

ドコモネットワークにおける仮想化基盤システムの実用化

NFV ISGは通信用APLをクラウド上で動作させるコンセプトを提唱し、これを契機として世界的に議論が活発化している。NFVを実現するために解決しなければならない課題として、①リソース共有によるAPL処理性能劣化、②クラウド上で動作するアプリケーションの耐障害性を維持する手法の確立、③障害発生時の物理・仮想レイヤの切分けの複雑化などが挙げられる。本稿では、これらの課題を解決し、実用化された仮想化基盤システムについて解説する。

ネットワーク開発部
 かまだ とおる く の ゆうや
 鎌田 亨 久野 友也
 たむら ひろなお いわみや ひろし
 田村 宏直 岩見屋 宏

1. まえがき

ドコモは、ネットワーク仮想化(NFV: Network Functions Virtualisation)*1 ISG (Industry Specification Group)にて標準化されたアーキテクチャに基づき、仮想化基盤システムの開発を進めてきた。実用化に向けては、通信事業者の特性に応じて考慮しなければならない事項がある。具体的には、①リソースプールの設計・運用、②クラウド環境上で動作させるための通信用APL(APLication)*2の要件の取込み、③通信事業者の建設・保守運用形態の変化、などが挙げられる。これらは通信事業者の方針などにより独自に

決定するものである。

- ①リソースプールの設計・運用については、通信事業者の保有する設備環境、通信用APLの信頼性に対する考え方に依存するため、通信事業者が独自に設計する必要がある。
- ②通信用APLはユーザへ通信サービスを提供するうえで、非常に重要なソフトウェアであり、通信用APLの性能・品質の劣化はユーザサービスの低下に直結する。すなわち、クラウド環境*3で動作する通信用APLに求められる性能・品質・信頼性[1]を維持しなければならない。
- ③仮想化により、仮想化レイヤが

追加されることで、障害時の問題切分けなど、通信用APLのメンテナンスの複雑化が見込まれ、さらなるメンテナンスの効率化が求められる。

ドコモでは、これらの要求事項をもとに、課題の明確化およびその課題に対する対策を行い、仮想化基盤システムの実用化を完了し、2016年3月商用サービスを開始した。

本稿では、仮想化がもたらす効果を達成すべく、通信用APLをクラウド環境上で動作させるための課題と要件を明確にし、その対策を適用した仮想化基盤システムの実用化について解説する。なお本稿では、通

©2016 NTT DOCOMO, INC.
 本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

*1 ネットワーク仮想化(NFV): 通信キャリアのネットワークを仮想化技術により汎用ハードウェア上で実現すること。

*2 通信用APL: 電気通信サービスを提供するにあたり、必要となる機能を実現する機能コンポーネントを指す。具体的には交換

機、伝送装置、無線装置などの電気通信装置上で動作するアプリケーションのこと。

*3 クラウド環境: 仮想化を実現するための仮想化プラットフォーム。VMWare, Openstackなどが挙げられる。

信用APLの開発コスト削減のため、ソフトウェア構造を変更することなく仮想化することを前提としている。

2. クラウド環境上における通信用APLの課題

仮想化のメリットを有効的に利用するためには、解決しなければならない課題が存在する。これらの課題について以下に考察する。

2.1 リソース共有に伴う課題（課題1，2）

一般的に仮想化では、複数のアプリケーションで仮想リソースを共有し、リソースの利用効率を高めることでそのメリットを享受することができる。また、コンピュータ、ネットワーク、ストレージなどの物理リソースをHypervisor^{*4}により仮想化することで、仮想コンピュータ、仮想ネットワーク、仮想ストレージを

構築し、物理リソースをアプリケーションから隠蔽することが可能となる。すなわち、通信用APLは仮想化された装置であるVM (Virtual Machine)^{*5}上に搭載されることで、物理構成を意識することがなくなり、物理サーバのEOL (End Of Life)^{*6}に伴う、OS更改などの開発が不要となる。

通信用APLをリソースプール上に配置する様子を図1に示す。

従来、ハードウェアの構成を基に、通信用APLの機能コンポーネントの配備設計や、処理性能、耐障害性に関する設計を行ってきたが、クラウド環境上で動作させる場合、ハードウェアはVMによって隠蔽されるため、処理遅延や耐障害性の低下などの課題が生じることとなる。

