

将来のネットワークインフラに関する研究会 論点整理(案)

平成29年4月27日
事務局

1. 将来のネットワークインフラへの期待

- (1) ネットワークインフラの社会的な役割
- (2) ネットワークインフラの進化の方向性

2. 2020年から2030年頃までのネットワークインフラに求められる機能

- (1) ミッションクリティカルな社会基盤としての機能
- (2) 多様化・高度化するユーザニーズへの対応
- (3) ネットワークインフラの安全・信頼性の確保
- (4) 効率的なネットワークの実現

3. 将来にわたり安定的なネットワークインフラを実現・運用するための技術課題等

- (1) ネットワークの高速化
 - ① 光伝送技術(コア)
 - ② 光伝送技術(アクセス)
- (2) ネットワーク制御の高度化
 - ③ ネットワークスライシング技術
 - ④ エッジコンピューティング技術
 - ⑤ データセントリック技術
 - ⑥ 全自動オペレーション技術(AIによる管理・運用技術)
- (3) 制度面の課題
- (4) ネットワーク技術の高度化と国際連携

4. 将来のネットワークインフラの発展イメージ

1. 将来のネットワークインフラへの期待

- (1) ネットワークインフラの社会的な役割
- (2) ネットワークインフラの進化の方向性

(1) ネットワークインフラの社会的な役割

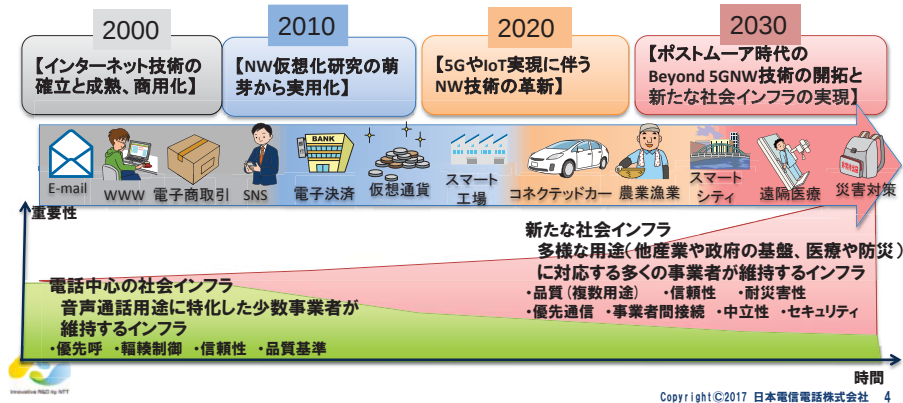
議論の方向性

- 第5世代移動通信システム、IoTサービス、高精細な映像の配信等の進展が見込まれる2020年代以降、ネットワークインフラが果たすべき社会的な役割はどのように変化していくか。



- 業界を越えたコラボレーションによって新たなビジネスモデルやエコシステムを創出していくというトレンドが顕著になり、多様化・高度化が見込まれるユーザニーズへの対応を効率的に実現。
- ネットワークインフラは、電話、データ通信のための「情報の流通網」から、ベストエフォートサービスも含め、Connected Car、高精細な映像の伝送等の新たなサービスをセキュアに提供する「ミッションクリティカルな社会基盤」へと進展。
- ネットワークインフラの主な役割は、「伝える」から「つなぐ」へと変化。「社会システムの神経網」を担うという側面が大きくなる。

■情報通信ネットワークはミッションクリティカルな社会基盤を担うまでに成長。今後はコネクテッドカー、高精細映像伝送、遠隔医療等を支える『新たな社会インフラ』として重要性が増大。NWを健全に維持する合意形成とそれを実現する研究開発が必要



Copyright © 2017 日本電信電話株式会社 4

5Gで想定されるサービスイメージ



新たなビジネスモデル・業界を越えたエコシステムの創出



© 2017 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

4

将来ネットワークへの期待：業種を超えた新たなビジネス



3

© NEC Corporation 2017

NEC Confidential

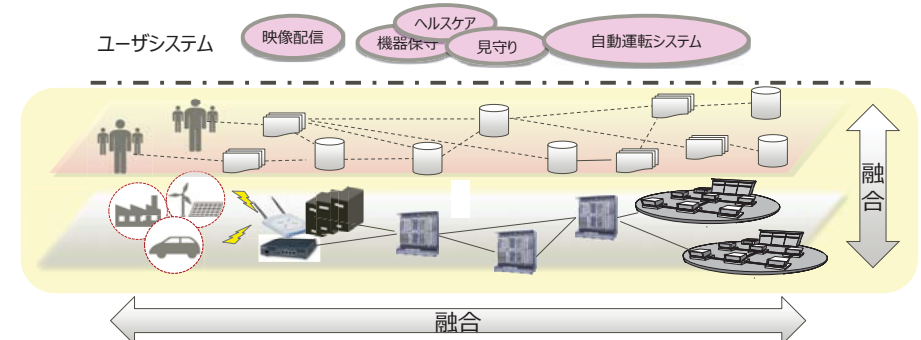
Orchestrating a brighter world

NEC

これからのネットワークの役割

— Core Front Network Fusion —

- センサー/デバイスからクラウドまでを物理的に「つなぐ」
 - 実世界におけるフロントとコアネットワークの「融合」
- 現場の人/コトとクラウド上のデータ/サービスを「つなぐ」
 - サイバー空間と実世界のネットワークの「融合」



4

Copyright 2016 FUJITSU LABORATORIES LTD.

(2) ネットワークインフラの進化の方向性

議論の方向性

- 通信速度の高速化に加え、今後はネットワークリソースを必要なときに必要なだけ利用することに対する期待も高まっていくことが想定される中、ネットワークインフラは今後どのように進化していくと考えられるか。

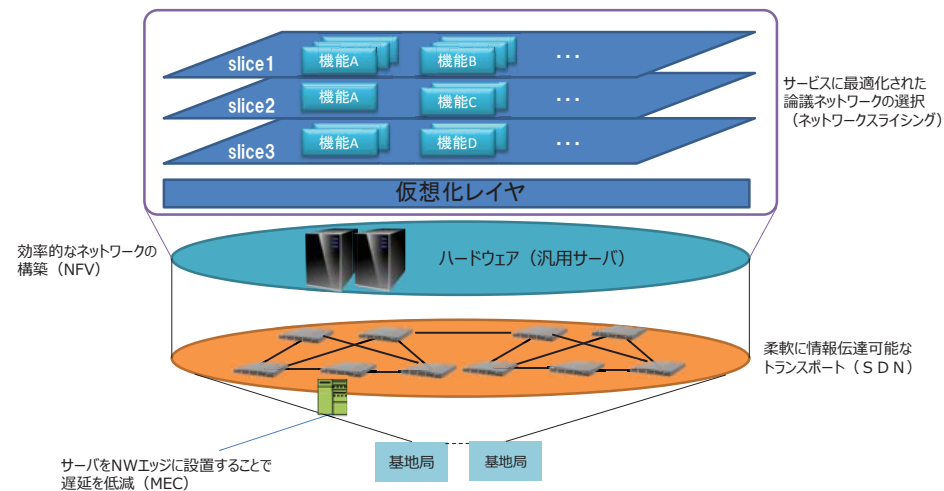


- ネットワークインフラの機能は、ハードウェアの領域で解決を図る「ネットワークの高速化」と、ソフトウェアの領域やネットワーク構造の変化によって解決を図る「ネットワーク制御の高度化」に二分化。
- ネットワークインフラは、レイヤごとに独立に最適化されたアーキテクチャから、ユーザやサービスを中心としてダイナミックに変化するアーキテクチャへと変革。
- ネットワークインフラの機能のうちソフトウェアが担う機能の割合が大きくなっていくが、通信速度の高速化、安全・信頼性の向上等のハードウェアが担う機能の重要性に変化はない。
- クラウドを始めとするIT (Information Tecnology) で用いられていた技術が、CT (Communication Technology) でも用いられ、ネットワークリソースの管理の一部を電気通信事業者以外のサービス提供事業者が担うような形態も出現し、プレーヤーの多様化・複雑化が進む。

5 G時代のコアネットワーク構成

NTT docomo

コアネットワークには、NFV、SDN、ネットワークスライシング、MECを活用し、個々のサービスに適した、異なる論理ネットワークの構築により、高性能かつ経済的なネットワークを実現



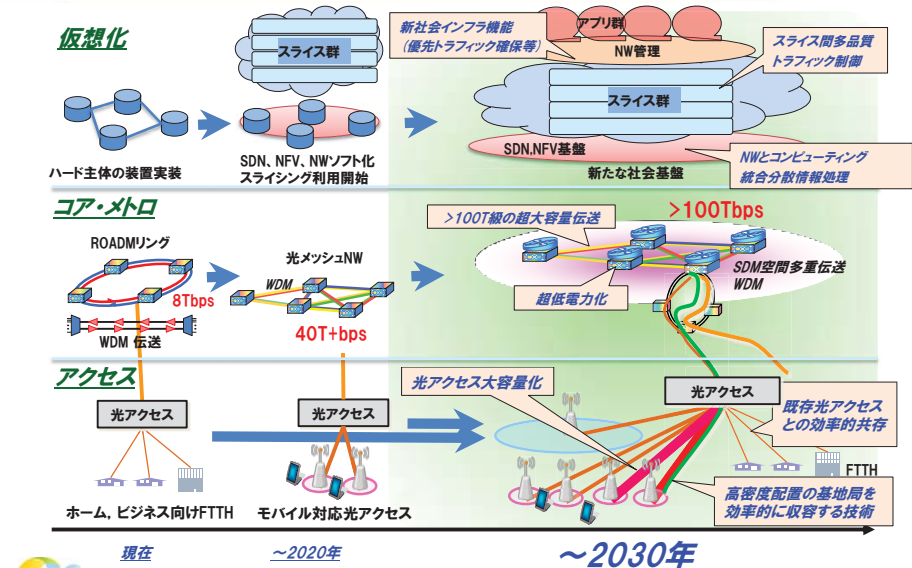
© 2017 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

