

オール IP ネットワークにおけるふくそう制御方式の提案

畠山 賢一^{*1}, 栗林 伸一^{*2}

Proposed congestion control methods for all IP-based networks

Kenichi HATAKEYAMA^{*1} and Shin-ichi KURIBAYASHI^{*2},

ABSTRACT : All-IP networks, including next generation networks (NGNs), in which IP technology is used to integrate all services, are being studied or introduced in earnest worldwide. To support any services in all-IP networks, it is necessary to allocate both the computing resource (processing ability) and the network resource (bandwidth) simultaneously.

This paper discusses congestion control schemes for all-IP based networks, based on the joint allocation of multiple types of resources. This paper first analyzes congestion control schemes used in existing services and networks, and proposes basic principles on congestion control for all-IP networks, assuming the joint allocation of multiple types of resources. Next, two schemes are proposed to materialized a part of basic principles. First scheme is a flexible resource reallocation scheme in which a part of network resources not fully used in one center are reallocated to other center. Second scheme is a smart request restriction scheme to ease the congestion, which does not restrict all requests uniformly but restricts only those requests that require a large amount of resource of the congested resource type. Finally, we demonstrate the effectiveness of the proposed schemes by numerical computation and simulation evaluations.

Keywords : Congestion control, All-IP network, NGN

(Received August 3, 2007)

1. まえがき

次世代ネットワーク (NGN)⁽¹⁾も含め, 全てのサービスを IP 技術により統合する“オール IP ネットワーク”の検討ならびに導入が近年積極的に進められている。オール IP ネットワークでは, 従来インターネットで提供されていたメール、Web アクセス、ブログ、動画配信だけでなく、固定電話、携帯電話、TV⁽²⁾、センサ情報なども IP 技術を用いてサービス提供される。また、単に既存サービスを IP 化するだけでなく、他サービスとの連携や新たなサービス創出も期待されている。従来ネットワーク事業者と呼ばれていた事業者もネットワークの提供だけでなく計算能力も合わせて提供するサービスも開始している⁽³⁾。

全てのサービスをインターネットに類似したネットワーク上で提供することを想定すると、インターネットで

問題となっているウイルス、不正アクセス、DoS 攻撃などが今までそのような問題が発生していなかったサービスにも拡大する懸念がある。VoIP による不正音声スパム SPIT などはその一例である。

また、複数のサービスが混在することになり、他ユーザトラフィックに伴う干渉に加え、サービス間の干渉(他サービスの過負荷やふくそうによって影響を受けること)が多発する可能性が高くなる。例えば、地震発生などによる発信規制などは従来データ通信ネットワークではあまり大きな問題とはなっていなかったと思われるが、同じ資源を共有する限り干渉を受けることになる。つまり、今まで特定サービスでしか発生していなかったふくそうが他サービスのふくそうを誘発したり、または特定サービスの異常トラフィック(スパムや DDoS 攻撃なども含む)が他のサービスの品質劣化を引き起こす可能性が出てくる。

次世代ネットワークを含むオール IP ネットワークが本格導入ならびに社会インフラ化する前に、これらに対

*1 : 工学研究科物理情報工学専攻修士程学生

*2 : 理工学部情報科学科教授 (kuribayashi@st.seikei.ac.jp)

応する対策を確立しておくことは大変重要なことである。本論文では、次世代ネットワークを含むオール IP ネットワークにおけるふくそう制御方式について検討する。まず、既存サービスや既存ネットワークで検討されているふくそう制御方式の分析を踏まえたオール IP ネットワークのふくそう制御に対する基本的な考え方を明らかに整理する。次に、課題の1つである“複数資源を同時に割り当てること”を前提としたふくそう対策を新たに提案し、その有効性を評価する。

2. オール IP ネットワークのふくそう制御に対する基本的な考え方

電話網、バケット交換網、携帯電話網、FR 網、ISDN 網、ATM 網、高度 IN、インターネット、VoIP などの既存ネットワークでは、様々なふくそう対策が実施されている^{(4), (5)}。それらの対策はオール IP ネットワークにも適用できるものが多いと考えられる。以下では、それらも踏まえたオール IP ネットワークのふくそう制御に対する基本的な考え方を以下に整理する。なお、これらは全ての考え方ではなく、特徴的なものを抽出している。また、全ての項目を実施する必要はなく、システム毎に必要な項目を選択して実施することを前提とする。