(1)通信用APLにおける処理遅延の課題（課題1）

通信用APLから物理リソースを

隠蔽することで、サーバとネットワーク機器の配線やサーバ構成を意識せず自由にアプリケーションを搭載できるというメリットがある一方で、アプリケーションをリソースプール上に配置する際、どの物理サーバかを指定することができないため、意図せずホップ数^{*7}の遠い物理リソースを利用して、VMを配置したり、図2(a), (b)に示すような、サーバの内部構造上、非効率的なCPUやメモリの使い方を懸念があり、その場合処理遅延につながる。仮想化基盤システムの導入により、アプリケーションはコンポーネントの構成に応じて複数のVMに搭載され、そのVMがリースプールの空きリソースに配置されるが、物理サーバの内部構造や帯域の最適化はできないこと、また、後述するHypervisorを導入することによって処理時間のばらつきが発生することな

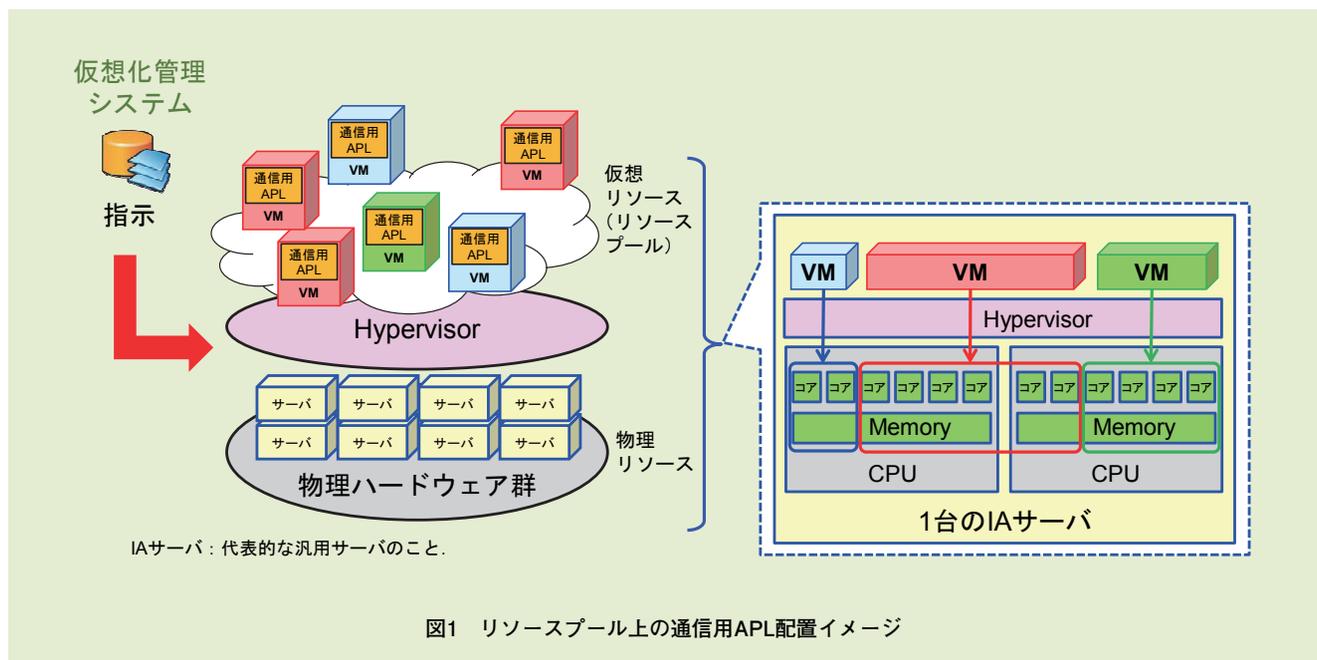


図1 リソースプール上の通信用APL配置イメージ

*4 Hypervisor：仮想化技術のひとつである仮想マシンを実現するための制御プログラム。

*5 VM：ソフトウェアによって仮想的に構築されたコンピュータ（仮想マシン）。

*6 EOL：製品のサポート終了。