7

【2030】

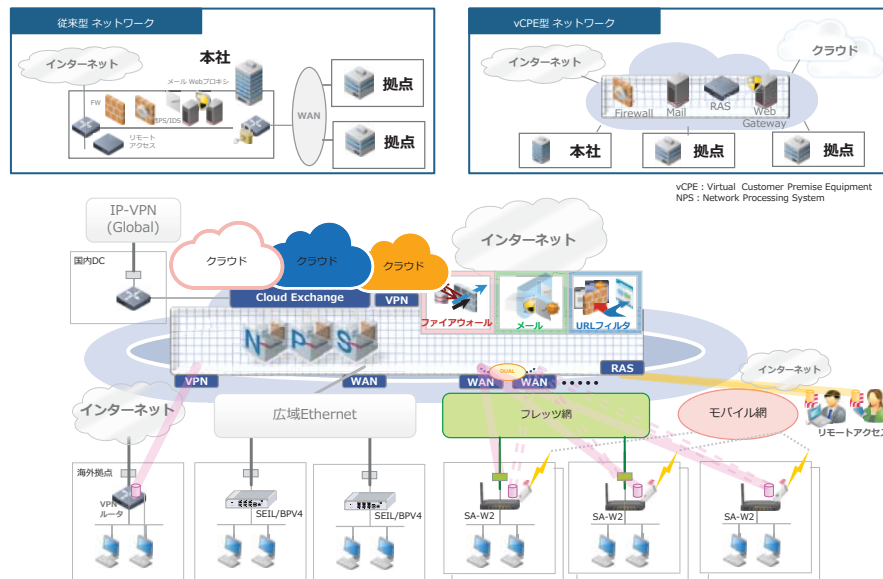
ネットワークの課題

NTT



Copyright © 2017 日本電信電話株式会社 8

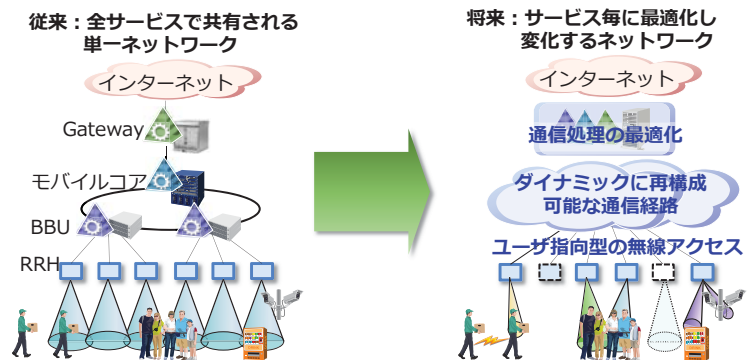
NFVによるネットワーク上の機能の仮想化



- 10 -

ICTシステムの変化

それぞれのレイヤが独立に最適化されたアーキテクチャから、ユーザやサービスを中心としてダイナミックに変化するアーキテクチャへ変革



6

© NEC Corporation 2017

NEC Confidential

Orchestrating a brighter world NEC

2. 2020年から2030年頃までのネットワークインフラに求められる機能

- (1) ミッションクリティカルな社会基盤としての機能
- (2) 多様化・高度化するユーザニーズへの対応
- (3) ネットワークインフラの安全・信頼性の確保
- (4) 効率的なネットワークの実現

(1) ミッションクリティカルな社会基盤としての機能

議論の方向性

- 電話中心の社会インフラからミッションクリティカルな社会基盤へと進化していく中で、将来のネットワークインフラにはどのような機能が求められるか。

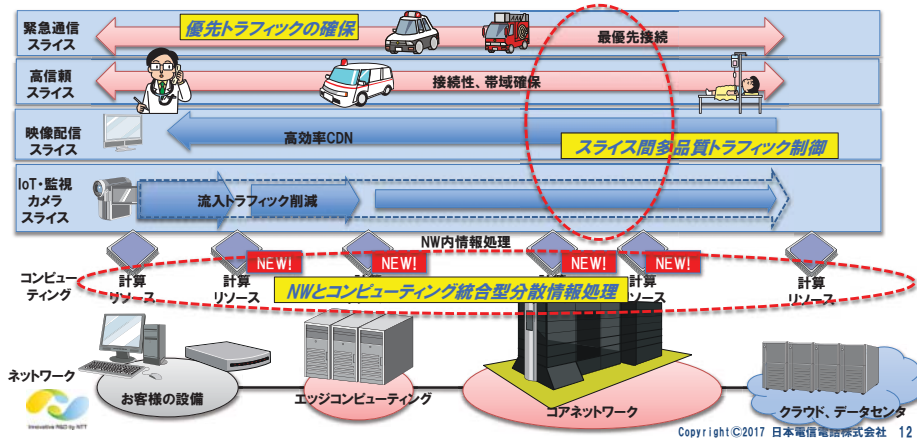


- ネットワークインフラは、「ミッションクリティカルな社会基盤」として、品質の多様化、耐災害性、中立性、セキュリティ等に対応するための機能を具備する必要がある。
- ネットワークインフラの提供に係る事業者が階層的となり、階層化された各事業者がネットワークリソースを相互に共有しながらサービスを実現することが可能となる。

< 論点(案) >

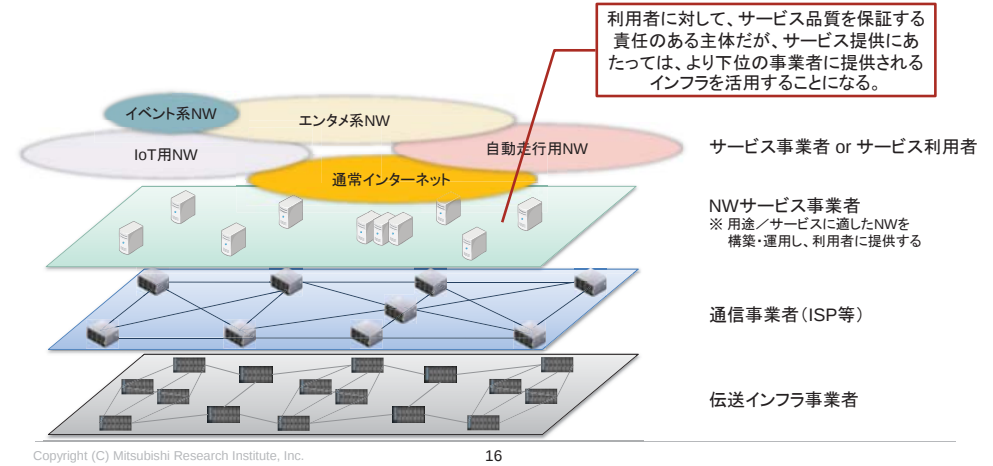
- ネットワークインフラの提供に係る事業者が階層的となり、階層化された各事業者がネットワークリソースを相互に共有しながらサービスを実現するような場合において、サービス品質やネットワークの安全・信頼性を確保するために考慮すべき点は何か。
- IoTサービスについては、現在は特定のアプリケーションに応じた専用の端末デバイスとネットワークによって構築されていることが多いが、将来のネットワークインフラにおいて、アプリケーションの水平連携を実現する共通プラットフォームのような機能も対象として扱う必要があるのではないか。
- インターネットに接続されている端末の中にはセキュリティ面の脆弱性を持つものも存在しており、それらの脆弱性を利用した各種攻撃によってインシデントが数多く発生していることから、今後、端末の品質確保の重要性が増してくるのではないか。

■『新たな社会インフラ』を実現し、それを維持していくための研究開発と、トラフィックの急速な拡大に対処する大容量化と共に必要となるコアNWの経済性を高める制御技術



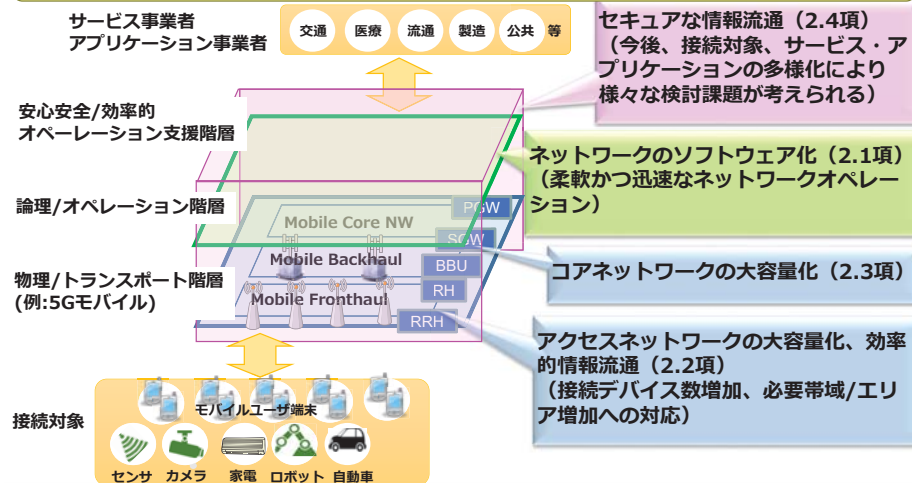
今後検討が必要と思われる事項 ①

- サービス利用者視点から見ると、その基盤を提供する事業者が階層的となり、かつそれぞれの事業者が物理的なリソース(回線、NW機器、NW機能等)を相互に共有しながら、サービスを構築・運用することになる。
- 利用者に対して、適切なサービス品質を提供する役割を担う事業者が上位にシフトしていくことが予想されるが、適切なサービス品質を確保・提供できているかを保証・確認する仕組みが必要になっていくのではないかと。

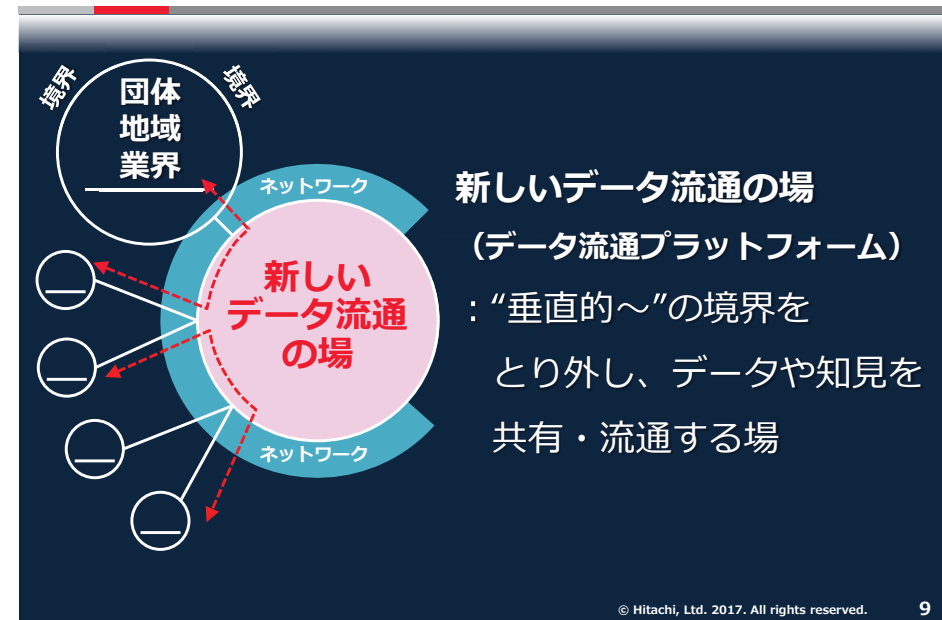


2. 将来ネットワークにおける階層別取組み

大容量かつシンプル化された物理ネットワーク階層、迅速かつ柔軟なオペレーションを提供する論理ネットワーク階層、更に安心・安全かつ効率的なネットワークオペレーションを支援するための階層に分類して取組み



