.1 データ取得方法

MB-OFDM 方式の UWB 波の発生には、市販のワイヤレス USB ハブ [4] を使用した。まず、送信側端末をノート PC とし、受信側端末であるワイヤレス USB ハブに接続したメディアに向かってファイルを送信する。その時の信号波形をスプリッタを用いて分波し、オシロスコープによって取得した。その際、受信側にはアンプをはさんで増幅している。実験に使用した波は中心周波数 4.488GHz, BandGroup#1, Band#3 (TFC7)

*An Indoor Localization Technique using MB-OFDM type UWB

†The University of Tokyo

‡National Institute of Informatics

である。サンプリング周波数は 25GHz とした。この値は取得した波形を復元するのに十分である。オシロスコープでは送信信号にトリガをかけ、送受信側で同一の packets を取得している。

3.2 実験環境

本研究では、一次元での測距を目的として実験を行った。実験環境は次の 2 つである。1 つめはマルチパスが観測されないような屋外、ここでは東京大学工学部 2 号館 2F のホールでデータを取得した。実験の様子を 図 2 に示す。実験で使用した設定を表 1 に示す。



図 2 実験の様子

表 1 実験条件

中心周波数 [GHz]	4.488
送受信機間距離 [m]	0.7
サンプリング周波数 [GHz]	25

2 つめは 図 3 に示すように、受信側アンテナの奥 30cm に壁を設置、これにより意図的なマルチパスが発生する環境である。送受信機間距離以外の諸設定は表 1 と同じである。

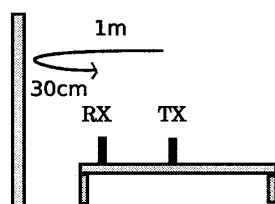


図 3 マルチパスを加えた実験環境

3.3 結果

マルチパスがない環境での MUSIC スペクトラムを 図 4、マルチパスを加えた環境での MUSIC スペクトラムを 図 5 に示す。 図 4 を見ると、直接波を正確に推定できていることがわかる。ここでは誤差 10cm 程度という結果が得られた。この誤差は受信側の信号をアンプをに通してから取得しているため、送信側に比べて経路差が生じたためだと考えられる。アンプとコネクタで全長 5cm であることからある程度説明が

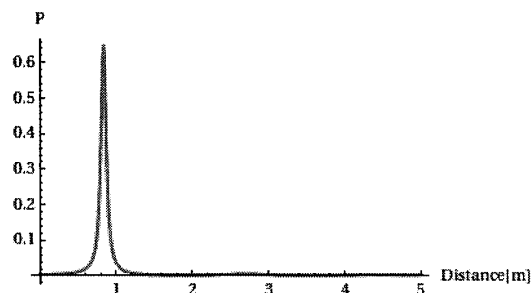


図 4 マルチパスがない環境での MUSIC スペクトラム

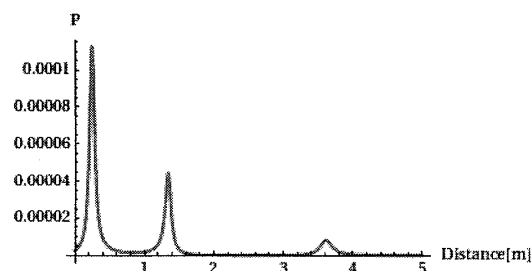


図 5 マルチパスを加えた環境での MUSIC スペクトラム

く。従来の相関法と比較すると、相関法の時間分解能は $1/528[\text{MHz}] \times 1/2 = 30[\text{cm}]$ となるため、提案手法の有効性が示された。

また、図 5 にはピークが二つ現れている。2 つのピーク間の距離は 1m となっている。これは直接波とマルチパス波が正確に分離できたことを表す。

4 結論

MB-OFDM 方式の UWB 波に対して、提案手法を適用した。実験結果から、誤差 10cm 程度の精度が得られた。また、任意のマルチパスを加えた実験では、距離にして 1m 程度の波を分解することができた。今後は更なる精度の改善とともに、もう一つの UWB の規格である直接拡散方式を用いた場合との比較を行いたい。

参考文献

- [1] R. O. Schmidt, "Multiple Emitter Location and Signal Parameter Estimation" IEEE Trans., vol.AP-34, No.3, pp.387-392, Apr. 1986.
- [2] 菊間 信良, アレーアンテナによる適応信号処理, 科学技術出版, 1998.
- [3] A. Batra et al, "MultiBand OFDM Physical Layer Proposal for IEEE 802.15 Task Group 3a" <http://www.wimedia.org/>
- [4] <http://www.ratocsystems.com/products/subpage/wusb1.html>