

# トータル消費電力量を最少化するNFVベースの仮想経路選択機能配備法

肥田 健一郎\*<sup>1</sup>, 栗林 伸一\*<sup>2</sup>

## Optimal deployment of NFV-based virtual routing function with least total power consumption

Kenichiro HIDA\*<sup>1</sup>, and Shin-ichi KURIBAYASHI\*<sup>2</sup>

(Sep. 17, 2015)

### 1. はじめに

従来、ルータなどのネットワーク機器は専用装置で実現され、かつ容量などのバリエーションも少ないことが多い。近年、新たなネットワーク仮想化技術NFV(Network Functions Virtualization)<sup>[1]-[5]</sup>に基づいたネットワーク機能の提供が始まっている。これは、専用の装置でなく、汎用サーバを用いて様々なネットワーク機能をソフトウェアにより仮想的に実現し、容量も設置場所も自由に選択することができる。また、利用状況に応じて動的に場所、容量、機能までも簡単に変更できるため、経済的かつ柔軟にネットワークを構成することを可能とする。

本研究では、ネットワークの重要機能の1つである経路選択機能をNFV技術により提供することを前提に、ネットワーク全体のトータル消費電力量を最少化する仮想経路選択機能配備法を明らかにする。なお、本論文は文献[6]を発展させ、検討結果をとりまとめたものである。

### 2. NFV導入時の経路選択機能配備に対する留意点

仮想経路選択機能の配備形態例は集中型配備と分散型配備に大きく分類できる(図1)。容量(特に、小容量)のバリエーションが少ない従来のネットワークでは、分散型配備がコスト面から採用しにくい状況であったと考えられる。汎用サーバ上にソフトウェアで経路選択機能を仮想的に実現するNFV導入後は、小容量から大容量まで任意の容量を任意の場所に経済的に配備することができるため、分散型配備も採用しやすくなると考えられる。分散型配備はエリア内通信では他エリアの経路選択機能

までアクセスする必要がないため、集中型配備に比べてトータルの消費電力量をより少なくできる可能性がある。また、転送遅延も短くなりサービス品質も向上すると考えられる。

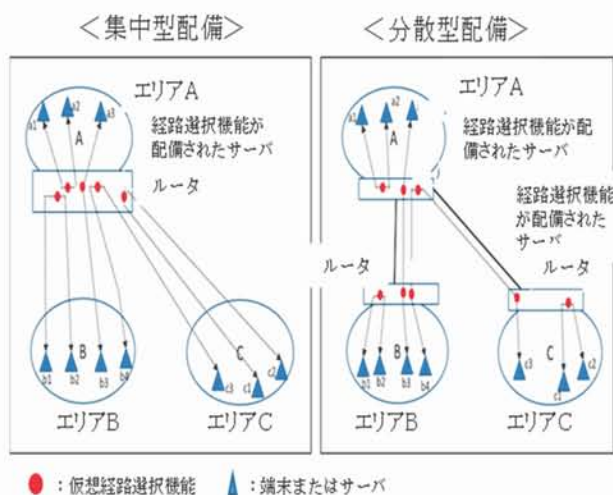


図1 仮想経路選択機能の配備形態例

これらを踏まえた、経路選択機能配備法を検討する必要がある。

### 3. トータル消費電力量を最少化する経路選択機能配備アルゴリズム

#### 3.1 配備アルゴリズム案

以下の2案を検討した。

<案1> まず、全てのエリアに経路選択機能を配備する。その後、一定時間当たりの送・受信パケット量が最少のエリアを選定する。もし、選定エリアの経路選択機能を別エリアに統合することによりトータルの消費電力量が削減できれば、統合を実施する。統合してもトータ

\*<sup>1</sup>: 情報科学科4年生

\*<sup>2</sup>: 情報科学科教授(kuribayashi@st.seikei.ac.jp)

