

学位論文題名

ATM 伝達網におけるバーチャルパス制御方式の研究

学位論文内容の要旨

本論文は、将来の高速広帯域統合通信網 (B-ISDN: Broadband - Integrated Service Digital Network) の基盤となる ATM (Asynchronous Transfer Mode) 伝達方式における、バーチャルパス (VP: Virtual Path) の制御技術に関する研究結果である。

近年マルチメディア通信を効率良く伝達する通信網として、ATM伝達方式を基盤とした B-ISDN の研究開発が盛んに行われている。ATM 伝達方式は、セル (Cell) と呼ばれる固定長 (53byte) の小パケットを伝達情報単位としたセル多重に基づく伝達方式であり、マルチメディア通信情報を効率良く伝送可能である等の特徴を有する。ATM 伝達方式ではバーチャルパス概念がパスレイヤとして新たに標準化されている。バーチャルパスは、従来の STM 伝達方式 (同期多重伝達方式) におけるデジタルパスに比較して、網を効率的に構築することが可能であり、且つ、帯域・経路の制御性に優れる特徴を有し、高度な網制御を実現できる可能性がある。

一方、高速・広帯域を実現する将来の B-ISDN では、従来の通信網にも増して、高い網信頼性が要求される。通信網には自然災害や土木工事に起因する伝送路の切断、通信ノード装置の故障、人的誤り、等により網故障が発生する場合がある。光伝送技術の進展に伴う伝送路の大容量化、及び社会・経済の高度情報化に伴い、一故障が与える影響が増大する傾向にある。特に日本では昨年の阪神・淡路大震災に代表される地震災害による大規模な通信網故障が発生する可能性があり、網高信頼度化の必要性が高い。このような通信網の故障に対しては、従来より通信路の迂回措置により通信を確保する「故障切替方式」が用いられてきた。故障切替方式は B-ISDN においても有効な網高信頼度化方式であると考えられるが、B-ISDN の特徴から、非常に高速な故障切替方式、さらには故障がユーザに全く影響を及ぼさない網高信頼度化方式の実現が要求されている。

本研究は、B-ISDN の基盤として研究開発が進められている ATM 伝達網における網高信頼度化技術、および自律分散制御を用いた網制御技術に関する。それら全ては ATM 網におけるバーチャルパスの制御技術に関する研究である。本論文は 6 章により構成される。

第 1 章は序論であり本研究の背景、概要及び論文構成について述べた。

第 2 章は本研究の研究対象である ATM 伝達方式及びバーチャルパス概念について述べた。また、第 3 章及び第 5 章で提案する網高信頼度化方式に関し、従来の方式について述べ、本研究の位置付けを明確化した。

第 3 章では ATM 網セルフヒーリング (Self-healing) 方式を提案・評価、及びプロトタイプ開発の結果を述べた。セルフヒーリング方式は、伝送装置等のネットワークエレメント (NE) の自律分散制御により集中制御機能を介さずに切替制御を行い故障復旧する方式であ

り、高速な故障復旧が実現できる。本章ではATM網に適したセルフヒーリングアルゴリズムに関し、①ATMの特徴を用いることにより高速な故障復旧を実現するATM網セルフヒーリング方式の提案、②提案方式の性能評価、③セルフヒーリング方式を考慮した網設計法の検討、④実現方式の検討、⑤プロトタイプ開発、について検討を行った。その結果、①提案方式は従来方式と比較して高速な故障復旧性能を有し、開発したプロトタイプでは実規模網（日本の長距離網）においておよそ2秒以内に全故障VPを復旧可能であること、②パス端切替を実現することにより、従来方式と比較して50%程度の予備帯域削減が可能であり、且つノード故障に対応可能であること、③バックアップVPの再構築により、現用VPの切断を伴わずに次故障への対応が可能となること、等を示した。

第4章では通信帯域をユーザの要求に応じて任意に変更するバーチャルパス帯域分散制御方式に関する研究結果を述べた。従来のSTM網ではその方式的な理由から通信帯域変更が制限されるのに対し、ATMでは任意の通信速度のサービスを提供することが可能である。更に、その通信帯域はユーザの要求に応じて任意に変更することが容易である。この特徴を活かすことにより、複数のユーザが網のリソースをシェアし有効利用する「帯域変更サービス」が実現できる。

