

「将来のネットワークインフラに関する研究会」 取りまとめ 骨子(案)

平成29年5月29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様々なサービスを支える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・推進方策等

- (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 自動オペレーション技術(AIによる保守・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

- 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ー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、「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、高精細映像配信等のミッションクリティカルな様々なサービスをセキュアに提供する「社会システムの神経網」へと進展。

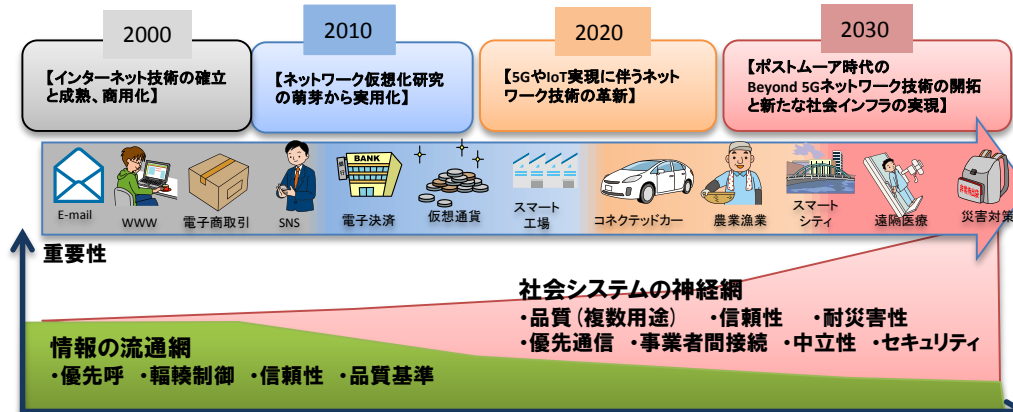
新たなビジネスモデルやエコシステムのイメージ



ミッションクリティカルな様々なサービスを支える 社会基盤への進展イメージ

- 少数事業者が維持する「情報の流通網」

- 多様な用途に対応し多様な事業者が維持する
「社会システムの神経網」



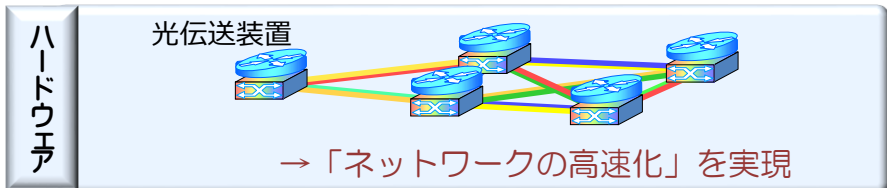
(2) ネットワークインフラの進化の方向性

- 将来のネットワークインフラは、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」により進展。
- 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。
- 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。
- 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。

