仮想化技術 NFV SDN

Technology Reports

ネットワーク仮想化特集 ― 「強さ」と「しなやかさ」を併せ持つネットワーク ―

通信ネットワークにおける仮想化技術の適用

スマートフォンの普及によるデータ通信トラフィックの急増とトラフィック特性の急変に対して，いつでも繋がるネットワークを適正なコストで構築・運用することは，多くの通信キャリアにとって共通する課題である．

そこで，ドコモは仮想化技術を適用することで，いつでも繋がるネットワークを，ネットワークのCAPEXとOPEXの低減をしながら実現する取組みを行った．本稿では，その取組み状況を解説する．

ネットワーク開発部 音 洋行 深江 誠司
内山 靖之
先進技術研究所 尾花 和昭

1. まえがき

スマートフォンの急速な普及により，データ通信トラフィックの増大が続いている．また常時接続というスマートフォンの通信特性により，トラフィック変動の予測も困難になりつつある．このような状況の中，社会インフラとしての信頼性確保や，大規模災害などへの備えとして，いつでも繋がるネットワークの構築を適正なコストで実現することは，通信キャリアの多くが共有する課題である．

そこでドコモでは，通信キャリアのネットワークに対して仮想化技術を適用するネットワーク仮想化（NFV：Network Functions Virtualisation）*1により，その解決をめざしている．NFVにおける仮想化技術とは，物理的な構成にとらわれず，ハードウェアリソース（CPU／メモリ／HDD）を論理的に統合・分割してリソースプール*2と見なすことにより，さまざまな通信ソフトウェアを共用の汎用ハードウェア上で動作可能とする技術である．本技術では，リソースプール内に仮想ハードウェアが構成され，そこに通信ソフトウェアがコンポーネント単位に生成される．また，任意の汎用ハードウェア上に動的に配備される通信ソフトウェアに対する，ネットワークのリーチャビリティおよび帯域確保のため，仮想化技術に対応したネットワーク技術であるSDN（Software-Defined Network）*3も合せて適用した．

これらの技術により，通常運用時はネットワークの利用効率向上を可能とする．また災害時はネットワーク設備の容量を自動的に拡張し，つながり易さの向上を実現する．

また本技術は，予測される通信トラフィックに対してネットワーク設備をあらかじめ構築しておくという従来の方法ではなく，通信トラフィックに応じてリソースを割り当てることが可能なため，適正なネッ

©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 **リソースプール**：大量のハードウェアを束ねて，それぞれのハードウェアが保持するリソース（CPU／メモリ／HDDなど）の集合体としたものであり，これを基にさまざまな仮想マシンが作成可能となる．

*3 **SDN**：通信機器をソフトウェアにて集中制御することを可能とする技術の総称．

トワーク設備構築費（CAPEX：CAPital EXpenditure）*4と保守運用費（OPEX：OPerating EXpense）*5によるネットワークの運用も実現する．

本稿では，仮想化技術の概要と通信キャリアの抱える課題，仮想化技術適用による解決方法を解説し，また仮想化の要素技術とNFVにおける新たなネットワーク課題について述べる．

2. 仮想化技術とは

従来，通信キャリアがサービスを提供するための通信ソフトウェアは，専用ハードウェア上でのみ動作可能であった．これは高信頼性や高性能などのキャリアグレードの要件を満たすために，通信ソフトウェアの特性に最適化された専用のハードウェアを用いる必要があるためである．

仮想化技術とは，汎用ハードウェアにインストールされた仮想化レイヤ（Hypervisor*6）上に通信ソフトウェアを展開させることで，ハードウェア特性に依存せず動作することを可能とする技術である．

仮想化技術により，物理的な構成の制約を受けていたハードウェアリソース（CPU／メモリ／HDDなど）を，大量のハードウェアを束ねたリソースプール（図1参照）と見なすことが可能になり，リソースプール内の任意の汎用ハードウェア上にあるハードウェアリソースはコンポーネント単位に仮想マシン（VM：Virtual Machine）*7となる．これによりハードウェアリソースを特定の設備にて確保するのではなく，リソースプールから確保することが可能になるため，設備の利用効率を向上させるなど，通信キャリアの抱える課題解決のソリューションとして近年注目を集めている．