*7 ホップ数：通信ネットワークにおける、通信相手に到達するまで経由する中継設備の数。

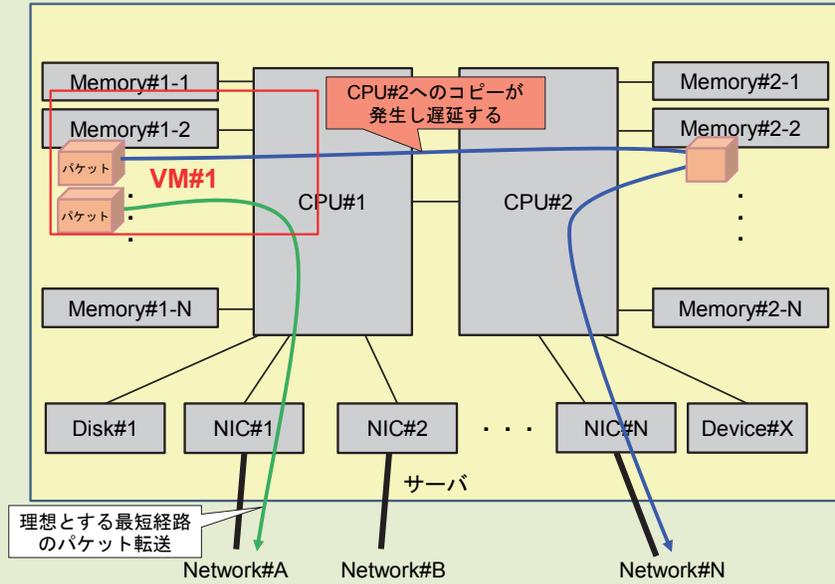


図2(a) 非効率なサーバの利用例①

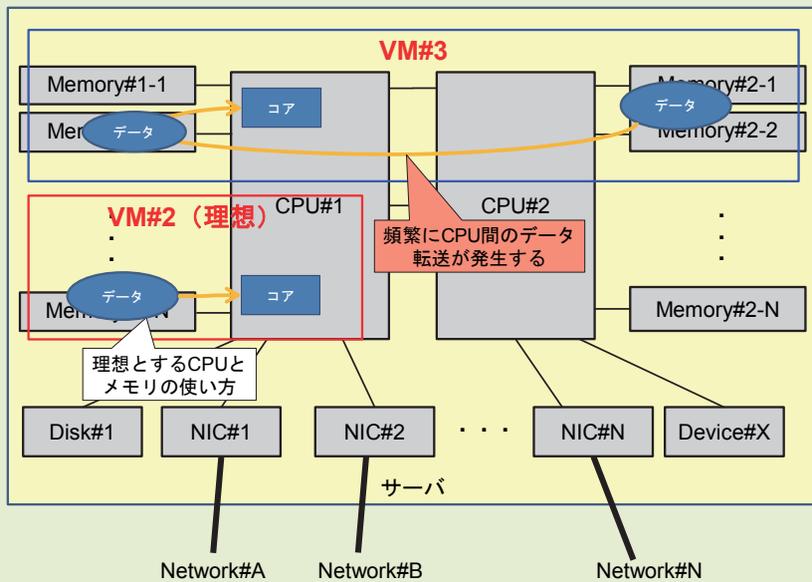


図2(b) 非効率なサーバの利用例②

ど、処理遅延が発生する。

仮想化によって生じる処理遅延の課題について図3に示す。仮想化す

ると、物理装置を直接利用する非仮想化と比較して処理時間にばらつきが発生する。この現象は、Hypervi-

sorによりソフトウェア的に複数の仮想リソースと物理リソースを制御するため、仮想リソース間やHyper-

visor自身の処理で物理リソースが競合することで生じる(図4)。そのため、例えばLocal Time 1つをとってもVM内のタイムクロック処理において不均一な遅延が発生して時刻がずれるという事象が発生する。同様の原因により通信用APLの処

理も外部の装置から見ればTAT(Turn Around Time)*8の変動が大きくなる。これらの背景により仮想化すると安定した速度を出すことができず、通信用APLの処理性能の維持が難しい。よって、Hypervisorの処理に依存しないリソース制御の

方式が必要と考えられる。

(2)通信用APLにおける耐障害性の課題(課題2)