ハードとソフトの二分化

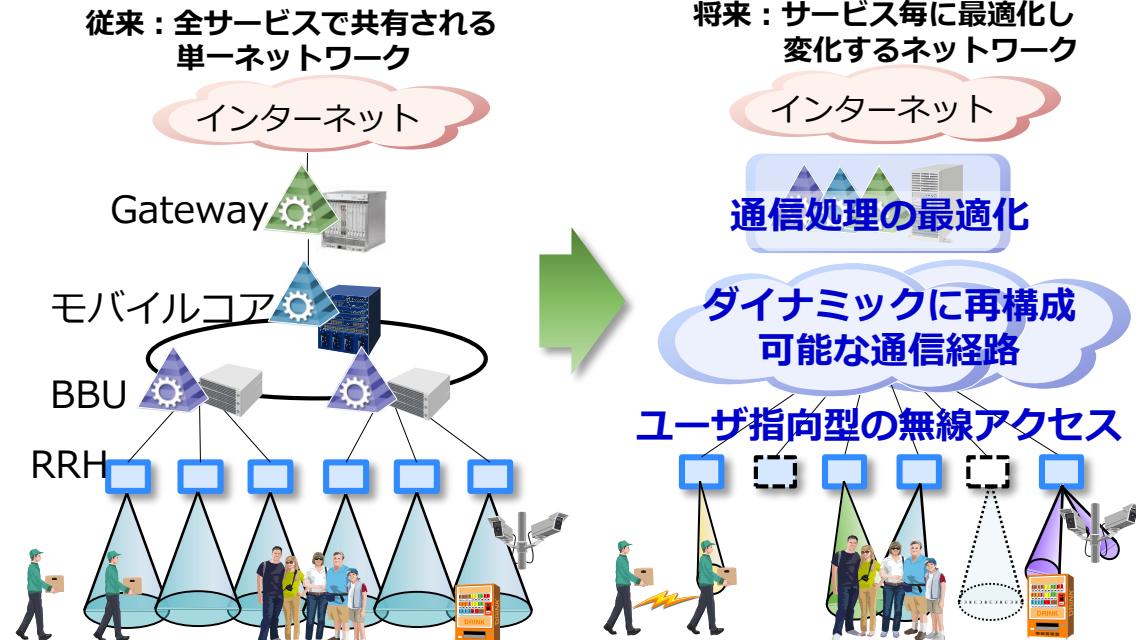


→「ネットワーク制御の高度化」を実現



→「ネットワークの高速化」を実現

ユーザ・サービス中心のアーキテクチャのイメージ



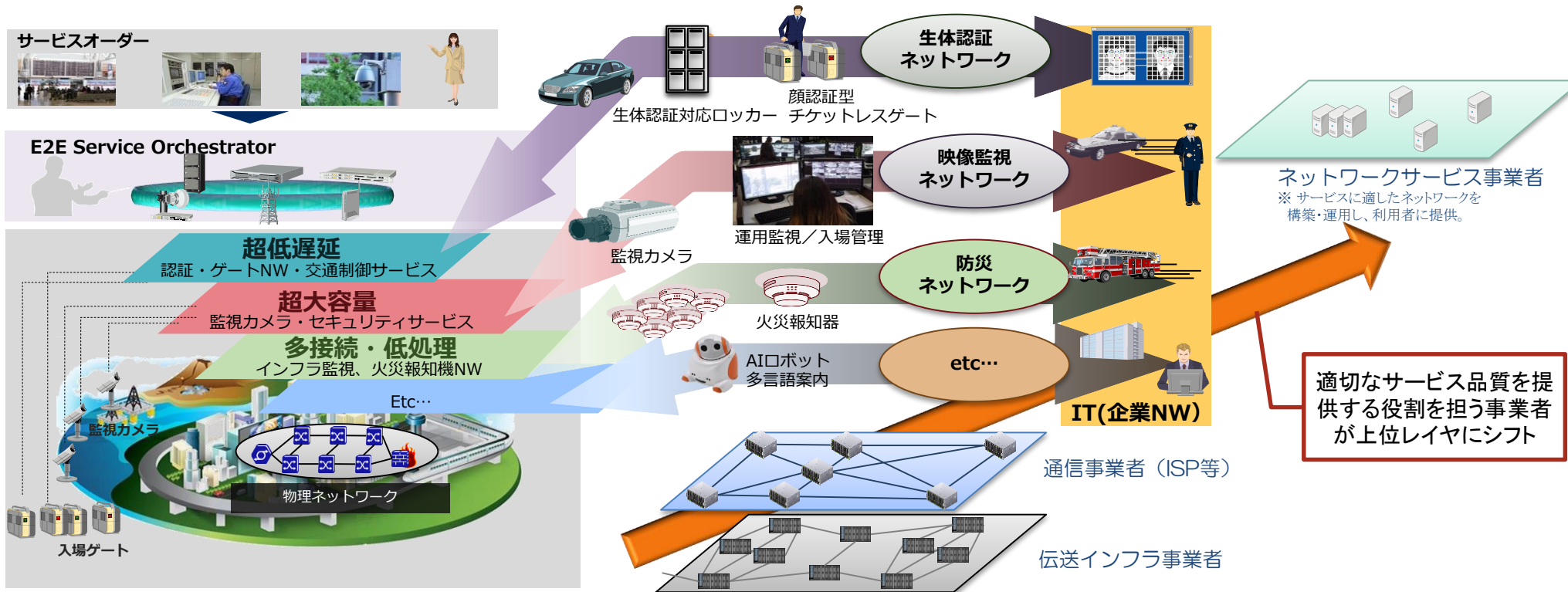
2. 2020年から2030年頃までのネットワークインフラに求められる機能

- (1) ミッションクリティカルな様々なサービスを支える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様々なサービスを支える社会基盤としての機能

- ネットワークインフラは、ミッションクリティカルな様々なサービスを支える社会基盤として、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。特に、ネットワークインフラに接続される端末数の増大を見据え、セキュリティ面における端末の品質確保が重要。
- 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。
- ネットワークリソースの共有が進み、様々なサービス提供事業者が多種多様なサービスを提供することができる共通プラットフォームの果たす役割が大きくなる。

ネットワークインフラの提供に係る事業者の階層化イメージ



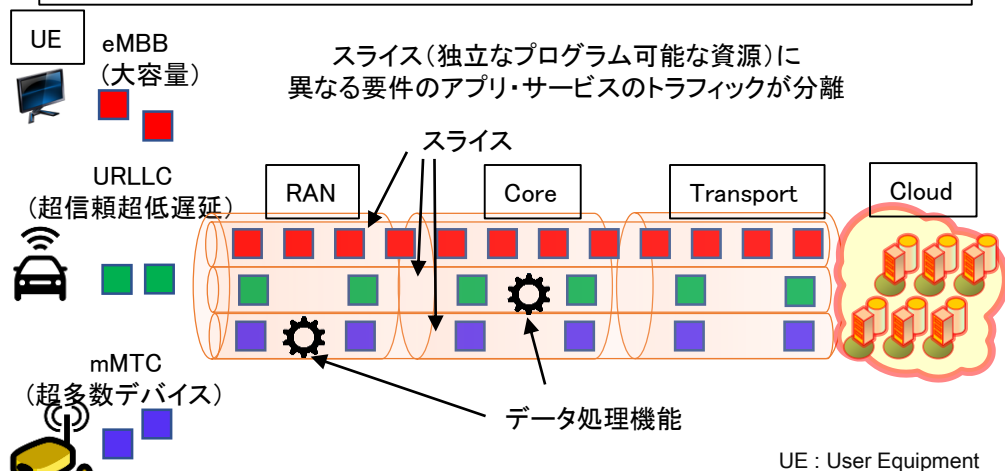
(2)多様化・高度化するユーザニーズへの対応

- 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」等により、「ネットワーク制御の高度化」を推進することが必要。
- 従来のオーダメイド指向のクローズモデルと、ニーズが高まっている導入容易性を重視するオープンモデルのそれぞれの特長を併せ持つプラットフォームの実現が期待。この際、サービス提供事業者等にとって使いやすい環境と同時にプラットフォームの安全・信頼性が確保されることが求められる。
- 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。

ネットワークスライシング技術

【ネットワークスライシング】

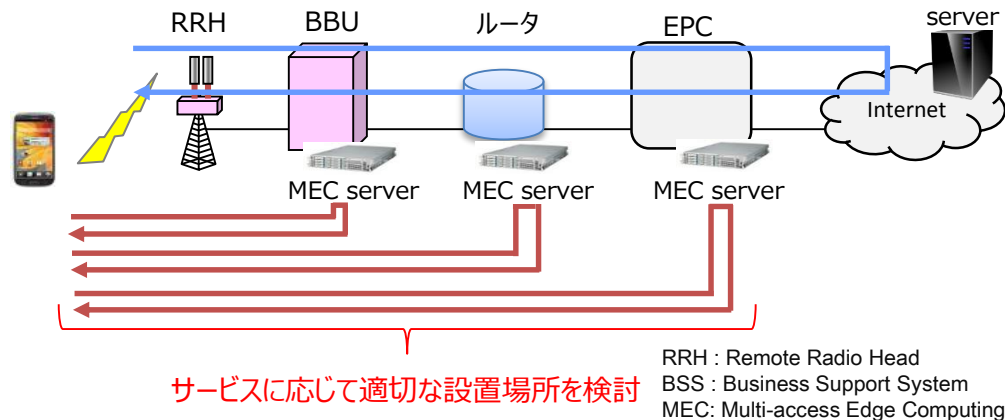
ネットワーク機能やサービスを実現するための、プログラム可能なコンピュータ・ストレージ・ネットワーク資源の独立な集合体。