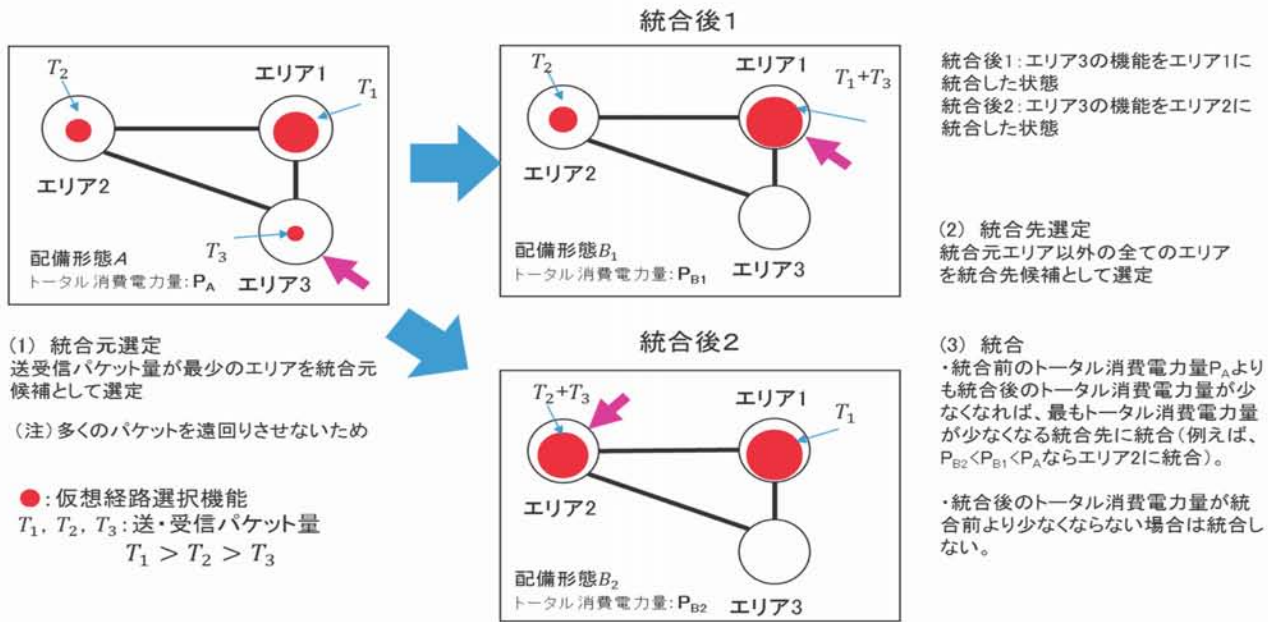


図2 提案する配備アルゴリズムの基本的考え方

ルの消費電力を削減できないか、または統合されるエリアがなくなるまでこれを続ける。

<案2> まず、一定時間当たりの送・受信パケット量が最多のエリアにのみ経路選択機能を配備する。その後、一定時間当たりの送・受信パケット量の2番目に大きいエリアを選定し、もし最初のエリアに配備した経路選択機能をそのエリアに一部分配することにより、トータルの消費電力が削減できれば分配を実施する。分配してもトータルの消費電力が削減できなくなるか、または分配するエリアがなくなるまでこれを続ける。

今回は、まず案1を前提に、以下の3.2節でその詳細処理フローを説明する。

### 3.2 配備アルゴリズムの詳細フロー

案1における経路選択機能の他エリアへの統合判定の考え方を図2に示す。最も経路選択機能容量が少ないエリアを統合元エリア候補とする。次に、統合元エリア候補から最も距離の近いエリアから順に(既に統合元エリア候補となり統合されたエリアは除外する)統合先エリア候補として統合した場合の消費電力を計算する。そして統合前に比べ最も消費電力が少なくなるエリアに経路選択機能を統合する。なお、どのエリアに統合しても統合前に比べて消費電力が少なくならない場合は統合しない。

ところで上記処理フローはエリア数が多くなるにつれて統合可否を判定するための処理量が急増する。そのため、以下の対処を追加することを提案する。なお、経路

選択機能と回線の消費電力の比Zが大きく影響するため、その比Zを以下の式(1)のように定義する。

$$Z = \alpha / \beta \tag{1}$$

ここで、 $\alpha$  [W]は1kpps([パケット/秒])当りの経路選択機能の消費電力、 $\beta$  [W]は1Mbps&1km当りの回線消費電力、である。本論文では、NFV機能を前提としており、経路選択機能や回線帯域を設置することで発生する固定分は無視できるものとする。