リソース共有に伴い、1つの物理サーバに複数のVMが搭載されるため、1つの物理サーバ障害時の通信用APLへの影響が大きくなり、ユー

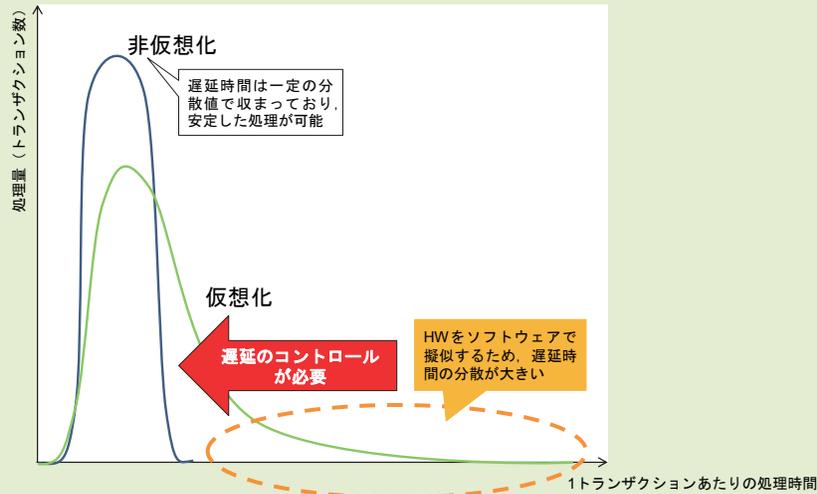


図3 仮想化における処理遅延の分布イメージ

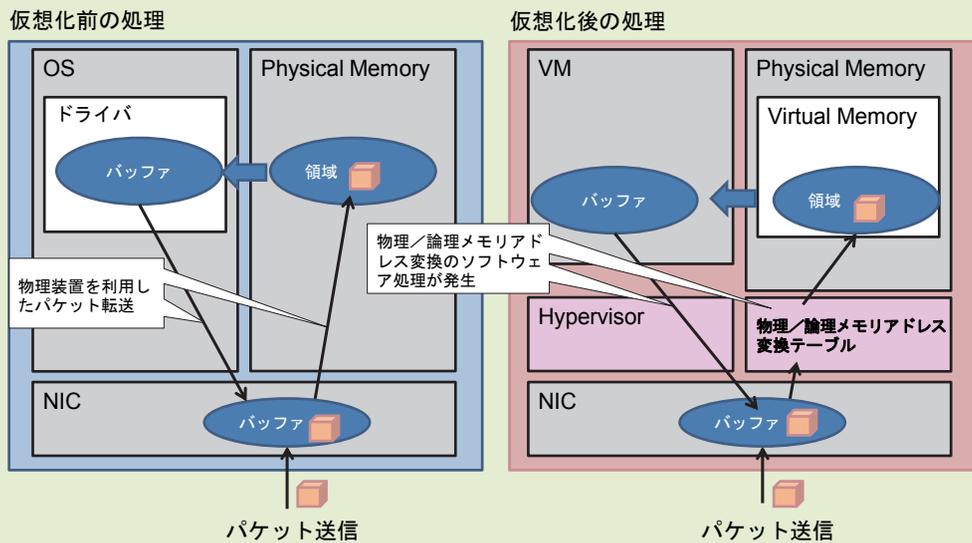


図4 処理遅延のメカニズム

*8 TAT: アプリケーションの処理開始から結果の出力が終了するまでの時間。

サービスの低下が想定される。よって、通信用APLを構成する、各コンポーネントの冗長構成を考慮し、同時に両系障害に陥らないVMの配置手法が必要と考えられる。

2.2 仮想化アプリケーションのメンテナンス課題 (課題3)

仮想化アプリケーションの増加に伴い、クラウド環境やリソースプールの拡大が見込まれ、通信用APLを実行するVMが仮想化基盤システムからのオートヒーリング機能により、リソースプール上で動的に移動することを踏まえると、従来のハードウェアとソフトウェア一体の保守と比較して、メンテナンスの複雑性が増すことは言うまでもない。これらのことにより、保守稼働が増加し、さらには故障切分け時の高スキル化が必要となる。よって、通信用APLやNFVI (NFV Infrastructure)^{*9}の