出典：総務省「将来のネットワークインフラに関する研究会」(第3回)中尾構成員提出資料より作成

エッジコンピューティング技術

端末の近く(エッジ)に設置したサーバを活用しリアルタイム処理・処理量削減等の高度な機能を実現。

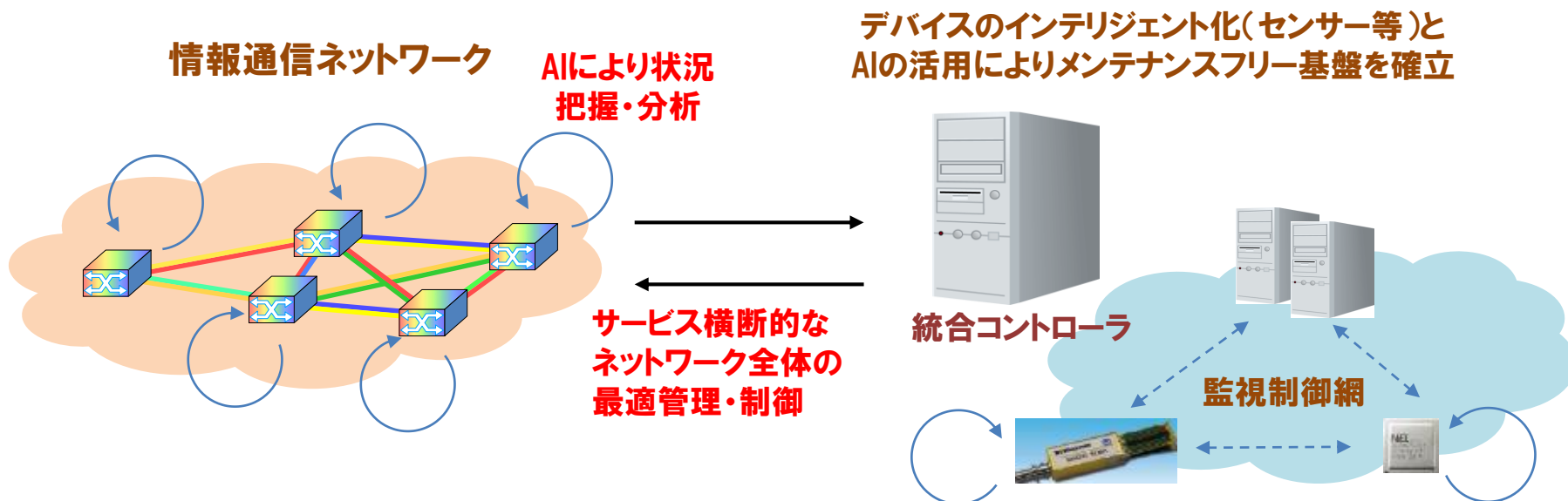


QoE改善効果
コアラトリック低減効果
処理負荷の分散効果

キャッシュ効率
モビリティ制御簡易度
コスト効率

- 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やサービスの提供に係る事業者が多様化・複雑化していく中で、端末も含めて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。
- 今後、サービス提供事業者等により、多種多様なサービスが柔軟かつ効率的に提供されることが可能となった場合においても、ネットワークインフラの安全・信頼性には影響を与えないことが前提。
- 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、「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。

自動オペレーション技術(AIによる保守・運用技術)

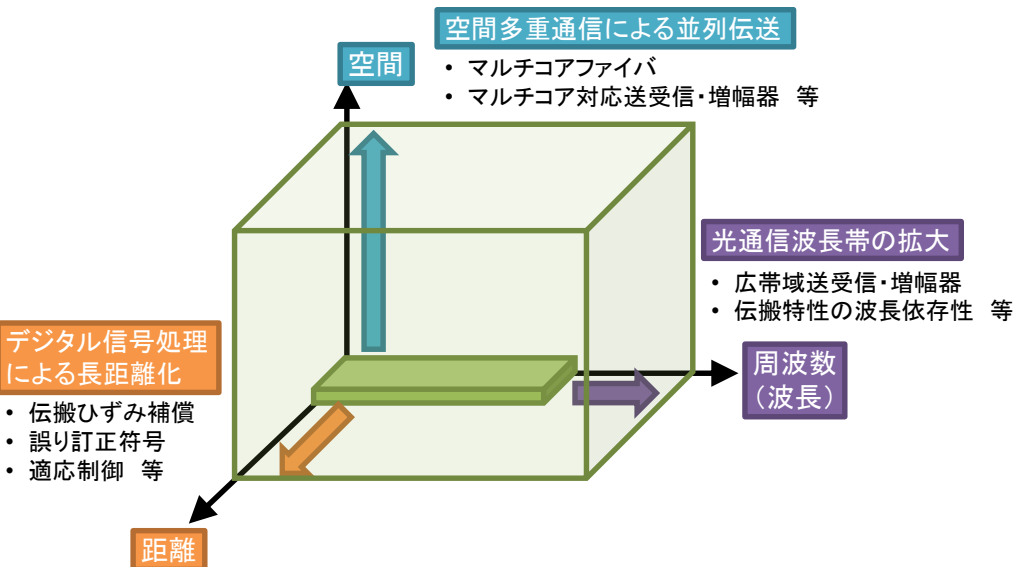


(4) 効率的なネットワークの実現

- 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やエッジコンピューティング技術との連携によって、データセントリックネットワークを実現。

ネットワーク資源の拡大

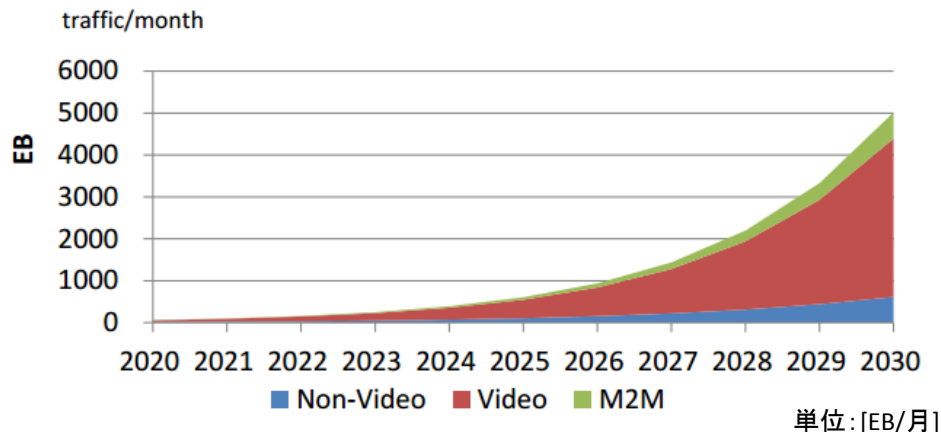
- 指数関数的に急増するトラフィックに対応するためには、ネットワーク資源の拡大が必要不可欠。



出典：総務省「将来のネットワークインフラに関する研究会」(第4回)和田構成員提出資料より作成

映像系サービスの増加

【モバイルデータトラフィック(データタイプ別)】



年	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030
Video + Non-Video	57	91	144	226	353	543	4,394
M2M	5	8	14	23	37	64	622

出典：総務省「将来のネットワークインフラに関する研究会」(第2回)中村構成員提出資料より作成

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・推進方策等

(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 自動オペレーション技術(AIによる保守・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

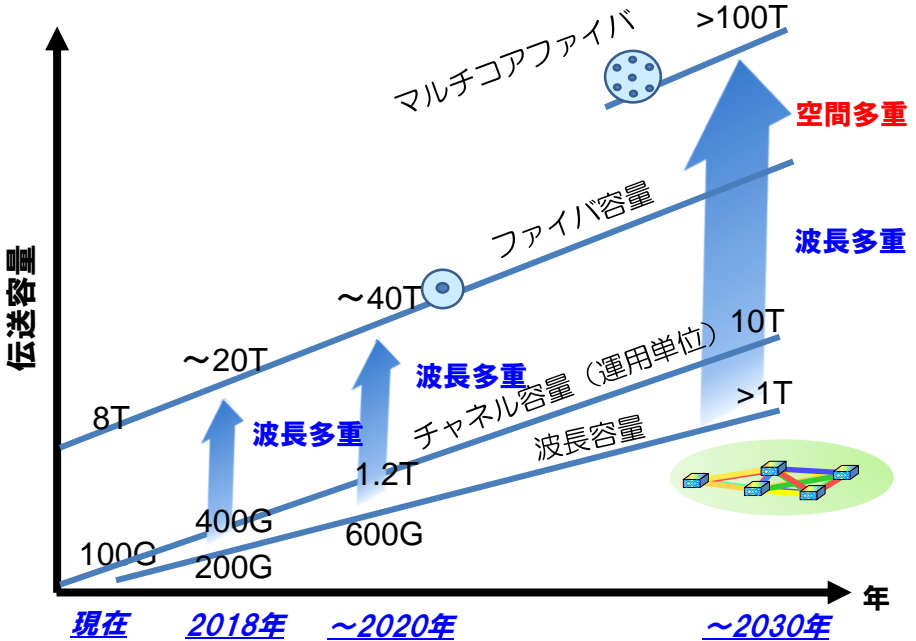
(1)ネットワークの高速化

① 光伝送技術(コア)