新たなデータ流通の場



(2)多様化・高度化するユーザニーズへの対応

議論の方向性

- ・「ヒト」向けのネットワークから「ヒト」「モノ」が共存するネットワークへと変化していく中、多様化・高度化するユーザニーズへ対応していくために、どのような機能が求められるか。

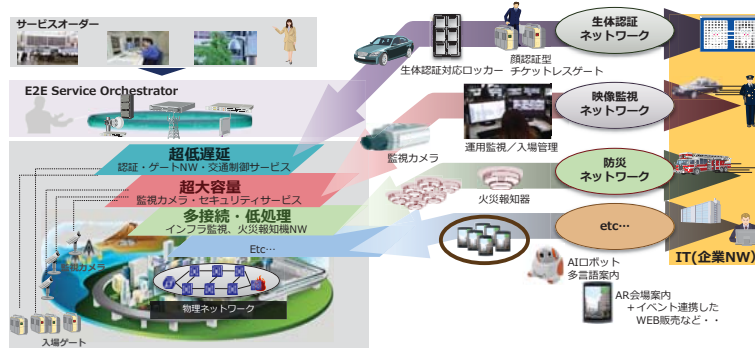
- 多様化・高度化が進むユーザニーズへ対応するため、仮想化されたネットワークリソースを切り出して提供する「ネットワークスライシング技術」や、端末の近くに設置したサーバを活用しリアルタイム処理・処理量削減等を実現する「エッジコンピューティング技術」等によって、「ネットワーク制御の高度化」を実現。
- 超高速・低遅延・多数接続等を始めとする要求条件の高度化にとどまらず、例えば、ビッグデータ収集の際に非リアルタイム系の大容量データを低廉なコストで送ったり、必要なデータのみを収集したりするような新しいユースケースにも対応し、ネットワークインフラ全体を社会基盤として効率的に活用。

<論点(案)>

- ネットワークに求められる機能は、エンターテインメント、IoT等のようにサービスのユースケースに応じて異なる。ネットワークに求められる機能を検討するに当たり、ユースケースとしてどのような類型を考えれば良いか。リアルタイム性の低いIoTサービス、リアルタイム性の高いクリティカルなサービス、高精細画像伝送等の大容量サービスに分類して検討することが適当ではないか。
- 電気通信事業者が安全・信頼性を担保しているコアネットワーク、バックボーンネットワークという構成が、ダイナミックなエンドツーエンドでのスライスネットワークへと進化していき、利用者に対して適切なサービス品質を提供する役割を担う事業者が上位のレイヤにシフトしていくことが考えられるが、この場合においてサービス品質を確保するために考慮すべき点は何か。
- 将来のネットワークインフラには、大容量・低遅延等の高機能化に加え、例えば、通信負荷が低い時間帯に非リアルタイム系のデータを伝送するなど、社会全体で効率的に活用するといったことが求められるのではないか。具体的なケースと実現に向けた課題として、どのようなものが考えられるか。
- ネットワークは、オーダメイド指向のクローズモデルから導入容易性を重視するオープンモデルへと移行してきており、今後は、クローズモデルとオープンモデルの両方の長を併せ持つプラットフォームの実現が求められてくるのではないか。

今後のネットワークの世界

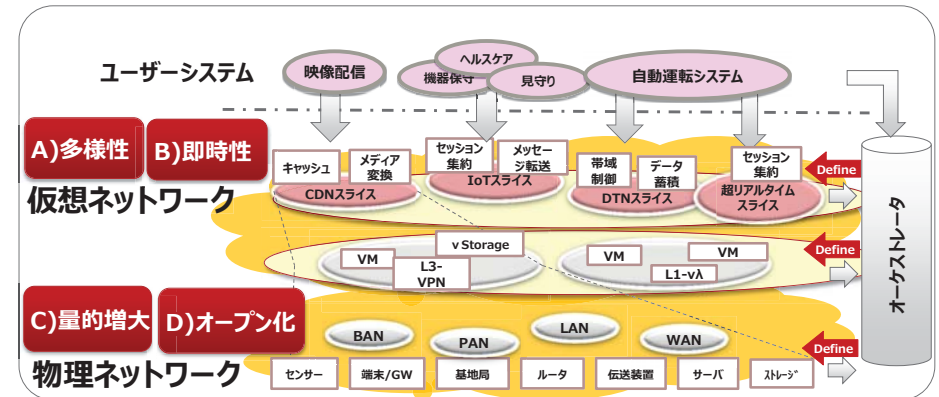
ネットワークとサービス（機能）の仮想化を実現し、ネットワーク要件・ニーズに応じた高機能なサービススライスを構成



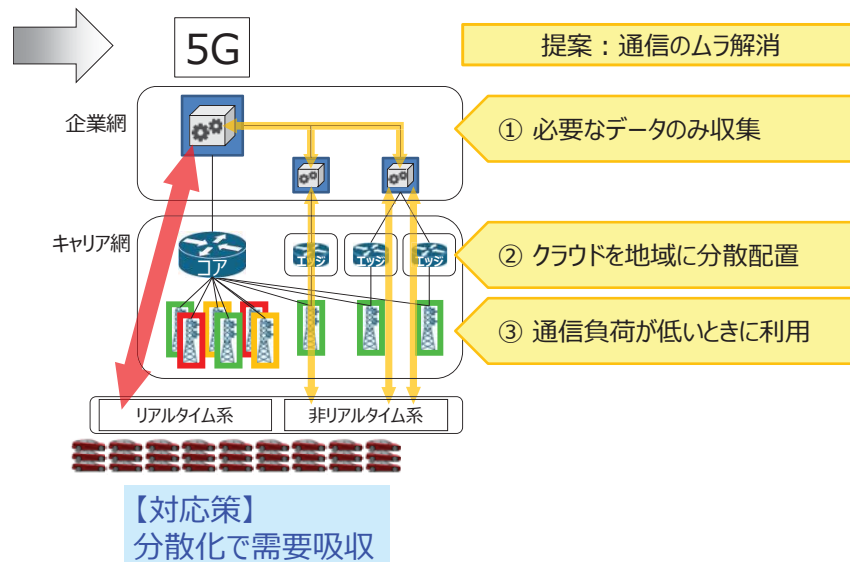
今後のネットワークアーキテクチャー

■ 2つの階層で2つの「融合」を実現

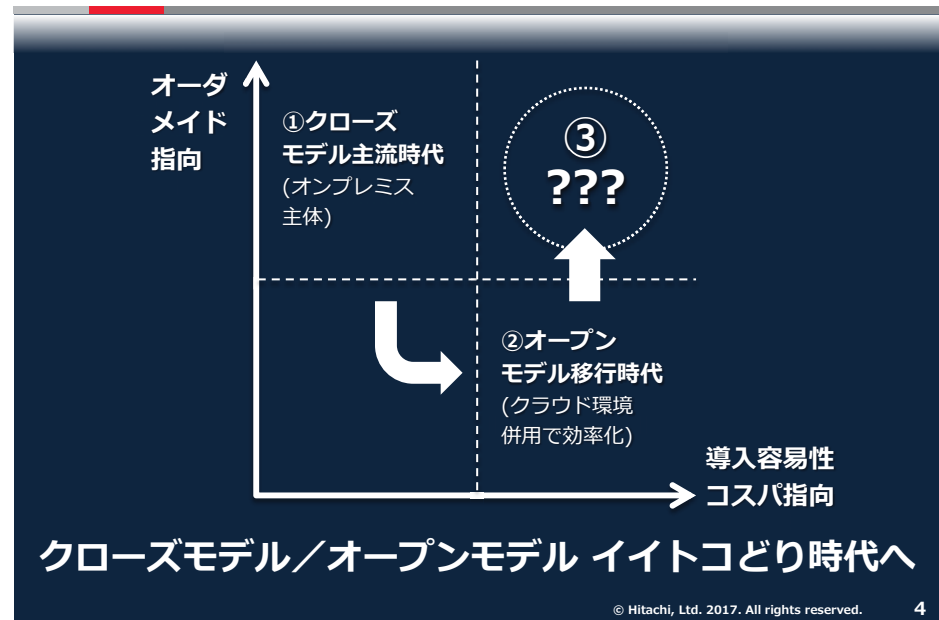
■ ユーザシステム毎に、最適なE2Eのネットワーク(One Network)を提供



テレマティクスにおける課題と対応策



ICT業界の動向とネットワークモデル



(3) ネットワークインフラの安全・信頼性の確保

議論の方向性

- ・ 災害等の非常時にも通信を確保することが求められるなど、将来にわたりネットワークインフラの安全・信頼性を確保することが不可欠であるが、ネットワークインフラのソフト化が進展するとともにプレーヤーが多様化する中で、どのように実現していくべきか。



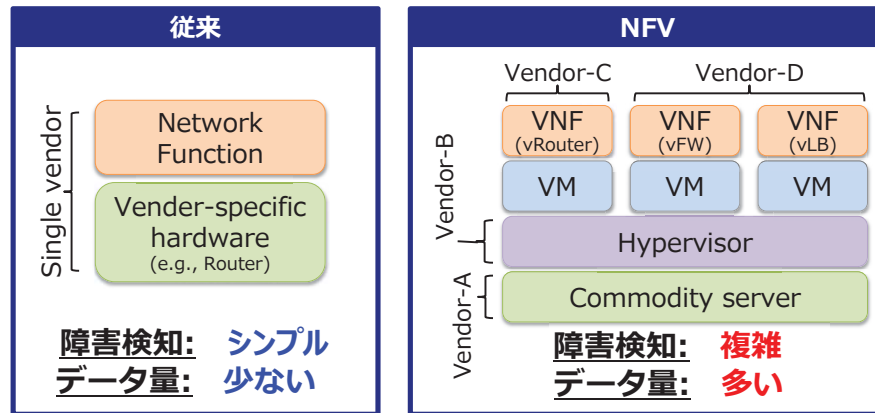
- ネットワーク機能のソフトウェア化が進展するとともに、ネットワークインフラの提供に係る事業者が多様化・複雑化する中で、ネットワークインフラ全体として安全・信頼性を確保していくことが必要。
- 将来的なネットワークインフラの保守・運用人材の不足に対応するため、「全自動オペレーション技術(AIによる保守・運用技術)」によって、全レイヤの横断的な管理、AIによる状況把握・分析など、少人数で確実・高度なネットワーク運用を実現。