状態に応じた障害切分けのため、VMとサーバの稼働状況の可視化が求められる。

2.3 クラウド環境における仮想化基盤システムの要件

前述の課題に対する対策として、通信用APLを収容する仮想化基盤システムは以下の要件が求められる。

- ①物理リソースの占有による遅延の解消に向けた仮想リソース構築
- ②VM配置ポリシーを定義可能なリソースの構築
- ③論理構成と物理構成の可視化

3. 仮想化基盤システムの実用化

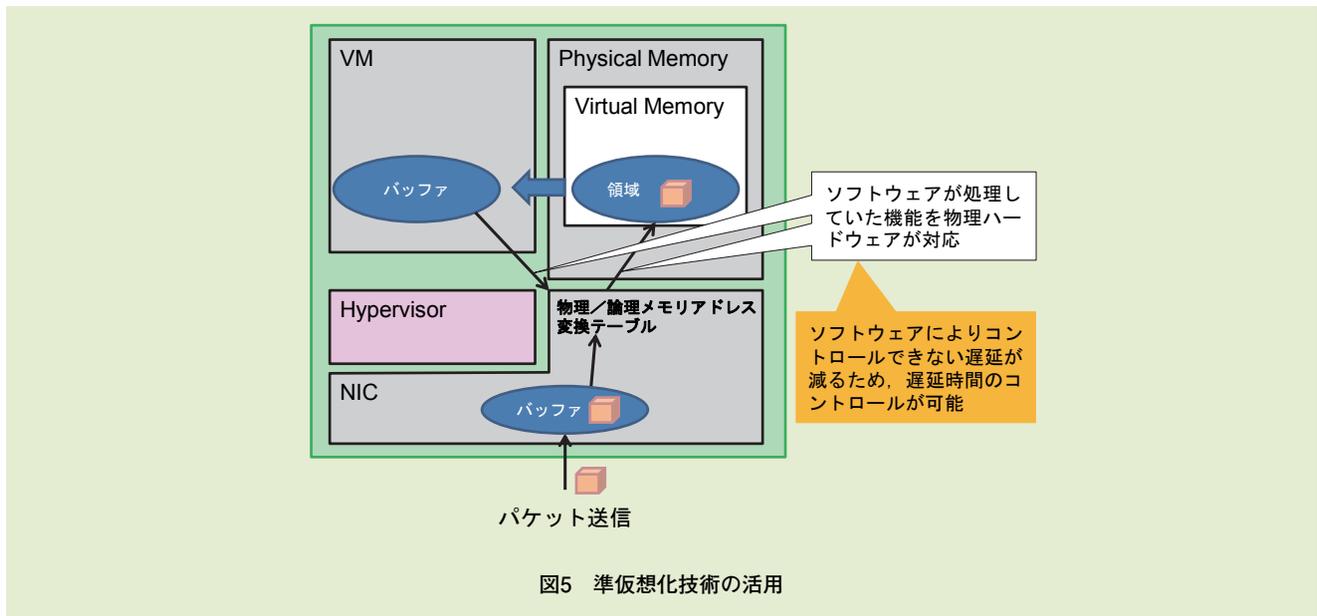
3.1 物理リソースの占有による遅延解消に向けた仮想リソース構築

(1)データ転送における通信遅延の対策 一般的に、仮想化において性能を

高める方法として、準仮想化技術^[2]の適用が挙げられる。準仮想化技術とは、Hypervisorがソフトウェアとして行う一部の処理を、仮想化支援機能を保有している物理ハードウェアが代用する方法である。準仮想化技術を利用することで、Hypervisorが介入することによる遅延はコントロールが可能となり、その影響を回避できる (図5)。

しかし、準仮想化技術を利用する場合、機能提供は物理ハードウェアが行うため、その機能や構成に基づき、通信用APLや仮想化基盤システムからの制御が必要となる。また、仮想リソースと物理リソースの関係を詳細に定義することが必要となり、共通的なリソースプールの構築が困難となる。よって、準仮想化技術の適用範囲を限定することとした。

通信用APLの場合、遅延を制御する箇所は主にデータ転送部であるため、通信性能が最大となるようNIC



*9 NFVI: クラウド基盤を構成する汎用サーバ、ストレージ、NW機器の総称。

(Network Interface Card)^{*10}とCPUの組合せを1つの単位 (Cell) として定義し、遅延が許容されない一部のNICのみ準仮想化技術を利用することとした。メモリやストレージは仮想化技術をそのまま適用することで、VMを配置する時はサーバおよびCellの選定と準仮想化技術を利用したNICの使用有無を選択するだけとし、共通的なリソースプールの構築を実現した。(図6)。

(2)通信用APL実行における処理遅延の対策

通信用APLはVM上で動作するため、VMの安定した運用のための要件として、CPUを占有すること、すなわち、同一CPU上で複数のVMの起動を許容しない要件が存在する。これらの対策として、該当NFVIサーバのCPU/メモリ/NICの構成を解釈し、CPUのコア数^{*11}をVM

が必要とする仮想リソースとして定義することで、CPUの占有を可能とした。

これらの対策により、通信用APLの性能要件を満たす仮想リソースを構築した。

3.2 VM配置ポリシーを定義可能なリソースプールの構築

従来の通信用APLの信頼性向上、拡張性を考慮し、それを構成する機能コンポーネントは、ACT^{*12}-SBY^{*13}、nACT構成^{*14}などの冗長構成を取っている。ACT-SBYを構成する機能コンポーネントのVMが1つのサーバに搭載された場合、サーバ障害により、両系障害となりサービス中断に繋がる。よって、これらの冗長構成コンポーネントを同一サーバに配

置しないようなVM配置のルール定義と、それに対応したリソースプールの設計が必要となる。なお、物理サーバへのVM配置は、スケーリング^{*15}、ヒーリング^{*16}、インスタンスエーション^{*17}などの制御に伴い実行される。