< 1 > 特定サービスの過負荷、ふくそう、DoS/DDoS 攻撃などによる他サービスへの影響・干渉を極力排除する。そのため、地理的に分散する様々なサーバ、ネットワーク帯域、ファイヤーウォール装置(SIP 向け SBC 装置なども含む)等の資源を仮想化し、サービス毎に割り当てる(図1)。

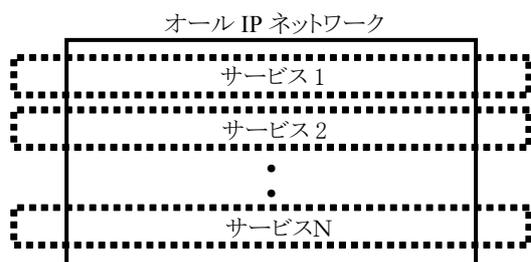


図1 複数サービスでオール IP ネットワークを共用するイメージ

< 2 > また、各サービスに対しては最低品質を維持できる専用資源を割り当て、共用資源については全サービスで極力公平に利用できるものとする(図2)。サービス毎に専用に割り当てる資源量は利用状況に応じて適宜みなおす。また、特定サービスがふくそう状態になった場合には、共用資源を特定サービスに優先的に振り分け、ふくそうの緩和を図ることも考える。

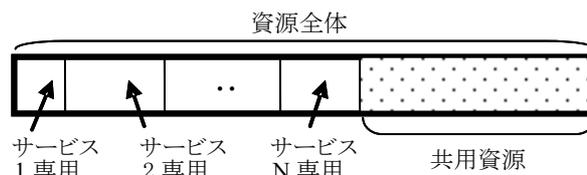


図2 複数サービスに対する資源割当てイメージ

< 3 > 特定サービスが過負荷またはふくそうになった場合の規制のため、サービス毎に優先、非優先などの処理レベルも設ける。

< 4 > オール IP ネットワーク上でサービスを提供するためには、コンピューティング資源(計算能力)やネットワーク資源(帯域)など複数資源を同時に割り当てる必要がある^{(6), (7)}。複数種別資源の“同時割当て”を前提とした場合、特定の資源種別がふくそうするとその資源種別の資源だけを他から融通し、ふくそうを緩和させる対応が考えられる。また、ふくそうが継続する場合には全ての要求を規制するのではなく、ふくそうしている資源種別を多く必要とする要求のみを規制する対応が考えられる。これらの対応により、サービス品質の劣化を抑制しかつ資源の有効利用を図ることができる。詳細は3章で説明する。

< 5 > ふくそう時の緊急通信確保や通常呼の公平な接続(時間はかかっても順番に着実に接続)のため、ふくそうしていない他サービスの資源を用いてふくそう状態に関係者に通知、または接続規制の支援を行う(図3)。ただし、ふくそうしていなかったサービスが逆にふくそうにならないように、ふくそうサービスのための処理量を一定値以下に抑えることが条件となる。

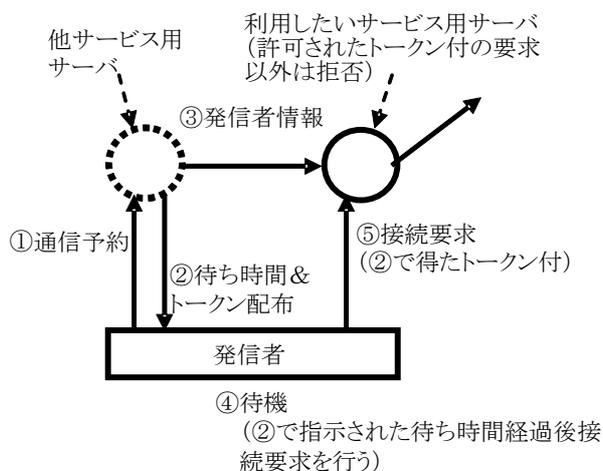


図3 特定サービスふくそう時に他サービス資源を用いてふくそうサービスへの接続規制処理を行う例

＜6＞サービス毎にふくそう対策を考える場合、サーバ、ネットワーク帯域、端末など個々の構成要素で判断するのではなく、ネットワーク全体をみた“真のふくそう原因”特定を行う必要がある。例えば、サーバが混み合っている場合、そのサーバに接続するネットワークの帯域が大きすぎるのが真の原因(収容設計の問題)であれば、サーバへの対処でなく接続するネットワークの帯域を小さくする必要がある。

＜7＞トランスポート系が混み合っている場合にはそれをリソース/受付制御系やサービス制御機能に伝え、新たな呼の接続などを抑制するなどの連携が必要である。

＜8＞災害時のふくそうに備え、サービス毎に171やIAAなどに相当する安否システムやふくそうアナウンス(ユーザが通常使用する機器を対象)などを準備しておく必要がある。

3. 複数資源同時割当てを前提としたふくそう制御方式の提案

3.1 考え方

本章では、2章で述べた考え方＜4＞を実現する具体的なふくそう制御方式を提案する。例えば、ネットワーク装置で計算能力の使用率(通常CPU使用率と呼ばれるものと同じである)や帯域使用率など複数の指標を監視しそれらの1つでも一定値以上になると規制を実施する例は従来もあるが、複数種別の資源を同時に割当ててることを前提としたものはほとんどない。

複数種別の資源を同時に割当ててることを前提とした場合、従来の考え方では特定の1つの資源種別だけがふくそうしても、サービス品質を維持するために全ての要求種別を対象に規制が実施されてしまい、資源の利用効率が大幅に低下する可能性がある。ここでは、資源種別と

して計算能力と帯域の2つを前提に、その改善策を以下に提案する。

3.2 特定資源種別に着目した資源融通方式

3.2.1 考え方

空きがある資源種別の資源の一部を他センタに融通する。ただし、融通することにより融通するセンタ自体の要求棄却率が劣化しない(つまり、資源の一部を融通しても自身のサービス品質劣化にはつながらない)ことを条件とする。

3.2.2 方式概要

図4のモデルを用いて、帯域を融通する場合を説明する。計算能力を提供するサーバ1とサーバ2は物理的に離れた場所に設置され、各サーバ向け帯域はネットワーク内のスイッチによりサーバ1向けとサーバ2向けに分割されるものとする。図4の例では、サーバ2向け帯域(N_2)の空きがほとんどないため、サーバ2の計算能力に空きがあるにも関わらずサーバ2で新たな要求を処理できない状況である。この場合、サーバ1向け帯域(N_1)に空きがあれば、サーバ1向け要求処理のサービス品質を劣化させない範囲内で帯域の一部(N_a)をサーバ2向け帯域に融通する。これにより、サーバ2で処理できる要求が増加し、システム全体で扱う要求量が増加する。

3.2.3 最適帯域融通量の算出法

表1は、図4のモデルを前提とした帯域融通量の算出式をまとめたものである。表1のパターンIおよびIIに該当しない場合には、帯域の融通は行わないことを意味する。 W_a はサーバ2の計算能力の使用率の空きを全て使い切るだけの帯域量を示し、 W_b はサーバ1向け帯域の残り量を示す。従って、実際に融通できる帯域量は W_a 、

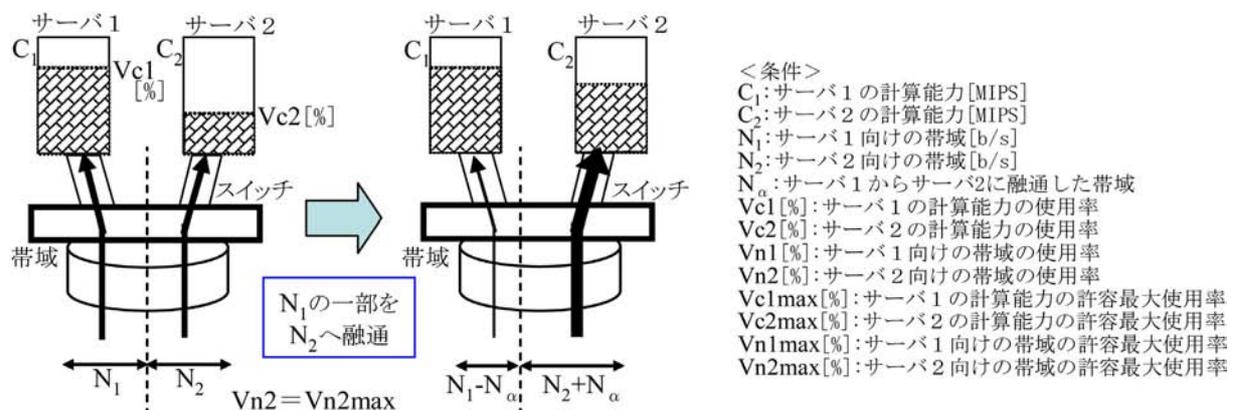


図4 資源融通方式のイメージと評価モデル

表 1 帯域の融通量算出式 (図 4 モデル前提)

パターン	融通先	条件	融通量
I	サーバ1向けの帯域をサーバ2向けへ融通	$Vn2 = Vn2max$ $Vc2 < Vc2max$ $Vn1 < Vn1max$	$\min\{W_a, W_b\}$ 但し、 $W_a = \{(Vc2max - Vc2) \times Vn2 / Vc2\} \times N_2$ $W_b = \{Vn1max - Vn1\} \times N_1$
II	サーバ2向けの帯域をサーバ1向けへ融通	$Vn1 = Vn1max$ $Vc1 < Vc1max$ $Vn2 < Vn2max$	$\min\{W_a, W_b\}$ 但し、 $W_a = \{(Vc1max - Vc1) \times Vn1 / Vc1\} \times N_1$ $W_b = \{Vn2max - Vn2\} \times N_2$

W_b の小さい方となる。

表 1 のパターン I を前提とした融通量の数値例を図 5 に示す。図 5 の網掛け部分が帯域融通範囲を示す。また図 5 は、融通しない場合のシステム全体の要求量で正規化した値(A)も合わせて示す。図 5 より、以下の諸点が明らかである。

- i) サーバ 2 の計算能力の使用率 $Vc2$ が一定値までは W_b が W_a よりも小さいため、融通量は W_b の値で一定である。 $Vc2$ がそれ以上大きくなると融通量も W_a のグラフに従って小さくなり、 $Vc2max$ で 0 になる。これはサーバ 2 に残されている計算能力使用率が少なくなるにつれ帯域融通によって新たに処理できる要求量も多くできなくなるためである。
- ii) 各サーバに割当てられた帯域が同一の場合 ($N_1 = N_2 = N$)、 $Vn1$ が 0% の時にサーバ 1 向け帯域 N を全て融通可能であり、融通によりシステム全体で扱う要求量は最大 2 倍となる。

3. 2. 4 動的資源融通方式

サーバ 1, サーバ 2 に加わる要求量が一定で、かつその量が既知であれば、3. 2. 3 で述べように帯域融通

の可否、融通量を静的に決定することができる。しかし、実システムでは加わる要求量は時間と共に変動するため、それに合わせて融通の可否ならびに融通量を動的に決定する必要がある。その方法を以下に説明する。なお、3. 2. 3 と同様に帯域の融通を対象とする(計算能力の融通は対象外)。

- i) まず、各資源の使用状況を把握する必要がある。集中的に管理する方式も考えられるが、システム全体の状況を集めるための処理負荷が大きく、かつ収集遅延でも問題がある。このため帯域の使用状況を帯に把握でき、かつ帯域の割り振りも行うスイッチで各資源の使用状況を把握し、最適な融通量を決定するものとする。
- ii) スイッチは帯域の使用状況を監視し、それが許容最大に達した段階で各サーバに計算能力の使用状況(使用率)を問い合わせる。そして収集した情報を基に、表 1 を使って融通量を計算する。なお MPLS ネットワークであれば、サーバへの計算能力の使用状況問い合わせは LDP メッセージ⁽⁸⁾を拡張し、“リソース使用状況問合せメッセージ” という新たなメッセージを追加して、そのメッセージによってサーバに現在の計算能力の使用率を尋ねるものと考えられる。一例を図 6 に示す。

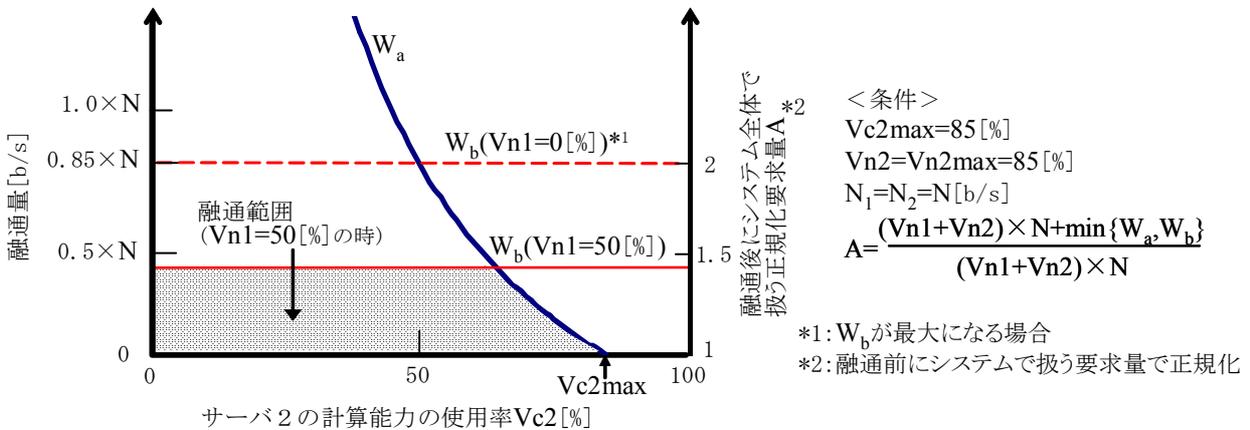


図 5 帯域の融通量及び融通による増加要求量の数値例



図6 リソース使用状況問い合わせ用の LDP メッセージの例

3.3 ふくそう資源種別に着目したふくそう規制方式

3.3.1 方式概要

特定の資源種別のふくそうが要因で新たな要求を受付けにくい状況においては、全ての要求を一律に規制するのではなく、ふくそうしている資源種別の資源を多く必要とする要求のみを規制する。

一例を図7に示す。この例では、計算能力が許容最大に達成しており、従来方式では要求種別に関係なく全ての要求を一律に規制する(100%でなく、一部処理するやり方も含む)。一方提案方式では、必要とする計算能力が大きい要求種別①のみを規制対象とすることにより、多くの要求を処理することができる。

サーバの計算能力が常に最大許容使用率に近いために要求棄却が多発している状態

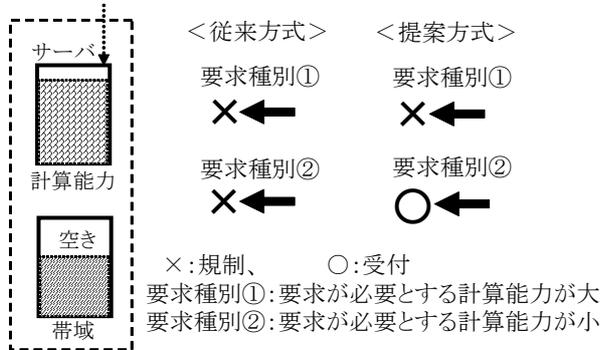
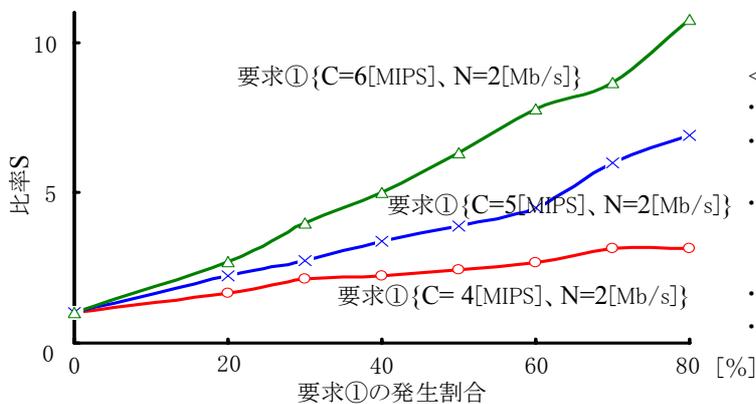