< 論点(案) >

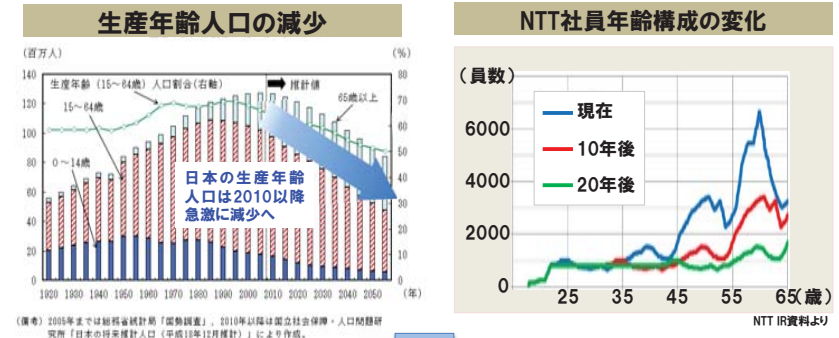
- ネットワークインフラの提供に係る事業者が階層的となり、階層化された各事業者がネットワークリソースを相互に共有しながらサービスを実現するような場合において、サービス品質やネットワークの安全・信頼性を確保するために考慮すべき点は何か。
【再掲】
- ネットワークへ影響を与える要因として、ユーザの自然な挙動によるトラヒックの変化、通信障害、災害による被害の3つのケースを考慮した場合、それぞれのケースにおいてサービス品質やネットワークの安全・信頼性を確保する上で特に考慮すべき点は何か。

NFVによるネットワークの複雑化

NFV： 構成要素の増加、マルチベンダ化により、運用管理データは増加・複雑化



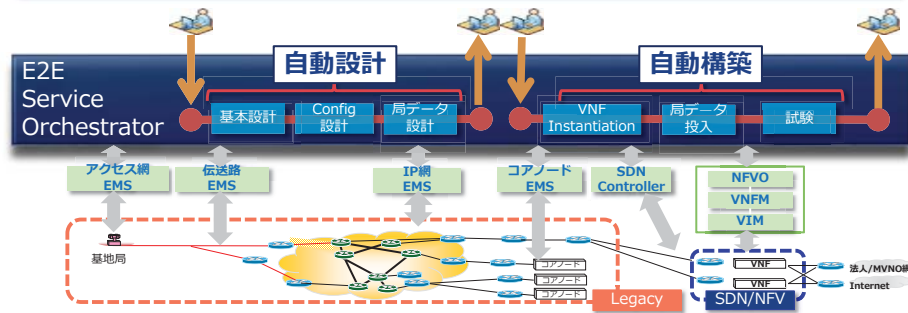
- 世界人口の大幅な増加に対して先進国人口は減少
- 日本の生産年齢人口は2010以降急激に減少
- NWを運用管理するNTTの社員数・年齢構成が今後減少・変動見込み



少人数で確実・高度なNW運用を実現する全自動オペレーションの実現

④将来ネットワークへのマイグレーション 既存/仮想を合わせた運用の自動化

ネットワーク全体の統合管理、OSSとの連携により設計や構築のオペレーションをワンストップで実現
→構築時間の短縮により、エンドユーザへのサービス提供の迅速化を実現



SORACOMの裏側

SORACOM = マイクロサービス化された機能コンポーネント群の疎結合で実現



(4) 効率的なネットワークの実現

議論の方向性

- 増大し続けるトラフィックをネットワークで効率良く収容していくという観点からはどのような取組が有効であると考えられるか。



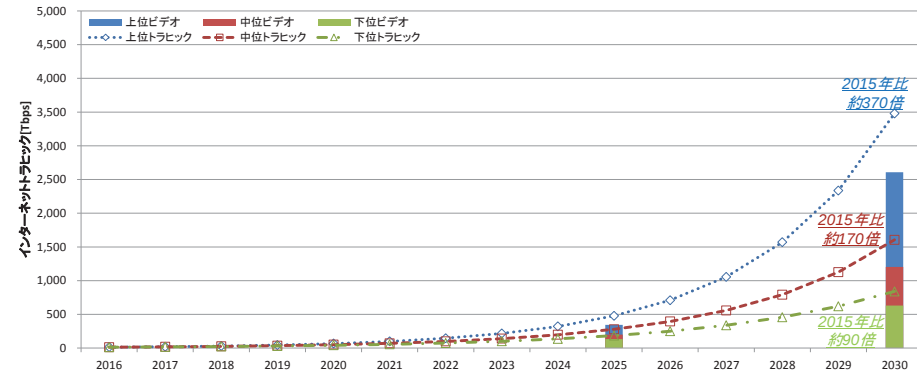
- 光伝送技術の高度化によって、消費電力を抑制しつつネットワーク資源の更なる拡大を図ることが必要。
- NFV (Network Functions Virtualization) の適用によって、ハードウェアの共用や汎用ハードウェアの活用を実現。
- 映像系サービスに対するトラフィック占有率が高まってくることに対応するため、ICN (Information-Centric Networking) / CCN (Content-Centric Networking) 等のコンテンツ流通に必要なネットワークリソースを低減させる技術の導入によってデータセントリックネットワークを実現。

< 論点(案) >

- ネットワークのトラフィック増の要因として、映像系サービスに対するトラフィック占有率が高くなってきていることが挙げられているが、ネットワークインフラのコストを抑える上で、光伝送技術の進展やNFVの導入で技術的な対応は十分か。
- IoTサービスについては、M2Mのトラフィック占有率は2030年頃でも10%程度にとどまり影響は限定的であるとの試算もあるが、例えば、IoTサービスの普及によりアップリンクのトラフィックが増える点については特に考慮しておくべき必要はないか。

日本におけるトラフィック推計(一試算)

- 中長期的な日本におけるトラフィックとしては、上位シナリオの場合、2020年に約65Tbps (約20[EB/月]相当)、2030年に約3,500Tbps (約1,100[EB/月]相当)に達する。下位シナリオの場合であっても、2020年に約40Tbps (約13[EB/月]相当)、2030年に約840Tbps (約272[EB/月]相当)程度になることが予想される。
- 各種資料によれば、2020年時点で約7割程度、2030年時点で約7.5割程度がビデオトラフィックになることが予想されるため、上位シナリオの場合、2020年時点で約43Tbps (約14[EB/月]相当)、2030年時点で約2,600Tbps (約850[EB/月]相当)をビデオトラフィックが占めることが予想される。M2Mトラフィックは、2020年時点で約1割弱、2030年時点で1.2割程度になることが予想されており、残りが他のアプリケーションとなる。

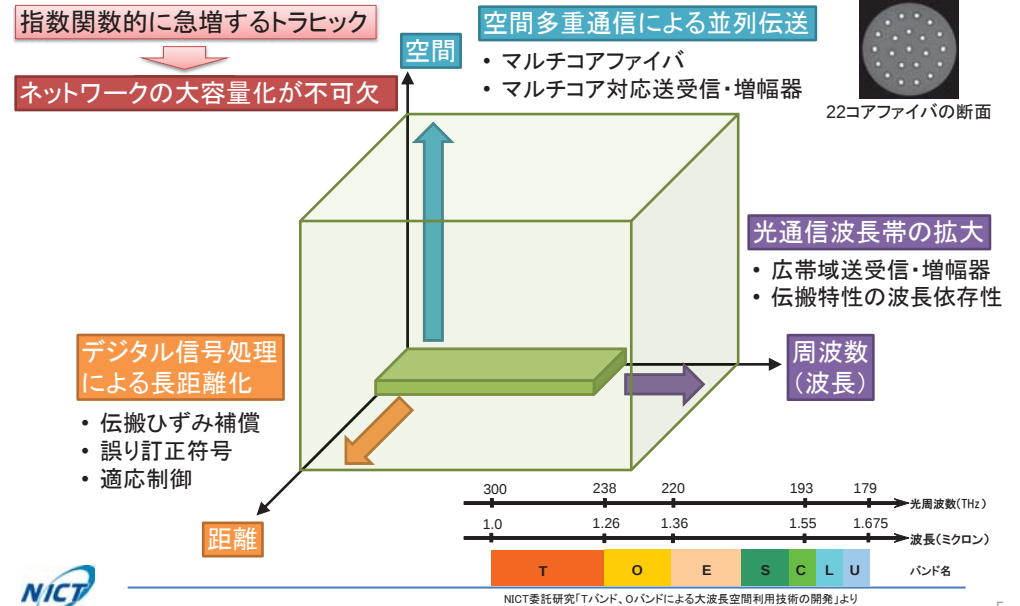


出所) 各種資料よりMRI推計

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

10

ネットワーク資源の拡大



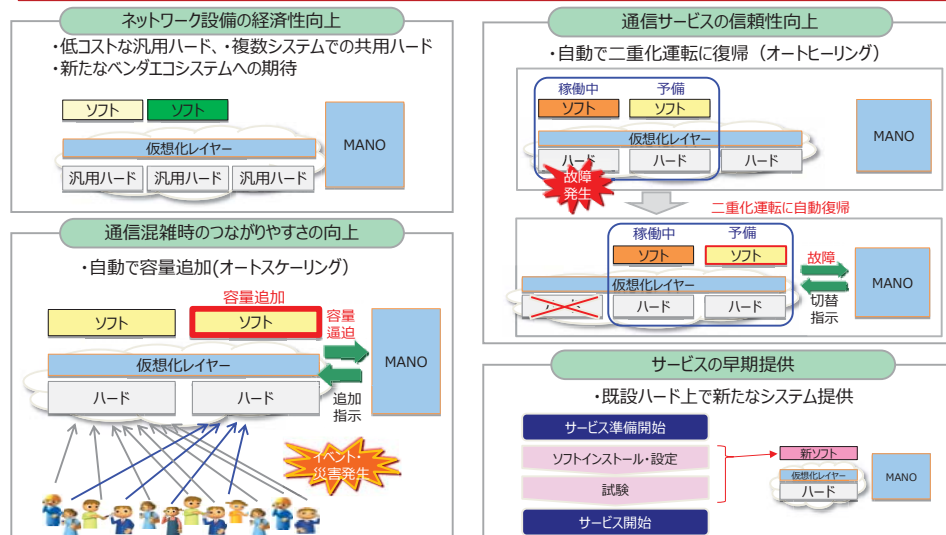
NICT委託研究「Tバンド、Oバンドによる大波長空間利用技術の開発」より

5

(適用技術) NFV

NTT docomo

- ・ネットワーク機能仮想化によりネットワークの経済性、信頼性向上等を実現
- ・ドコモでは、2015年3月に仮想化EPCを導入、他のネットワーク機能についても順次適用を予定