帯域変更サービスにおいて、ユーザがそのサービスをどのような端末・用途に使用可能であるか、また、網内でいかに他ユーザと効率的にリソースをシェア可能であるかは、帯域変更制御速度（帯域変更が要求されてから実際に変更が終了するまでの制御時間）に依存する。本研究はセルフヒーリングで用いた伝送装置による自律分散制御を応用することにより、高速なバーチャルパス帯域制御を実現する研究であり、①自律分散制御によるバーチャルパス帯域制御方式の提案、②制御性能（制御速度、制御効果）の評価を行った。その結果、①NE自律分散制御を用いたVP帯域制御アルゴリズムは、集中制御方式と比較し、制御速度及びスケラビリティに優れる特徴を有する、②予備帯域量、収容VP数、ブロッキング確率の間には相関関係があり、例えばブロッキング確率: 10^{-3} 、多重VP数: 100VPの条件下では、ピーク帯域割当に比較して、80%の帯域削減が可能であること、等の結果を得た。

第5章では無中断バーチャルパス方式に関する研究について述べた。無中断バーチャルパス方式は、網に故障が発生してもユーザ回線に全く影響を及ぼさない（切断及び情報損失が発生しない）超高信頼通信サービスを実現する伝達方式である。B-ISDNでは複数の異なる信頼度（コスト）をクラス化して提供する必要があるが、本研究はその中でハイエンドサービスとして位置付けられる。

無中断バーチャルパス方式は、ATMの特徴を利用し、同一情報を複数の通信経路を介して並列伝送し、受信側で常に正常に伝送されたセルを選択することにより、網故障による情報の損失を防止する方式である。網故障により伝送経路が断絶しても最低1本の並列伝送経路が残存する限りエンドユーザには情報損失は発生しない。検討の結果、①VPの無中断化を実現する方式として、遅延時間の低減、基盤網のシンプル化等の要求条件から、並列伝送に基づく無中断VP方式が優れる、②無中断VP方式の受信部方式としては、遅延時間の低減及びセル同定誤りの防止から、選択単位としてはセルフフレーム方式が、選択タイミングとしては早着即出方式が適する、等の結論を得た。

第6章は本研究の結論であり、得られた成果の概要を述べた。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 伊 藤 精 彦
副 査 教 授 枡 内 香 次
副 査 教 授 岸 浪 建 史
副 査 教 授 小 川 恭 孝

学 位 論 文 題 名

ATM 伝達網におけるバーチャルパス制御方式の研究

近年マルチメディア通信を効率よく伝達する通信網として、ATM(Asynchronous Transfer Mode)伝達方式を基盤とした高速広帯域統合通信網(B-ISDN: Broadband-Integrated Service Digital Network)の研究開発が盛んに行われている。ATM 伝達方式は、セル(Cell)と呼ばれる固定長(53byte)の小パケットを伝達情報単位としたセル多重に基づく伝達方式であり、マルチメディア通信情報を効率良く伝送可能である等の特徴を有する。ATM 伝達方式ではバーチャルパス(VP: Virtual Path)概念がパスレイヤとして新たに標準化されている。バーチャルパスは、従来の STM 伝達方式(同期多重伝達方式)におけるデジタルパスに比較して、網を効率的に構築することが可能であり、且つ、帯域・経路の制御性に優れた特徴を有し、高度な網制御を実現できる可能性がある。

一方、高速・広帯域を実現する将来の B-ISDN では、従来の通信網にも増して、高い網信頼性が要求される。特に日本では昨年の阪神・淡路大震災に代表される地震災害による大規模な通信網故障が発生する可能性があり、網高信頼度化の必要性が高い。

