

都市空間を考慮した電波伝搬モデルの作成, 3H-3 及びそのモデルに基づいた多重波伝搬特性の評価*

大森 博雄 重野 寛 藤巻 貴宏 岡田 謙一 松下 温†
慶應義塾大学‡

1 はじめに

32Kbps のデータ通信もスタートし始めた PHS は急速な勢いで普及している。また、一部のアジア地域でも PHS のサービスが商用化され、日本と同周波数帯 (1.9GHz 帯) であり、日本で使っている PHS が海外でも使える "国際ローミング" も夢ではなくなりつつある。このように PHS は国際ローミングという新たな付加価値も加わり、ますます目が離せない状況となっている。PHS では半径 100m~数百 m 程度の極小ゾーン (マイクロセル) 構成であり、ユーザの集まる地域に主に設置されている。そこで PHS を用いてユーザの地理的位置を把握するといったニーズが非常に高まっている。これは徘徊癖のある老人や迷子の搜索、製鉄所や石油化学プラントといった工場内や工事中のトンネル内や建設中のビルなどでの作業員の位置確認といった様々な用途に用いられる。PHS を用いた位置検出は一般的に電界強度を用いて位置を検出する方法、また角度情報を用いてその電波の到来角から位置を検出する方法がある。本稿では角度情報を用いた位置検出法に着目し、角度情報をどのように取得するのか都市空間を考慮した電波伝搬モデルを構築し、その評価を行なう。

2 都市空間電波伝搬モデル

厳密に都市空間の電波伝搬、つまり多重波伝搬構造、およびその特性を知るためには、送信点 (基地局) から送信された電波は途中の建物などで反射、回折、散乱を繰り返しながら受信点 (端末) に到達するため、それら全てを考慮したモデルの構築が必要となる。そこで都市空間電波伝搬モデルを構築する上で見通し内道路における場合と見通し外道路における場合の 2 通りに分けてモデル化する。

● 見通し内道路における伝搬

見通し内道路における伝搬では、図 1 に示すように道路路面とその両側の壁面を考慮したモデルである。伝搬経路としては直接波、そして反射波として壁面反射波と大地反射波、さらに散乱波が存在する。

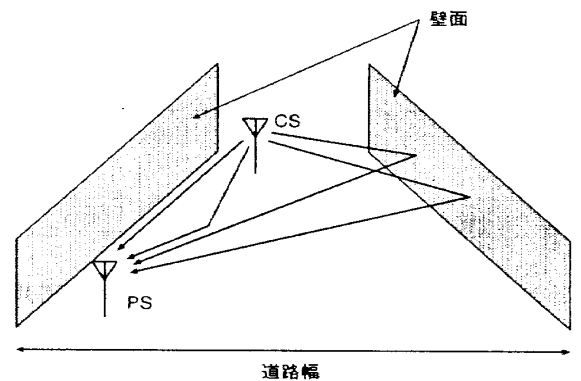


図 1: 見通し内道路

● 見通し外道路における伝搬

見通し外道路における伝搬では、図 2 に示すように交差点などにより見通し外道路となる場合であり、伝搬経路としては反射波として見通し内道路の場合と同様に壁面反射波と大地反射波、回折波として交差点で回折する波と建物を越えて回折する波が存在し、さらにこれらを組み合わせた波が存在する。

そこで基地局から定期的に電波を送信し、端末側でその電波を受信し、様々な経路で到達した電波の強さ、および到達時間を算出し、遅延プロファイルを作成する。この遅延プロファイルを基に、直接波が受信できているのか否か判定する。

3 計算値の算出方法

理論計算により伝搬損失値を算出する。直接波は自由空間損失 (L_b) のみとする。ただし、 f は周波数 [MHz], d は伝搬距離 [Km] である。

$$L_b [dB] = 32.44 + 20 \log f + 20 \log d \quad (1)$$

* Evaluation of multiple radio propagation characteristic based on making radio propagation model by which city space is considered and the model

† Hiroo Ohmori Hiroshi Shigeno Yoshihiro Fujimaki Ken-ichi Okada Yutaka Matsushita