リソースプールの構成とVM配置ポリシーの定義、および仮想化基盤システムを構成する各コンポーネントの機能分担について以下に解説する。

(1)リソースプールの構築

リソースプールはVIM (Virtualised Infrastructure Manager)^{*18}単位に構築され、それを複数のゾーンに分割する。なお、ゾーンはネットワーク機器の障害に備えて冗長化されているラック単位とすることとした。リソースプールとゾーンの関係を図7に示す。図7の通り、リソ

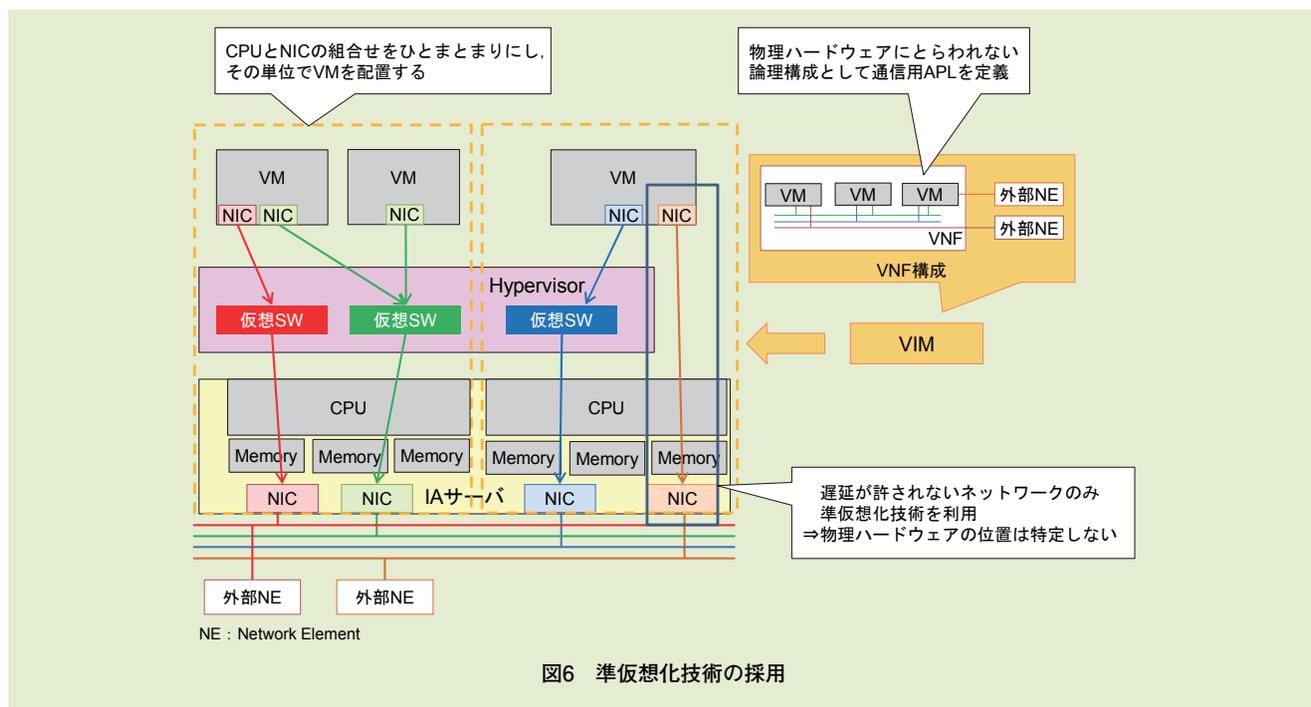


図6 準仮想化技術の採用

*10 NIC：汎用サーバをLANに接続するための拡張カード。
 *11 コア数：CPU内で処理を実施する部位の数。
 *12 ACT：冗長構成を有する通信アプリケーションの運用系。

*13 SBY：冗長構成を有する通信アプリケーションの待機系。
 *14 nACT構成：n台のサーバが並行稼動して、処理負荷を分散する。1台のサーバで障害が発生した場合、他のサーバで処理を引き継ぐことが可能。

*15 スケーリング：ハードウェアや仮想マシンの負荷状況に応じて通信ソフトウェアとしての処理能力が不足、あるいは余剰になった際に、通信ソフトウェアを構成するVMを増減することにより処理能力を最適化すること。

