



Title	光ファイバ通信を利用した高精度時刻供給システムの構成法に関する研究
Author(s)	今岡, 淳
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42940
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	いま 今	おか 岡	あつし 淳
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)		
学 位 記 番 号	第 1 4 9 2 5 号		
学 位 授 与 年 月 日	平 成 1 1 年 9 月 2 2 日		
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当		
学 位 論 文 名	光ファイバ通信を利用した高精度時刻供給システムの構成法に関する研究		
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 池 田 博 昌 (副査) 教 授 森 永 規 彦 教 授 小 牧 省 三 教 授 前 田 肇 教 授 塩 澤 俊 之 教 授 元 田 浩 教 授 北 山 研 一		

論 文 内 容 の 要 旨

地理的に離れた場所におかれた原子時計の時刻を高精度に比較する時刻比較技術は、原子発振器の運用、開発に欠かせない重要な技術である。本論文は、光ファイバ通信を利用したナノ秒オーダーの高精度時刻供給システムの構成技術に関する研究の成果をまとめたものであり、全文は次の8章より構成されている。

第1章の序論では、高精度時刻供給システムの構成技術についての現状、要求条件と研究課題を述べ、本論文の目的と位置づけを明確にしている。

第2章では、光ファイバ伝送路の遅延時間変動特性について、実伝送路の長期間遅延時間特性を測定し、その結果から詳細な特性を初めて明らかにしている。

第3章では、伝送路で発生する遅延変動を補正するにあたり、フィードバックループに加わる位相雑音の特性を把握することが重要であり、位相雑音を3つに分類し、それぞれの雑音がどのように抑圧されるかを解析している。その解析にもとづき伝送路遅延変動特性のデータをもとに制御パラメータの最適化を行い、望ましい遅延変動補正方式を明らかにしている。

第4章では、光ファイバ伝送方式でのデジタル信号多重化のフォーマットにおけるオーバーヘッド部分を利用して時刻信号を伝送する時刻供給システムを提案している。オーバーヘッド部分を用いることにより、主信号に影響を与えることなく経済的に時刻信号を送信することが可能となるが、オーバーヘッド部分にはPOHとSOHの2つの形式があり、これらを用いる2つの方式を提案し、それぞれの得失を明らかにしている。さらに、実験システムを用いてこれらの技術を検証し、SOH部を利用した時刻供給システムでは、時刻装置に起因する時刻の劣化を1 ns以下と高精度にできることを明らかにしている。

第5章では、1心の光ファイバを用いて双方向波長多重伝送を行う遅延時間測定方式を提案しており、その有効性を実験システムにより検証している。本提案方式により、対向する伝送路長の差に起因する時刻誤差を回避することが可能となる。伝送路長100 kmのシステムにおいて1 nsの確度、0.1 nsの精度が得られることを明らかにしている。

第6章では、時刻供給システムのキーデバイスとなる新しい時間間隔測定回路を提案しており、実際にLSIとして

実現し、その性能を検証している。開発した LSI の測定精度は 50 ps 以下、測定の直線性誤差は ± 20 ps 以下であり、時刻供給システムの要求精度を充分満たすことを明らかにしている。

第 7 章では、以上の各章で述べてきた成果を総合したナノ秒時刻供給システムの構成法を提案しており、これまでの技術では約 300 ns の精度しか得られていなかったシステムの性能を 2 桁以上も改善できる方式が実現できることを明らかにするとともに、システムの応用の将来展望も併せて提案している。

第 8 章では、本研究で得られた成果を総括し、結論を述べている。

論文審査の結果の要旨

地理的に離れた場所におかれた原子時計の時刻を高精度に比較する時刻比較技術は、原子発振器の運用、開発に欠かせない重要な技術である。本研究は、この様な背景のもとで、光ファイバ通信を利用してナノ秒オーダーの高精度な時刻供給システムを構成する技術に関する新しい方式を提案し、その有効性を明らかにしているもので、得られた主な成果は以下の通りである。

- (1) 実伝送路の長期間遅延時間特性を測定し、長距離の光ファイバ伝送路ではマイクロ秒オーダーの遅延変動が発生することを初めて明らかにしている。
- (2) 伝送路で発生する遅延変動を補正するためには、遅延補正を時刻信号の受信局側で行う方式が、高精度の補正が可能であることを明らかにするとともに、遅延補正のためのフィードバックループに加わる位相雑音の望ましい抑圧技術を提案している。これらの解析にもとづき望ましい遅延変動補正方式を明らかにしている。
- (3) 光ファイバ伝送路を用いて時刻信号を送る方式において、光通信のデジタル信号多重化のフォーマットにおけるオーバーヘッド部分を利用して時刻信号を伝送する時刻供給システムを提案している。オーバーヘッド部分のなかでも SOH (セクションオーバーヘッド) 部を用いることにより、時刻装置に起因する時刻の劣化を 1 ns 以下と高精度にできることを、実験システムを用いた検証も行って、明らかにしている。
- (4) 1 心の光ファイバを用いて双方向波長多重伝送を行う遅延時間測定方式を提案しており、その有効性を実験システムにより検証している。本提案方式により、対向する伝送路長の差に起因する時刻誤差を回避することが可能となり、伝送路長 100 km のシステムにおいて 1 ns の精度、0.1 ns の精度が得られることを明らかにしている。
- (5) 時刻供給システムにおいては、伝送路遅延時間の測定精度が時刻精度を決めるため、高精度の時間間隔測定回路を提案しており、この回路を実際に LSI として実現し、キーデバイスとして適用している。開発した LSI の測定精度は 50 ps 以下、測定の直線性誤差は ± 20 ps 以下であり、時刻供給システムの要求精度を充分満たすことを明らかにしている。
- (6) 以上の各章で述べてきた成果を総合したナノ秒時刻供給システムの構成法を提案しており、これまでの技術では約 300 ns の精度しか得られていなかったシステムの性能を 2 桁以上も改善できる方式が実現できることを明らかにするとともに、システムの応用の将来展望も併せて提案している。

以上のように、本論文は、高精度時刻供給システムの構成技術に関する優れた提案をしており、その技術の有効性については現実に試作システムによって検証されていることから明らかであり、得られた成果の妥当性、有用性は極めて高く評価され、通信工学、ネットワーク工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は、博士論文として価値あるものと認める。