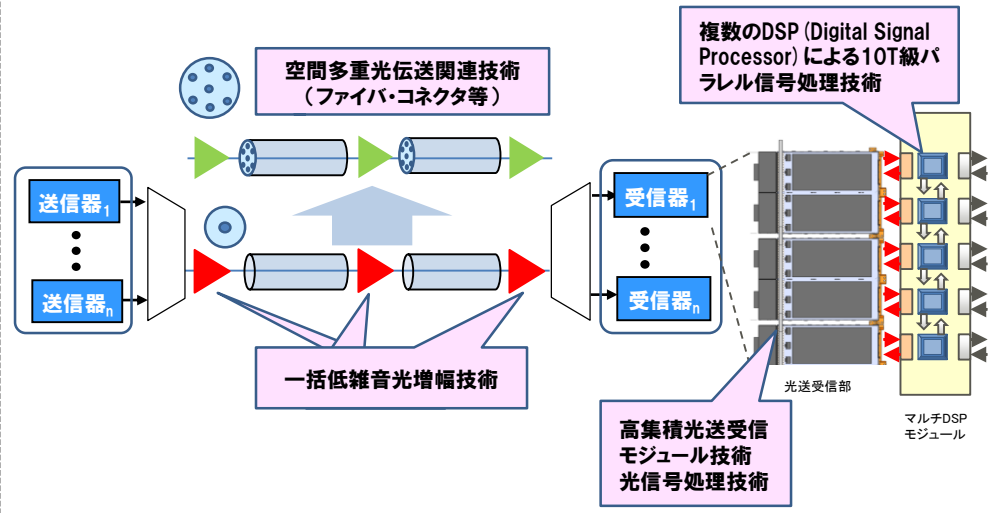
● 2030年頃までには、コアネットワークに求められる伝送容量が100Tbpsを超え、従来の光ファイバの容量限界に到達。

- 空間多重を活用した超並列多重化の実現に必要な技術(空間多重光伝送関連技術、高集積光送受信モジュール技術、光信号処理技術等)を産学官連携の取組によって確立し、テストベッド検証等を含む実用化開発を経て、コアネットワークへ適用。
- 情報量が爆発的に増大する中で、ネットワーク設備の増強や設置場所の確保を実現する観点から、消費電力の抜本的な抑制や装置の小型化を実現。
- 同時に、光伝送関連装置のオープン化、マルチベンダ化が進展することが想定される中、接続性を確保するとともに、性能劣化、運用の複雑化等を回避するための技術的な対応が必要。

コアネットワークに求められる伝送容量



超並列多重化の実現に必要な技術の例

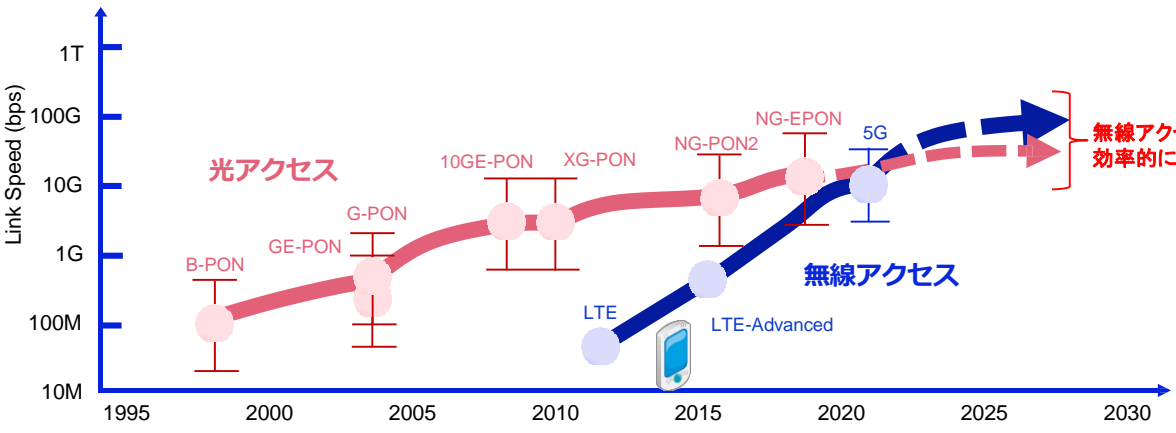


(1)ネットワークの高速化

② 光伝送技術(アクセス)

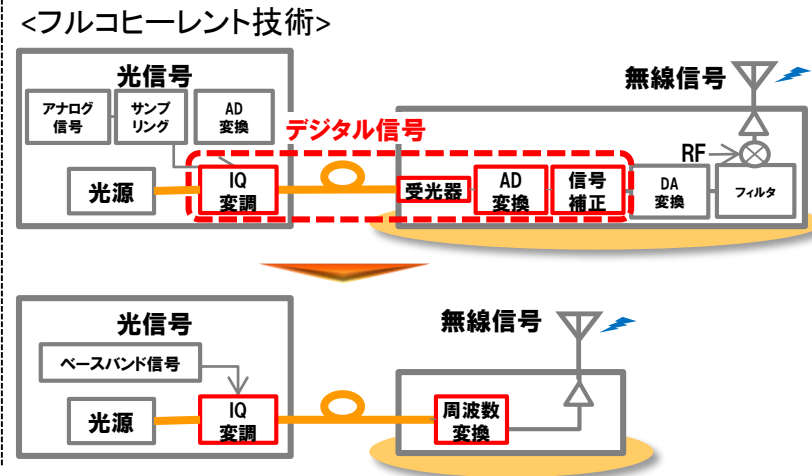
- 2025年頃までには、無線アクセス技術の急速な進展に伴い、無線アクセス回線を低コストで効率良く収容する光アクセス回線を実現していくことが必要。
 - ☞ 低シンボルレートの低廉なデバイスで光アクセスの高速化を実現することを目的に、多値変調等の光コアで活用されている技術を光アクセスの環境に応じてフレキシブルに適用するための技術開発を推進。
- 2030年頃までには、無線アクセス技術の更なる進展によって、デジタル信号処理に要する光信号帯域が不足。
 - ☞ デジタル信号処理を介さないフルコヒーレント技術等のシームレスな光・無線変換技術を確認し、ソフトウェア化されたネットワークとの連携によって、ネットワーク資源を弾力的に活用可能な環境を整備。

