

議論の方向性とこれまでの意見

平成29年3月31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 仮想化/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 全自動オペレーション技術
 - ⑥ その他
- (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

	議論の方向性
(1) ネットワークインフラの社会的な役割	<ul style="list-style-type: none">ICTの高度化に伴い、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つつある中、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。
(2) ネットワークインフラの進化の方向性	<ul style="list-style-type: none">回線速度をいかに速くするかということに加え、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。

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

	議論の方向性
(1) ミッションクリティカルな社会基盤としての機能	<ul style="list-style-type: none">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。
(2) 多様化・高度化するユーザニーズへの対応	<ul style="list-style-type: none">「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の変化に代表されるように、多様化・高度化するユーザニーズへ対応していくためには、どのような機能が求められるか。
(3) ネットワークインフラの安全・信頼性の確保	<ul style="list-style-type: none">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。
(4) 効率的なネットワークの実現	<ul style="list-style-type: none">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。

3. 将来にわたり安定的なネットワークインフラを実現するための技術課題等

	関連技術等	議論の方向性
(1)ネットワークの高速化	①光伝送技術(コア)	<ul style="list-style-type: none"> 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と。
	②光伝送技術(アクセス)	<ul style="list-style-type: none"> 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と。
(2)ネットワーク制御の高度化	③仮想化/ネットワークスライシング技術	<ul style="list-style-type: none"> ソフト化・仮想化が進む中で、クラウド・エッジ・デバイス等における機能分担を検討する必要があるのではないかと。ネットワークインフラの提供に係るプレーヤーが複雑化しており、End to Endでサービス品質を保つための要件及びその実現方策の検討が必要ではないかと。
	④エッジコンピューティング技術	<ul style="list-style-type: none"> エッジサーバの機能をサービス提供者が柔軟に設定できるようにした場合、より一層ユースケースに特化したサービスの提供が見込める一方で、ネットワークインフラ全体の信頼性が担保できなくなる可能性がある。エッジコンピューティング技術を適用する場合には、留意すべき観点は何か。(例えば、低遅延が要件ではないサービスも収容するためには、柔軟に提供できる仕組みが必要ではないかと。) エッジコンピューティング技術を適用した場合のQoS配分モデルについて検討を行っておくべきではないかと。
	⑤全自動オペレーション技術	<ul style="list-style-type: none"> 人材が不足する中、マルチプレーヤー、物理・論理の分離、分散配置/動的再配置等により保守、障害対応が複雑化することが予想されるが、AIの活用も含め、どのように解決していくべきかと。
(3)制度面の課題		<ul style="list-style-type: none"> 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。設備ベースで設計されている現在の技術基準についても、機能ベースで見直すといったような検討が必要になってくるのではないかと。
(4)ネットワーク技術の高度化と国際連携		<ul style="list-style-type: none"> 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と。

4. 将来のネットワークインフラの発展イメージ

- 上記の技術課題等を踏まえた将来のネットワークインフラの発展イメージをどのように考えるべきか。

(1) ネットワークインフラの社会的な役割

・ ICTの高度化に伴い、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つつある中、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。

- 2020年オリンピック・パラリンピック東京大会から10年後となる2030年の時代には、コネクテッドカー等のIoT技術の多くが確立・成熟期を迎え、高精細映像、次世代広告等のエンターテインメントや、AI/IoTを活用したサービスの重要性が増し、情報通信ネットワークは、それらをセキュアに提供する新たな社会インフラへと変化し、ミッションクリティカルな社会基盤を担うことになる。
- ネットワークインフラの主な役割は、「伝える」から「つなぐ」へと変化し、社会システムの神経網を担うという側面が大きくなる。
- ユーザ側から見ると、データ、サービス、アプリケーション等のネットワークにとられない利用形態が増えてきている。インフラそのものの機能よりも、データやサービス等の重要性がより高まってくるのではないか。
- 単に技術的に新しいものという側面だけでなく、業界を越えたエコシステムや新たなビジネスモデルを創出することによって、新たなサービス、ひいては、さまざまな社会問題の解決にも寄与していくことが期待されつつある。
- 5Gを始めとする通信の高度化とともに、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・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つつある。
- これまで、放送コンテンツは、地上波、衛星、ケーブル等の専用の通信路を中心に配信されてきたが、今後は、インターネットを含むネットワークを流通するという観点加わることで、多様化する社会のニーズ視聴者の生活環境に対応できるようになる。
- 高度情報化社会を支えている要因として、「コンテンツのデジタル化」、「コンピューターの処理性能向上」、世界中のどこからでも安価にビット列を転送できる「インターネットの発展」を挙げることができる。
- 将来のネットワークの技術適用分野のうち、官民連携が望まれている技術領域は、「高度化した防災・減災」、「IoT」、「サイバーセキュリティ」、「省エネ・エネルギー制御」、「5G・次世代携帯」及び「ITS」である。

