

医療現場の無線 LAN 構築における 3 次元電波伝搬シミュレーション

○日比 学、菅澤 佑子、宇都宮 隆介

京セラコミュニケーションシステム株式会社 研究部通信応用研究課

1. はじめに

現在、医療現場で働く医師、看護師の安全性や作業効率の向上や、患者や医療施設への訪問者への利便性向上を目的とした医療現場の無線化需要が高まっている。一方、安全な運用が必要である医療現場においては、医療機器や人体に与える影響を認識したうえで、電波を届かせる場所、電波を届かせない場所を明示的に設計し、無線化リスクを軽減させる必要がある。

本稿では、無線 LAN の導入を目的とした電波伝搬シミュレーション手法について述べる。

2. 電波伝搬シミュレーション

無線 LAN システムを導入する場合、電波伝搬シミュレーションを用い、事前に電波到達エリアを確認することが重要である。

屋内における電波伝搬シミュレーションにおいては、レイトレーシング法が一般的である。レイトレーシング法は、3次元コンピュータ・グラフィクス分野におけるレンダリング（画像や映像を生成すること）手法として用いられているものであり、電波伝搬の分野においても、実電波伝搬環境を推定する手法として、実用化されている。

図 1 にレイトレーシングの概念を示す。

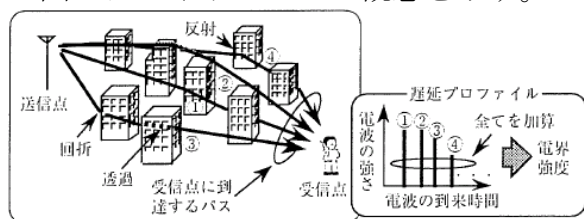


図 1 レイトレース概要

送信点（無線 LAN アクセスポイント）から全方位に万遍なく放射された電波

（Ray）は、途中の構造物で反射、透過、回折を繰り返して受信点に到達する。各レイの電界強度は送信点から受信点までに経た反射、透過、回折での履歴であるレイの軌跡（Trace）で決まり、受信点に到達するすべてのレイの電界強度を加算して電界強度を算出する。

しかし、レイトレーシング法は、演算の精度と処理量にトレードオフの関係があり、広範囲における多くの構造物を対象に精度の高い処理を行う場合、演算処理量が大幅に増加すること、また、ドアとして定義する面は、その開閉状況によって、レイの経路に変化が生じてしまうといった課題がある。

本稿では、これら問題を解決するため、レイトレーシング手法のひとつである Dominant Path Model を例に屋内 3 次元シミュレーションを解説する。

3. Dominant Path Model

Dominant Path Model は、レイトレーシングにおいて、送信点から受信点に進むレイを、通過した壁および部屋の順番に注目してグループ分けを行い、複数存在するレイから代表となるレイを決定し、そのレイの電波伝搬損失を計算する。

図 2 に送信点 T に対する受信点 R1、R2 に対する一般的なレイトレーシング法におけるレイ（左図）と、Dominant Path Model における代表レイ（Dominant Path：右図）を記載する。