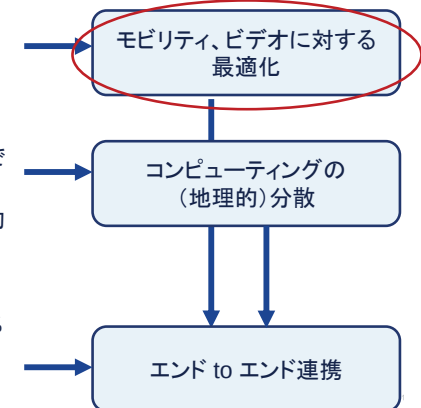


© 2017 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

8

トラフィック動向から読み解くこれからのネットワーク

- ・トラフィックの増加
 - ・モバイル+固定トラフィックの増加
 - ・ビデオトラフィックの増加
- ・IoT/AIの進展
 - ・生成されるデータ量が、データセンターで処理されるデータ量を上回る
 - ・データ分析を行う場所は、ローカル・集約レベルが適する場合もあり得る
- ・データ中心へ
 - ・Rack Levelで処理されるトラフィックの37%がビッグデータ
- ・暗号化トラフィックの増加



15

3. 将来にわたり安定的なネットワークインフラを実現・運用するための技術課題等

(1) ネットワークの高速化

- ① 光伝送技術(コア)
- ② 光伝送技術(アクセス)

(2) ネットワーク制御の高度化

- ③ ネットワークスライシング技術
- ④ エッジコンピューティング技術
- ⑤ データセントリック技術
- ⑥ 全自動オペレーション技術(AIによる管理・運用技術)

(3) 制度面の課題

(4) ネットワーク技術の高度化と国際連携

(1) ネットワークの高速化

① 光伝送技術(コア)

議論の方向性

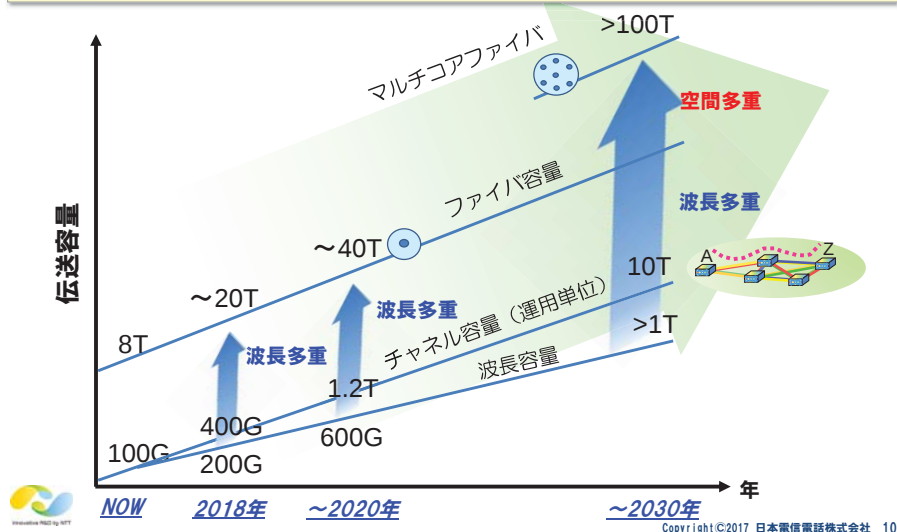
- ・ 光伝送の高速化に向けた研究開発については、NICT・キャリア・ベンダの協調によって成果を出してきており、2020年以降を見据えて、海外展開を含めた更なる推進方策が必要なのではないか。

- 2030年頃までには、コアネットワークに求められる伝送容量が100Tbpsを超え、従来の光ファイバの容量限界に到達。

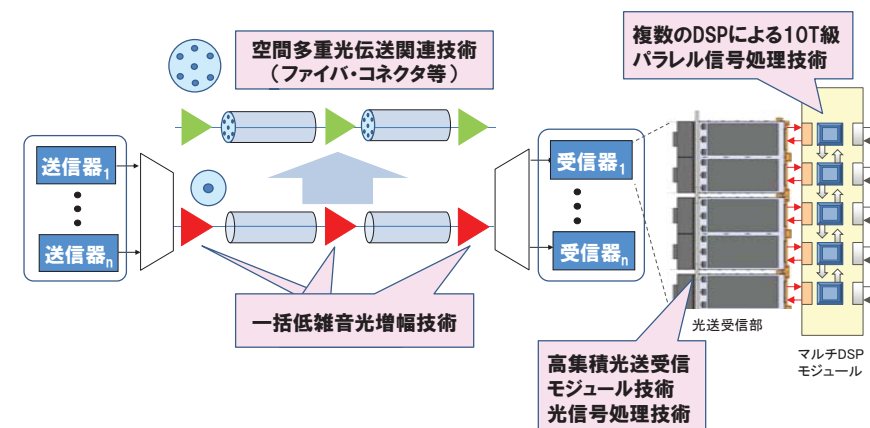
< 論点(案) >

- コア・メトロネットワークでは、波長多重やデジタルコヒーレント等によって高速化を図っているが、いずれ従来の光ファイバの容量限界に達することが想定される。今後は、空間多重のような無線分野の技術を光の分野に取り入れることで、更なる高速化を図っていくことが必要となるのではないか。
- 光ファイバ伝送システムの実現に向けては、革新技术の探索、要素技術の確立、実用化開発といったフェーズを経る必要があり、テストベッド等の実験環境での検証が必要なのではないか。その場合に実験環境としてどのような機能が新たに求められるか。
- 高速化と併せて、超低電力化にも取り組んでいく必要があり、WDM用光トランシーバ、電気処理回路部、RFアンプ等の省電力化が求められるのではないか。

- 2030年までに>100Tbpsを実現するためには、従来の波長多重に加えて空間多重を活用した超並列多重化が必須

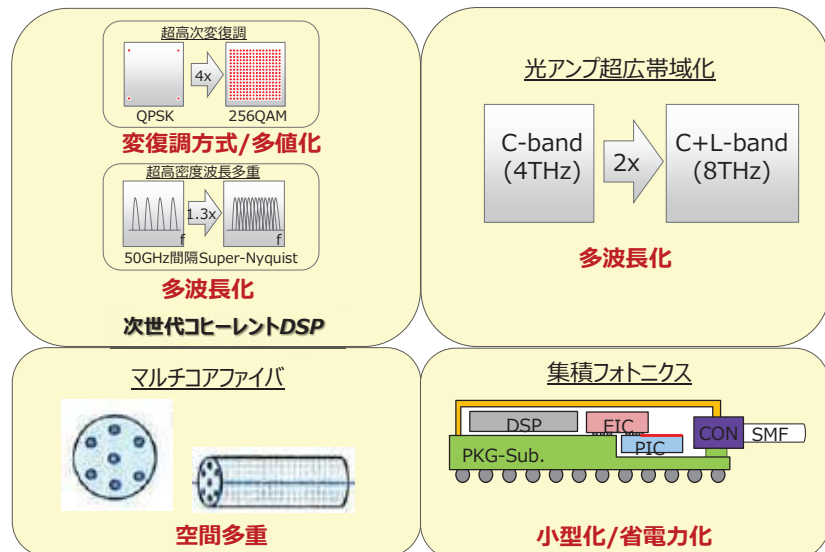


- 超並列多重化大容量伝送実現に必要な技術例



光ネットワークの大容量化技術

－ トラフィック増大に対する収容効率の限界の打破 －



光コアネットワークの大容量化

想定環境: 2030年に光コアネットワークの容量は数100Tbps～数Pbps

光コアネットワークに生じる課題	課題解決のためのアプローチ
従来の光ファイバ(SMF)の物理的限界 - 非線形シャノンリミット⇒100Tbps@500km伝送 - ファイバヒューズ(熱破壊)⇒光入力 数Wが上限	デジタル信号処理の高度化(並列伝送対応等) - マルチコアファイバを用いた並列伝送 - マルチコアファイバ技術 - マルチコア対応ノード技術 - マルチコア対応制御技術
ネットワーク運用の複雑化 - 数時間以内のトラフィック変動増加 - 先進国で労働人口・技術者の減少 - 新興国で熟練技術者不足	ネットワーク技術の高度化 - 短時間変動に対する適応性をハードウェア及びソフトウェアの両面で実現 - AI等を援用した自律制御、自動化
消費電力の増大(パワークラッシュ) 消費電力による容量・スペース制限	低消費電力化に資する技術開発 - 高度信号処理による長距離伝送 - 中継器の機能削減 - 集積回路を用いた低電力・省スペース化 - ネットワーク資源の適切な配分 - 各通信チャネルが必要な容量を適応配分 - ネットワーク資源の節約 - 通信トラフィックを削減する経路選択

(1) ネットワークの高速化

② 光伝送技術(アクセス)

議論の方向性

- 固定アクセスだけでなく無線アクセスを効率良く収容する光アクセスの実現が求められており、光コアで適用されている技術を光アクセスに適用するための取組等を推進していく必要があるのではないか。

- 2025年頃までには、無線アクセス技術の急速な進展に伴い、無線アクセス回線を低コストで効率良く収容する光アクセス回線を実現していくことが必要。
- 2030年頃までには、無線アクセス技術の更なる進展によって、デジタル信号処理に要する光信号帯域が不足。

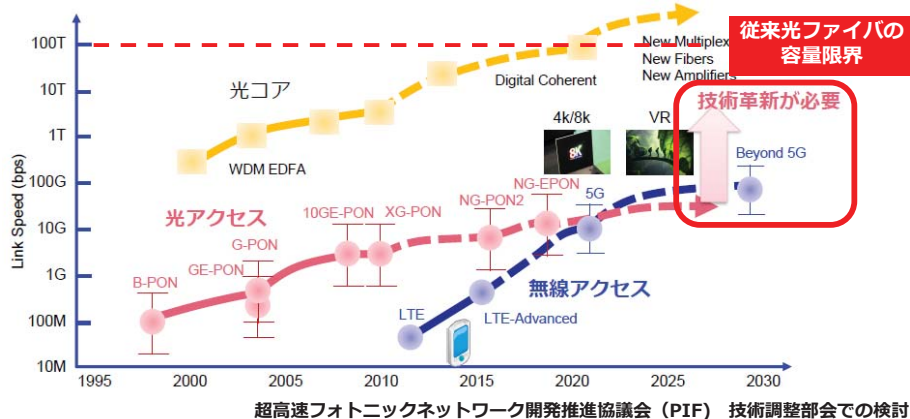
< 論点(案) >

- アクセスネットワークについては、光アクセスの高速化に加え、高密度の基地局を効率的に収容する技術や、モバイルと光アクセスの効率的共存を図るための技術が必要になってくるのではないかな。
- 低シンボルレートの低廉なデバイスで光アクセスの高速化を実現するための手段の一つとして、多値変調等の光コアで活用されている技術を光アクセスの環境に応じてフレキシブルに適用する技術等が考えられるのではないかな。
- ソフトウェア化されたネットワーク機能との連携によってネットワーク資源を柔軟に活用可能な環境を整備するためには、アクセスネットワークにシームレスな光・無線変換技術を導入していく必要があるのではないかな。
- デジタル信号処理に要する光信号帯域については、アナログ技術の適用によって大幅に低減することができるのではないかな。

