

ユビキタスネットワーキング環境 (uGrid) におけるスケーラブルな サービス提供の実現に向けたルーティングプロトコルの拡張

中原 健太[†] 菊田 洸[†] 山田 翔太[†] 石井 大介[†] 岡本 聡[†]
山中 直明[†]

[†] 慶應義塾大学理工学部情報工学科 〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1
E-mail: †nakahara@yamanaka.ics.keio.ac.jp

あらまし IPv6 への移行によるユビキタス社会の実現が間近だとされる中、様々なデバイスが IP アドレスを持ち、ネットワークに接続されることが想定される。我々が提案するユビキタスグリッドネットワーキング環境 (uGrid) では、IPv6 の膨大なアドレス空間を利用し、デバイスだけでなくプログラムやコンテンツにも IP アドレスを割り当て、サービスパーツと定義する。uGrid では、様々なサービスパーツを組み合わせることによりサービスのフローによってユーザが要求するマッシュアップサービスを提供する。サービスパーツは IP アドレスによりネットワーク層によって扱われる。そこで我々は、ルーティングプロトコルによって uGrid によるサービス提供を世界規模でスケールさせる新方式“サービスルーティング”の提案する。本稿では OSPF を拡張することで実現可能な、リンクコストと同様にサービスパーツがサービスコストを広告するネットワークシステムを提案する。本システムにおいてサービスフローのルーティングを行うことでアプリケーション層では実現不可能な適切なサービス提供が可能となる。そこで本稿では加えて、線形計画法および Dijkstra 法の拡張により、サービスフローのルーティング手法を提案し、シミュレーションによって評価を行った。

キーワード ユビキタス, uGrid, ルーティング, GMPLS, OSPF

Realizing the Scalable Service Provisioning in Ubiquitous Networking Environment(uGrid) by Extending Routing Protocol

Kenta NAKAHARA[†], Ko KIKUTA[†], Shota YAMADA[†], Daisuke ISHIII[†], Satoru OKAMOTO[†],
and Naoaki YAMANAKA[†]

[†] Dept. of Information and Computer Science, Faculty of Science and Technology, Keio University
Hiyoshi 3-14-1, Kohoku-ku, Yokohama, 223-8522 Japan
E-mail: †nakahara@yamanaka.ics.keio.ac.jp

Abstract With the advance of ubiquitous society, it is expected that everything will be allocated IP address and connected to the network. In a ubiquitous grid networking environment(uGrid) we have proposed, we define not only devices but also program functions and contents as “Service-Part” by allocating IP address. uGrid provides mash-up desired service for users along the flow of service by interconnecting various Service-Parts. Because we allocate IP address to Service-Parts we can manage Service-Parts within Network layer. Then, we propose a new system “Service-Routing” by which service provision in uGrid scales all over the world. In proposal, we propose the Network System where Service-Parts advertise the Service Cost in the same way routers advertise the link cost, which is feasible by extending OSPF. By calculating the route of the flow of service in this system, appropriate service provision that is not achievable with application layer can be realized. Thus, additionally, we propose routing scheme of flow of service by ILP(integer linear programming) and extending Dijkstra method. We evaluated the effectiveness of proposal by computer simulation.

Key words ubiquitous, uGrid, routing, GMPLS, OSPF

1. まえがき

近年、IPv6 化が注目されると共にユビキタス社会の到来が間近だとされている。IPv6 化により膨大なアドレス空間を手に入れたユビキタス社会において、あらゆるデバイスがネットワークに接続されることが想定されており、新たなネットワーク環境としてユビキタスグリッドネットワーク環境 (uGrid) [1] [2] が提案されている。uGrid はネットワーク上に分散した計算機を利用し、仮想的に 1 つの大規模システムを構築するグリッドコンピューティング [3] に着想を得た環境であり、ネットワークを介してデバイスが相互作用することにより実現する。uGrid ではネットワークに接続したデバイスをサービスパーツとして定義し、ユーザは世界中に散らばるサービスパーツの中から所望のサービスパーツを選択し組み合わせることによって新たなサービスを楽しむ。さらに uGrid を発展させた時、IPv6 の膨大なアドレス空間によりデバイスだけでなくソフトウェアプログラム機能にも IP アドレスを割り当てることが可能となる。これにより図 1 に示すように、サービスパーツ同士を接続し、各サービスパーツ上で実行される様々な処理のマッシュアップによってユーザが要求するサービスを提供可能となる。