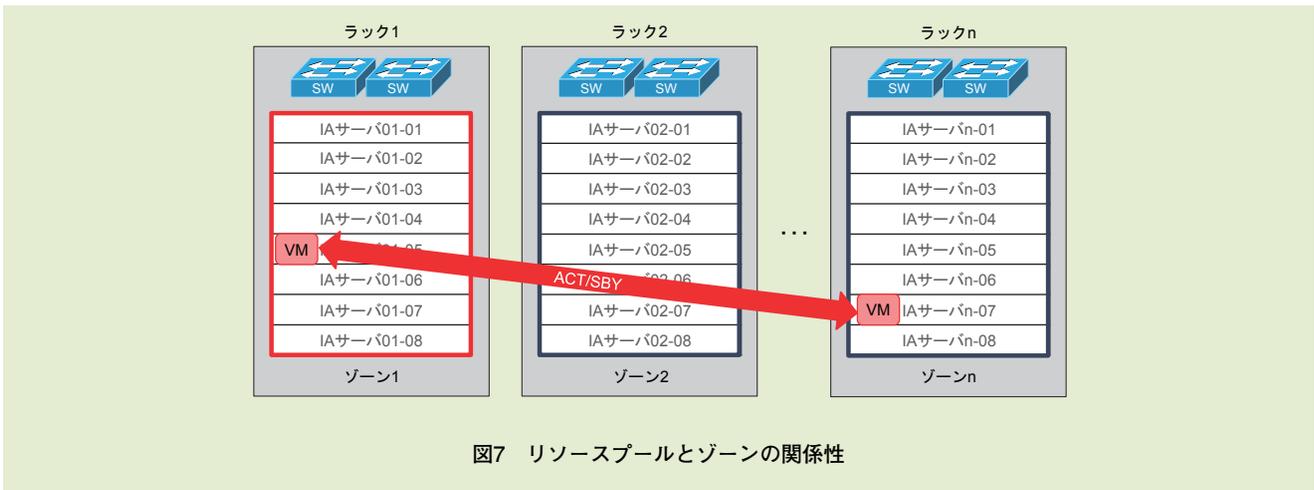


図7 リソースプールとゾーンの関係性

プール上の異なるゾーンに、ACT-SBYを構成するVMを配置することで、サーバ障害やゾーン障害時に両系障害とならない構成を採ることができる。nACTを構成するVMは複数のゾーンに配置することで、ネットワーク機器の多重障害によるゾーン障害時の影響を回避することが可能となる。なお、ゾーンの数はnACTのn数必要となるが、通信事業者の所有するファシリティ条件や通信用APLの特性を加味し、その数を決定することとする。

(2)VM配置ポリシー定義

VM配置ポリシー定義に関する、仮想化基盤システムの機能分担について解説する。リソースプールおよびゾーンの定義や物理サーバ個々の制御はVIMにて行い、VNFM (Virtual Network Function Manager)^{*19}やNFVO (NFV Orchestrator)^{*20}からはリソースプール(ゾーン)の制御のみを行う[3]。つまり、選定されたゾーン内のサーバの選択はVIMが行い、VNFMは各VMの冗長構成の関係を把握し、ACT-SBY構成やnACT

構成に応じてゾーンを選定する。NFVOはリソースプールのキャパシティ管理を行う。この分担により、通信用APLの耐障害性を維持したVM配置が可能となる。

3.3 論理構成と物理構成の可視化

クラウド環境上における通信用APLの保守方法について解説する。ドコモにおけるクラウド環境上で起動する通信用APLは、従来の通信用APLのソフトウェア構成を引き継いだため、それを監視制御するOSS (Operation Support System)^{*21}は、従来の監視制御を継承することができる。

従来の通信用APLはハードウェアと一体型を前提に構成しており、通信用APLの警報を基に、OSSはハードウェアなどの被疑箇所を特定することが可能であったが、クラウド環境上ではオートヒーリング機能によりVMが動的に移動するため、被疑とされるVMとそのVMが起動されているサーバを特定することは

容易ではない。従って、通信用APLやその関連装置に障害が発生し、ソフトウェア(論理構成)とハードウェア(物理構成)の障害切分けを行う場合、VMが起動されているサーバを特定するため論理構成と物理構成の可視化が必要となる。

論理構成の可視化として、OSS上で表示される通信用APLのコンポーネント名とリソースプール上のVM名を対応付けるために、コンポーネントとVMの命名規則を統一した。これにより、通信用APLを構成するコンポーネントと仮想リソース上のVMの関係性を明確にした。物理構成の可視化として、VIMはサーバとリソースプール上のVMの括付けを管理しており、この括付け情報をOSSに流通することで、OSSにおいて論理構成と物理構成を可視化し、従来の監視制御方法を継承することが可能となった(図8)。

4. あとがき

本稿では、通信用APLをクラウド環境上で動作するための課題と、

*16 ヒーリング：ハードウェア障害や仮想マシン障害が発生した際に、正常なハードウェア上に仮想マシンを移動、または再作成することで通信ソフトウェアとして正常な状態に復旧する手続き。

