

光ファイバにおける偏波モード分散の温度特性に関する理論的解明

大山 義仁 [北海道大学電子科学研究所／博士課程]

背景・目的

10Gbpsを越える光通信では、偏波モード分散(PMD)の影響を大きく受けるため、光信号の劣化が大きな問題となる。PMDは、光ファイバ内の複屈折により生じるものであり、光ファイバの製造過程や光ファイバ敷設条件によりランダムに変動する。さらに、PMDは光ファイバ周囲の温度により変化することが知られている。PMDと温度の関係は実験や既設光ファイバの測定により知られているだけであり、理論検討がまだ十分には行われていない。そこで、本研究では温度による光ファイバの複屈折の変化を理論的に解析し、今後の高速光通信に必要な基礎データを提供することを目的とする。

内容・方法

本研究では以下の4つのサブテーマに分割して研究を進める。

1. 数理モデルによる解析：

光ファイバ内の光の伝搬を記述するマクスウェル方程式を用いて、温度とファイバの複屈折の関係をモデル化する。関連するモデルが複数提案されているので、それらの精査分類を合わせて実施する。

2. 分散数値計算環境構築：

大規模なメモリースペースを必要とする計算や大容量データの統計処理を行うための計算環境を整備する。また本計算環境はネットワークアプリケーションとしての視点から研究開発を行い、ブロードバンドアプリケーションとしての科学技術計算が行えるようにする。

3. 数値計算によるシミュレーション：

モデル式を元にして数値計算プログラムを開発し、温度とPMDの関連を明らかにする。また数値計算は大容量メモリが必要なことや大容量データ処理を行う必要が予想されるので、分散数値計算環境を用いる。

4. 全体のまとめ：

これらの各サブテーマにおいて順次、研究成果をまとめ国際研究集会やジャーナルへ投稿誌成果を発表する。

結果・成果

1. 数理モデルによる解析：

- ・先行研究調査を実施し関連する文献を整理した。
- ・光ファイバ内の光の伝搬を記述する方程式を導出し、それらを整理した。
- ・偏波モード分散が将来の超高速光通信システムにおいて重要な要素となりうることを国内外のインターネット技術者の間に説明した。
- ・韓国のネットワーク研究者との間に研究コミュニティを形成することができた。
- ・研究発表：“Dispersion in High speed optical network”、

Yoshihito Oyama、2003年12月6日、日韓インターネット技術会合、ソウル

2. 分散数値計算環境構築：

・北海道大学情報基盤センターに設置してあるGridコンピューティングシステムを無料で利用できるようになった。さらに、KORENプロジェクト(韓国での産学官連携プロジェクト)で使用している大規模PCクラスターを自由に利用できるようになった。

・分散数値計算において有用な”ネットワークパイプシステム”を提案した。実際に同システムを実装し性能評価を行った。その結果、HDDと比較して分散計算機環境での同システムの有効性が確認できた。

・研究発表1：“Distributed computation as network application”、Yoshihito Oyama、2003年1月25日、APAN (Asia Pacific Advanced Network) meeting、ハワイ

・研究発表2：“ネットワークアプリケーションとしての分散数値計算”、大山義仁、猪俣敦夫、菅野啓、2004年7月11日、DICOMO2004、長崎

3. 数値計算によるシミュレーション：

・上記1,2のサブテーマがほぼ完了し、シミュレーションプログラムの開発を始めた。

・当初の計画よりもモデルの精査と理論解析に時間がかかったため、数値計算プログラムの開発とそれによるシミュレーションが十分に行えなかった。特に計算手法である有限要素法を用いたプログラミングにおいて、デバッグに時間を要してしまった。

5. 全体のまとめ

・上記にある通り、数理モデルによる解析では日韓インターネット技術会合にて光通信における信号劣化の原因である各種分散現象の説明を実施した。さらに、偏波モード分散(PMD)が今後の広帯域光通信で問題となってくることを、インターネット技術者の間に説明した。

・分散数値計算環境構築では、複数の大規模計算システムを利用できるようになった。また、分散数値計算において必要となる新しいアプリケーションの開発とその性能評価を行った。その結果は、上記の通り国内外で研究発表を行った。

今後の展望

今後は、理論解析を実施したモデルをもとに数値シミュレーションを実施し、具体的な環境を想定した偏波モード分散が光信号に与える影響を明らかにして行く予定である。また、シミュレーションプログラムのユーザインターフェースを整備し、偏波モードシミュレータとして完成度を上げていきたいと考えている。

さらに、本研究を通じて利用できるようになった分散数値計算環境は一般的の科学技術計算に利用できるので、様々な研究に活用して行きたいと考えている。一方で現在、Gridコンピューティングに注目が集まっている。今回の研究を進めていく中で明らかになってきたGridコンピューティング上のセキュリティ問題にも取り組んで行きたいと考えている。

今後もこうした課題に取り組み、将来の超広帯域光通信とそれを利用するネットワークアプリケーションの研究開発に貢献して行きたいと考えている。