動的で高速なサービスパーツの接続要求に応えるために、我々は uGrid におけるサービス提供手法としてシグナリングプロトコルに基づいたサービスシグナリング [4] を提案している。サービスシグナリングはサービスパーツ同士を接続し、サービスのフローによってユーザへマッシュアップサービスを提供する。GMPLS (Generalized Multi Protocol Label Switching) ネットワークによる実現を想定しており、シグナリングプロトコルである RSVP-TE (ReSerVation Protocol-Traffic Engineering) を拡張し、シグナリングによる GMPLS パスによってサービスフローを提供する。

あらゆるデバイスに加えソフトウェアプログラムに対しても IP アドレスを割り当てた場合、サービスパーツはネットワーク層によって扱うことが可能となる。そこで我々は、ネットワーク層のルーチングプロトコルに基づいてサービスを提供する“サービスルーチング”を提案する。ルーチングプロトコルは世界規模でスケール可能なプロトコルであり、OSPF (Open Shortest Path First) など長い年月にわたり研究開発された豊富な財産を持つ分野である。提案するサービスルーチングでは、OSPF におけるリンクコストに加え、サービスパーツがサービスコストを広告する。サービスコストの例として、CPU 処理能力、電力消費量などが挙げられる。OSPF によるリンクコストおよびサービスコストの広告により構築されたリンクステートデータベース上でルーチングを行うことにより、URL などのアプリケーション層では実現不可能なネットワークおよびサービスの状況を考慮した適切なサービス提供が可能となる。uGrid においてデバイスからソフトウェアプログラム、コンテンツなどあらゆる“もの”に IP アドレスを割り当て、サービスルーチングを実行した後にサービスシグナリングによってサービスを提供することで、新たなネットワーク環境構築の可能性を

見出すことが可能となる。

uGrid においてサービスフローは様々なサービスを經由する。また同一のサービスを提供するサービスパーツは複数存在する。このため、サービスフローを最小コストでルーチングする場合、経由サービスごとの全サービスパーツの組み合わせ (2 種類のサービスを經由し、それぞれ 100 個サービスパーツが存在する場合は 10000 通りの組み合わせ) から最小コストを求める必要性があり、計算量が膨大となることでスケーラビリティに乏しくなるという問題がある。このため本稿では、線形計画法によってこのルーチング問題を定式化し、それをもとに Dijkstra 法を拡張した 3D-Dijkstra 法を提案する。計算機シミュレーションにより提案ルーチング手法によって計算時間が抑制可能であることを確認した。

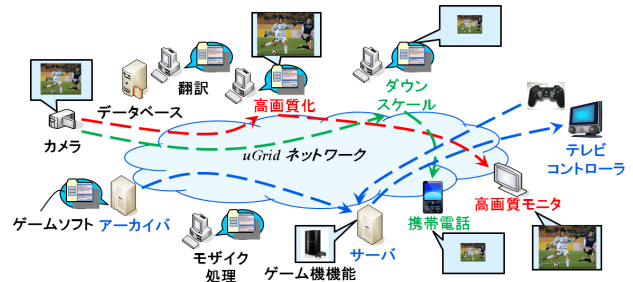


図 1 uGrid が提供するサービスモデル

2. 関連研究

2.1 uGrid

uGrid では、あらゆるデバイスをサービスパーツとして定義し、サービスパーツがネットワークに接続される環境を想定している。uGrid におけるデバイスは、グリッドコンピューティングにおける CPU、メモリ、ストレージ、ディスプレイ、ネットワーク等の計算機資源や、パソコン等の計算機システムだけでなく、マウスやキーボード、ディスプレイ、ディスクドライブといった周辺機器、デジタルカメラ、スピーカー、テレビ、DVD プレイヤー、冷蔵庫等の家電製品、携帯電話、PDA 等の情報機器、RFID 搭載機器や各種センサ機器等をもサービスパーツの対象とし、各デバイスをサービスパーツと位置づける。サービスパーツは、ネットワークを介して接続され、ネットワーク層プロトコル (現状では IP が最有力) を使用する。