<対処1> 統合先候補エリア数の限定

Zが大きい場合は、経路選択機能容量の大きい順にエリアをn個(例えばn=4)選定し、それだけを統合先エリア候補とする。逆に、Zが小さい場合は、統合元候補のエリアから近い順にエリアをn個(例えばn=4)選定し、それだけを統合先エリア候補とする。

<対処2> エリア間の交流トラフィック量が大幅に不均一でない場合に限り、①ネットワークの中心から最も離れているエリアから順に統合元エリア候補とする、②最も近いエリアだけを統合先候補とする。

まず、上記①の根拠を説明する。例えば、ネットワーク構成として日本を想定したラダーモデル(図3)を想定する。○はエリア、数字はエリアの番号、Giはエリアグループiを示す。G1にはエリア1, 2, 9, 10が含まれる。エリア間のトラフィック流量が均一であるため、経路選択機能が統合されるとすれば消費電力削減の観点から全体の回線長が短くなるようにネットワークの中心に近いG3エリアに統合することが望ましい(この例では統合元エリアをG1から順に選定していく)。

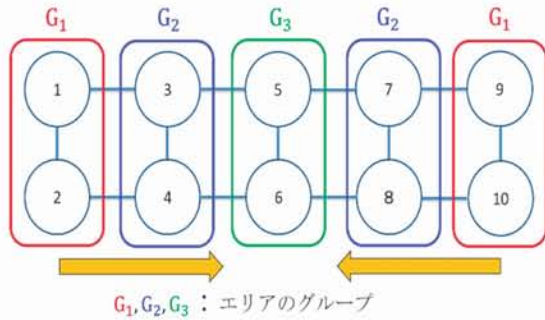


図3 エリア間のトラフィック交流が大きく不均一でない場合の対処の説明図

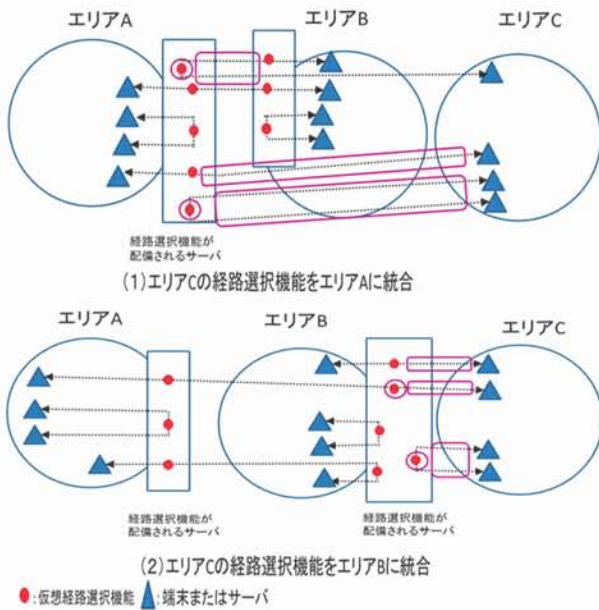


図4 経路選択機能の統合先比較 (エリア間のトラフィック交流が大きく不均一でない前提)

次に、上記②の根拠を説明する。Zが極端に大きい場合を除き、できるだけ近くに統合した方が回線長を短くでき、結果として回線の消費電力量を少なくできる。例えば、図4はエリアCの経路選択機能をエリアAに統合するケース (図4(1)) とエリアBに統合するケース (図4(2)) を比較したものである。エリア間のトラフィック交流量は均一と仮定している。この例では、統合されるエリアCに近いエリアBに統合する方が、必要な経路選択機能容量は同じでかつ必要な回線長が短くなることわかる。

