

FDTD 並列計算による携帯端末放射特性解析

Analysis of Radiation Characteristics of a Mobile Phone using FDTD Parallel Computation

田口 健治
Kenji Taguchi

打矢 匡
Masashi Uchiya

柏 達也
Tatsuya Kashiwa

北見工業大学
Kitami Institute of Technology

1 まえがき

近年の情報社会の通信技術の発達に伴い、人体と電磁波のインタラクション問題や ITS を始めとした自動車通信等の電磁界解析の必要性が高まってきている。これら人体、携帯端末、自動車等の複雑な形状の系における大規模電磁界解析には分散メモリ型並列計算機と MPI(Message Passing Interface) を用いた FDTD 並列計算 [1]-[5] が非常に有効である。

本研究では、動的メモリを用いた汎用的大規模電磁界解析シミュレーションシステムを開発した。また、大規模電磁界解析を目的とした FDTD 並列計算における各種効率化についても検証した。さらに、本シミュレーションシステムを実際に携帯電話使用時における人体と電磁波のインタラクション問題に適用した。

2 並列計算機

近年の計算機の大幅な進歩は電磁界の大規模解析を可能としている。しかしながら、シングルプロセッサの性能向上の限界や開発コストの上昇から、これらの性能は並列計算機 (図 1) によって達成されている。

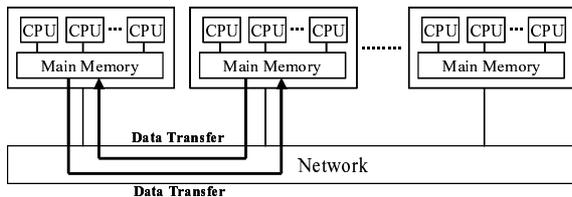


図 1 並列計算機

3 FDTD アルゴリズムの並列化

FDTD 法はリープフロッグアルゴリズムであるため電界節点と磁界節点が交互に配置されている。そのため異なる 2 つの面、 E 面と H 面が定義される。また、一般的には FDTD 法は E 面を境界に配置する場合は殆どである。従って、ノード間では E 面をそれぞれ転送する必要がある (図 2)。

4 メモリの効率的利用

静的メモリを用いた MPI 並列計算プログラムではすべてのノードに同じ配列番号及び大きさの配列しか割り付けることができない。そのため、静的メモリを用いた FDTD 並列計算プログラム [2] は汎用性が乏しく実際の

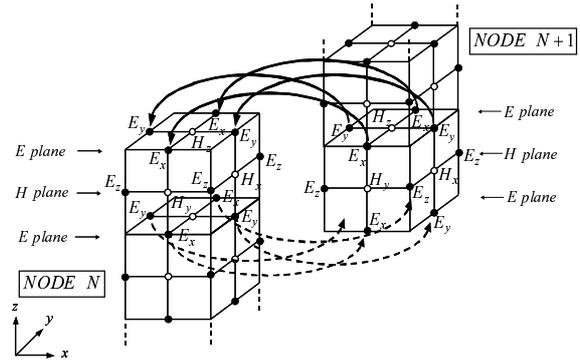


図 2 ノード境界面のデータ転送 (z 方向分割)

電磁界問題に適用するのは非常に煩雑であった。本システムでは動的メモリを用いることによりシステムが汎用的となりメモリの効率的利用が可能となっている。

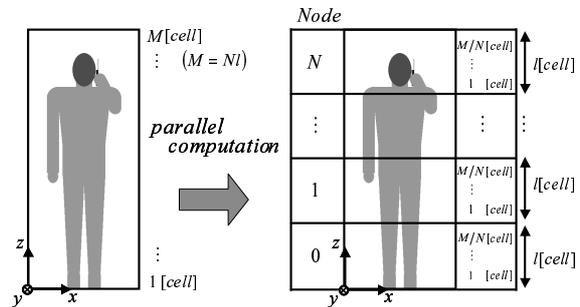


図 3 静的メモリを使用した FDTD 並列計算

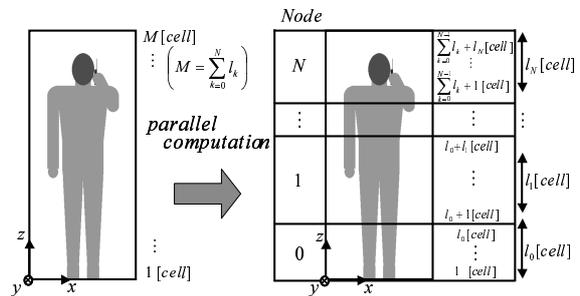


図 4 動的メモリを使用した FDTD 並列計算

5 通信の効率化

MPI を用いた 1 対 1 のノード間通信は大きく 2 種類に分類される。一つは通信が終了するまで計算が停止状態となるブロッキング通信、もう一つは通信を行っている間バックグラウンドで計算をすることができるノンブロッキング通信である。ノンブロッキング通信を用いる