ユーザはサービスパーツをネットワーク層プロトコルで接続することで、所望のサービスパーツを使用し、さらにはサービスパーツを組み合わせることで新たなサービスを楽しむことが可能になる。例えば、ディスプレイを持つユーザが、他の国のユーザのテレビチューナーをサービスパーツとして利用することで、他の国のテレビ番組を視聴することや、ユーザがスピーカーしか持たない状況で、他のユーザから iPod などのオーディオプレーヤをサービスパーツとして使用することで、好きな音楽を聴くことなどが可能となる。

2.2 GMPLS (Generalized Multi Protocol Label Switching)

近年、光ネットワークにおける帯域の急速な向上により、NGN (Next Generation Network) 等の次世代のネットワーク

の基盤として、光ネットワークに注目が集まっている。さらに、光ネットワークにおける制御技術として、GMPLS [5] が脚光を浴びている。GMPLS は IP ネットワークで用いられるパケット転送技術である MPLS (Multi Protocol Label Switching) の概念を、光波長や光ファイバ等の異なるネットワークに拡張、発展させたプロトコルである。つまり、MPLS におけるラベル付けの概念を光の波長などに拡張することによって、IP ネットワークにおけるラベルによる効率的な伝送を異なる複数のネットワークにおいて利用可能となるように発展させた制御技術である。GMPLS により end-to-end 間にパスを設定することが可能となり、パス設定に際し、OSPF-TE (Open Shortest Path First-Traffic Engineering) および RSVP-TE (ReSerVation Protocol-Traffic Engineering) を用いることにより帯域および経路の条件を設定することが可能となる。GMPLS を利用することにより内部のネットワーク状態を把握する必要なしに、動的かつ効率的なネットワーク資源の利用が実現可能である。

2.3 uGrid におけるサービスシグナリング

uGrid では様々なサービスパーツを接続し、サービスのフローによってユーザごとの要求に応えるマッシュアップサービスを提供可能となるが、サービスシグナリングでは図 2 に示すように送信元サービスパーツがシグナリングプロトコルを実行することによりサービスパーツ同士を接続する。従来のシグナリングプロトコルは IP 層以下のデータパスを確立していた。しかし提案においては拡張シグナリングプロトコルは、図 2 に示すように、各サービスパーツを処理を実行する伝送路と見なすことが可能となり、IP 層の上位のアプリケーション層のデータパスを確立することが可能となる。

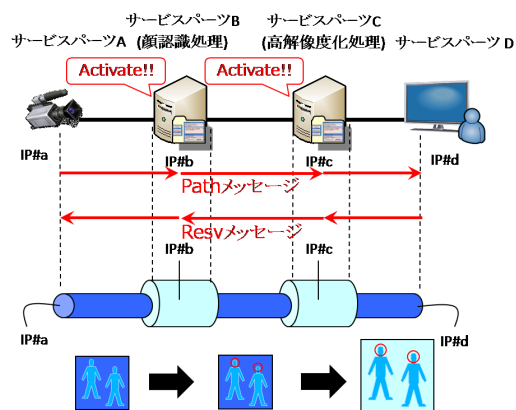


図 2 サービスシグナリングが提供するネットワークサービスパス

3. uGrid が提供するサービスモデル

uGrid におけるサービスモデルを前掲の図 1 を用いて説明する。各矢印のフローで示されるように、様々なサービスパーツで処理されたサービスがユーザへ提供される。このように uGrid ではユーザが要求するサービスは、ネットワークの雲の中の様々なサービスパーツのマッシュアップによって提供される。これはクラウド時代におけるサービス提供のひとつの形として、クラウドネットワークと呼ぶことが可能である。テレビのスポーツ中継について考えた場合、ユーザはテレビ局が選択したカメラではなく、スタジアムに設置されたカメラから好きなも

のを選択し、その映像に高画質化や字幕、実況などのサービスを自由に付加し、楽しむことが可能となる。

サービスシグナリング [4] では、uGrid におけるマッシュアップサービスを、GMPLS ネットワークにおける RSVP-TE を拡張したシグナリングによるサービスフローのパスによって実現しようとしている。