ドコモでは，仮想化技術を通信ネットワークに適用することで，「混雑時のつながり易さ」「信頼性の向上」「サービスの早期提供」を適正コストにて実現することを可能にした．

3. 通信キャリアの抱える課題

通信キャリアの使命の1つに，社

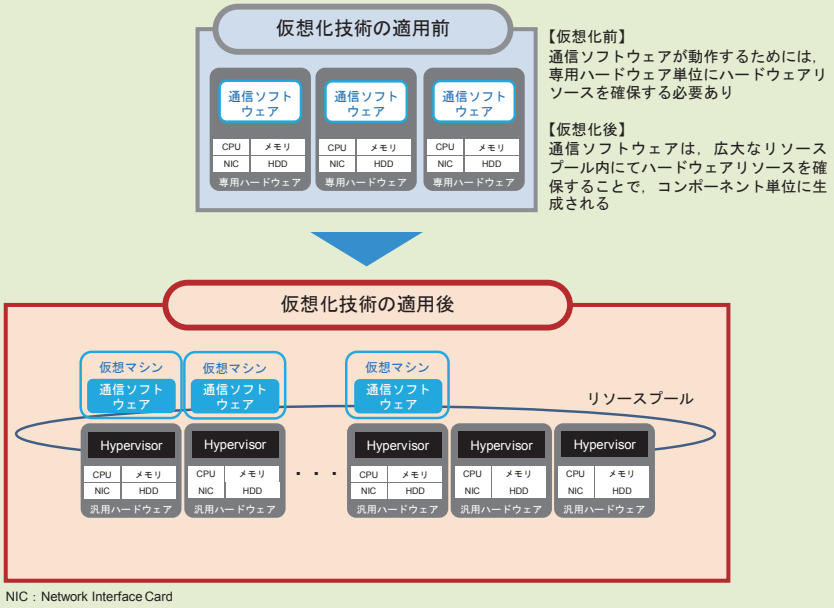

図1 リソースプールのイメージ

*4 **設備構築費（CAPEX）**：ハードウェアと，ハードウェア設置工事にかかる費用．

*5 **保守運用費（OPEX）**：設備を維持し運用するために発生する費用．

*6 **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．

*7 **仮想マシン（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．

会インフラとなった通信ネットワークに対する「いつでも繋がる」「いつでも使える」という安心感の提供がある．一方で，安心感の提供を達成するためには4つの課題がある．

①通信混雑時の接続規制

災害時などに一斉に通信が発生し，仮に設備容量を超過するデータ通信トラフィックがネットワークへ流入する場合には，容量超過前に一部を破棄しなければならない．これは輻輳によってネットワーク設備がシステム停止に至れば，数時間単位でサービス提供が不可能になり影響が拡大するからである．このためサービスへの影響を最小化するための措置として選択せざるを得ない．

②装置故障時のリスク

一部装置の不具合や装置故障が発生してもサービスを継続するために，システム構成の冗長化を行っている．しかし，不具合や故障が発生してから装置交換までの間は，冗長性が損なわれているため，交換完了までに万が一，次の故障が発生した場合はサービス継続が困難になる．

③設備対応の迅速性が困難

新たなサービス提供や増大するトラフィック需要に対応する設備の増設には，新たな専用ハードウェアの開発や，設備導入に向けての計画・調達・工事などが必要であるが，それらに長い期間を要している．このため迅速な設備対応が困難である．

④設備・運用コストの増大

通信キャリアがサービス提供するための通信ソフトウェア群は，専用ハードウェアが高価なため，CAPEXが増大する．また装置故障の都度，保守者が交換を実施し冗長性の復旧をさせる必要があるため，OPEXも高額になる．