(2) ネットワークインフラの進化の方向性

・ 回線速度をいかに速くするかということに加え、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。

- ネットワークの二分化が進み、仮想化を使って汎用サーバを使っていくレイヤと、ネットワークの大容量化のために専用マシンを使っていくレイヤの両方が存在していくことになる。
- ハードウェアとソフトウェアの二分化が進み、ソフトウェアが担う機能の割合が大きくなっていく。ただし、ハードウェアの機能の重要性が変わるということではない。
- 「リアルな体感」、「社会基盤・安心安全」、「産業振興」といった観点で、ユーザセントリックなネットワークが実現されていく。
- トラヒックは、量的に増大するだけでなく、質的にも変化。ローカルに閉じたコンテンツや、イベントの開催等に伴う局所的なコンテンツ等にも着目していく必要がある。
- 2000年代前半までの間は、ブロードバンドの普及に伴い、回線速度をいかに速くするか、そのためにハードウェアやルーティングプロトコル等をどう高機能化するかという点に主眼が置かれてきたが、2010年頃からは、ネットワーク制御のソフトウェア化やネットワーク機器の仮想化等のようなネットワーク制御の高度化に関する動きが出てきている。
- インターネットがイノベーションの場となったことに対しては、インターネットの持つオープン性が大きく寄与したのではないかと考えられるが、それだけでなく、ダイヤルアップからADSL、FTTHへと、また、移動通信の2Gから3G、4Gへと通信の高速化が進展したことも大きく寄与している。ネットワークが今後も社会を支えるインフラであり続けるためには、より多くの端末を収容して高速な通信を実現するという観点が必要不可欠。
- 今までのように自社で設備を作って運用するという時代から、クラウドサービス等の他社のインフラや、API等の他社の機能を組み合わせて運用するという時代にシフトしつつある。
- 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だけでなく、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も求められる可能性がある。
- ケーブルテレビネットワークは、光ファイバと同軸ケーブルのハイブリッドで構成されているが、今後は、よりユーザに近いところまで光ファイバを近接させていくことになるものと想定される。
- 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となっていくのではないかと考えられる。

(1) ミッションクリティカルな社会基盤としての機能

・ 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。

- 過去のネットワークは電話中心の社会インフラであったため、優先呼、輻輳制御、信頼性等がポイントであったが、今後は、コネクテッドカー、高精細な映像伝送、遠隔医療等のミッションクリティカルな分野でネットワークが活用されていくことが想定されるため、要求される品質の多様化、耐災害性、中立性、セキュリティ等がポイントになってくる。
- 従来型のベンダを中心としたシステムの中でセキュリティをどう担保していくのかということと、新しいエコシステムの中でセキュリティの完全性をどう担保していくのかということは違った話になってくるので、検討を行っていく必要がある。
- キャリアネットワークとエンタープライズネットワークの差が小さくなりつつある。TIP(Telecom Infra Project)、OCP(Open Compute Project) 等に見られるようにOTT(Over The Top)の影響力が増大し、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ことについて、考える必要があるのではないか。
- Telecom Infra Projectは、2016年にFacebookが主導して開始されたプロジェクトであり、特に携帯通信事業者等が、オープンなハードウェアでインフラを構築・運用できるようになることを目的とした活動を行っている。
- IoTによって膨大な数のデータが得られるが、それをいかにセキュアに集められるかということが課題になる。
- 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、端末の品質確保は今後ますます重要になってくるのではないか。
- 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、将来は個々のアプリケーションの水平連携が必要になってくる。将来のネットワークインフラについて議論する際には、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。
- 将来のネットワークに関する課題の領域は、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、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の3つに分類できる。
- ネットワークの共通コア技術として、セキュリティに関する課題の重要性が高まりつつあり、今後は自動車業界等のようなICT分野と異なる業種との協調が必要になってくるのではないか。