4. 提案ネットワーク

前章で uGrid におけるサービスモデルについて述べたが、同じサービスを提供するサービスパーツは世界中に点在する。このため世界中のサービスパーツからユーザに最適なものを選択し、マッシュアップサービスを提供する必要がある。この時 URL のような方式では、ネットワークの状況は考慮せず、地理的な情報程度でしかサービスパーツの選択は行うことができない。しかし uGrid では、IPv6 の膨大はアドレス空間を利用し、デバイスからソフトウェアプログラム、コンテンツまで IP アドレスを割り当て、サービスパーツと定義しているため、サービスパーツまでをネットワーク層で扱うことが可能となる。このため、世界中規模でスケール可能な IP ルーチングプロトコルを適用することが可能である。そこで我々はネットワーク層のルーチングプロトコルに基づいたサービス提供手法である“サービスルーチング”を提案する。サービスパーツに IP アドレスを持たせ、OSPF におけるリンクステートデータベースのトポロジに組み込むことで、ネットワークを考慮したサービスパーツ選択が可能となる。さらに、サービス自身もコストを広告することで、サービスパーツの状況まで考慮したサービス提供が可能となる。以下で、本稿で提案するサービスルーチングについて細かく述べる。

4.1 リンクステートデータベースの構築

本節ではサービスルーチングにおけるリンクステートデータベースの構築手法について述べる。図 3 に提案ネットワークアーキテクチャを示す。GMPLS ネットワークでは光スイッチや L2 スイッチが C-Plane (Control Plane) において OSPF によりリンク属性およびリンクコストを広告しあうことでリンクステートデータベースを構築するが、IP アドレスを割り当てられたサービスパーツも同様に C-Plane においてノードとして扱う。この時サービスパーツノード-隣接ノード間のリンクコストをサービスコストとして広告する。サービスコストとしては CPU 処理能力や収容しているユーザ数などが考えられる。

要求サービスから IP アドレスを取得し、構築されたリンクステートデータベースのトポロジ上でサービスフローを最小コストでルーチングすることにより、ユーザへの最適なマッシュアップサービス提供が可能となる。図 4 に例を示す。サービスフローがサービス A および B を経由する場合、矢印で示した最小コストのルートによって最適なサービス提供が実現される。

4.2 サービスフローのルーチング

uGrid において同じサービスを提供するサービスパーツは世界中のあらゆる場所に点在し、uGrid におけるサービスモデルでは、サービスフローは複数サービスを経由する。以下、経由サービスはフロー順に 1 番目からカウントする。この時送信元

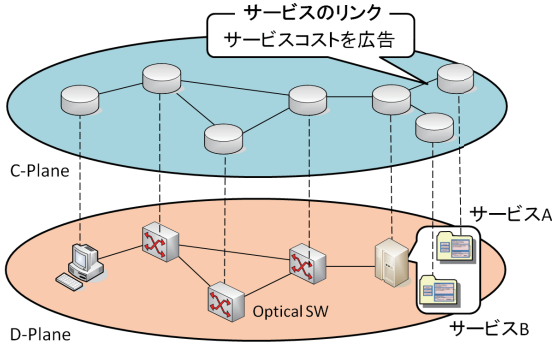


図3 提案ネットワークのアーキテクチャ

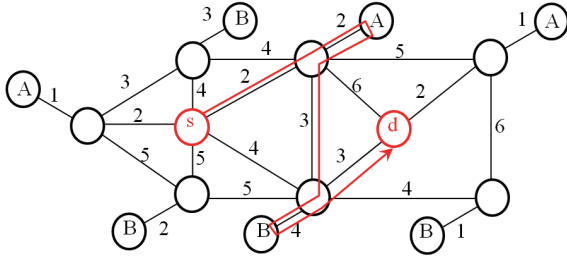


図4 要求される最小コストルーティング

から最もコストが小さい1番目のサービスを提供するサービスパーツ, そこから最もコストの小さい2番目のサービスを提供するサービスパーツ... あて先というルートが最小コストのルートになるとは限らない. 本稿ではこの手法を Best-to-Best 法と呼ぶ. このため, サービスコストとリンクコストから構成されるリンクステートデータベースで, 最小コストでサービスフローのルートを発見するためには, 経路サービスごとの全サービスパーツ同士の組み合わせを計算する必要がある. 本稿ではこの探索手法を全探索法と呼ぶ. 図5に示すように, 送信元からサービス A, B および C を経由してあて先まで通信し, 各サービスがそれぞれ5個のサービスパーツを保持する場合, 125通りの組み合わせが存在するが, 以下の手順により全探索を最も効率よく実行可能である.