継続するトラフィック増加に対応するためには、光ファイバ伝送技術 (コア、アクセス) の技術革新が必要

コア：従来光ファイバの容量限界を打破する革新的光ファイバ

アクセス：5G以降の無線アクセスを低コストで効率的に収容する高速光アクセス技術

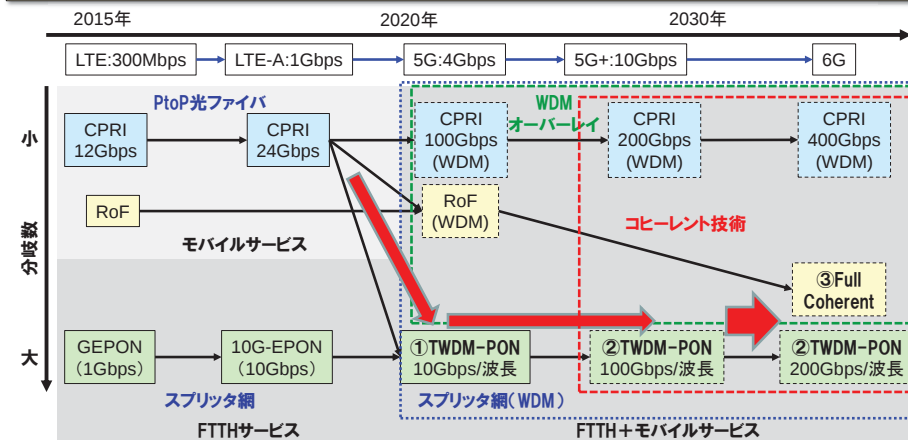


KDDI

Copyright © 2017 KDDI Corporation. All Rights Reserved

フロントホール大容量化に向けたマイグレーション案

- ① PONによる効率化：5G普及以降の光張り出し方式として、TWDM-PONは有望。10Gbps or 25Gbps/波長。
- ② デジタルコヒーレント技術による大容量化：5Gの本格的普及期から6G導入までのブロードバンド化・大容量化・低遅延化に対応するために、コヒーレント方式を適用。100Gbps/波長。
- ③ フルコヒーレント通信：端末速度10Gb/sを超えるモバイルサービス及びFTTHサービスの提供が可能。



© Copyright 2017 OKI Electric Industry Co., Ltd.

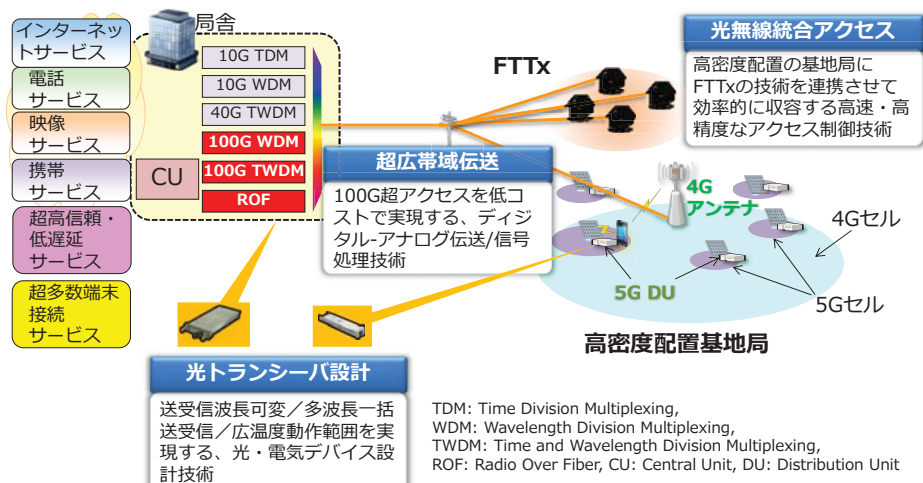
10



将来のネットワークインフラを支える技術(2)

アクセスネットワークの高速大容量化、多数基地局収容に必要な要素技術

超広帯域伝送技術、光無線統合アクセス技術、光トランシーバ設計技術



9

©2017 Mitsubishi Electric Corporation

ケーブルテレビネットワーク機器の標準化

ケーブルブロードバンドの標準化は米国ケーブルラボが中心となって進められている。

米国ケーブルラボ (CableLabs)

1998年にケーブルサービスにかかわる技術研究・認定を行う非営利団体として米国に設立。現在、ワールドワイドで56社のケーブル事業者がメンバー参加、機器ベンダー等も賛助会員参加。

標準化の最大の実績はケーブルインターネットの世界規格 DOCSIS

- ・CMTS/CMを利用したケーブルネットワーク上のデータ通信規格
- ・Interoperabilityが確保されているためマルチベンダ化が進み、事業者のコスト低減/供給の安定化が図られている。

DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification)
Cable Modem Termination System (CMTS):
HFCネットワーク上でIPデータ通信を提供するための局側センターモデム
Cable Modem (CM): お客さま宅内に設置するデータ通信用モデム

今後に向けたケーブルラボの研究テーマ

- ・ Full Duplex DOCSIS 3.1
- ・ 光コヒーレント通信
ケーブルアクセスネットワークでの数TBs～数十TBsの伝送速度を目指す。
2016年6月に最大256ギガビットの伝送容量を確保する実験に成功。
- ・ 5G & WiFi
- ・ 仮想化 & クラウド 等

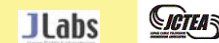
もっと、あなたに響くこと。
J:COM



CableLabs



日本国内での標準化関連団体



日本ケーブルラボ (J:COM) 及び日本CATV技術協会 (JCTEA)の両団体が、日本国内でのケーブル関連技術、機器等の運用仕様策定等を行っている

(2) ネットワーク制御の高度化

③ ネットワークスライシング技術／④ エッジコンピューティング技術

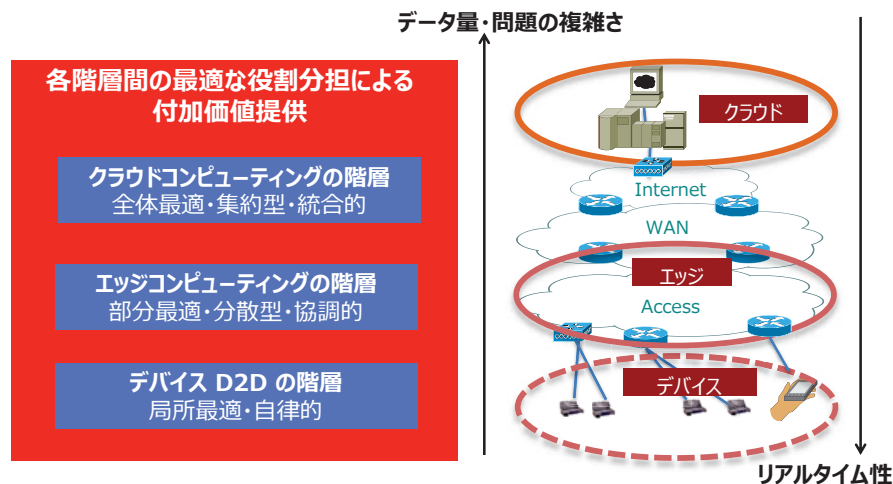
議論の方向性

- ・ ネットワークスライシング技術やエッジコンピューティング技術の技術開発が進められており、将来的にはサービスの進展に伴い導入されることが想定されるが、ネットワークの構造を大きく変えるものであるため、実網への適用に当たって検討が必要となる課題を整理し、共有しておくべきではないか。

< 論点(案) >

- ネットワークインフラの安定的な提供の観点から、整理しておくべき技術課題は何か。
(例) - ネットワークリソースの活用自由度の拡大とそれに伴う課題
 - スライス間のリソースシェアによる運用の複雑化、性能・品質劣化の回避
 - 利用者が要求したサービス品質を適切に充足していることを担保する方策
 - End to Endでの帯域や遅延等の配分モデル(ユースケースの類型も含む。) 等
- サービス提供者によるネットワークリソースの適用の自由度を一定程度確保することを仮に想定した場合に、安全・信頼性の確保との両立が可能な範囲で具体的な実現イメージとして、どのようなものが考えられるか。
(例) - オペレータが予め定めた数パターンの種類のネットワークリソースをサービス提供者が選択
 - オペレータと特定のサービス提供者が共働でネットワークを設計
 - オペレータがネットワークリソースの一部を開放し、サービス提供者がソフトウェア実行環境等によって機能を設定 等
- 地域のネットワークインフラの一翼を担っているCATVとの連携に当たって特に考慮すべき課題はあるか。

仮想化技術の適用時におけるNWアーキテクチャ・機能分担を検討 クラウド、エッジ、デバイスにて、必要な機能の見極めが必要



4. 今後期待される取組(1/2)

■ 将来のネットワーク・サービスのビジネスモデル構築

- マルチプレイヤーが相互連携する中でのビジネスモデルの在り方
 - 全体がまわりWin-Win関係を構築するエコシステム
- ネットワークインフラ全体としての品質保証の在り方
 - 複数事業者間での品質配分のルール
 - アクセス・エッジ～コアネットワーク間での品質確保
- 社会要請に応じたネットワーク構築
 - ミッションクリティカルからベストエフォートまでの柔軟な対応

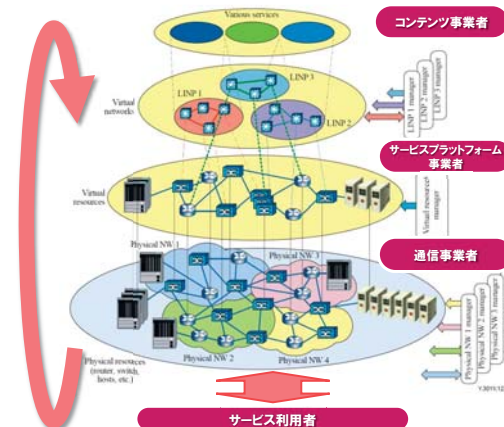


Figure 1 - Conceptual architecture of network virtualization

出典:ITU-T Rec. Y.3301 に加筆

将来ネットワークの課題

- エンド・ツー・エンドのスライス構築・運用技術は確立されていない
- ソフトウェア化されたNW機器の構築・運用技術は確立されていない
 - 高速化技術
 - 低遅延
 - 堅牢性・セキュリティ
 - 技術基準
- AIや機械学習を駆使する自動制御によるコスト削減、いままで人間が思いつかなかった網制御・最適化の技術の探索は黎明期である