#### 4. 提案配備アルゴリズムの評価

##### 4.1 評価条件

1) ネットワーク構成 : 3章でも使用した日本を想定したラダーモデルを用いる (図3)。エリア1からエリア10

までの10エリアを想定する。横方向のエリア間は400km、縦方向のエリア間は300km、と仮定する。

2) トラフィック交流 : 今回は均一だけを想定。つまり、エリア内も含むエリアiからエリアj向けトラフィック量 (i, jは1~10) が全て同じ。具体的には、

- ・ 各エリアには同時に通信している端末が110台あり (端末の2割が通信していると仮定すると、全体で約5,000台の端末がある中規模企業を想定)、10台ずつ他エリアの端末と通信しているものとする。
- ・ エリア内は10台の端末が他の10台の端末と通信しているものとする。
- ・ 端末当りの通信に必要な帯域 (一方向分) は1.8Mbps、パケット長は7200ビットとする。今回は企業が使うアプリケーションのうち最も帯域とパケット数の多いと推測される動画を想定した。これから、端末当りの通信に必要な経路選択機能容量 (一方向分) は13kppsとする。

##### 3) 消費電力量の算出式

3.2節と同じように、1kpps当りの経路選択機能の消費電力量を $\alpha$  [W]、1Mbps&1km当りの回線消費電力量を $\beta$  [W]とする。また、経路選択機能や回線帯域を設置することで発生する固定分は無視する。

4) C言語を用いた評価ツール (内製) により評価する。

#### 4.2 評価結果と考察

図5はZを変化させた場合にどのエリアに経路選択機能が集約・配備されるかを示すものである。エリア内の○の大きさが経路選択機能の容量を示す。これから、Zの値によりエリア5への集中配備、複数エリアへの分散配備、全エリアへの分散配備、と様々な形態が最適となることがわかる。2章でも述べたように、Zが大きいと集中配備、Zが小さいと分散配備になる傾向も確認できる。

ところで、全エリアへの分散配備が最適形態としても、一定容量(Q)以上の経路選択機能が最小配備単位であった従来方式では採用できない。一例として、Qを各エリアに配備される容量の3倍と仮定すると、全エリアに分散配備する場合に比べ2.5割以上トータル消費電力量が増加してしまうということになる。なお、これは経路選択機能容量や回線帯域だけを考慮したもので、装置やサーバ自体の消費電力は含んでいない。

つまり、NFVを前提とした経路選択機能配備では、従来のネットワークでは実現困難であった小容量の経路選択機能の分散型配備が可能となり、それにより大幅に消費電力量を削減できるケースがあり得ると言える。

