



Title	Analysis, Modeling, and Design of ISP Topologies Considering Traffic Dynamics
Author(s)	Hirayama, Takahiro
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/27476
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

インターネットの普及、発展に伴い、インターネットが社会に担う役割の重要性が高まっており、様々な通信技術・サービスの発展に伴い、要求される通信品質の多様化が進んでいる。通信品質の維持のために高性能のルーターを多用することは、設置や電力コストの増大につながり、ISPにとっては、予想されるトラフィック変動の大きさに合わせて設備量を調整するなど、いかに高性能な機器の使用を抑えつつ、トラフィックを収容できるようにネットワークを設計するかが重要となる。しかし、サービスの多様化に伴いトラフィックの増加や変動はさらに予測が困難なものとなっており、予測を外れた増加や変動は輻輳や設備の過剰配備につながるため、インターネットにおけるトラフィックの振る舞いを把握した上で、高性能な機器の使用を抑えながらも、多量のトラフィックの収容が可能なネットワークを設計することが重要である。

そこで本論文では、時々刻々と変動するトラフィックを効率的に収容できるネットワークの設計を目指し、インターネットトポロジーにおけるトラフィックダイナミクスの分析とモデル化、およびトポロジーの設計法について議論する。本論文ではまず、ISPルーターレベルトポロジーにおけるトラフィックダイナミクスの性質について議論する。ISPトポロジー固有の構造的特徴とトラフィックダイナミクスとの関係を分析した結果、ISPトポロジーが持つモジュール性の高い構造がTCPに基づくフロー制御により生じるトラフィック変動を抑制する働きを持つことが明らかになった。次にISPトポロジーのモジュール構造に起因するトラフィックダイナミクスが設計に与える影響の分析を行い、実際のISPトポロジーにおける回線容量分布の特徴がTCPトラフィックにより様々な箇所に現れるボトルネックを段階的に増強することにより出現することを示す。またこの知見を応用することで、大規模なISPトポロジーにおいて段階的な増強により得られる回線容量分布を再現する回線容量割当モデルを提案する。最後に本論文では、モジュール間の接続構造とトラフィック収容に必要な総回線容量の関係を調査することにより、必要となる設備量を抑制するネットワーク間の接続構造を持つべき構造的特徴を示す。様々な構造を有するトポロジー間の接続構造を比較することにより、様々な距離のノード間が接続され、階層ごとに異なるリンク密度を有するマルチスケールな構造を有することで、トラフィックの収容に必要な総回線容量を抑制可能であることを示す。

論文審査の結果の要旨

近年、インターネットの普及に伴い、インターネットを流れるトラフィック量は増加を続けている。また、様々な新しいサービス・通信技術の登場に伴い、利用形態の多様化が進んでおり、社会的基盤としての重要性が増しつつある。トラフィックの増加や変動といったネットワーク環境の変化に対し、管理者は輻輳が発生する箇所の設備量を増強することにより対応してきた。しかし、高性能の機器の多用は設置コストや電力コストの増大を招くため、トラフィック変動の大きさに合わせた設備量の設計や、トラフィックの変動を抑制するネットワーク設計などトラフィックのダイナミクスを考慮したネットワーク設計手法の確立が望まれる。

トラフィックのダイナミクスに関する研究についてはこれまでも様々な議論がなされてきた。例えばTCPに代表されるエンドホスト間フロー制御が、ボトルネックリンクを経由するトラフィック量の時間変動に大きな影響を与えることが知られている。しかしこうした研究においては、ネットワークのトポロジーはダンベル型のような非常に単純なものが用いられている。ISPルーターレベルトポロジーのようにノード数が数百程度と規模が大きなトポロジーでは、ボトルネックとなるリンクが様々な場所に出現し、それらのリンクを経由するトラフィックの変動の大きさはそれぞれ異なる。予測を外れたトラフィック増加や変動は設備量の過剰投資や枯渇につながるため、大規模なトポロジーにおける個々のリンクにおけるトラフィック変動の特徴を理解し、それを考慮したネットワーク設計を議論する必要がある。

そこで本論文では、トラフィックの変動を考慮したネットワーク設計の実現に向けた、インターネットトポロジ

【21】

氏名	ひら やま たか ひろ 平 山 孝 弘
博士の専攻分野の名称	博士 (情報科学)
学位記番号	第 25858 号
学位授与年月日	平成25年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 情報科学研究科情報ネットワーク学専攻
学位論文名	Analysis, Modeling, and Design of ISP Topologies Considering Traffic Dynamics (トラフィックダイナミクスを考慮した ISP ネットワークの分析、モデル化および設計手法の提案)
論文審査委員	(主査) 教授 村田 正幸 (副査) 教授 村上 孝三 教授 中野 博隆 教授 東野 輝夫

ーにおけるトラフィックダイナミクスの分析とその影響を考慮した回線容量設計モデルの提案、およびルータレベルトポロジー間の接続手法について議論している。ルータレベルトポロジー固有の構造的特徴であるモジュール構造と呼称される、局所的に密に接続されたモジュールを有しつつ、モジュール間は疎に接続された構造が、TCPフロー制御により生じるトラフィック変動を軽減する働きを持つことが明らかにされている。また、ルータレベルトポロジーの構造とTCPにより生じるトラフィックダイナミクスが、ISPの回線容量設計に与える影響を調査し、様々な個所に出現するボトルネックを段階的に増強することにより、実際のISPトポロジーが持つ回線容量分布と同一の特徴を有する回線容量分布が得られることを示している。さらに、この知見を応用することで大規模なトポロジーにおいて段階的な増強により得られる回線容量分布を再現できる回線容量割当モデルを提案している。

最後に本論文では、モジュールの内部構造とモジュール間の接続構造に着目し、ISPルータレベルトポロジー間を接続する際に、トラフィックの収容に必要な設備量を抑制するルータレベルトポロジー間の接続構造を持つべき特徴を明らかにしている。様々な構造を有するトポロジー間の接続構造を比較することにより、階層的な構造を有するISPルータレベルトポロジー間を接続する場合においては、様々な距離のノード間が接続され、上層ほど密に接続されたマルチスケールな構造を有することで、トラフィックの収容に必要な総回線容量を抑制可能であることを示している。

以上のように、本論文はインターネットトポロジーにおける設備量設計およびトポロジー間接続手法に関して有用な研究成果を上げている。よって、博士（情報科学）の学位論文として価値あるものと認める。