4. 通信ネットワークにおける仮想化技術適用による解決方法

仮想化技術の導入が，通信キャリアのネットワークにもたらすメリットを，前述の課題ごとに以下に解説する．

4.1 通信混雑時の接続確保

従来，設備容量を超過しないようにデータ通信トラフィックを破棄していた．このような状況に対し，今後はスケーリング（5.2節参照）という方法を適用することが可能になる．これは設備容量を超過するほどのトラフィックが流入すると，通信ソフトウェアが動作していない汎用ハードウェア上に，それが自動的にインストールされ，短時間で設備容量自体を増加させる方法である．これにより，破棄せざるを得なかったトラフィックが処理可能となり，通信のつながり易さをもたらすことができる．

4.2 通信サービスの信頼性向上

従来，装置故障が発生すると，保守者による現地での交換対応が完了するまで装置の冗長性が損なわれていた．今後は装置故障時は，ヒーリング（5.3節参照）という方法で，正常なハードウェア上に通信ソフトウェアを自動的に移動させることで，速やかに冗長性を復旧させることが可能になる．これによりサービス停止に至るリスクが最小化され，信頼性の向上が図れる．

4.3 サービスの早期提供

従来，設備の増設には長い期間を要していた．今後は，安価な汎用ハードウェアを共用してさまざまな通信ソフトウェアを動作させることができる．これにより新サービス開始や機能追加，または需要増対応には，あらかじめ用意した設備に対してインスタンシエーション（5.4節参照）という方法で，汎用ハードウェア上に通信ソフトウェアを速やかに展開することが可能になる（**図2**）．これは絶え間なく新しいサービスが誕生し，速やかに展開したい，もしくは縮小・撤退したい事業者にとって大きなメリットとなる．

4.4 ネットワーク設備・運用費の経済化

近年の技術進歩により，専用ハードウェアから汎用ハードウェアになったことによる価格低減と，ハードウェアリソースの有効活用による設備量削減が可能になった．このため従来と比較して余剰な設備を大きく減らすことができ，CAPEX低減を実現できる．

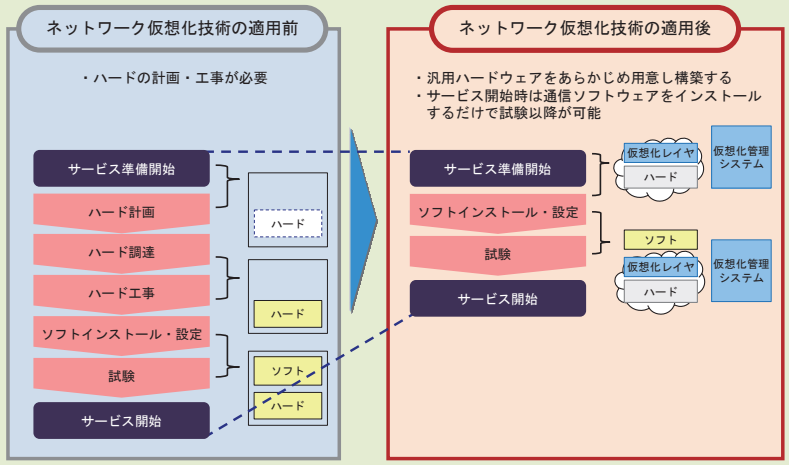

図2 サービスの早期提供イメージ

また装置故障はヒーリングにて冗長性の復旧対応が可能となった．サービス継続に支障を来すことがないため，故障装置の交換は後日まとめて実施することにより，OPEX低減を実現する．

5. NFVの要素技術

5.1 一般的な仮想化技術との違い

Webサービスなどを主流としたIT業界では，すでにサーバ仮想化によるクラウド*8運用は常識的なものになりつつある．一方通信業界では，通信ソフトウェアはサービスを提供するためにソフトウェア群の複雑な連携が必要な構造になっていることが多く，ソフトウェア構造に応じた適切な起動順序制御や，高い信頼性が必要になる

この点について，以下に代表的なユースケースを例として要素技術を解説する．なお，詳細なアーキテクチャやワークフローは本特集記事にて掲載をしている[1].