‡ Keio University

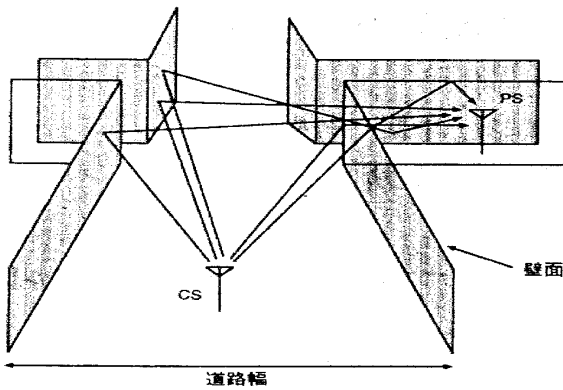


図 2: 見通し外道路

反射波は自由空間損失 (L_b) と壁面反射損失 (L_r) の和 (L_{br}) とする。ただし ρ は反射係数であり、両壁の壁は有筋コンクリートであると想定し、反射する壁の反射係数 [1] は 0.8 (約 7~8dB 減衰) とする。

$$L_{br}[dB] = L_b + L_r \quad (2)$$

$$L_r[dB] = 10\log\left(1 + \frac{3}{\rho^2}\right) \quad (3)$$

散乱波は反射波の特別な場合と考え、反射波と同様の式を用いて伝搬損失を求める。ただし、壁におつかる角度によって減衰の大きさを変える (反射波の減衰 < 散乱波の減衰)。また回折波の回折損失は図 3 に示すようなナイフエッジモデル [2] を用いる。ただし、ナイフエッジモデルの回折損失の計算にはフレネル積分の必要があり、伝搬特性を直観的に把握することは困難である。しかし、回折損失の計算に用いるフレネルパラメータ X が 4 以上となるほど、回折角が大きい時には対数計算式に近似でき、このときの回折損失 (L_d) は次式で定義される。

$$L_d = 11 + 20\log_{10} X \quad (4)$$

$$X = h\sqrt{\frac{\pi(d_1 + d_2)}{\lambda d_1 d_2}} \quad (5)$$

さらに建物越え伝搬の伝搬損失は二枚ナイフエッジモデルを仮定することにより伝搬損失を求める。

4 直接波の判別方法

直接波の判別方法としては、直接波を受信している場合の遅延間隔と直接波を受信していない場合の遅延間隔を比較する方法で行なう。これは第 1 波として受信した成分からある一定レベルを最後に下回った所までの遅延間隔 (時間差) を計算する方法である。基本

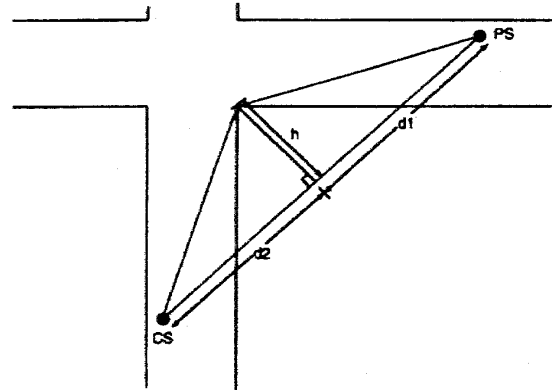


図 3: ナイフエッジモデル

的には直接波を受信している場合の遅延時間の広がりより直接波を受信していない場合の遅延時間の広がりよりも小さくなる。しかし、この値が基地局と端末間の位置関係によりどの程度になるか計算する。

5 計算結果

見通し内道路では第 1 波として直接波を受信できている場合である。また、見通し外道路では第 1 波として直接波を受信できていない場合であり、それぞれの遅延プロファイルを比較した結果、第 1 波からある一定レベルとして 15dB 落した時に、それ以上受信レベルが上がらない所までの遅延間隔は約 30.0ns を境に、その値以上であれば直接波を受信できている場合であると判別することができた。

6 まとめ

本稿では、PHS を用いた位置検出において角度情報を用いた方法に着目し、角度情報をどのように取得するのか都市空間を考慮した電波伝搬モデルを構築し、評価を行なった。このモデル上ではある一定値を境として直接波を受信できているか否かを判別することができた。これにより角度情報として直接波を受信している電波を用いて位置検出を行なうことができる。

参考文献

- [1] 小桧山・服部・川崎・生越・田中・関口共著：わかりやすいパーソナル通信技術，オーム社，1995
- [2] 進士 昌明：無線通信の電波伝搬，電子情報通信学会，1992.