無線アクセス技術の進展



出典：超高速フォトニックネットワーク開発推進協議会技術調査部会資料より作成

シームレスな光・無線変換技術の例



(2) ネットワーク制御の高度化

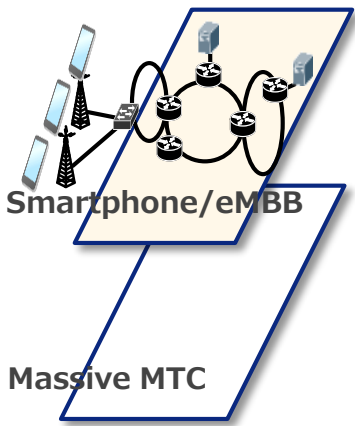
③ ネットワークスライシング技術

● 多様化・高度化が進むユーザーニーズに対応するため、電気通信事業者以外のサービス提供事業者によるネットワークリソースの活用への自由度の拡大に対する要求が増大。

- ☞ 2025年頃には、電気通信事業者が予め定めた種類のネットワークスライスをサービス提供事業者が選択可能な形態を実現。サービスの進展を踏まえて、社会的ニーズの高いネットワークスライスを優先的に実現。
- ☞ 2030年頃には、サービスの要求に応じてダイナミックに変化するEnd to Endでのスライスネットワークを実現。
- ☞ ネットワークがマルチベンダ構成となり、各種設備の膨大かつ多種多様な性能情報からEnd to Endでネットワーク品質を瞬時に把握することが困難化。特定の情報から品質状態や劣化箇所を把握する技術開発が必要。
- ☞ さらに、ネットワークインフラ全体を安定的に運用するという観点が必要であり、ネットワークリソース全体の管理・運用の手法を確立するとともに、責任主体を明確にしていくことが必要。
- ☞ 特に、複数の事業者がネットワークリソース制御の自由度を持つ場合には、全体マネジメントを行う機能が不可欠。
(例) サービス提供事業者間の公平なリソース配分、災害など緊急時のリソース配分、リソース制御の競合時におけるリソース配分 等

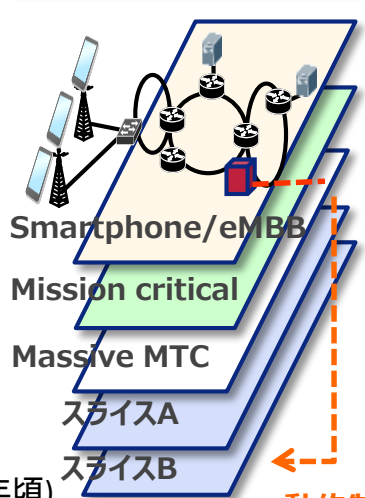
ネットワークスライシング技術の進展イメージ

コアネットワーク・バックボーンネットワークのスライス



(2020年頃まで)

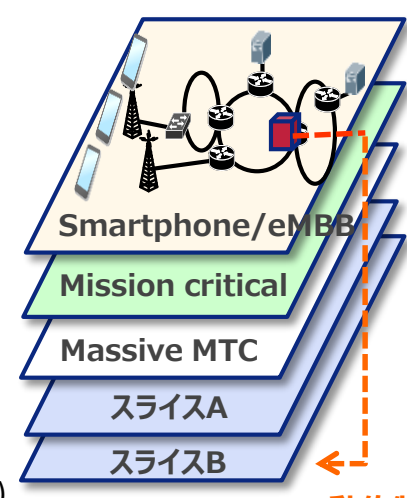
サービスの要求に応じたスライス



(2025年頃)

動的制御

ダイナミックなEnd to Endのスライス



(2030年頃)

動的制御

(2)ネットワーク制御の高度化

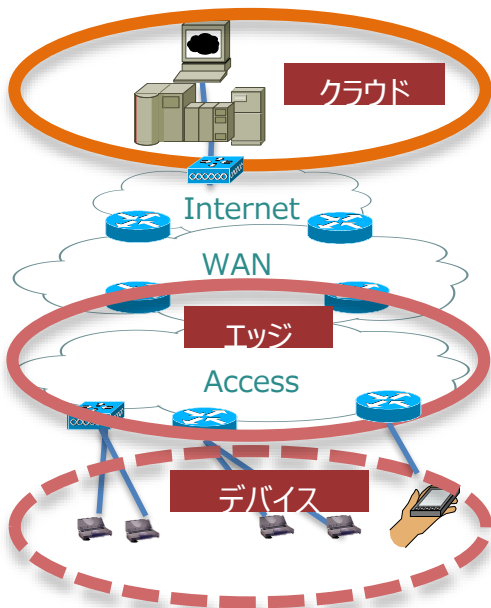
④ エッジコンピューティング技術

- 自動走行等の超リアルタイムサービスの実現に向けて、ネットワークのEnd to Endで数msecオーダーの低遅延化に対する要求が拡大。

- ☞ 超リアルタイムサービスや大容量のデータを扱う高精細映像配信サービス等の実現のためには、ネットワークインフラの超低遅延化や効率的なデータ処理を可能とするエッジコンピューティング技術の導入が鍵。
- ☞ 2020年頃には、分散データ処理、低遅延応答等の基本的なエッジコンピューティング機能を限定地域において実現。
- ☞ 2025年頃には、クラウド・エッジ・デバイスにおける機能分担の最適化や、ネットワークの物理的な区間ごとの遅延配分モデル等について整理し、低遅延なネットワークを効率的に実現。