5.2 スケーリング

前述した通信混雑時のつながり易さの向上はスケーリングという技術によって実現される。

スケーリングとは，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仮想マシンを増減することにより処理能力を最適化する手続きである．

処理能力を向上させるために仮想マシンを追加する手続きをスケールアウト，処理能力を縮退させるために仮想マシンを削除する手続きをスケールインと呼ぶ．

また，自動でスケーリングを実行する手続きをオートスケーリング，システムによる自動実行判断が困難であり，保守者にてスケーリング要否を判断，実行する手続きをマニュアルスケーリングと呼ぶ．

オートスケーリングを例として，**図3**にスケーリングの動作イメージを示す．

現在はネットワーク仮想化の黎明期であり，オートスケーリング，マニュアルスケーリングの双方を利用する必要があるが，将来的にはオートスケーリングの適用範囲を拡大させていくことで，より多くの通信量に対して，より迅速にスケーリングすることが可能になる．

5.3 ヒーリング

前述した通信サービスの信頼性向上は，ヒーリングという技術によって実現される。

ヒーリングとは，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

*8 **クラウド**：ネットワーク経由でサービスを利用する形態，仕組み．利用状況に応じたサーバリソースの分配が可能なため，スケーラビリティが高い．

信ソフトウェアとして正常な状態に復旧する手続きである.

また，スケーリングと同様に2種類の手続きがあり，ハードウェア障害や仮想マシン障害の検知，ヒーリング実行を自動的に行う手続きをオートヒーリング，システムによる自動実行判断が困難であり保守者にてヒーリング要否の判断，実行する手続きをマニュアルヒーリングと呼ぶ.

オートヒーリングを例として，**図4**にヒーリングの動作イメージを示す.

現在はオートヒーリング，マニュアルヒーリングの双方を利用する必要があるが，将来的にはオートヒーリングの適用範囲を拡大させていくことで，さらなる信頼性の向上をめざしていく.

5.4 インスタンシエーション

前述したサービスの早期提供は，インスタンシエーションという技術によって実現される。

インスタンシエーションとは，汎用ハードウェア上に仮想マシンを用意して通信ソフトウェアを立ち上げる手続きである.

多数の汎用ハードウェアから構成されるリソースプールの中で，リソース使用状況から通信ソフトウェアが必要とするリソースを確保したうえで，最適な配置先に通信ソフトウェアを立ち上げる.

図5にてインスタンシエーションの動作イメージを示す.