(2) 多様化・高度化するユーザニーズへの対応

・「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の変化に代表されるように、多様化・高度化するユーザニーズへ対応していくためには、どのような機能が求められるか。

- ユーザセントリックなネットワークの実現のために必要な技術進化として、「ダイナミックな役割分担」、「ネットワーク能力の拡張」、「最適なネットワークの提供」が挙げられる。
- 多様なネットワーク要求に対応するためには、仮想化技術を適用し、ネットワークを機能として切り出す「スライシング」を導入していく必要がある。
- これまでは「ヒト」向けのネットワークであったが、今後は「ヒト」「モノ」が共存するネットワークに変化していく。サービスのコンセプトに適した品質でネットワークを提供していく必要があり、そのための環境整備が必要。
- 仮想化技術の適用が進む中で、ネットワークアーキテクチャ・機能分担について、改めて検討を行う必要があるのではないか。クラウド、エッジ、デバイス等において、必要な機能の見極めが必要。
- 電気通信事業者が中心となって提供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は、2025年頃には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くのではないかと。
- 今後は、ネットワークインフラを提供する事業者が階層的となり、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になることが予想されるため、適切なサービス品質を確保・提供できていることを保証・確認する仕組みが必要になっていくのではないかと。
- 放送の観点からは、将来のネットワークインフラには、外部のネットワークと放送局内のネットワークをセキュアかつシームレスに接続する機能や、高品質・低遅延といった機能が求められる。
- 将来のネットワークインフラに対する課題として、End To End のスライスの構築・運用技術が確立されていないことや、ソフト化された機器の構築・運用技術が確立されていないこと等が挙げられる。
- 5Gの実現に向けて、無線領域の性能向上に応じたネットワーク領域の能力向上が必要となる。ネットワーク領域への要求項目として、「広帯域化」、「低遅延化」、「低消費電力化」等が挙げられる。

(2) 多様化・高度化するユースケースへの対応 (続き)

- Connected Carには、大きく分けて「ITS」「IVI」「IoT」の3つのユースケースが存在し、通信要件もそれぞれ異なる。自動車の運転支援、衝突回避、追従走行等が含まれる「ITS」には低遅延・高信頼が要求されることから専用の周波数帯が用いられ、カーナビ等が含まれるIVIには高応答性が求められることからセルラーが用いられている。そして、収集したビッグデータの活用等が含まれる「IoT」には、非リアルタイム系の大容量データを低廉なコストで送るといった新しい通信要件が求められている。
- ネットワークへの要求条件は、エンターテインメント、IoT等のようにユースケースに応じて異なるため、ユースケースに応じた柔軟なネットワークをどのように構築すべきかが議論されている。

(3) ネットワークインフラの安全・信頼性の確保

- **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。**

- 放送の要求条件については、4K/8K等の非常に高精細な映像を流していくという方向性と、特に災害時等に携帯端末等で地上波の放送がネットワークを通じて手軽に見られるという方向性の二極化が進んでいくものと考えられる。
- ネットワークの機能を切り出して多重に運用する場合、災害時や故障時等においても物理的に安定させながら運用することが求められる。
- 将来のネットワークインフラには、災害時・非常時に果たす役割が大きくなり、安全・安心という観点がより重要視されるようになることが想定される。ソフト化が進展する中で、通信障害への対策も考える必要がある。
- ユーザの自然な挙動による状況変化と災害による状況変化は、分けて考える必要がある。それらの中間的なものとして、通信障害による状況変化が位置付けられる。
- 災害時・非常時の緊急通報については、ネットワークの一つのチャンネルとして位置付けるべきかどうかということを考えておく必要があるのではないかと。ネットワークの高機能化・柔軟化によって実現する機能の一つとして緊急通報も実現しようとした場合、ネットワーク全体の設計が緊急通報の要求条件に引きずられてしまう可能性がある。