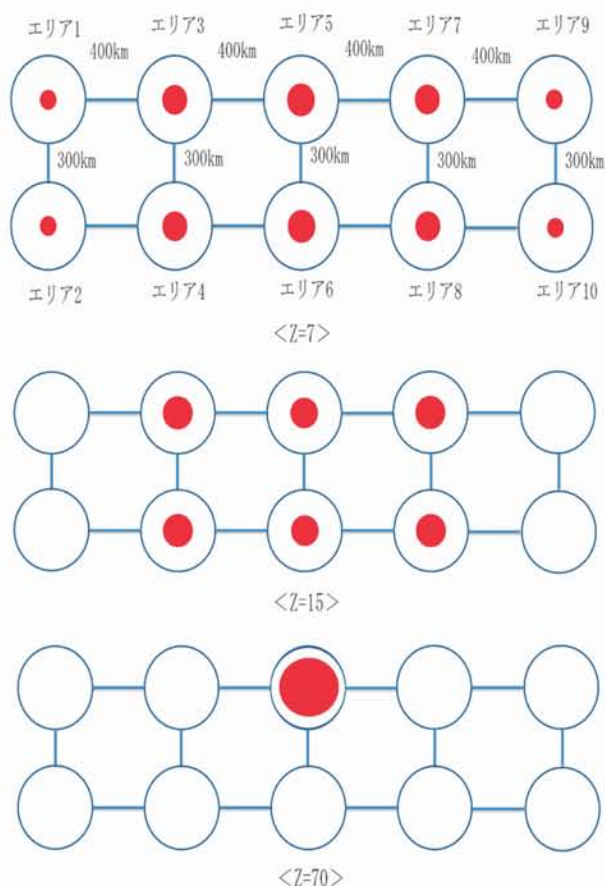


図5 経路選択機能の最適配備形態（評価結果例）

図6は経路選択機能の設置率 $\delta$ （＝機能が配備されるエリア数/全エリア数）を評価した結果である。横軸は $z$ 、縦軸は分散度 $\delta$ を示す。図3を前提にすると、1エリアに集中配備される場合は $\delta = 0.1$ 、全エリアに分散配備される場合は $\delta = 1.0$ 、である。図5と同様に、 $z$ が大きいと $\delta$ は小さく、 $z$ が小さくなるにつれ $\delta$ も大きくなることわかる。この例では、 $Z < 14$ で全エリアに、 $Z \approx 40$ 付近で半分のエリアに、 $Z > 69$ で特定の1エリアだけに配備されることがわかる。

### 5. むすび

ネットワークの重要機能の1つである経路選択機能をNFV技術により提供することを前提に、ネットワーク全体のトータル消費電力量を最小化する仮想経路選択機能配備法を提案した。今回は、エリア間のトラフィック交流が均一の場合だけの評価ではあるが、従来のネットワークでは実現困難であった小容量の経路選択機能の分散型配備が可能となり、それにより大幅に消費電力量を削減できるケースがあり得ることを示した。

今後、不均一トラフィック交流を考慮し、エリア毎の端

末数、端末当りの送信パケット量、パケット長などを変化させた場合の提案配備法の評価を行う。また、消費電力量でなく、コストを最小化する経路選択機能配備法（電力コストも含む）を明らかにする予定である。

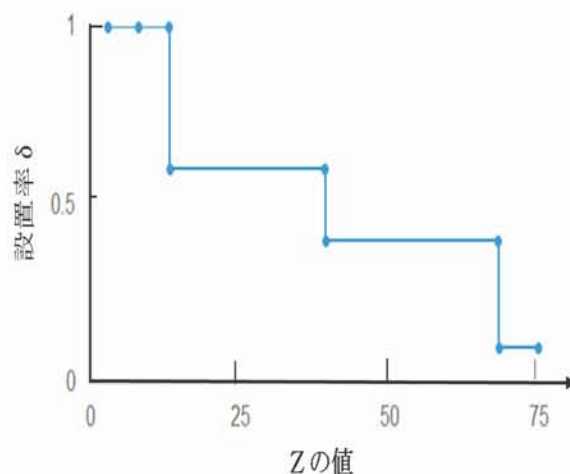


図6 Zの値による設置率 $\delta$ の変化

### 参考文献

- [1] M. Chiosi et al., "Network Functions Virtualization - An Introduction, Benefits, Enablers, Challenges and Call for Action," ETSI NFV, Oct. 2012.
- [2] "Network Functions Virtualisation (white paper)", 2013 SDN & OPENFLOW WORLD CONGRESS [https://portal.etsi.org/nfv/nfv\\_white\\_paper2.pdf](https://portal.etsi.org/nfv/nfv_white_paper2.pdf)
- [3] M.Bouet, J.Leguay and V.Conan, "Cost-based placement of virtualized Deep Packet Inspection functions in SDN," 2013 IEEE Military Communications Conference, pp.992-997, Nov. 2013
- [4] A.Basta, W.Kellerer, M.Hoffmann, H.J.Morper, and K.Hoffmann, "Applying NFV and SDN to LTE Mobile Core Gateways; The Functions Placement Problem," 4th Workshop on All Things Cellular : Operations, Applications and Challenges 2014, pp.33-38, Aug. 2014
- [5] 浅間、谷津「Vyatta 徹底評価」 <https://www.nic.ad.jp/ja/materials/iw/2010/proceedings/s7/iw2010-s7-03.pdf>
- [6] 室岡 雄太「トータル消費電力量を最小化するNFVベースの仮想経路選択機能配備法」2014年度 成蹊大学理工学部 卒業論文.