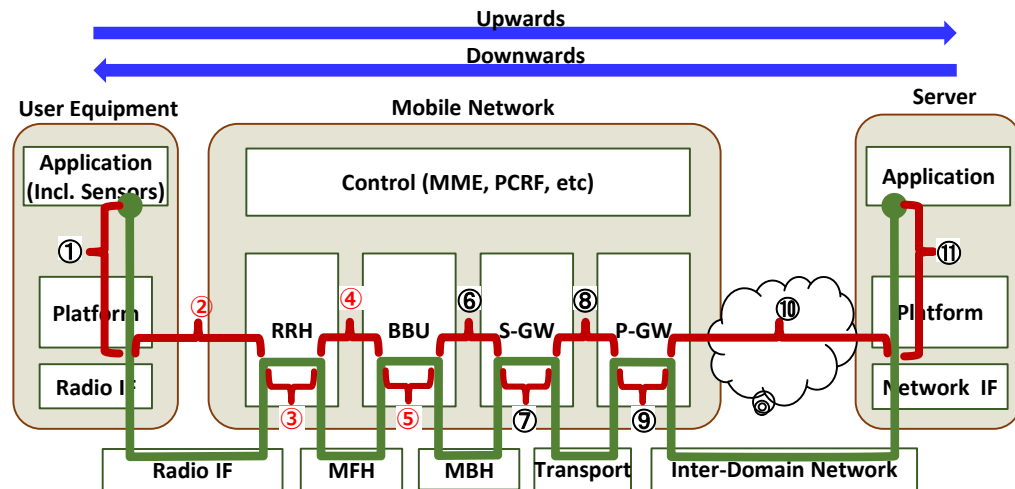
クラウド・エッジ・デバイスでの機能分担の最適化

データ量・問題の複雑さ



リアルタイム性

ネットワークの遅延区間の分解概念図の例

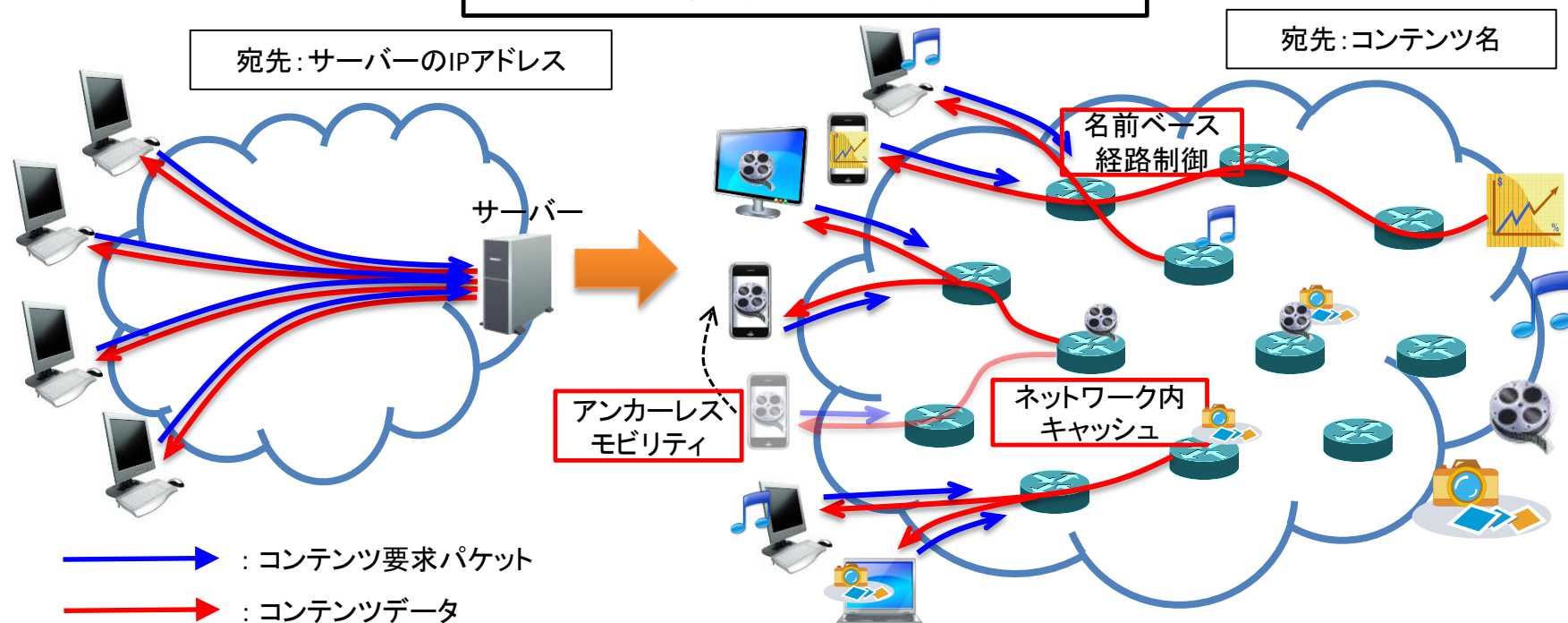


- ① UE内処理遅延
- ② 無線区間の遅延
- ③ RRE内処理遅延
- ④ フロントホール区間の遅延
- ⑤ BBU内処理遅延
- ⑥ バックホール区間の遅延
- ⑦ S-GW内処理遅延
- ⑧ トランスポート区間の遅延
- ⑨ P-GW内処理遅延
- ⑩ ドメイン間ネットワークの遅延
- ⑪ サーバ内処理遅延

⑤ データセントリック技術

- 2030年以降には、高精細映像の配信を始め、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おり、コアネットワークへの負荷が過大にならないよう効率的に収容していくことが必要。
 - ☞ コンテンツ流通に必要なネットワークリソースを大幅に低減することが可能な「データセントリックネットワーク」の実現に向けて、ICN/CCN等のデータセントリック技術の開発を推進。なお、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やネットワークスライシング技術との併用等が有効。
 - ☞ エッジサーバの弾力的運用など、エッジコンピューティング技術との連携によってトラフィックの地域分散処理を実現。

データセントリックネットワークのイメージ

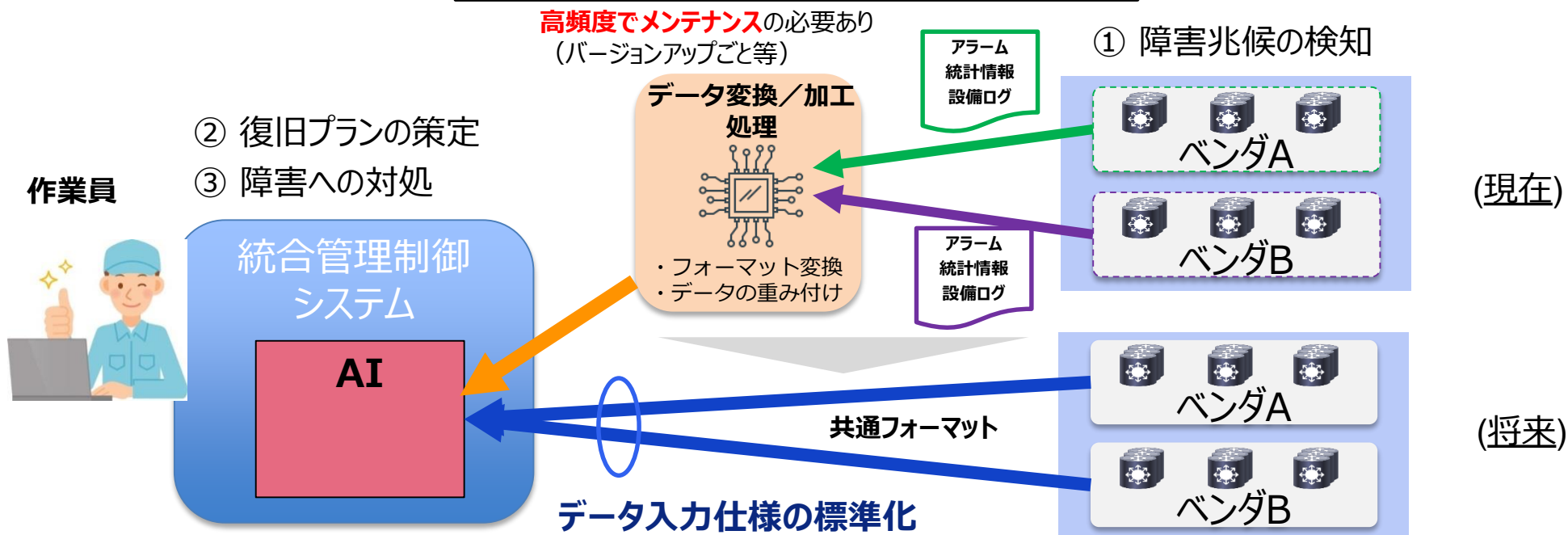


(2) ネットワーク制御の高度化

⑥ 自動オペレーション技術(AIによる保守・運用技術)