(4) 効率的なネットワークの実現

・ 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。

- NFVを適用すると、ハードウェアを共用でき、汎用ハードを使えるようになるので、原理的にネットワークコストが安くなるというメリットがある。それだけでなく、業界を越えたエコシステムや新たなビジネスモデルの創出にもつながっていく可能性がある。
- 中長期的な日本におけるトラフィックの推計の一試算として、2030年には最大で約3500Tbps(2015年比で約350倍)に達することが予想される。このうち、ビデオトラフィックが70%以上を占め、M2Mトラフィックは10%程度の規模にとどまる。
- スーパーハイビジョン(8K SHV)では、2Kと比較して、画素数が16倍、フレーム周波数が4倍になり、非圧縮のビットレートについては1.5Gbpsから144Gbpsにまで拡大するため、番組制作のIP化・仮想化が進展すると、トラフィック増の一因となるものと考えられる。
- 放送におけるネットワーク利用例として、番組配信への活用、インターネットを通じたコンテンツの提供等が挙げられる。今後、8K化にも対応していく場合、トラフィック増の要因となると予想される。
- 今後、4K対応の受信機が普及し、4K映像の配信がインターネット上で行われた場合、4K映像の配信に係るトラフィックは日本の総トラフィックの5～25%を占める可能性がある。
- 4K/8K放送をネットワーク経由で行う場合、30Mbps程度から100Mbps程度までの情報レートが求められるため、対応していく必要があるのではないかと。
- ネットワークのトラフィック増の要因として、モバイル端末のデータオフロードが増えてきていることや、映像系の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等が挙げられる。
- 自動車からビッグデータの収集を行う際には、非リアルタイム系の大容量データを低廉なコストで送ることが求められる。ユーザー側には十分な量が集まったデータをむやみに収集しないという対応が考えられ、ネットワーク側には通信負荷が低い時間帯にデータを送るという対応が考えられる。

(1) ネットワークの高速化

① 光伝送技術(コア)

・ 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。

- コアネットワークについては、従来の光ファイバの容量限界を打破する革新的な光ファイバ伝送技術の実現が望まれる。
- コア・メトロネットワークについては、2030年頃までに100Tbps程度のトラフィックを収容する能力が求められる。
- Ethernetでは、400Gbpsの規格が検討されており、今後、800Gbps/1.6Tbps/6.4Tbpsといったさらなる大容量化が望まれる。
- コンテンツの大容量化が進み、特に4K/8K高精細映像配信のメディアとしてインターネットが注目されている。マルチキャストの導入、圧縮技術の開発等の取組も重要だが、継続的なネットワーク容量の拡張は必要。
- コンテンツの大容量化・高精細化が進む中で、キャリアのアクセス回線やアグリゲーション等の観点が必要となるのではないかと考えられる。
- 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きたが、技術の進展が限界に達しつつある。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考えられる。
- 光ファイバ伝送システムの実現に向けては、革新技術の探索、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。
- コアネットワークの大容量化に向けた研究開発は、NICT、キャリア、ベンダが協調することで成果を出してきており、今後もオールジャパンでの取組が有効に機能するのではないかと考えられる。
- コアネットワークの大容量化を実現する光伝送技術は、beyond100Gというキーワードで標準化の議論が進められており、日本企業が存在感を示すことができる分野ではないかと考えられる。
- ネットワークの大容量化や柔軟なネットワーク構築には、設備増強と柔軟な機器設置が求められるため、装置・機器の省電力化・小型化が必要。
- コアネットワークの高速化と併せて、超低電力化にも取り組んでいく必要がある。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。