本論文は、将来の B-ISDN の基盤となる ATM 伝達方式における、バーチャルパスの制御技術に関する研究結果である。

第 1 章は序論であり本研究の背景、概要及び論文の構成について述べた。

第 2 章は本研究の研究対象である ATM 伝達方式及びバーチャルパスの概念について述べた。また、第 3 章及び第 5 章で提案する網高信頼度化方式に関し、従来の方式について述べ、本研究の位置付けを明確化した。

第 3 章では ATM 網セルフヒーリング(Self-healing)方式を提案・評価、及びプロトタイプ開発の結果を述べた。セルフヒーリング方式は、伝送装置等のネットワークエレメント(NE)の自立分散制御により集中制御機能を介さずに切替制御を行い故障復旧する方式であり、高速な故障復旧が実現できる。本章では ATM 網に適したセルフヒーリングアルゴリズムに関し、① ATM の特徴を用いることにより高速な故障復旧を実現する ATM 網セルフヒーリング方式の提案、②提案方式の性能評価、③セルフヒーリング方式を考慮した網設計法の検討、④実現方式の検討、⑤プロトタイプ開発、について検討を行った。その結果、①提案方式は従来方式と比較して高速な故障復旧性能を有し、開発したプロトタイプでは実規模網(日本の長距離網)においておよそ

2 秒以内に全故障 VP を復旧可能であること、②パス端切替を実現することにより、従来方式と比較して 50%程度の予備帯域削減が可能であり、且つノード故障に対応可能であること、③バックアップ VP の再構築により、現用 VP の切断を伴わずに次故障への対応が可能となること、等を示した。

第 4 章では通信帯域をユーザの要求に応じて任意に変更するバーチャルパス帯域分散制御方式に関する研究結果を述べた。従来の STM 網ではその方式的な理由から通信帯域変更が制限されるのに対し、ATM では任意の通信速度のサービスを提供することが可能である。更に、その通信帯域はユーザの要求に応じて任意に変更することが容易である。この特徴を活かすことにより、複数のユーザが網のリソースをシェアし有効利用する「帯域変更サービス」が実現できる。

本章ではセルフヒーリングで用いた伝送装置による自律分散制御を応用することにより、高速なバーチャルパス帯域制御を実現する研究を行っており、①自律分散制御によるバーチャルパス帯域制御方式の提案、②制御性能（制御速度、制御効果）の評価を行った。その結果、① NE 自律分散制御を用いた VP 帯域制御アルゴリズムは、集中制御方式と比較し、制御速度及びスケラビリティに優れた特徴を有する、②予備帯域量、収容 VP 数、ブロッキング確率の間には相関関係があり、例えばブロッキング確率:10⁻³、多重 VP 数:100VP の条件の下では、ピーク帯域割当に比較して、80%の帯域削減が可能であること、等の結果を得た。

第 5 章では無中断バーチャルパス方式に関する研究について述べた。無中断バーチャルパス方式は、網に故障が発生してもユーザ回線に全く影響を及ぼさない（切断及び情報損失が発生しない）超高信頼通信サービスを実現する伝達方式である。B-ISDN では複数の異なる信頼度（コスト）をクラス化して提供する必要があるが、本研究はその中でハイエンドサービスとして位置付けられる。

無中断バーチャルパス方式は、ATM の特徴を利用し、同一情報を複数の通信回路を介して並列伝送し、受信側で常に正常に伝送されたセルを選択することにより、網故障による情報の損失を防止する方式である。網故障により伝送経路が断絶しても最低 1 本の並列伝送経路が残存する限りエンドユーザには情報の損失は発生しない。検討の結果、① VP の無中断化を実現する方式として、遅延時間の低減、基盤網のシンプル化等の要求条件から、並列伝送に基づく無中断 VP 方式が優れる、②無中断 VP 方式の受信部方式としては、遅延時間の低減及びセル同定誤りの防止から、選択単位としてはセルフフレーム方式が、選択タイミングとしては早着即出方式が適する、等の結論を得た。

第 6 章は本研究の結論であり、得られた成果の概要を述べた。

これを要するに、著者は将来の高速広帯域統合通信網の基盤となる ATM 伝達方式におけるバーチャルパスの制御技術に関して実用上有効な多くの知見を得ており、情報通信工学の分野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。