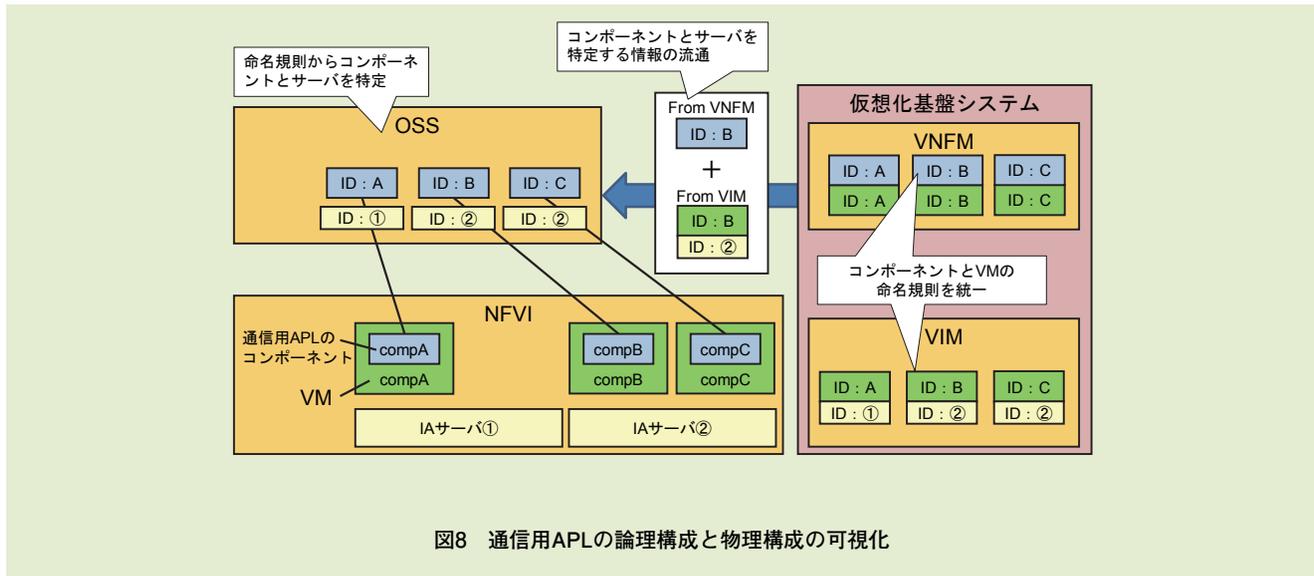
*17 インスタンスエーション：クラウド環境上

で通信用APLを立ち上げる手続き。

*18 VIM：仮想化基盤の物理コンピュータ、物理ストレージ、物理ネットワークの各資源を管理するシステム。

*19 VNFM：VNFのライフサイクル制御として起動や停止などVNFの制御を担うシステム。

*20 NFVO：複数のVIMをまたがる仮想リソースの統合的な管理システム。



その解決策を適用した仮想化基盤システムの実用化について解説した。

クラウド環境上において通信用APLを運用するためには、建設・保守業務のさらなる効率化が求められている。今後はこれらの要求に対し、インスタンス化時の各種設定作業の削減を目的とした新たなネットワークサービス^{*22}の検討を進

めて行く予定である。また、マルチベンダで構成される仮想化基盤システムの保守運用オートメーションについて検討を行う予定である。

文献

- [1] 北川, ほか: “LTEサービス [Xi] (クロッシィ) 特集 一スマートイノベーションへの挑戦—豊かな生活に役立つ社会基盤となるLTEシステム・サー

ビス概要,” 本誌, Vol.19, No.1, pp.6-10, Apr. 2011.

- [2] ETSI GS NFV 004: “NETWORK FUNCTIONS VIRTUALISATION (NFV); VIRTUALISATION REQUIREMENTS,” Oct. 2013.
- [3] WIND RIVER ホワイトペーパー: “NFVとSDNによる高パフォーマンスのオープンスタンダード仮想化,” Oct. 2015.

*21 OSS: 移动通信網で発生している故障や輻輳の発見とそれに対する制御・措置を行っているシステムのこと。事業者の運用支援システム。通信事業者の場合、提供しているサービスを運用するために、ネットワークやシステムの「障害管理」「構成管理」

「課金管理」「性能管理」「セキュリティ管理」のすべて、もしくは一部を行う。

*22 ネットワークサービス: インスタンス化によりクラウド環境上で、通信用APLを起動する際に、他の通信用APLや仮想化された通信用APLと接続するために

必要となる仮想的なネットワークを生成する機能。NFV ISGで定義されているネットワークサービスのこと。