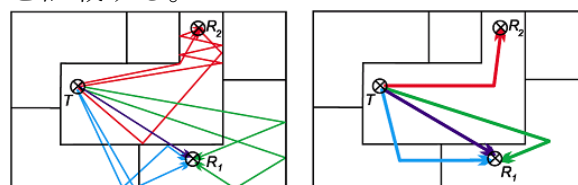


図 2 Dominant Path

ここで、Dominant Path の決定方法を述べる。

まずは、図 3 のようにシミュレートするフロアを構成する部屋と壁に番号をつける。

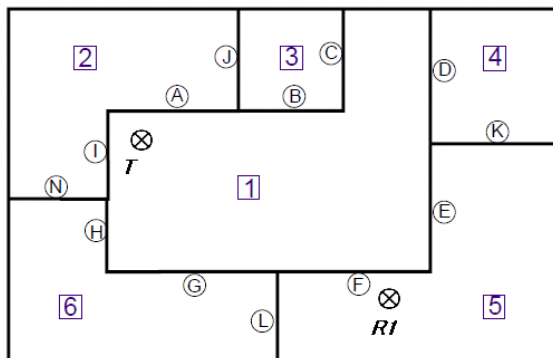


図 3 構造物の細分化

次に、**1**の部屋に配置する送信点 T から放射される電波（レイ）が壁と部屋を通過する組み合わせを樹形図として作成する。

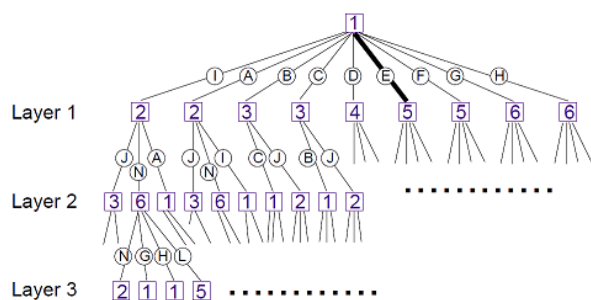


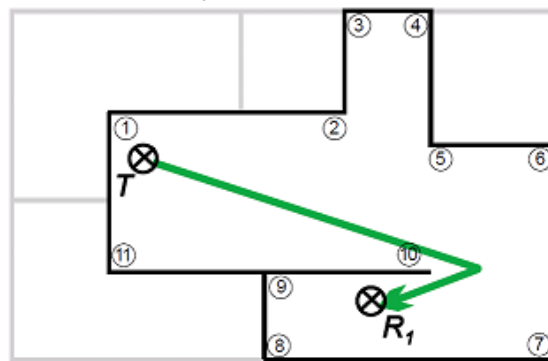
図 4 送信点 T からのレイ樹形図

このうち、受信点が存在する部屋への経路（レイ）のみを演算対象とする。（受信点 R1 の場合、1→F→5、1→E→5、1→G→6→L→5 の経路が候補となる。）基本的には、この樹形図により Dominant Path は定義される。

ただし、1→E→5 の様に、壁を通過した後に、同じ部屋**5**内に受信点 R1 が存在するものの、直線の見通し内にはない場合が存在する。

このような場合は、通過した壁（E）を取り除き、1つの部屋とみなした状態にし、各コーナーに番号を割り当てる。（図

5) ここで、コーナーのうち、凸角となるコーナー（Convex corners）と凹角となるコーナー（Concave corners）を区分する。この後の演算には、凸角コーナーのみを使用する。



concave corners ①③④⑥⑦⑧⑨⑪

convex corners ②⑤⑩

図 5 壁 E を取り除いたフロア図

次に、送信点 T から直接見通しのある凸角コーナーを Layer1 とし、Layer1 凸角コーナーから直接見通しのある凸角コーナーを Layer2 とする手順により、凸角コーナーの樹形図を作成する。受信点 R1 からも、同様の手順により樹形図を作成する。（図 6）

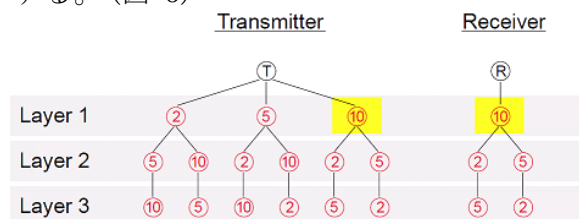


図 6 凸角コーナーの樹形図

ここで、送信点 T からはじまる樹形図と受信点 R1 からはじまる樹形図において、共通の凸角コーナーとなる**10**が決まる。これは、E 面の壁を通過する経路において、**10**を経由した経路が、送信点 T と受信点 R1 を結ぶ最適な経路であることを意味する。

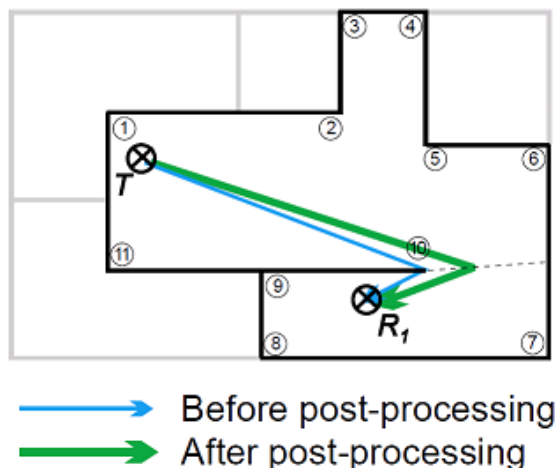


図 7 凸角⑩から Dominant Path への変換

最終的な Dominant Path 決定に際しては、進入角度と次の壁（もしくは受信点）への距離を考慮に入れて、Dominant Path を決定する。

Dominant Path が決定後には、以下の式を用い、伝搬損失 L を計算することとなる。

$$L = \omega_{FS} \times L_{FS} + \omega_T \times L_T + \omega_I \times L_I$$

ここで L_{FS} は自由空間伝搬損失、 L_T は透過損失、 L_I はレイの進行方向変化による損失を表し、 ω は補正係数となる。

DPM によるシミュレーションは、代表レイを決定し、そのレイに対して演算を行うため、一般的なレイトレーシング法 IRT (Intelligent Ray-Tracing) に比べて短い演算時間で同等以上の精度を得られる。以下にシュトゥットガルト大学内で実施されたシミュレーション結果と実測結果の差分を示す。ここで、Multi Wall モデルとは、送信点と受信点を直線に結び伝搬損失と透過損失を計算する方法である。