②光伝送技術(アクセス)

- **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。**
- アクセスネットワークについては、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の実現が望まれる。
- 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。
- モバイルアクセスを収容する光アクセスには、40GbEを基にした40G級PONや100GbEを基にした100G級PON等が使われていく可能性がある。
- 欧州の5G推進機関である5G PPP (Public Private Partnership)では、有線ネットワークについても検討が行われており、ソフトウェアで光伝送を制御可能な光ファイバー技術等が必要とされているほか、PON (Passive Optical Network)、ARN (Active Remote Node)、MP2MP (MultiPoint-to-MultiPoint)、フレームベースの光交換ノード等を活用していく必要があるとされている。
- ITU-T、IEEE等の標準化機関やBBF(Broadband Forum)、FSAN(Full Service Access Network)等のフォーラムにおいては、PONの大容量化だけでなく、5Gのモバイルフロントホール・モバイルバックホールに適用可能な高速光アクセスに関する検討が行われている。
- 無線アクセスの高速化に伴い、モバイルフロントホールの大容量化も必要になってくる。無線信号を有線信号に変換するCPRI(Common Public Radio Interface)等を効率良く束ねる技術等が必要になる。
- **スモールセルを高密度に配置するとマクロセルと比較して面積当たりセル数が増大するため、ネットワーク全体で消費電力をどのように抑えていくかということを検討していく必要がある。**
- 電力を最も消費するのは装置の中の電気配線の部分なので、電気配線をいかに光回線に置き換えていくかという観点での技術開発が必要になる。
- 米国のケーブルテレビ事業者では、アクセスネットワークにおける5Gへの対抗手段として、10GE-PON化も計画されている。
- 米国のケーブルラボでは、ケーブルアクセスネットワークで数Tbps～数十Tbpsの伝送速度を実現する手段として「光コヒーレント通信」に関する研究が行われている。既に、256Gbpsの伝送容量を確保する実験に成功。

(2) ネットワーク制御の高度化

③ 仮想化/ネットワークスライシング技術

・ ソフト化・仮想化が進む中で、クラウド・エッジ・デバイス等における機能分担を検討する必要があるのではないか。ネットワークインフラの提供に係るプレーヤーが複雑化しており、End to Endでサービス品質を保つための要件及びその実現方策の検討が必要ではないか。

- SDNをデータセンタ間で適用した場合、製品はあっても互換性が十分でないなど、標準化にかかわる課題が散見される。
- 仮想化メリットを最大化するためには、ステート情報分離による迅速なリソース配備・設備効率化や、ネットワーク機能のサービス化を通じたノード間インタフェースの簡素化による運用のシンプル化等を行っていく必要がある。
- SDN、NFV等の適用によって、ネットワークに対する要求条件をいかにスライスで吸収していくのかということがポイントになる。
- MVNOにとっては、MNOから、ネットワーク側のトラフィックのパターン、シグナリングのパターン、データ通信量に対する割合等が柔軟に設定されたスライスが提供されれば、より一層ユースケースに特化したサービスが提供しやすくなる。
- ネットワークのリソースを自由に使えるようになるということが一つの理想ではあるものの、実際には、オペレータが管理するネットワークにAPIによって変化を与える場合には、そのAPIに対する保証の範囲等も考えておく必要が出てくる。
- ネットワークスライスのようなコアネットワーク側の柔軟性を向上させる技術の標準化が進んできており、今後のビジネスシーンでの活用が期待される。
- マルチレイヤーを活用して、利用者向けのネットワークを構築し、物理的リソースを共有する場合、利用者が要求した要求を適切に充足していることを担保することが困難になるのではないか。
- 情報処理(IT)の世界では、仮想化技術の活用が進んでおり、仮想化基盤を自社の中で構築・運用するという形態にとどまらず、外部のクラウドサービスを活用するIaaS(Infrastructure as a Service)という形態が増えつつある。今後、こういった技術が通信(CT)の世界にも適用されていくことが想定される。
- 携帯電話のEPC(Evolved Packet Core)ノードのような移動通信の根幹を担う設備、vCPE(virtual Customer Premises Equipment)等の付加価値通信を担う設備においても、仮想化や他社サービスの利用が進んでいる。
- ウェブやクラウドの世界では、それぞれの機能コンポーネントを個別のライフサイクルを持ったサービスとして実現し、サービス間はAPI連携を行うことで、大きなサービスを小さなサービスの組合せとして実現するというアーキテクチャが用いられており、ソフトウェア化が進展すれば、通信の世界でも同様のアーキテクチャを用いることができるようになる。
- ネットワークを多重に運用する場合、End to Endでの帯域や遅延等の配分モデルの議論が必要になるのではないか。