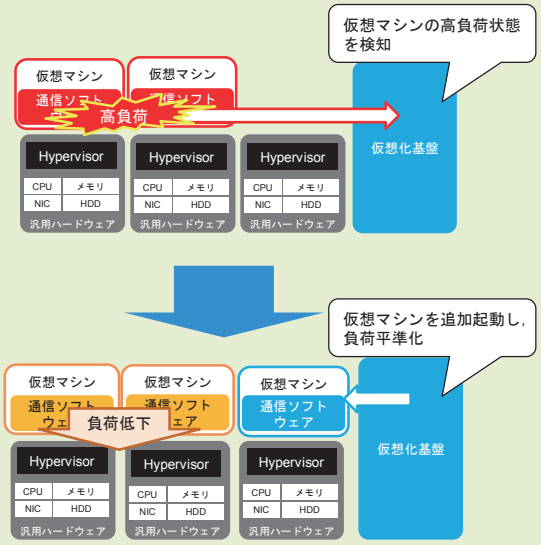

図3 スケーリングの動作イメージ（オートスケーリング）

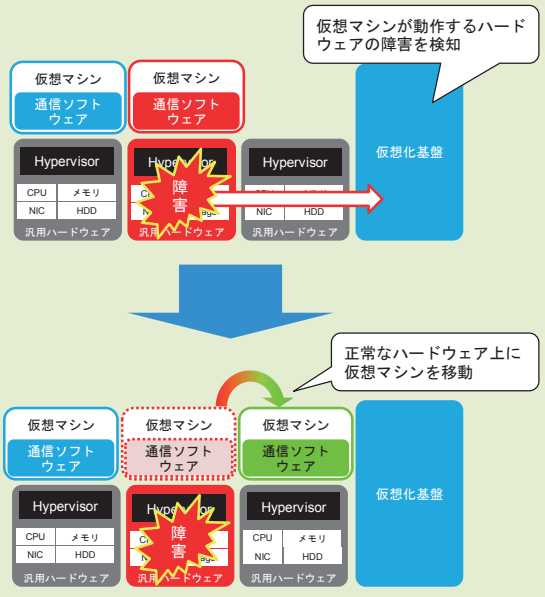

図4 ヒーリングの動作イメージ（オートヒーリング）

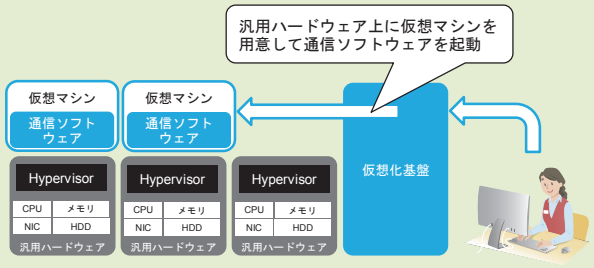

図5 インスタンシエーション

6. NFVにおける新たなネットワーク課題

NFVにより汎用ハードウェア上で自在に通信ソフトウェアを起動，移動させることが可能になることで，多くのメリットが得られるようになる．

その一方で，固有の通信要件を持った通信ソフトウェアが動的に汎用ハードウェア間を移動することで，新たな課題も発生する．それは汎用ハードウェアが接続されるネットワーク機器（スイッチ，ルータなど）も通信ソフトウェアの移動性に対して追従しなくてはならないことである．

これまでの通信ソフトウェアと専用ハードウェアは一体であったため，ハードウェアとネットワーク機器の収容関係が決まれば，その通信ソフトウェアの通信要件に応じた設定情報（VLAN（Virtual LAN）*9のトランクポート*10設定など）を事前にネットワーク機器に登録することができたが，NFVによってハードウェアとの収容関係が決定した時点では，どのような通信ソフトウェアが起動されるか全く分からない．そのため通信ソフトウェアの起動や移動と連動した動的な設定情報登録が必要になる．

この課題を解決するためにドコモはSDNを合わせて導入した．SDNに関しては本特集記事に詳述している[2]．

7. あとがき

本稿では，仮想化技術の概要と通信キャリアの抱える課題，仮想化技術適用による解決方法を解説し，また仮想化の要素技術とNFVにおける新たな課題について述べた．

仮想化技術の適用により，今まで難しかった，社会インフラである通信ネットワークのつながり易さの向上とCAPEX/OPEX低減の両立を実現するメドが立った．仮想化技術を通信キャリアのネットワークへ適用したNFVは，システム間インタフェース仕様における標準化議論が今まさに行われている最中である．

ドコモでは，積極的な標準化活動を展開するとともに，難易度の高い異なる複数のベンダ製品を組み合わせたマルチベンダ構成での開発を行い，世界に先駆けて通信ネットワークにNFVとこれに対応したネットワーク技術であるSDNを導入したことで，この分野の飛躍的進展に貢献した．

ドコモはマルチベンダ製品間のインテグレーション，信頼性・運用容易性を考慮したリソース設計などのさまざまな開発活動を行い，2016年3月に商用サービスを開始した．

今後も世界に先駆けたマルチベンダ製品を組み合わせた開発活動の成果を基に，引続きNFVの発展に貢献していく．

文 献

[1] 樽林，ほか：“NFVの標準化に向けた取組み，”本誌，Vol.24，No.1，pp.12-19，Apr. 2016.
[2] 岡崎，ほか：“NFVを実現するためのSDN技術の導入，”本誌，Vol.24，No.1，pp.28-34，Apr. 2016.

*9 **VLAN**：物理的な接続構成に依存せず，論理的なネットワークを構築することが可能な技術．通信ソフトウェアはさまざまなネットワークと接続されるので，それらを適切に分離するためにVLANを利用している．

*10 **トランクポート**：複数のVLANに所属するポートであり，所属するVLAN値を設定する必要がある．