表 1 モデルによる実測値との差違

Site	Difference (Predictions - Measurements) in dB					
	IRT		Dominant Path		Multi Wall	
	Mean value	Std. Dev.	Mean value	Std. Dev.	Mean value	Std. Dev.
TRX 2	1.25	6.04	-1.73	5.12	-4.31	5.82
TRX 6	-2.94	11.31	-0.19	5.81	-9.62	16.86
TRX 8	3.99	9.30	3.69	4.39	1.54	16.55
TRX 12	6.68	7.13	2.42	3.48	3.21	8.97

4. シミュレーションの実用

Dominant Path モデルを使用し、島根大学医学部附属病院の新病棟に対し、事前のシミュレーションを行った。

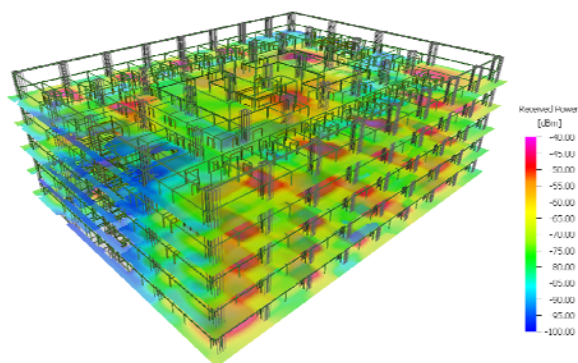
新病棟は、9 階建てとなる予定であり、救急病棟、洗浄滅菌室、調剤室が 1 階に、ICU、HCU、ME センターが 2 階、4 階から 9 階が病棟となっている。



図 8 5 階のシミュレーション結果

シミュレーション実施に際しては、フロア図面を CAD データとして取り込み、正しい壁や床面の材質データを入力する必要がある。また、設置するアクセスポイントに関しても、その送信出力やアンテナ特性を入手する必要がある。これらの情報は、シミュレーション結果を大きく左右するものであるため、重要な入力情報となる。

シミュレーション条件は、IEEE802.11a の無線 LAN を使用し、天井下 10cm のところにアクセスポイントのアンテナを設置し、カートに乗せた PC をクライアントと想定し、床面 + 1m をシミュレーション高とした。また、ベッドサイドにおいて 10Mbps 以上のスループットを実現すること、廊下においては、通信が途切れないことを目標として行った。シミュレーション結果から、38.4m×51.2m の 5 階においては、アクセスポイント数が 12 個となった。各階は、8~13 台のアクセスポイントでエリアをカバーできることがわかった。



Dominant paths for the field strength prediction, 48th IEEE Vehicular Technology Conference (VTC) 1998, Ottawa, Ontario, Canada, May 1998, pp 552-556

図 9 3D シミュレーション結果 (5~9 階)

まとめ

本稿では、屋内無線 LAN の電波伝搬シミュレーションとして高速処理が可能な Dominant Path モデルを解説した。また、本モデルを使用し、島根大学医学部附属病院新病棟でのシミュレーションを実施した。

目には見えない電波伝搬を、無線化導入前に実施することは、安全な無線環境構築にとって、効率的な無線利用にとって、重要である。

院内を無線化することにより、機材の位置管理、看護業務の効率化、来院者への付加価値サービス等アプリケーションが構築できることから、今後、医療施設への積極的な導入が進むことを期待したい。

参考文献

- [1] 細矢 良雄 (監修) : 電波伝搬ハンドブック, 第 2 部, 第 15 章, (株)リアライズ社, 2004
- [2] G. Woelfle, René Wahl, Philipp Wertz, Pascal Wildbolz, Friedrich Landstorfer: Dominant Path Prediction Model for Indoor Scenarios
- [3] G. Woelfle, F.M. Landstorfer, R. Gahleitner, E. Bonek: Extensions to the field strength prediction technique based on dominant paths between transmitter and receiver in indoor wireless communications, . 2nd European Personal and Mobile Communications Conference (EPMCC)1997, Bonn, Germany, pp. 29-36, Sept 1997.
- [4] G. Woelfle and F.M. Landstorfer: