

ネットワークフローを分散制御するプログラム群の一合成法

5N-6

山口 弘純 坂手 寛治 東野 輝夫 谷口 健一

大阪大学 大学院基礎工学研究科 情報数理系専攻

E-mail:{h-yamagu, sakate, higashino, taniguchi}@ics.es.osaka-u.ac.jp

1. まえがき

一般に、複数のサーバが保持する音声や映像などのマルチメディア情報を複数のクライアントがネットワークを介して利用する場合、それらの転送のためのデータフローが通信容量の限られた通信路上に複数存在する。このような場合、各アプリケーションの QoS (Quality of Service) 要求を満たしながら限られた通信容量をいかに割り当てるかが問題となる [1]。

従来、通信容量割り当てに対してこのような QoS 制御を行う場合、各クライアントノードのトランスポートレイヤで動的に通信容量の情報を獲得し、適切な転送レートを設定する方法が一般的である [2]。このような制御方法は広域な公衆回線など通信状況が全く予測できない状況では有用であるが、反面、情報収集や計算の負荷が大きい。一方、各クライアントのアプリケーションやそれが利用するデータフローが予めわかっているようなある程度限定されたネットワークにおいては、各クライアントノードのアプリケーションレイヤでそれらの情報を利用して適切なルーティングや転送レート制御を行うことが有効であると考えられる。しかし、このような制御方法を実現する場合は各アプリケーションごとに他のアプリケーションのどのデータフロー情報を獲得し、どの程度の転送レート変更を依頼するかなどの複雑な手続きを逐一記述する必要があり、設計者に負担がかかり、現実的ではない。

本稿では、(a) 各クライアントのアプリケーションがどの順でどのサーバが持つデータを用いるのかのみを記述したアプリケーションの仕様（以下サービス仕様とよぶ）、(b) 各通信リンクの許容転送レートと、サーバ・クライアント群が指定されたネットワークのグラフ、(c) 各データの転送に用いるフローとその要求転送レート及び最低保証要求転送レートを与えられたとき、各フローの設定要求に対して十分な通信容量が確保できない場合はなるべく設定要求が受け入れられるようにそれぞれが競合するフローの転送レートを制御するような各アプリケーションの詳細仕様（以下プロトコル仕様とよぶ）を自動合成する一手法の概略について述べる。具体的には、各アプリケーションはフロー設定の際に競合するフローの情報を獲得し、それらを制御する各アプリケーションに対し（それらのフローの最低保証要求転送レートを満たす範囲で）転送レートを下げることがを依頼する。各アプリケーションのサービス仕様は HCPN (階層カラーベトリネット)[3] の最上位ページとして、そのプロトコル仕様はそれを階層的に詳細化した HCPN として記述される。本手法を用いることにより、設計者に負担をかけることなく様々なアプリケーションやネットワークに対して容易にプロトコル仕様を合成でき、Design/CPN[3] など高機能なシミュレータを用いた評価が容易になるなどの利点がある。

2. 合成例による手法の概略

2.1. サービス仕様とネットワーク環境

図1(a)はHCPNの最上位ページとして記述したクライアントA, Bのサービス仕様の記述例である。クライアントAではV1(Video1), A1(Audio1)が同時に、クライアントBではV2(Video2), V3(Video3)がこの順で利用される。このようにサービス仕様では各アプリケーションがどのデータの組をどの順で用いるかをトランジションのシーケンスとして指定する。また、図1(b)はネットワークグラフとデータフロー