図7 ふくそう資源通知に着目した規制方法



<条件>

- $C_{max1}=20$ [MIPS], $N_{max1}=20$ [Mb/s]
- 要求②: {C=2[MIPS], N=2[Mb/s]}
- 要求②の割合=100%-要求①の割合
- 定常負荷: 他負荷によって使用されている計算能力の割合であり、要求①ならびに要求②は利用できない。
- 資源保留時間H=8[min]
- 定常負荷T=5[MIPS]

図8 ふくそう資源種別規制の評価結果

3.3.2 評価条件

- 1) C 言語を用いたコンピュータシミュレーションにより評価を行う。
- 2) サーバの計算能力ならびに帯域の総資源量を C_{max} , N_{max} とする。
- 3) 要求毎に必要な計算能力と帯域の大きさはガウス分布に従ったそれぞれの平均値を C, N で表す。
- 4) 要求の発生間隔(要求発生率)は平均 r の指数分布に従う。資源保留時間 H は一定とする。
- 5) 要求の発生パターンは {C=a, N=b} で表わす。これは、C と N がそれぞれ a, b の大きさの要求が繰り返し発生することを示す。
- 6) サーバの計算能力が混み合っている状態を作るため、評価する要求とは別な負荷により定期的に T 使用されているものと仮定する。
- 7) 以下で定義される要求棄却率[%]を評価で使用する。
 ・(棄却した要求数/発生した要求の総数) × 100

3.3.3 シミュレーション結果と分析

図8は要求① {C=x, N=2} (x=4,5,6)と要求② {C=2, N=2}をサーバで処理することを前提に、要求①と要求②の混合(それぞれの割合は変化させる)、要求②のみ、で要求棄却率が1%以下になる要求発生率をそれぞれ求め、その比率 $S = \{\text{要求②発生率} / (\text{要求①} + \text{要求②}) \text{発生率}\}$ を評価したものである。実際の制御では、棄却率が1%以下になるように規制する要求数の比率に対応する。図8より、以下の諸点が明らかである。

- i) 計算能力を多く必要とする要求①の割合が多くなるほど比率 S は大きくなる。つまり、要求①を規制することにより、より多くの要求を処理することができる。
- ii) 要求①の C が大きいほど規制効果は大きくなる。

4. むすび

本論文は既存サービスや既存ネットワークで検討されているふくそう制御方式の分析を踏まえ、次世代ネットワークを含むオール IP ネットワークのふくそう制御に対する基本的な考え方を提案した。また、従来ほとんど検討が行われていない複数資源を同時に割当てることを前提としたふくそう対策として、特定資源種別に着目した動的も含めた資源融通方式と特定資源種別に着目したふくそう規制方式を新たに提案し、その有効性を明らかにした。

今後は提案方式の具体的実現方法、詳細な制御アルゴリズムならびに最適な制御パラメータ値(最低融通資源量, 要求規制量など)の決定法を明らかにしていく予定である。

参考文献

- [1] N.Morita and H.Imanaka, “Introduction to the Functional Architecture of NGN,” Proc. IEICE, vol.E90-B, no.5, pp.1022-1031, May 2007.
- [2] M. Montpetit and S.Ganesan, “IPTV architectures and deployments”, CCNC2007 Tutorial.
- [3] ULTINA On Demand Platform
<http://www.japan-telecom.co.jp/english/newsrelease/2006/feb/0209/0209.html>
- [4] 黒田, 上村, 更井, “パケット交換網ふくそう制御方式”, NTT 研究実用化報告, Vol.30, No.3(1981)
- [5] 富士, E.Y.Chen, 岡田, 柏: “DDoS 攻撃対策システム Moving Firewall”, NTT 技術ジャーナル (2003.6)
- [6] S.Tsumura and S.Kuribayashi, “ Simultaneous allocation of multiple resources for computer communications networks ” , APCC2006, 2F-4 (2006.8)
- [7] 畠山, 津村, 栗林, “複数種別資源の同時割り当てを前提とした資源融通方式ならびにふくそう規制方式の提案”, 電子情報通信学会 信学技報 TM2006-64 (2007.03)
- [8] F.M.Holness, “ Congestion Control Mechanisms within MPLS Networks ” , Doctor paper, Queen Mary and Westfield College University of London, September 2000