たとえば、

- 汎用CPUとFPGAを駆使する堅牢なソフトウェア構築技術・経験が必要
- コントロール・プレーンだけでなく、データプレーンにおける柔軟性を駆使するオフロード・機械学習等の探求が必要

Almighty Network (柔軟・高速・低遅延・堅牢・自動制御のすべてを満たすネットワーク) インフラ構築技術が求められている！

仮想ネットワーク実現に向けた課題

ー ユーザシステム毎に、最適なE2Eのネットワーク(One Network)の実現ー

運用構築効率化

- End to Endに跨る様々なネットワークを経由する複雑さの回避
 - ネットワークモデル化 (API)、統一管理
 - ユーザ要求に応じた自動構築

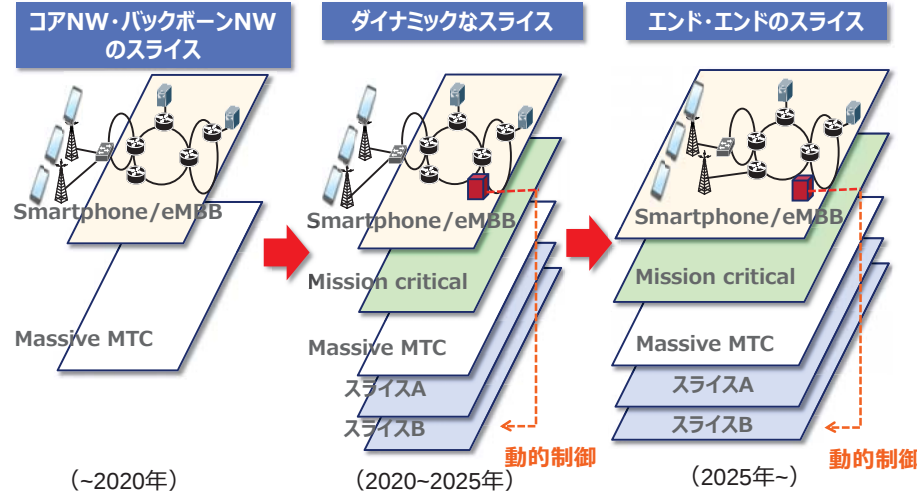
性能/可用性担保

- ソフト化、あるいはスライス間のリソースシェアによる性能劣化、品質劣化の回避
 - 高性能モニタ、AIによる性能分析、オートスケーリング
 - 高性能ネットワークサーバの実現

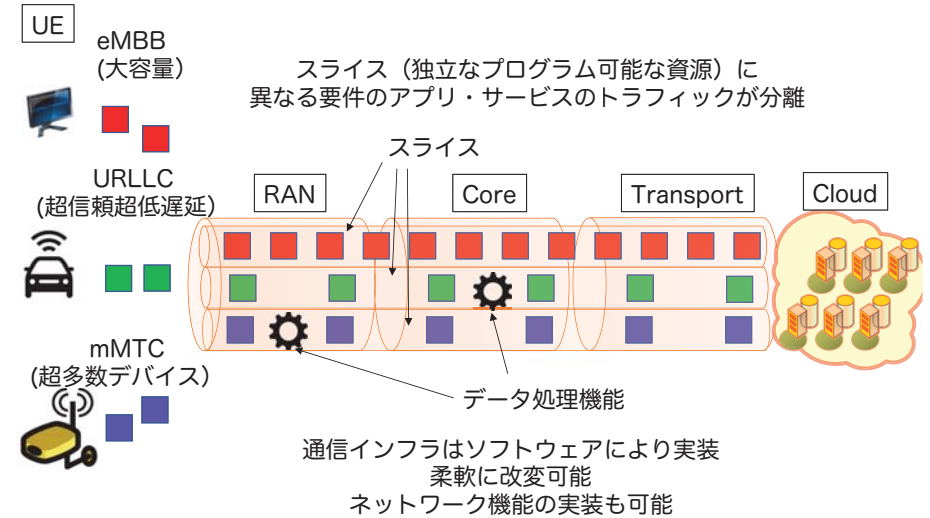
セキュリティの確保

- スライス内だけでなく、スライス間に跨るデータ/サービス共有の実現
 - 情報指向ネットワーク (ICN/CCN, IPFS)
 - ブロックチェーン

コアNW、バックボーンNWから、
ダイナミックなエンド・エンドでのスライス・ネットワークへ進化



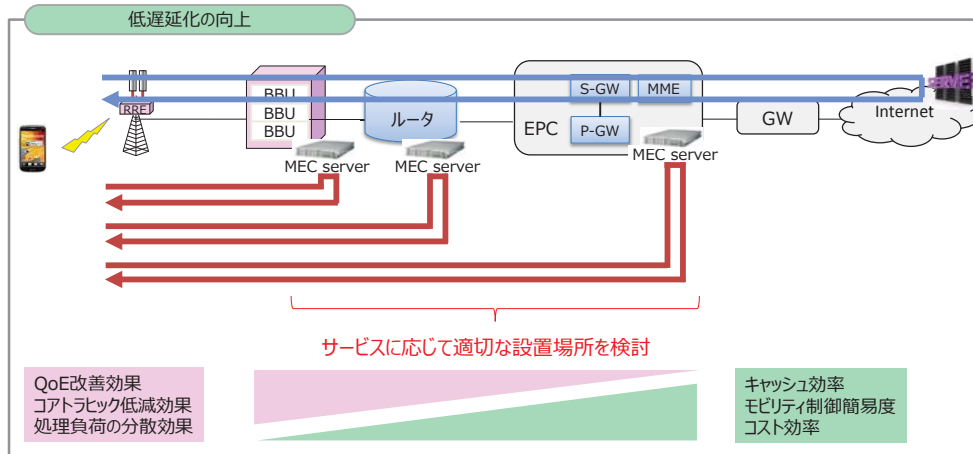
Network Slicing/Softwarizationのある通信インフラ(近未来)



(適用技術) MEC

サーバをエッジに設置することによるネットワークの高度化を検討

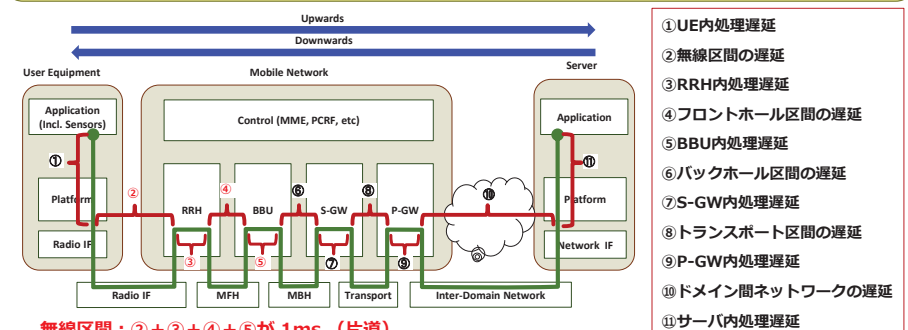
- ・ 低遅延サービス
- ・ 無線状況を考慮した最適化
- ・ 処理負荷の分散化、コア側のトラフィック削減



1.5 遅延配分

ユーザ視点に立った低遅延サービスの提供には、多様なネットワーク事業者によるEnd-Endサービス提供を考慮した、下記課題検討が必要

- ① ネットワーク各区間遅延時間の最小化
 - ② エッジ・コンピュータの導入と最適機能配置
 - ③ マルチキャリアを介したサービスにおけるEnd-End品質配分規定策定
- ネットワーク事業者、サービス事業者等による検討が必要



遅延区間の分解概念図

(2)ネットワーク制御の高度化

⑤ データセントリック技術

議論の方向性

- ・ 今後、高精細な映像の伝送等を始め、映像系サービスに対するトラフィック占有率の大幅な増加が見込まれているため、コンテンツ流通に必要なネットワークリソースを低減させるデータセントリックネットワークを実現するための取組を進めていくべきではないか。

<論点(案)>

- ICN/CCN等のデータセントリック技術は、ネットワーク機能のソフトウェア化が進展する中で、どのような段階を踏んでIP網に導入されていくと考えられるか。
- IPに基づかないデータセントリック技術の導入に当たっては、IP技術とのハイブリッド方式が考えられるのではないか。

放送と通信の融合時代の新たなサービスに向けて

多様化する社会のニーズや視聴者の生活環境に対応



将来のネットワークへの期待

- ・ 8Kコンテンツ配信が可能なインフラ整備
- ・ 将来のネットワークインフラの普及
- ・ 社会基盤として低コストで利用できるインフラ
- ・ 高い安全性と信頼性が確保され、安心して利用できる

10

4 K8K等映像への対応（デジタル放送方式の比較）

もっと、あなたに響くこと。
J:COM

	有線一般放送	衛星デジタル放送（BS/110度CS）	
		広帯域	高度広帯域
使用周波数帯	90～770MHz	BS: 11.7～12.2GHz 110度CS: 12.2～12.75GHz	
伝送帯域幅	6MHz	34.5MHz	
搬送波	シングルキャリア	シングルキャリア	
変調方式	64QAM、256QAM	BPSK、QPSK、TC8PSK	$\pi/2$ シフトBPSK、QPSK、8PSK、16APSK
情報レート例（変調方式）	約38Mbps(256QAM) 約29Mbps(64QAM)	約52Mbps (TC8PSK, 2/3)	約100Mbps (16APSK, 7/9)
誤り訂正方式 上段：内符号 下段：外符号	なし 短縮化RS	畳込み符号化 or TC (2/3) 短縮化RS	LDPC 短縮化BCH

参照：総務省 情報通信審議会 情報通信技術分科会（第105回）

6 | Confidential

© Jupiter Telecommunications Co., Ltd.