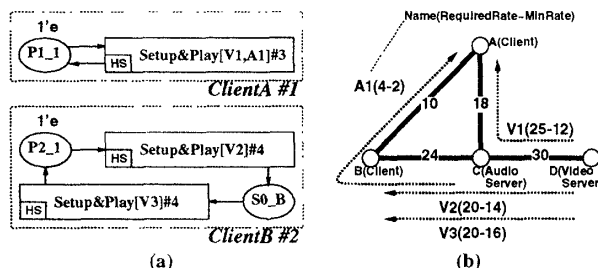


図1: サービス仕様とネットワークグラフ

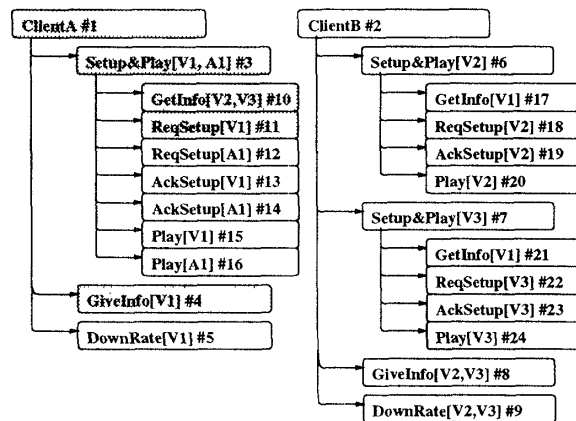


図2: プロトコル仕様の HCPN ページの階層構造

の例である。各フローにはそのフローが要求する転送レート及び最低保証転送レートを指定できる。

2.2. 合成したプロトコル仕様と合成法の概要

図3は図1のサービス仕様とネットワークグラフから合成したクライアントAのプロトコル仕様である。また、図2はプロトコル仕様のページ（階層化されたサブネット）の階層関係を表している。なお、紙面の都合上、図3では図2における色つきのページのみを示す。HCPNにおいて、[HS]が付随するトランジションは、それが対応するページで置換されることを表し、[P]はページ置換の際の節点プレースを表す。また、[FG]はすべてのページで有効なグローバルプレースを表す。またアークの発火条件として色無しトークン e が付随する場合はすべて省略する。

以下、クライアントAがどのようにフロー制御を行うかを簡単に説明する。プレース PortA_IN, PortA_OUT はネットワークに対する通信ポートを表し、FlowInfo は獲得したフロー転送レート情報を保持する。最上位のページ ClientA #1 において、ページ Setup&Play[V1,A1] #3 はフロー V1,A1 を設定し、Video1, Audio1 を再生する。ページ GiveInfo[V1] #4, DownRate[V1] #5 は他のアプリケーションからのリクエストメッセージの受信時に起動され、前者はフロー V1 の情報を渡し、後者はフロー V1 の転送レートを要求されたレートに引き下げる。Setup&Play[V1,A1] #3 では、まずページ GetInfo[V2, V3] #10 でフロー V1 と競合する可能性のあるフロー V2 または V3 の現在の転送レート情報を獲得し、次に、ページ ReqSetup[V1] #11 では（必要ならば獲得したフロー情報から引き下げ要求を行うレート

A Method for Designing Distributed Flow Control Programs
Hirozumi YAMAGUCHI, Hiroharu SAKATE,
Teruo HIGASHINO and Kenichi TANIGUCHI
Department of Information and Computer Sciences,
Faculty of Engineering Science, Osaka University
Toyonaka-shi, Osaka 560 Japan