- 2030年以降には、マルチプレーヤー化、物理・論理の分離、機器・機能の分散配置・動的再配置等により保守・障害対応が複雑化する中で、少人数で确实・高度なネットワークインフラ運用を実現することが必要。
 - ☞ 運用管理データの増加や複雑化が進む中、現状のネットワーク設備はベンダごとにデータ仕様が異なる状況。AIを活用することによりネットワークインフラの保守・運用を飛躍的に効率化し、将来的に自動オペレーションを実現していくためには、AIによる学習・判断の適切化・効率化が不可欠。そのためには、AIに対するデータ入力仕様の標準化や適用ルール等の規定の整備が必要。
 - ☞ また、AIに適切な判断をさせるためには、ネットワークインフラの保守・運用が正常に行われているときの事例だけでなく、異常が発生したときの事例や対処に失敗したときの事例に係るデータを大量に収集することが必要。そのためには、電気通信事業者間で協調できる仕組みを構築することが重要。

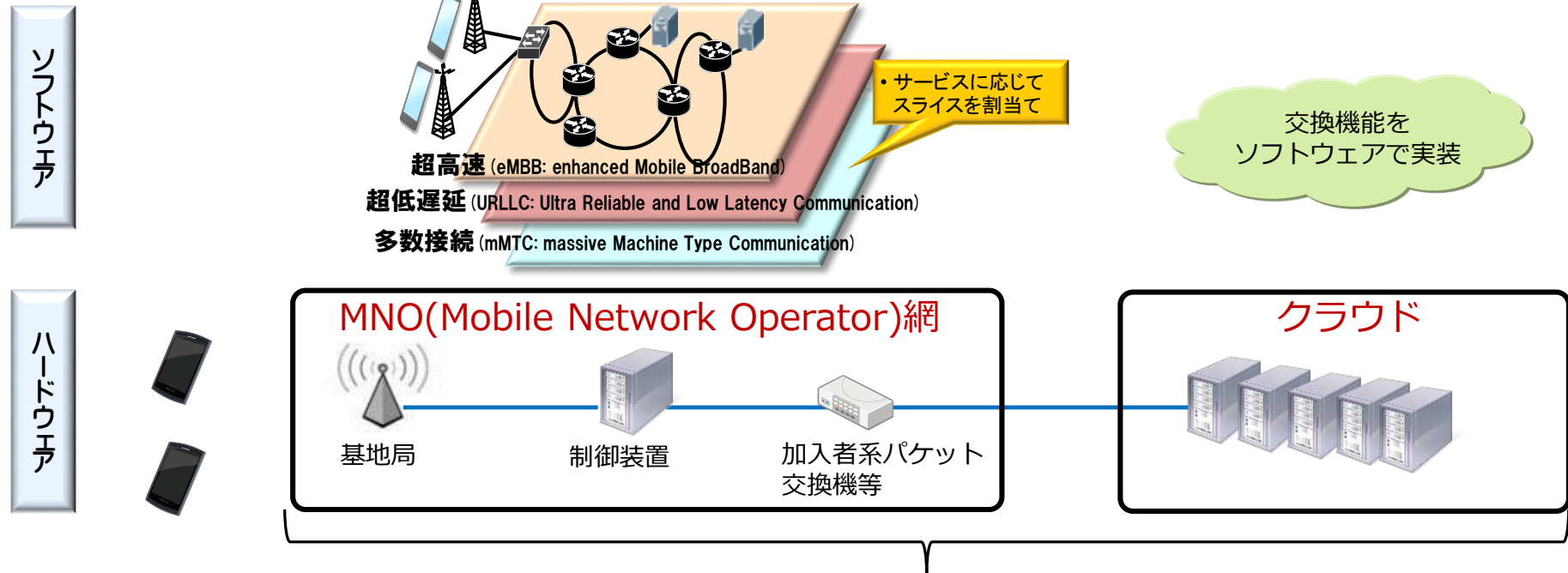
AIに対するデータ入力仕様の標準化イメージ



● 2020年頃までには、ネットワーク機能のソフトウェア化が進展し、設備ベースで管理・提供される従来の形態から、論理的に切り分けられる機能ベースで管理・提供される形態に変化。

- ☞ 電気通信設備の構成、プレイヤー、機能分担の変化を踏まえ、安定した電気通信サービスを維持するためのネットワーク設備や端末に係る技術基準等のルールが将来的にも有効に機能するかどうかという観点から、検証を行うことが必要。その際、技術の進展を阻害しないという観点を取り入れることが重要。
- ☞ 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いることを踏まえ、「電気通信主任技術者」や「工事担任者」等の制度についても検証を行うことが必要。

機能ベースで管理・提供されるネットワークの構成例



複数のプレイヤーが管理するネットワーク資源・仮想的な通信リソースを組み合わせることでユーザに提供

(4)ネットワーク技術の高度化と国際連携

- 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中で、ネットワーク技術に関し、国際競争力の確保と国際協調の両面からバランス良く取り組むことが必要。