④エッジコンピューティング技術

- エッジサーバの機能をサービス提供者が柔軟に設定できるようにした場合、より一層ユースケースに特化したサービスの提供が見込める一方で、ネットワークインフラ全体の信頼性が担保できなくなる可能性がある。エッジコンピューティング技術を適用する場合に、留意すべき観点は何か。(例えば、低遅延が要件ではないサービスも収容するためには、柔軟に提供できる仕組みが必要ではないか。)
 - エッジコンピューティング技術を適用した場合のQoS配分モデルについて検討を行っておくべきではないか。
- サーバをエッジに設置することにより、低遅延サービス、無線状況を考慮した最適化、コア側のトラフィック削減等の実現が見込める。
 - 今後のネットワークには、クラウドコンピューティング、エッジコンピューティング等を含めたトータルでの統合型の分散情報処理が求められる。
 - 今後は、アクセス網の中のエッジにも分散配置されるような情報処理基盤があり、従来のクラウドに集中配置される情報処理基盤とそれらをつなぐネットワーク全体を、新しいネットワークとして捉えていく必要があるのではないか。
 - 現在、情報処理基盤は主にクラウド事業者やISPの中に設置されているが、今後はエッジコンピューティングのようにキャリアのアクセス網の中に設置されるようなケースも増えることが想定される。今後も多様な企業が多様なサービスを生み出すためには、情報処理と通信が融合した新しいネットワークインフラとはどのようなもので、どのようなプレイヤーが、どのような役割を担っていくのかを考えていく必要があるのではないか。
 - IoTの観点からは、ネットワークの遅延が一つのポイントになると考えている。現在のネットワーク構成だと、Pゲートウェイまでの折り返しが発生するので、例えば、基地局の周辺に何らかのソフトウェア実行環境を置いて、そこでロジックを実行するというようなネットワーク構成も考えられるのではないか。
 - 遅延も含めたネットワーク全体の品質の割りつけのような議論は、電話の時代はあったと思う。デジュール的にやるのか、デファクト的にやるのかというような議論もあるとは思いますが、今この時代に改めて検討しても良いのではないか。
 - ユーザ視点に立った低遅延サービスの実現には、ネットワーク各区間の遅延時間の最小化やエッジコンピューティングサーバの最適機能配置といったことだけでなく、マルチキャリアを介したサービスにおけるEnd to End品質配分規定の策定等も必要になってくるのではないか。ネットワーク事業者だけでなく、サービス事業者も含めた検討が必要。
 - ネットワークの品質の割りつけの話は非常に重要だと思うが、その議論の前に、2020年又は2030年という断面でのユースケースをしっかりと共有しておく必要があるのではないか。
 - 自動車からビッグデータの収集を行う際には、非リアルタイム系の大容量データを低廉なコストで送ることが求められる。そのための解決方策の一つとして、基地局とコアネットワークとの間に地域クラウドを配置し、負荷を分散することが考えられる。

⑤全自動オペレーション技術

・ 人材が不足する中、マルチプレーヤー、物理・論理の分離、分散配置/動的再配置等により保守、障害対応が複雑化することが予想されるが、AIの活用も含め、どのように解決していくべきか。