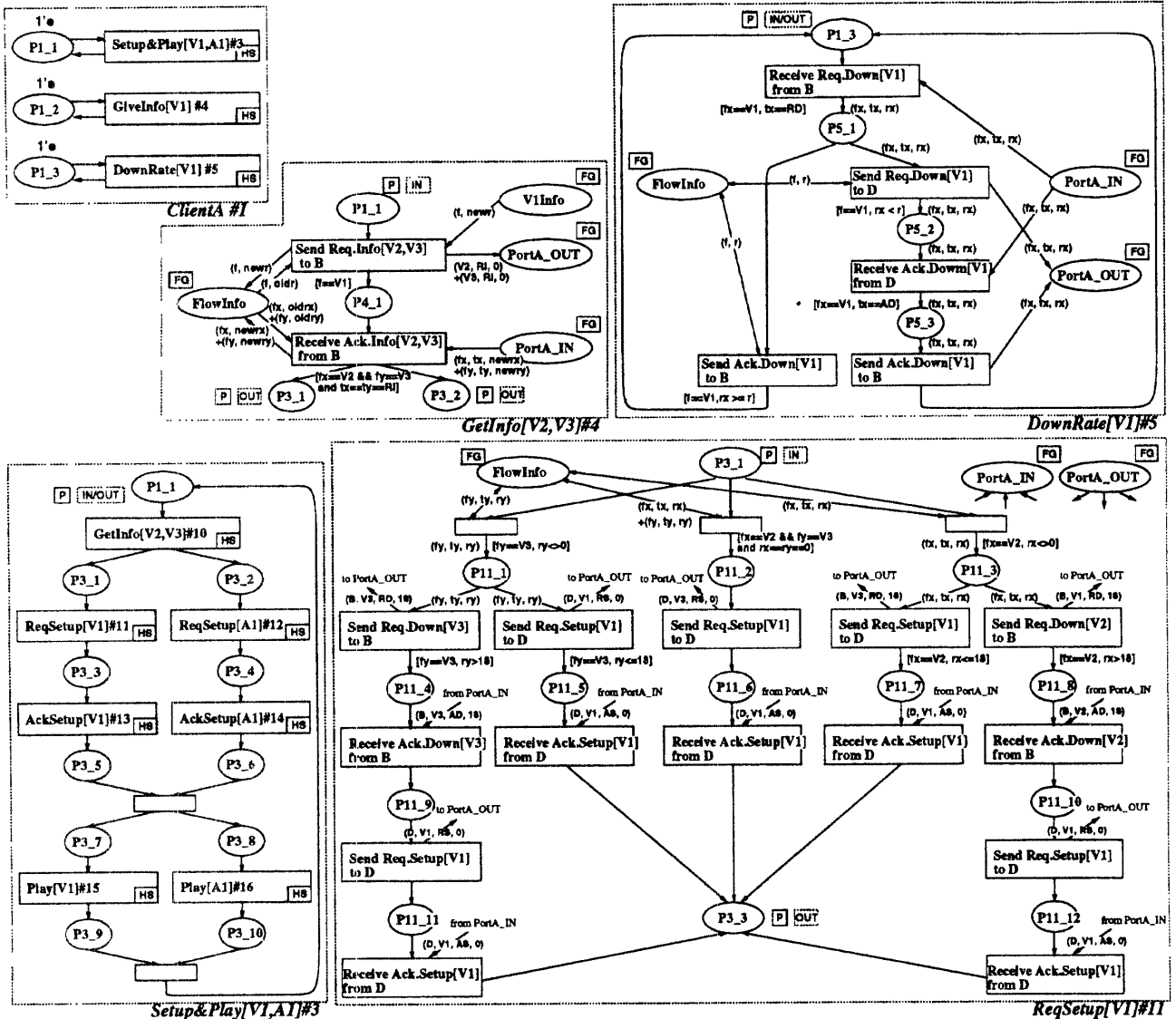


図 3: クライアント A のプロトコル仕様 (一部)

を計算して、クライアント V2 または V3 の転送レートを引き下げてもらった後に) V1 のサーバ D にフロー設定を要求する。ReqSetup[A1]#12 では A1 は V2, V3 とは同一リンクを通るが要求転送レートは競合しないため、直接 A1 のサーバ C にフロー設定を要求する。AckSetup[V1]#13, AckSetup[A1]#14 は設定要求の応答を受信し、Play[V1]#15, Play[A1]#16 は Video1, Audio1 をそれぞれ再生する。

合成アルゴリズムはおおよそ以下の手順でプロトコル仕様を合成する。(I) サービス仕様とネットワークグラフ、フロー情報をもとに、同じ通信リンクの転送レートを競合する可能性のあるフローのすべての組を見つける。また、競合時にはどのフローの転送レートをどの程度に制限すればよいかの上限値があるコスト基準に従ってそれぞれ計算しておく。ここでフローが競合するとは、それらのフローの要求転送レートの和が通信リンクの許容転送レートを超える場合をいう。そのようなフローの組の情報から各クライアントは他のクライアントのどのフローの情報を入手すべきか、どのフローの情報を渡すべきかなどがわかるため、図 2 のような HCPN のページの階層構造を組み立てることができる。(II) 先の HCPN の階層構造の各ページを順次合成する。具体的には各ページごとにそれぞれフロー情報に依存しない部分を基本 CPN として用意し、その CPN にフロー情報に依存した部分を付加、あ

るいは変形することで得られる。

3. あとがき

本稿では、HCPN の最上位ページとして記述された各クライアントアプリケーションのサービス仕様とネットワークグラフ及びデータフローの情報からフロー制御を行う HCPN で記述された同アプリケーションのプロトコル仕様を自動合成する手法の概略を述べた。今後の課題は、転送レート以外の他の QoS パラメータ (フロー設定時の遅延時間、代替フローなど) を考慮し、それらも扱えるように提案する手法を拡張すること、より現実的な例題を扱うことにより手法の有用性を確認すること、シミュレーションにより合成したプロトコル仕様の性能評価を行うことなどである。

参考文献

- [1] A. Vogel, B. Kerhervé, G.v. Bochmann and J. Gececi : "Distributed Multimedia and QOS : A Survey," *IEEE Multimedia*, Summer, pp. 10-19 (1995).
- [2] L. Delgrossi and L. Berger : "Internet Stream Protocol Version 2 (ST2) : Protocol Specification - Version ST2+," *RFC1819* (Aug. 1995).
- [3] K. Jensen : "Coloured Petri Nets - Basic Concepts, Analysis Methods and Practical Use, Volume 1," *Monographs in Theoretical Computer Science*, Springer-Verlag (1992).