1) 各経路サービスの各サービスパーツから次の経路サービスの全サービスパーツまでのコストを1回の Dijkstra アルゴリズムの実行により計算し, 格納する. 図5の例を用いると, A_1 から B_1, B_2, B_3, B_4, B_5 までの各コストのように, 図5上部の式において, 左辺から右辺の各コストは1回の Dijkstra アルゴリズムの実行により計算可能である. この時の計算量は $O(\sum_{i=0}^M x_i \times n \log L)$ となる. M は経路サービス数, x_i は i 番目のサービスを提供するサービスパーツ数である.

2) 計算し格納しておいたコストに基づき, 送信元からあて先までの全組み合わせのコストを計算し, コストが最小となるルートを選択する. この時の計算量は $O(\prod_{i=0}^M x_i)$ となる.

1), 2) より全探索法の計算量は

$$O\left(\sum_{i=0}^M x_i \times n \log L\right) + O\left(\prod_{i=0}^M x_i\right) \quad (1)$$

となる. この時, 経路サービス数および各サービスのサービス

パーツ数が増大するとともに計算量が膨大となってしまう, スケーラビリティに乏しいという問題がある. このため計算量を抑制し, 効率的に最小コストのルートを計算する手法を以下で提案する.

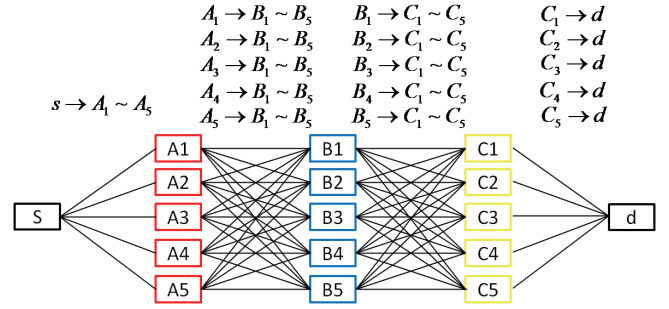


図5 全探索による最小コストルートの導出

4.2.1 線形計画法

サービスルーティングにおける上記のルーティング問題を線形計画法で定式化する. 本稿では, 線形計画法による送信元からあて先までの最短経路探索法をサービスフローの最小コストルーティングのために拡張する. 拡張の概念は, ルートがリンクを経由するか否かを表す x_{ij} に添え字をつけて x_{ij}^m と定義し, 経路サービスごとに異なるステージを設けるというものである. 集合 $V = \{0, 1, \dots, N-1\}$, $S = \{0, 1, \dots, M\}$, $S' = \{0, 1, \dots, M-1\}$ を定義する. ここで N はノード数, M は経路サービス数である. また, S^0 : 送信元ノード, $S^1 \sim S^M$ (S^i : i 番目の経路サービスを提供するサービスパーツのノード集合) を定義する. 以上を踏まえ, 以下にサービスルーティングにおける線形計画法の定式化を示す.

目的関数:

$$\text{minimize } \sum_{m \in S} \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} c_{ij} x_{ij}^m \quad (2)$$

制約条件:

$$\sum_{j \in V} x_{ij}^0 - \sum_{j \in V} x_{ji}^0 = 1 \quad i \in S^0 \quad (3)$$

$$\sum_{j \in V} x_{ij}^{m+1} - \sum_{j \in V} x_{ji}^{m+1} = \sum_{j \in V} x_{ji}^m \quad i \in S^{m+1}, m \in S' \quad (4)$$

$$\sum_{j \in V} x_{ij}^M - \sum_{j \in V} x_{ji}^M = 0 \quad i \notin S^M, i \neq t \quad (5)$$

$$\sum_{j \in V} x_{ij}^M - \sum_{j \in V} x_{ji}^M = -1 \quad i = t \quad (6)$$

$$x_{ij}^m = 0, 1 \quad i \in V, j \in V, m \in S \quad (7)$$

ここで c_{ij} はリンクコストを示し, x_{ij}^m は1の場合そのリンクを経由し0の場合そのリンクを経由しないことを示す. 式(3)ではステージ0から開始し, 送信元ノードでは(経路出リンク数) - (経路入リンク数) = 1とし, 送信元ノードをルートの始点とする. 式(4)では対象ノードが現在および次の経路サービスを提供するサービスパーツでない場合, 現在のステージでは通過ノードとして経路入リンク数と経路出リンク数が等しいこ