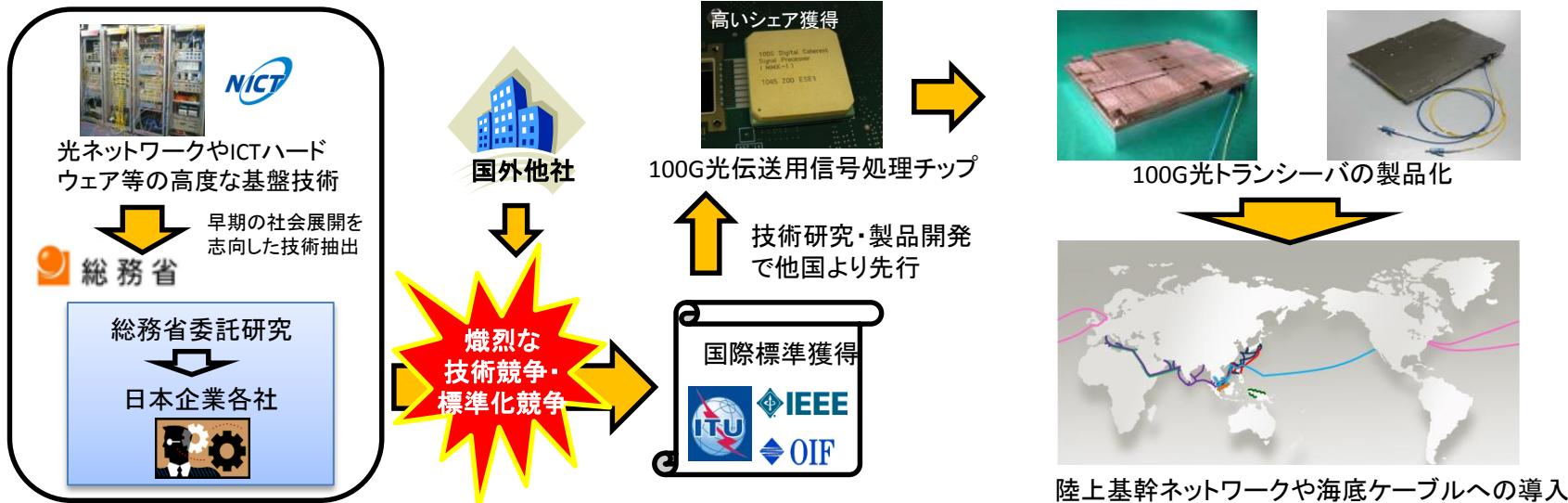
- ☞ 光伝送技術(コア・アクセス)やネットワークスライシング技術等は、我が国が強みを有する技術分野であり、産学官連携による技術開発やテストベッド検証・フィールド実証等を経て、国際競争力を一層強化していくことが必要。
- ☞ 一方、ソフトウェアの領域については、ネットワーク機器の調達仕様の共通化やオープンソースの活用等がグローバルで進んでいくことが想定されるため、海外で生まれたイノベーションをいち早く国内に取り入れ、その成果をオープンに発信していくという観点も重要。
- ☞ オープンソースの活用にあたっては、自ら実施したコード改修をフィードバックするなど、できるだけオープンな対応をとることによりオープンソースの進化に追従していく姿勢が必要。
- ☞ オープンソースを有効に活用するためには、ソフトウェアの信頼性を確保するとともに、国際的なコンソーシアム活動等に対応できる人材の育成を強化することが必要。

100Gbps光伝送技術の市場展開事例



オールジャパンによる先端的な研究開発

世界に先駆けた製品化と市場展開



(参考) ネットワークインフラ技術の進展

- ネットワークインフラは、ミッションクリティカルな様々なサービスの要求に応えることができる社会基盤へと進展。
- この進展を支える主要技術として、①光伝送技術(コア)、②光伝送技術(アクセス)、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自動オペレーション技術(AIによる保守・運用技術)が考えられ、これらの技術によって実現可能な機能や今後の推進方策等を整理。

グランド
デザイン

➢ 全てのサービスに対し
画一的な機能を提供

➢ ネットワーク制御によってネットワークリソースを効率的に活用
➢ 高速化する無線アクセスを効率良く収容

➢ ネットワーク資源も含めた全体のネットワークリソースを効率的に活用
➢ 光・無線のシームレスな連携

サービス

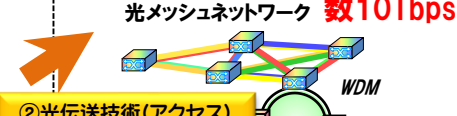
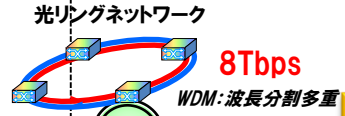


ネットワーク制御

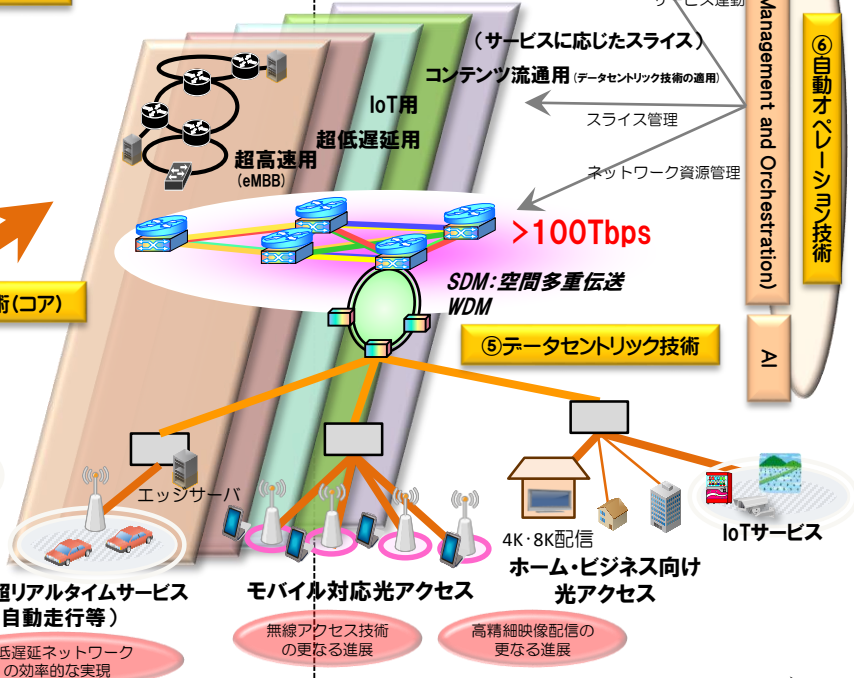
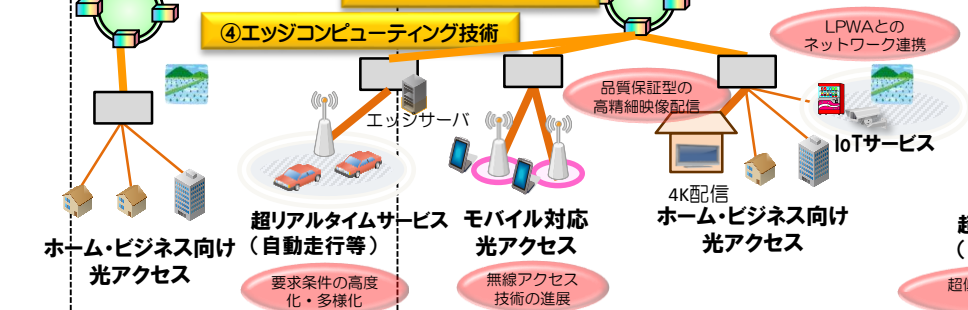
ソフトウェア化
(SDN: Software Defined Networking)
(NFV: Network Functions Virtualization)

ネットワーク資源

<コア・メトロ>



<アクセス>



MANO (Management and Orchestration)
⑥自動オペレーション技術
AI

現在

2020年頃

2030年頃

課題

- ネットワークのソフトウェア化の進展に伴い、事故・障害の原因究明が困難に
- クラウド・エッジデバイスでの機能分担が変化
- 無線アクセス回線を光アクセス回線で効率的に収容することが困難に
- マルチプレーヤー化、物理・論理的分離等による保守・障害対応の複雑化
- ネットワークリソースの活用自由度の拡大とEnd to Endでのサービス品質確保の両立が困難に
- コアネットワークのトラフィックが従来の光ファイバの容量限界(100Tbps)に到達
- デジタル信号処理に要する光信号帯域が不足
- 保守・運用人材の不足

4. 将来のネットワークインフラの発展イメージ (別紙)