- 労働人口が減少していく中で、ソフトウェア化されたネットワークの構築・運用を迅速化していくためには、NFV、MANO (Management and Network Orchestration)等の適用が必要になってくる。
- ネットワークスライスをコントロールするためのマネジメントについては、アーキテクチャ自体がまだ固まっておらず、誰が行うのかということについてもサービスやプレーヤーによって意見が異なる。
- NFVの適用によって、構成要素の増加・マルチベンダ化が進み、運用管理データは増加・複雑化していく。人工知能(AI)を活用した自動化等によって、運用管理の複雑化を回避していくことが考えられる。究極的には、故障・障害の予兆を検知して、故障・障害の発生前に機能を復旧させるというような世界観も考えられる。
- 今後、ネットワークインフラの保守・運用を担う人材の減少が見込まれるため、故障・障害の発生前に機能を復旧させるような自動オペレーションも視野に入れていく必要がある。
- サイバー攻撃等に対しては、AIを活用して関連するデータを抽出するという取組が既になされている。
- 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・原因究明が困難になるのではないか。
- 機能コンポーネントを個別のライフサイクルを持ったサービスとして実現し、サービス間はAPI連携を行うというアーキテクチャを用いる場合、各サービスが複数のデータセンターにまたがるような冗長構成を取ることで、仮想サーバの故障時に障害復旧を自動で行うことも可能となる。
- 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」という観点も必要。

⑥その他

- 4K/8K配信等の超大容量データへ対応するためには、ネットワーク能力の拡張だけでなく、ネットワークの効率化も必要。ICN(Information-Centric Networking)/CCN(Content-Centric Networking)といった技術の適用が考えられる。
- IoTデバイスの中には、物理上の制約によってSSL等の暗号化通信を行うことができないものも存在するので、ネットワーク側でセキュアなプロトコルを適用するなど、通信全体でカバーする仕組みが考えられる。
- セキュリティ確保や柔軟な課金方式を実現するためには、DPI(Deep Packet Inspection)等の活用による詳細なトラフィック情報収集が必要となる。また、収集した記録を閲覧・共有する仕組みも必要になる。
- ケーブルテレビネットワークでは、DOCSISという規格があり、変調多値数の向上、周波数帯域の拡張、帯域利用効率の向上、より効率的な誤り訂正機能の活用等によって高度化が進められている。下りの伝送速度については、現在の160Mbps程度から最大10Gbps程度へと向上することが想定される。

(3) 制度面の課題

- 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。設備ベースで設計されている現在の技術基準についても、機能ベースで見直すといったような検討が必要になってくるのではないかと考えられる。
- ネットワークインフラを機能と設備というような切り口で考えると、物理的な境界というものがだんだん曖昧になってきており、論理的に切り分けられてくることになる。設備ベースで設計されている現在の技術基準についても、機能ベースで見直すといったような検討が今後必要になってくるのではないかと考えられる。
- 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。
- ネットワークインフラの運用に人が介在しない場合を考えると、技術基準等の制度設計も改めて検討する必要があるのではないかと考えられる。
- 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と考えられる。
- 他社のクラウドサービス上にEPC(Evolved Packet Core)の機能を実装し、MNOのネットワークと組み合わせることで、物理的な設備をほとんど保有せずに電気通信サービスを提供するという形態も実現できるようになってきている。仮想化されたネットワークは、APIで制御することができ、故障発生時には自動で入替えを行うことができるなど、物理的なネットワークとは運用面での違いが見られる。

(4) ネットワーク技術の高度化と国際連携

- 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。
 - 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な。
 - 国内動向だけでなく、国際的な技術やサービスの動向も踏まえつつ、利用者にとって最適な技術やネットワークの組合せも考えていく必要がある。
 - 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な。
 - 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な。
 - DOCSIS等のケーブルブロードバンドの標準化は、米国のケーブルラボが中心となって進められている。
 - ICTネットワーク関連産業の拡大に向けた取組として、技術の裏付けとしての基礎研究開発の推進、IoT社会を実現するモデルケースへの実践、諸外国との協調によるグローバル標準化活動等が考えられる。