

氏 名 陈 文杰

授与した学位 博 士

専攻分野の名称 工 学

学位授与番号 博甲第4630号

学位授与の日付 平成24年 9月27日

学位授与の要件 自然科学研究科 産業創成工学専攻

(学位規則第5条第1項該当)

学位論文の題目 光トレイルネットワークにおけるトレイル設定方式およびメディアアクセス制御方式に関する研究

論文審査委員 教授 横平 徳美 教授 杉山 裕二 教授 山井 成良

学位論文内容の要旨

近年、既存の光デバイスにより構築可能であり、かつ、波長単位よりも細かい粒度での帯域割当が可能な光ネットワークアーキテクチャとして光トレイルネットワークが注目されている。このネットワークで通信を行う際には、送受信ノード間で特定の波長を予約することによりトレイルと呼ばれる波長パスを予め設定し、これを用いてトラヒックを転送する。トレイルは単方向共有バスであり、トレイル上の各ノードは任意の下流ノードへトラヒックを送信できる。しかし、光トレイルネットワークでは、(1)中継ノードでの光信号の減衰によりトレイルのホップ数が制限され、一定のホップ数を超えるような経路上にトレイルを設定できないこと、および、(2)従来のメディアアクセス制御(Medium Access Control: MAC)方式を用いた場合、トレイルが遊休状態となる時間が生じ、トレイル上の帯域が有効利用されないという2つの問題がある。

本論文では、まず、上述した1つ目の問題を解決するために、カットスルー機能を備えた動的トレイル設定方式を提案する。提案方式は、トレイルを設定する際に、その経路上の中継ノード数が予め定められた値を超えている場合には、ランダムに選択したいくつかの中継ノードにおいてカットスルーを実施することにより、光信号が経由する中継ノードの数を予め定められた値以下へと抑制する。シミュレーションにより提案方式とカットスルー機能を用いない動的トレイル設定方式(通常方式)とを比較評価した結果、提案方式は通常方式と比較してトラヒック要求棄却率を35.7%以上低減できること、および、光トレイルネットワークの規模が大きくなるほど提案方式によるトラヒック要求棄却率の低減の程度はより大きくなることを明らかにした。

本論文では、次に、上述した2つ目の問題を解決するために、トークン保持ノードにおいて、トレイルを上流トレイルと下流トレイルの2つのトレイルへと分割し、それぞれのトレイルにおいてデータを転送するトレイル2分割方式を提案する。また、提案方式を用いたトレイルにおけるトークン保持時間設定問題を線形計画問題として定式化し、それを解くことにより提案方式の最大スループットを導出する。数値例によると、最大スループットについては、提案方式にとって最も都合の悪いトラヒックパターンでは最大スループットの向上がみられないが、提案方式にとって最も都合の良いトラヒックパターンでは従来方式と比較して最大で約1.9倍、一様なトラヒックパターンでは最大で約1.6倍の最大スループットが得られることがわかった。エンドツーエンド遅延については、提案方式で用いるトークン保持時間として最大スループットを実現できるときのトークン保持時間を採用した場合には提案方式は従来方式よりも大きなエンドツーエンド遅延を示すものの、その値は各ノードが予め申告する遅延許容値以下へと抑えられていることを明らかにした。また、提案方式で用いるトークン保持時間をトレイル上で実際に発生するトラヒックパターンに応じて適応的に設定した場合には提案方式は従来方式と同等のエンドツーエンド遅延を示すことを明らかにした。

本論文では、最後に、トレイルのさらなるスループットの向上を目的として、トレイル多重分割方式を提案する。この方式は、下流トークンだけでなく、上流トークンもトレイル分割の契機とすることにより、上流トークン保持ノードの上流に位置するリンク上の遊休状態の帯域を有効利用するようにトレイル2分割方式に対して拡張を施した方式である。トレイル多重分割方式とトレイル2分割方式とを比較した数値例によると、一様なトラヒックパターンでは最大スループットの向上は見られないが、トレイル多重分割方式にとって最も都合の良いトラヒックパターンでは最大で約2倍の最大スループットが得られることを明らかにした。

論文審査結果の要旨

近年、既存の光デバイスにより構築可能であり、かつ、波長単位よりも細かい粒度での帯域割当が可能な光ネットワークアーキテクチャとして光トレイルネットワークが注目されている。このネットワークでは、2つのノード間で特定の波長を予約することにより、トレイルと呼ばれる単方向の波長パスが設定され、トレイル上の各ノードは任意の下流ノードへトラヒックを送信できる。しかし、このネットワークでは、(1)中継ノードでの光信号の減衰によりトレイルのホップ数が制限され、一定のホップ数を超えるような経路上にトレイルを設定できない、(2)従来のトークンパッシング型メディアアクセス制御(Medium Access Control: MAC)方式を用いた場合、トレイルが遊休状態となる時間が生じ、トレイル上の帯域が有効利用されない、という2つの問題があった。

本論文では、まず、上述した1つ目の問題を解決するために、カットスルー機能を備えた動的トレイル設定方式を提案している。提案方式は、トレイルを設定する際に、その経路上の中継ノード数が予め定められた値を超えている場合には、ランダムに選択したいくつかの中継ノードにおいてカットスルーを実施することにより、光信号が経路する中継ノードの数を予め定められた値以下へと抑制している。数値例によれば、カットスルーを用いない方式と比較して、提案方式はトラヒック要求棄却率を35.7%以上低減している。

本論文では、次に、上述した2つ目の問題を解決するために、トークン保持ノードにおいてトレイルを上流トレイルと下流トレイルの2つのトレイルへと分割し、それぞれのトレイルにおいてデータを転送するトレイル2分割方式を提案している。数値例によると、提案方式にとって最も都合の悪いトラヒックパターンでは最大スループットの向上は見られないが、提案方式にとって最も都合の良いトラヒックパターンでは従来方式と比較して最大で約1.9倍、一様なトラヒックパターンでは最大で約1.6倍の最大スループットが得られている。

本論文では、最後に、トレイルのさらなるスループットの向上を目的として、トレイル多重分割方式を提案している。この方式は、下流トークンだけでなく、上流トークンもトレイル分割の契機とすることにより、上流トークン保持ノードの上流に位置するリンク上の遊休状態の帯域も有効利用するようにトレイル2分割方式に対して拡張を施した方式である。数値例によれば、トレイル多重分割方式にとって最も都合の良いトラヒックパターンでは最大で約2倍の最大スループットが得られている。

以上のように、本論文は、次世代のネットワークアーキテクチャの一つとして期待されている光トレイルネットワークの性能を改善させるための手法を提案したものであり、博士(工学)の学位に値すると認める。