とを示す。式 (5) では対象ノードが次の経路サービスを提供するサービスパーツである場合、(次のステージでの経路入りリンク数) - (次のステージでの経路出りリンク数) = (現在のステージでの経路入りリンク数) とすることを示し、現在のステージでそのノードを経由する場合のみ、次のステージにおいてそのノードをルートの始点とする。式 (6) では最後のステージ $M + 1$ において式 (4) と同様にあて先ノードを考慮した通過ノード処理を行う。式 (7) ではステージ $M + 1$ においてあて先ノードでは (経路出りリンク数) - (経路入りリンク数) = -1 とし、あて先ノードをルートの終点とする。以上の制約のもと目的関数を最小化することで、全サービスを経由する最小コストルートを探索可能である。

4.2.2 サービスフローを考慮した拡張 Dijkstra 法 (3D-Dijkstra 法)

ここでは、線形計画法を基にして Dijkstra 法を拡張し、計算量を抑制したサービスフローの最小コストルーチングを実現する 3D-Dijkstra 法を提案する。3D-Dijkstra 法は、縦と横の平面のトポロジで実行する従来の Dijkstra 法にステージを設け、多段的に実行するように拡張したものである。

3D-Dijkstra 法は、与えられたサービスフローから 3D トポロジを生成し、その上で Dijkstra アルゴリズムを実行する手法である。サービスフローが与えられた場合、トポロジを (経路サービス数+1) 個コピーしてステージとして階層的に配置し、送信元を最上層のステージに、あて先を最下層のステージに設定する。最上層のステージを 1 番目として、上から i 番目のステージと $i + 1$ 番目のステージを i 番目の経路サービスを提供するサービスパーツの同一ノード同士で結合し、結合リンクのコストを 0 とする。以下、上から i 番目のステージをステージ i と表記する。図 6 に“送信元 A B あて先”というサービスフローが与えられた場合に生成される 3D トポロジを示す。

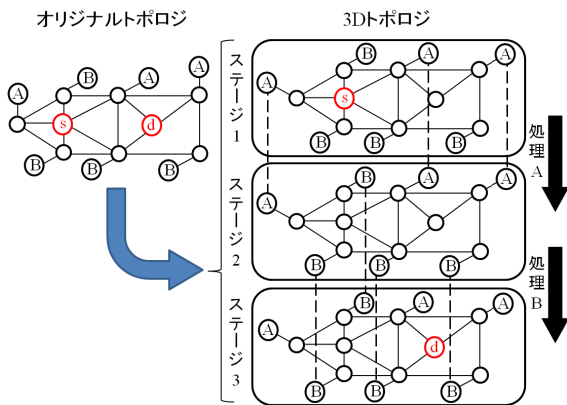


図 6 3D-Dijkstra 法における 3D トポロジ

以上の手順で生成された、 $(M + 1)$ 個のステージで構成される $(M + 1) \times n$ ノードの 3D トポロジにおいて、最上層の送信元から最下層のあて先まで Dijkstra アルゴリズムを実行する。ステージ i からステージ $i + 1$ に進むためには i 番目のサービスを経由する必要があるため、最終的にあて先に辿り着くまでに全サービスを経由することとなる。サービスフロールーチングの際のアルゴリズムを以下に示す。

(1) 初期化:送信元ノードのコストを 0, 他のノードの値をに設定

(2) あて先ノードのコストが確定するまで以下のループを繰り返す:

(a) 未確定ノードのうち、最小コストのノードを見つけ、確定ノードとする

(b) 確定ノードの全隣接ノードに対し、「確定ノードのコスト + リンクのコスト」を計算し、そのノードの現在値よりも小さい場合コストを更新する

ステージ i およびステージ $i + 1$ は i 番目のサービスの全サービスパーツで結合されているため、 $i + 1$ 番目の任意のノードのコストは i 番目のサービスを経由した上での最小コストで確定される。このようにコストが確定されたノードから次第に遠いノードを確定していくため、最終的に 1 番下のステージ $M + 1$ に位置するあて先ノードは全サービスを経由した上での最小コストで確定されることになる。結果的にコスト確定と同時にルートおよび経路サービスパーツが明らかとなる。

図 7 に、任意のトポロジで 3D-Dijkstra 法によってサービスフローの最小コストルートを計算した時の過程を示す。ノードの中に記した太字の数字が、経路確定した際のコストであり、枠外の数字は仮確定の時のコストである。また、リンク横の斜体の数字はリンクおよびサービスコストである。サービス A, B においてどのサービスパーツを経由するかは固定せず、あて先ノードに対するルートが確定された時点で、合計コスト 20 のルートと同時に経路サービスパーツも明らかとなる。

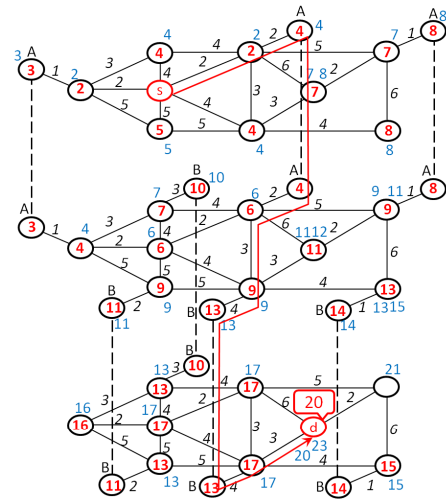


図 7 3D-Dijkstra 法の動作

3D-Dijkstra 法の計算量は

$$O(Mn \log(ML)) \quad (8)$$

となる。3D-Dijkstra 法はノードおよびリンク数が $M + 1$ 倍のトポロジで Dijkstra 法を実行することと同義であり、そのため式 (8) は式 (1) に対して M と x_i が計算量に与える影響が小さくなり、計算時間を短縮可能である。

5. 評価

計算機シミュレーションによって提案手法の特性を評価

した。まずトポロジジェネレータである BRITE [6] により、 10000×10000 のグリッドに 1000 ノード、平均次数 3 のランダムトポロジを生成した。平均リンクコストは 3651 である。本トポロジにおいて、各サービスの提供サービスパーツ数 x_i は i によらず同じ値であり、 x_i を 1~10 の間で変化させ、評価を行った。また、経路サービス数 M については 2, 4, 6 の各場合について評価した。サービスパーツはランダムに選択したノードに接続、サービスコストは (リンクコストの平均) $\times 0.5$ から (リンクコストの平均) $\times 1.5$ までの間でランダムに設定した。以上のように構成されたトポロジで、全探索法と 3D-Dijkstra 法の最小コストルートの計算時間の比較、および Best-to-Best 法と 3D-Dijkstra 法のルートコストの比較を行った。特性は送信元および先を変えた 100 回のシミュレーションの平均値である。

5.1 最小コストルートの平均計算時間

図 8 に、全探索法および 3D-Dijkstra 法でサービスフローの最小コストのルートを探出するまでの平均計算時間の比較を示す。図から、サービスパーツ数 x_i の増加と共に、全探索法では経路サービス数 M が多いほどに大幅に計算時間が増加するのに対して、提案手法である 3D-Dijkstra 法では計算時間はあまり増加しないことが分かる。これは 4.2.2 節で述べたように、3D-Dijkstra 法ではサービスフローを考慮した 3D トポロジを使用して Dijkstra 法と同様の計算を行うことで、サービスパーツ数 x_i に依存しない計算が可能となり、全探索法と比較して計算量を削減できるためである。

