

Large-scale numerical estimation method for radio propagation of indoor multi reflection environment

(屋内多重反射環境における電波伝搬特性の大規模電磁界解析手法の研究)

学位論文内容の要旨

In recent years, the proliferation of wireless devices in many different areas of the daily life of humans has highlighted the importance of communication systems. There now exists a wide range of devices offering voice, data, and video services to end-users including individuals and businesses. In order to remain competitive, the providers of the various communications services continually seek to improve the speed, quality, and coverage area of their services. Increased emphasis on these and other enhanced feature places a greater burden on the networks over which these services are offered. This is so because no matter how many services are offered, the wireless networks over which they are provided need to maintain specified qualities of service (QoS). From a design point of view, there is a big task of planning the network in such a way as to ensure that the signal strength, coverage and reliability remain within certain pre-defined acceptable limits. This paper aims to present an accurate, precise and tested method which allows this goal to be achieved. This is very important because adding too many APs results in an increase in the overall cost of a WLAN design unnecessarily. Likewise, non-optimal placement of the APs will result in unreliable coverage in certain parts of the environment. When using higher frequencies, the effect on radio wave signal strength of absorption by different objects and humans has a greater impact than when lower frequencies are used. All of these factors point to the need for a precise estimation method for electric field strength distribution before implementing a design. Currently used estimation methods (such as ray-tracing) are limited with respect to their precision and this paper proposes an estimation technique that is based on the more precise large-scale Finite-Difference Time-Domain (FDTD) analysis method.

In Chapter 1, the purpose of the dissertation is introduced along with a general background to the study and the approach that has been taken to achieve the goals.

In Chapter 2, the case is made for the implementation of the FDTD analytical method as a better way of achieving precise estimations of radio propagation coverage areas in indoor WLANs, taking into consideration the constraints that have restricted its application up to this point.

In Chapters 3, the steps taken to implement the models are described in detail. The focus is on the implementation of the FDTD method and the parameters that are selected, the processes of setting up, configuring and measuring data in the actual environments are described. Details of the different models are also presented in this chapter.

In Chapter 4, the results were of all of the simulations and experiments were presented.

In Chapter 5, the results and their relevance to the overall goal of this study is mentioned. Additionally, future research that may provide greater understanding of the different issues concerning radio propagation issues in indoor WLANs is presented.

学位論文審査の要旨

主査	教授	野島俊雄
副査	教授	宮永喜一
副査	教授	小柴正則
副査	教授	小川恭孝
副査	准教授	山本学

学位論文題名

Large-scale numerical estimation method for radio propagation of indoor multi reflection environment

(屋内多重反射環境における電波伝搬特性の大規模電磁界解析手法の研究)

2000年以降、無線LANなどオフィスや乗り物内など屋内で利用する無線システムが広く一般に普及してきた。このような空間内でマイクロ波が発射される場合、壁や床、人体などでの散乱吸収によって内部に多くの多重波が発生し、自由空間内とは性質の異なる複雑な電磁界分布が形成される。このような電磁界分布を精度良く推定することが、例えば無線LANアクセスポイントや構内携帯電話基地局の無線回線設計の面から、さらには電磁環境適合性(EMC)や電波防護の評価を行うために必要となっている。本論文は、電波の多重反射や空間内における無線通信システムに関わる電磁環境の確保に必要な評価技術について研究成果をまとめたものである。本研究は、高精度な数値計算技術を用いることによって、実験測定では取得困難な人体が存在する複雑な状況下での空間内電磁界強度分布を取得し、さらにヒストグラムを用いることで定量的な電波環境評価が可能であることを示している。

第1章では、オフィス内等における無線LANに代表される無線通信機器からの電波の多重反射、および人体による吸収の効果について概説し、これらを考慮した無線回線設計の重要性について説明している。従前、屋内の無線回線設計は、実験式による電波伝搬特性に基づいてなされており、実環境での評価は技術者が現場に赴き実施する測定によらなければならない。さらに、当該環境下で無線機器を使用するユーザー自身の人体の吸収効果まで含めた測定評価は事実上不可能であった。これら実環境下における高精度な電波伝搬特性の評価を実行するためには、新たな評価法を開発しなければならないこと示している。

第2章では、屋内環境における電磁界強度分布の数値計算に用いる有限時間領域差分法(FDTD法)について解説し、高精度な計算を実現するため重要となる、空間分割精度(セルサイズ)、時間分割間隔(時間ステップ)、吸収境界条件等のシミュレーション条件について説明している。評価対象とする屋内空間は、用いる電波の波長において伝搬距離が300波長以上と大きく、膨大な計算機資源が必要となる。そこで、大型計算機を用いて大規模解析を実現し、そのための並列化プログラ

ミングについて説明している。さらに、大規模数値解析により得られた電磁界分布から屋内無線環境評価をおこなう手順を示している。

第3章では、本評価法の適用例として、実在の代表的なオフィス環境を選択し、内部に IEEE 802.11a あるいは 802.11b/g の無線 LAN アクセスポイントを設置した場合の評価モデル構築を行っている。対象空間内に存在する什器等を忠実にモデル化し、また、人体の電波吸収効果を考慮するための数値人体モデルについて示している。さらに、それら評価モデルを高精度に解析するための並列化方法について明らかにしている。構築したオフィスモデルにおける電波伝搬特性のシミュレーション結果の妥当性は、測定により確認されなければならない。そこで、周波数 2.4GHz および 5.2GHz の電波を用いてユーザーの存在しない場合の実オフィス環境における伝搬特性の実測を実施している。

第4章では、構築したオフィスモデルを用いて、無線 LAN アクセスポイントの位置や偏波特性、オフィス内のユーザーの数・位置等による変化が空間内の電磁界分布特性に及ぼす影響を評価し、周波数ごとの特性を明らかにしている。数値解析結果の妥当性について、3章に示した実測結果およびレイトレース法を用いた解析結果との比較から明らかにしている。オフィス内における電磁界分布は、壁や什器による反射、散乱の影響で定在波が生じ、非常に複雑な分布になることを示している。そこで、空間全体に亘って定量的な評価を実現するためヒストグラムによる評価を適用している。

さらに、ここで開発した多重反射空間内電波伝搬特性評価技術の適用事例として、エレベータ内での携帯電話電波が植え込み型医療機器へ与える電磁干渉 (EMI) 影響についての定量的評価法について明らかにしている。エレベータ内において、周波数 800MHz 帯、1.5GHz 帯および 2GHz 帯の携帯電話を仮定し、ペースメーカー EMI を評価した結果、心臓ペースメーカーに誤動作を生じうる電界強度値は得られないことを明らかにしている。現実的な状況において、乗客や送信アンテナの位置および寸法の違いにより携帯電話電波の周波数によらず、EMI 評価結果が大きく変わるようなことはないことを明らかにしている。

第5章は結論であり、本論文の成果を要約している。

これを要するに、著者は、実環境における無線サービスエリア設計等の分野への応用が期待できる評価技術開発に関する有益な新知見を得たものであり、情報通信技術の発展に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。