【取り組み】大容量コンテンツ等によるトラフィック増加への対応

14

4 K / 8 K 配信など大容量データへ対応するためには、
NW能力の拡張・NWの効率化の両者が必要

NW効率化の候補技術：ICN/CCN

※ICN:Information-Centric Networking / CCN:Content-Centric Networking

- ・ ネットワークの役割は回線交換の時代から「端末と端末を接続すること」であり、現在のインターネットはコンテンツ流通のための基盤として最適化されていない
- ・ ネットワークの役割を「端末とコンテンツを結ぶこと」に変え、キャッシュをネットワーク全体に配置することでネットワーク効率を向上（コンテンツの「名前」によるネットワークング）



KDDI

Copyright © 2017 KDDI Corporation. All Rights Reserved

ICNへの段階的移行

IP Content-networking

hICN (hybrid ICN)

ICN

Content NameをIPv6 ヘッダに埋め込む

- ・ Segment Routingを使った、Nameに基づく L4-7 request routing
- ・ アプリケーションレイヤ (CDN) による、事前のキャッシング
- ・ モビリティは、トンネルベース (Anchor-based mobility)

CISCO

- ・ Segment Routingを使った、Nameに基づくL3 ルーティング
- ・ 部分的な対称ルーティング
- ・ アンカレスなモビリティの実現
- ・ リアクティヴなキャッシング

- ・ 可変長のContent Nameによるルーティング

- ・ Nameに基づくL3 ルーティング
- ・ 対称ルーティング
- ・ アンカレスなモビリティの実現
- ・ リアクティヴなキャッシング

© 2014 Cisco and/or its affiliates. All rights reserved. Cisco Confidential 44

(2)ネットワーク制御の高度化

⑥ 全自動オペレーション技術(AIによる保守・運用技術)

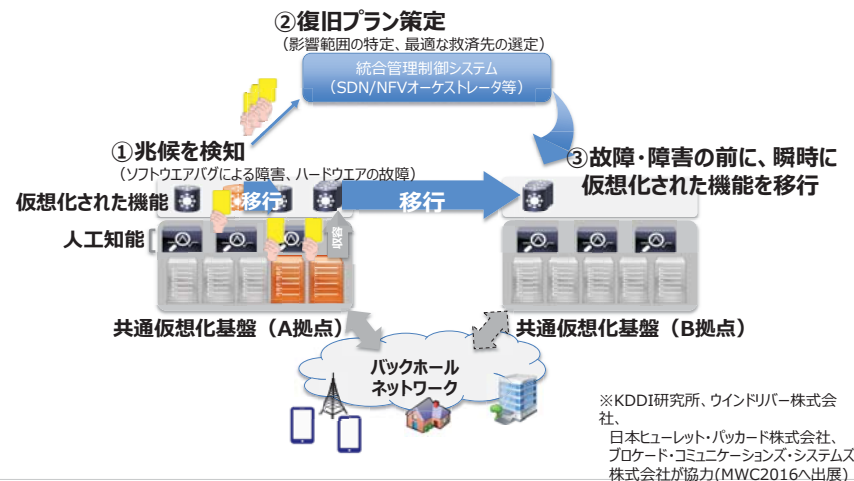
議論の方向性

- ・「全自動オペレーション技術(AIによる保守・運用技術)」の導入に係る進展イメージや課題を整理しておくべきではないか。

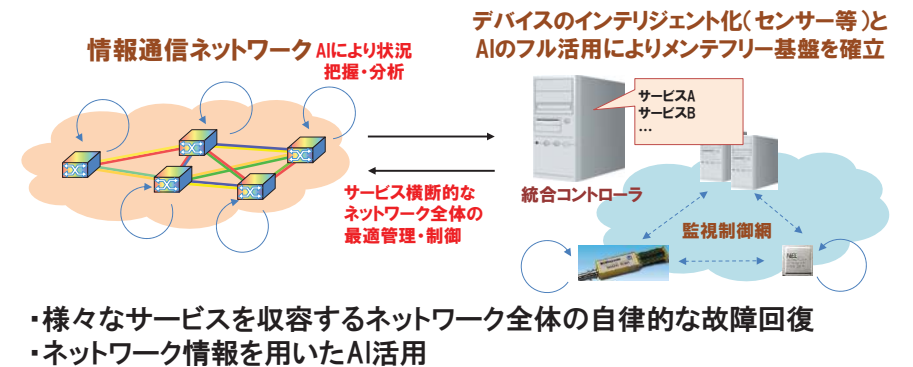
<論点(案)>

- 究極的には、仮想化レイヤのネットワークの保守・運用だけでなく、物理レイヤのネットワーク資源の管理や、アプリケーションレイヤのサービスとの連携にもAIが寄与していくことが考えられる。その進展イメージをどのように考えるか。
- (例) - 物理レイヤで発生していることを仮想化レイヤで正しく把握するためのデータ監視・連携等の仕組み
 - 全自動オペレーション技術(AIによる保守・運用技術)が導入されると考えられるレイヤの優先順位
 - 回線の二重化等の物理的な冗長性と、余剰なネットワークリソースを活用した仮想的な冗長性の組合せ 等
- 物理ネットワークと論理ネットワークが分離され、かつ論理ネットワークが多層的に形成されるようになると、障害検知・原因究明等が困難になり、AIの活用が有効であると考えられるが、個々の事業者がそれぞれ開発・導入を進めた場合、ネットワークインフラ全体として安全・信頼性を確保する上で問題はないか。
- 機械学習にはデータに忠実に学習するという特徴があるため、偽のデータを混ぜて悪用すると、機械学習に基づくオペレーションによってネットワークが乗っ取られてしまうリスクがある。「考えるネットワーク」という観点だけでなく、「騙されないネットワーク」を実現するという観点から特に考慮すべき技術課題はあるか。

人工知能を活用した自動化による運用管理の複雑化の回避



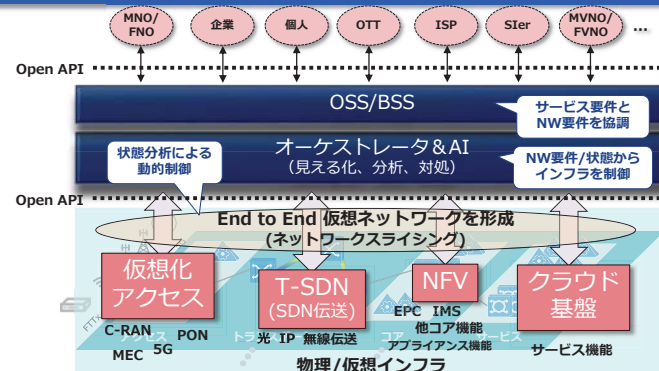
全自動オペレーションによるメンテナンスフリー光NW



少人数で確実・高度なNW運用を実現する「全自動オペレーションの実現」

③システムのオープン化
Eco-Systemレファレンスモデル

抽象化された物理インフラとオーケストレータ・AIが動的に連携することで、複数の仮想インフラを形成することがこれからの情報通信インフラ



スライス・プログラム可能なソフトウェア
データプレーンによりAI/機械学習制御が進化する

アプリケーション

ネットワーク
アプリケーション

AI/機械学習
・ 深層学習
・ AI制御

既にR&Dが
進んでいる領域

コントロールプレーン

コントローラ

ソフトウェア化で
革新的に進化する領域

データプレーン

プログラム可能な
データプレーン構成要素

AI/機械学習
・ 特徴抽出
・ 学習オフロード
・ 自律制御

(3)制度面の課題

議論の方向性

- ・ 今後、ネットワークインフラの機能は、ソフトウェア上で論理的に切り分けられるようになってくることが想定されるが、現在の技術基準について見直しを要する点があるかどうか検証が必要ではないか。

<論点(案)>

- 技術基準等の制度を検討する際には、技術の進展を阻害しないという観点を取り入れるべきではないか。
- 電気通信設備の構成、プレイヤー、機能分担が変化する中、安定した電気通信サービスを維持するために培ってきた技術や、整備されてきた様々なルールが従来どおり有効に働くかという観点で、点検が必要なのではないか。
- ネットワークのソフトウェア化等が進展する中、ネットワークインフラの保守・運用に携わる人材に求められるスキルが変化してきているのではないか。また、そのような変化を踏まえた人材の確保・育成に向けた検討が必要ではないか。

4. 今後期待される取組(2/2)

■ 将来のネットワークへのスムーズな移行に向けた取組み

- ・ サービスを新しい技術でリプレイスする流れに応じたマイグレーションシナリオの策定
- ・ 安全・安心に向けた実証試験の継続実施(試験環境拡充／広域化への対応 等)

■ ICTネットワーク関連産業の拡大に向けた取組み

- ・ 世界最先端のICT基盤の確立を目指した基礎研究開発の推進
- ・ IoT社会を実現するモデルケースの実践
- ・ グローバル標準化活動に対する戦略的取組み

■ 通信ネットワークのソフトウェア化に対する取組み

- ・ オープンソースへの対応力の強化
- ・ 産官学連携の人材育成スキーム、実戦的資格制度の整備

■ 破壊的イノベーションへの備え

- ・ ICT産業の発展に関わる最先端デバイス、アーキテクチャ、ビジネス・モデルへの備え

人材育成と地方の課題

- ・ 人材確保・育成
 - － ネットワーク関連の人材が少ない→いない
 - － 特に地方においては既に多くの人材が東京へ流出
 - － IoTの時代に、誰が家庭のネットワークを補修する？
 - ・ 某ルータの問題やセキュリティ設定の無いWi-Fi
 - ・ IPv6時代になり、更に複雑難解に
 - － 自動車の修理工場は全国に必要
- ・ 国民のリテラシー向上
 - － 職業としてのICTへの理解
 - － 費用に対する意識の問題
 - ・ セキュリティ対策は必要だが、特に地方においては一般に浸透していない
 - － 「安全安心」等は、人任せでは不可能であることへの理解
- ・ 地方創生？
 - － 急速に人口が減少し増加する見込みのない地方を救えるのはICT?

(4)ネットワーク技術の高度化と国際連携

議論の方向性

- ・ ネットワーク技術については、我が国が強みを有する技術をどのように海外へ展開していくかという側面と、海外で生まれた技術をどのように国内へ取り入れていくかという側面の両方を考えていく必要がある。国際競争力の確保を重視する領域と、国際協調を重視する領域として、どのような領域が考えられるか。

<論点(案)>

- ネットワークは、経済、社会、そして人々の生活を支えるインフラとなっており、その責任を果たしていく必要があるため、消費者ニーズを捉えながらも、我が国がこの分野で国際的なリーダーシップを保つために、技術的最先端を走る必要があるのではないか。
- 将来のネットワークがどのようなになるかを考え、それを実現するための手段を議論する際には、そこから生まれてくるものを日本国内だけではなく、海外にも展開していくためにはどうしたら良いかという観点も含める必要があるのではないか。
- 安全なインターネットを実現するためには、インターネットは国内に閉じたものではないことから、海外で生まれたイノベーションをいち早く国内に取り入れるという観点が必要になるのではないか。
- ICT機器に関するOTT(Over the Top)の設備投資額の増大や、ソフトウェアによる通信機能・サービスの提供割合の増加など、ICT製品市場構造の変化が起こりつつあることをどう捉えていくのかという点について検討が必要ではないか。

4. 将来のネットワークインフラの発展イメージ

<論点(案)>

- 代表的なモデルケースを設定し(論点(案)2(2)参照)、コストの観点も踏まえた上で、ネットワークインフラの発展の方向性について検討を行うべきではないか。(新しい技術の導入時期、効率的な実現方法等)