ことにより，計算速度の向上を期待することができる．

6 周波数特性の効率的計算

膨大な計算時間を必要とする大規模計算では，一度の計算で複数の周波数特性を求める効率的な方法が望まれる．複数の周波数成分のみでよいのであれば，以下に示す方法によってフィールド分布及び指向性を効率的かつ簡便に計算することができる．観測点 r における所望の周波数 ω の正弦波応答が時間 $T[s]$ で定常状態であると仮定するとフーリエ変換の原理より以下の式が成り立つ．

$$\begin{aligned}
 F(\omega, \mathbf{r}) &= \int_0^T f(t, \mathbf{r}) \exp(-j\omega t) dt \\
 &\cong \sum_{i=0}^n f^i(\mathbf{r}) \exp(-j\omega i \Delta t) \Delta t \\
 F, f &= E_x, E_y, E_z, H_x, H_y, H_z
 \end{aligned}$$

従って，入力波に所望の周波数成分を含んだパルスを入力することにより，一度の FDTD 計算で複数の周波数の特性を計算することが可能となる．

7 人体と電磁波のインタラクション問題への適用 [3]-[6]

次に，本システムを人体と電磁波のインタラクション問題へ適用した．図 4 おける携帯端末使用中の人体モデルにおける指向性の計算を行った．空間離散間隔は $\Delta x = \Delta y = \Delta z = 2.5[mm]$ ，解析領域は $0.80[m] \times 0.70[m] \times 1.90[m]$ ，携帯端末は [6] と同様のモデルとした．

指向性の計算に関しては，鏡像の理を用いて大地を仮定している．具体的には，まず中空に浮いてる人体について FDTD 計算を行い等価面上での電磁流源を求め，次にこの電磁流源に対して鏡像の理を適用することにより大地を考慮した指向性を求めた．

図 5, 6, 7 に人体及び大地を考慮した携帯端末の指向性を示す．尚， $0[dB]$ は放射された全電力を全立体角で割ったものを基準としている．従って，ここでは人体で吸収された電力は考慮されていない．図 5 では人体頭部側には放射指向性が弱いことが示されている．図 6, 7 では携帯端末による直接波と大地からの反射波による干渉パターンが現れ，大地を考慮しない場合の指向性と大きく異なることが示されている．

8 むすび

本研究では，MPI 及び動的メモリを用いた汎用的 FDTD 大規模電磁界解析システムを開発した．本研究の並列化技法は高速大容量の計算を行う為に有効な方法であり将来的にも重要な技術である．本報告で述べた技法は汎用的な並列化技法であり，他の並列型計算機にも適用可能である．今後は，本研究で開発した汎用的電磁界シミュレーションシステムに様々な要素技術を導入し，種々の大規模電磁界問題の設計解析に適用して行く予定である．

参考文献

- [1] C. Guiffaut and K. Mahdjoubi, "A parallel FDTD algorithm using MPI library," IEEE Antennas Propagation Magazine, vol. 43, no. 2, pp. 94-103, April 2001.
- [2] 打矢匡, 柏達也, "並列型スーパーコンピュータを用いた FDTD 並列計算," 信学論, vol. J84-C, no. 11, pp. 1122-1125, Nov. 2001.
- [3] 王建青, 藤原修, 渡部聡一, 山中幸雄, "並列型パーソナルコンピュータによる人体数値ドシメトリの FDTD 計算," 信学技報, EMCJ2002-31, pp. 7-11, July 2002.
- [4] 田口健治, 打矢匡, 柏達也, "大規模電磁界解析を目的とした FDTD 並列計算," 信学技報, MW2002-133, pp. 33-38, Dec. 2002. , Dec. 2002
- [5] 田口健治, 打矢匡, 柏達也, "FDTD 大規模並列計算とその携帯端末放射特性解析への応用," 信学総大シンポジウム, Mar. 2003. (発表予定)
- [6] 渡部聡一, 多氣昌生, 野島俊雄, "携帯無線機のアンテナ入力インピーダンスに対する人体頭部との相互作用による影響," 信学論, vol. J79-B-II, no. 9, pp. 557-565, Sep. 1996.

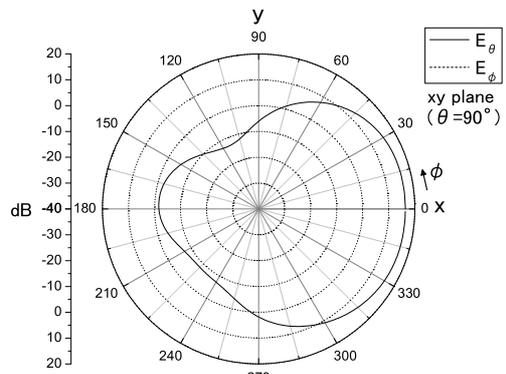


図 5 xy 平面指向性

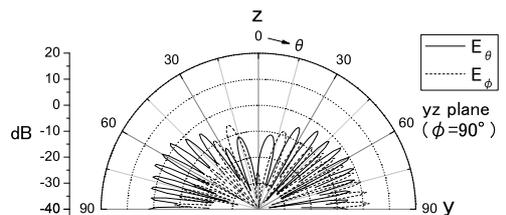


図 6 yz 平面指向性

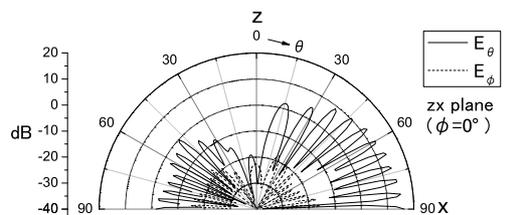


図 7 zx 平面指向性