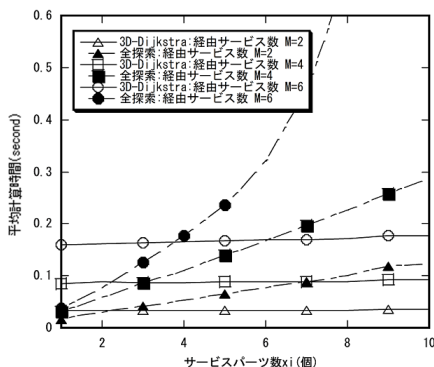


図 8 3D-Dijkstra と全探索による最小コストルートの計算時間の比較

5.2 算出ルートの平均コスト

図 9 に、Best-to-Best 法および 3D-Dijkstra 法でサービスフローのルートを探求めた場合の算出ルートの平均コストの比較を示す。3D-Dijkstra 法では最小コストのルートが算出される。図から、Best-to-Best 法ではサービスパーツ数の増加と共にルートコストは減少傾向にあるが、最小コストとの差は大きくなっていくことが分かる。また、経路サービス数が 6 の場合から分かるように、最小コストはサービスパーツ数の増加と共に減少または一定であり増加しないが、Best-to-Best 法ではルート全体のコストを考慮せずコストが最小となるサービスパーツを順に選択していくためにコストが増加してしまう場合がある。したがって、経路サービスおよびサービスパーツ数が多い場合、最小コストルートを探出可能で計算量を抑制した 3D-Dijkstra 法が有効であると言える。

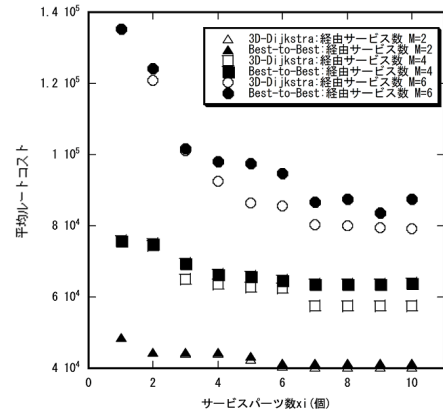


図 9 3D-Dijkstra と Best-to-Best による導出ルートのコスト比較

6. 結論

ユビキタス社会を想定したネットワーク環境である uGrid が考案されている。uGrid においてシグナリングによるサービスフローのパスによってマッシュアップサービスを提供するモデルが提案されている。サービスパーツには IP アドレスが割り当てられるため、IP ルーティングプロトコルを利用することが可能である。提案するサービスルーティングではサービスコストを広告するサービスパーツを含めたリンクステートデータベースのトポロジ上でサービスフローの最小コストルーティングを実行することにより、ユーザネットワークおよびサービスパーツの状態を含めた最適なサービスパーツ選択およびサービス提供が可能である。さらに本稿ではサービスフローの最小コストルーティングにおいて、計算量を抑制しスケーラビリティを実現するルーティング手法である 3D-Dijkstra を提案した。計算機シミュレーションにより、提案ルーティング手法により計算時間の抑制が可能であることを示した。

謝辞 本研究の一部は総務省委託研究「クラウドサービスを支える高信頼・省電力ネットワーク制御技術の研究開発 (環境対応型ネットワーク構成シグナリング技術)」の成果である。

文献

- [1] 岡本 聡, 荒川 豊, 山中 直明 “ ユビキタスグリッドネットワーク環境 (uGrid) の提案 ”, 電子情報通信学会ソサエティ大会, B-7-15, September 2007.
- [2] 碓井 亮太, 赤木 元美, 宮城 洋之, 荒川 豊, 岡本 聡, 山中 直明 “ ユビキタスグリッドネットワーク環境 (uGrid) 実現に向けたサービスパーツ間接続実験 ”, 電子情報通信学会フォトニックネットワーク研究会, Vol. PN2007-92, pp. 105-110, March 2008.
- [3] I.Foster, C.Kesselman, “ The grid: blueprint for a new computing infrastructure ”, Morgan Kaufmann, 1998.
- [4] Hirofumi Yamashita, Yusuke Okazaki, Daisuke Ishii, Satoru Okamoto, and Naoaki Yamanaka “ Newly Proposed Signaling Based Service Provision Concept for Ubiquitous Grid Networking Environment ”
- [5] 監修: 青山友紀, 編者: 山中直明, “ MPLS とフォトニック GMPLS, ” 電気通信協会, オーム社, 2003 年 12 月.
- [6] A.Medina, A.Lakhine, I.Matta, J.Byers, “ BRITE: universal topology generation from a user 's perspective ”, Computer science department, Boston university, BUCS-TR-2001-002, April 12, 2001.