少し先のNW技術動向に関するトピックス

SG13 副議長
日本電信電話株式会社（NTT）　後藤（ごとう）　良則（よしのり）

1. はじめに

昨今メディア上では5G、IoT、ビッグデータなど将来のネットワークインフラやそれを利用した新サービスに関する話題が多く語られるようになってきた。5Gの検討が標準化から実用化へ移りつつある中、標準化の議論のテーマとして量子通信やAI（人工知能）が浮上しており、2030年頃をターゲットにした将来ネットワークのビジョン検討も始まっている。これら話題となっている新技術は民間のフォーラムでも活発に議論され、オープンソースが求心力を高める中、ITU-Tのようなデジュール標準化機関が果たしてきた役割についてはあまり知られていないと思う。

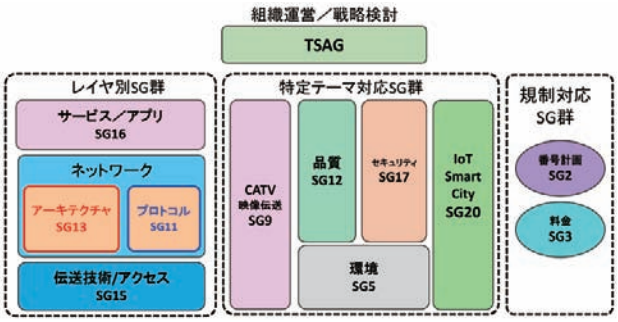
本記事ではITU-Tにおいてネットワーク系の新技術を扱うSG13での主要テーマを紹介しつつ、ITU-Tがこれらのネットワーク系の新技術をどのように扱ってきたか、デジュール標準化機関としての工夫や課題を標準化活動者の経験を踏まえて紹介する。

2. SG13について

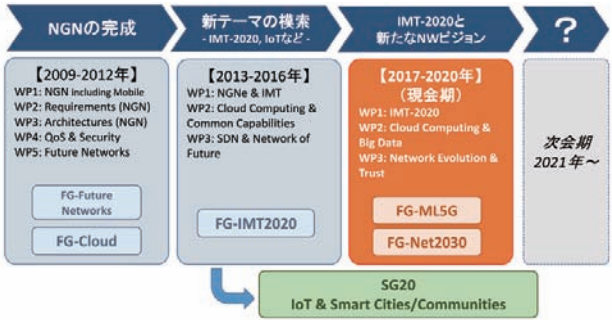
ITU-Tの標準化の議論は主にSG（Study Group、研究委員会）と呼ばれるグループを中心に行われる。現在11のSGが設置されている（**図1**）。様々なテーマが設定されているが、おおむねレイヤ別に構成されるグループ、レイヤにこだわらず特定のテーマを持って活動するグループ、規制事項を中心に扱うグループに分けることができる。SG13はレイヤ別に活動するグループの一つで主にネットワークに関するアーキテクチャの検討を行っている。プロトコルを扱うSG11とは密接な関係にあり、基本的に両グループは同時期に会合を開催して参加者の便宜を図っている。

SG13のテーマの変遷を見ていこう（**図2**）。ITU-Tは4年ごとの会期制をとっており、会期ごとに検討テーマが見直される。かつてSG13はNGN（次世代ネットワーク）の標準化の場として中心的な役割を果たしてきた。NGNの検討は2008年頃には落ち着いてきて、2009年からの会期ではNGNの仕上げの議論と並行して、NGNの先にある新たなネットワークのビジョンの検討が始まった。FG-Future NetworksやFG-Cloudが活動していたのがこの頃である。2013年からの会期では前会期からの新たなネットワークビジョンの検討が具体化する中でSDN、仮想化、スライスなどが将来ネットワークの重点技術ということが認識されるようになった。5Gについての議論が活発になってきたのはこの頃でFG-IMT2020が活動している。なお、IMT-2020はITUにおける5Gの名称で、2020年頃の実用化を目指していたことにちなんでこの名称となっている。現在は2017年から始まっている会期で5Gに関する検討を進めつつAIや量子鍵配送など新テーマやNetwork2030という新しいテーマの検討を進めている。

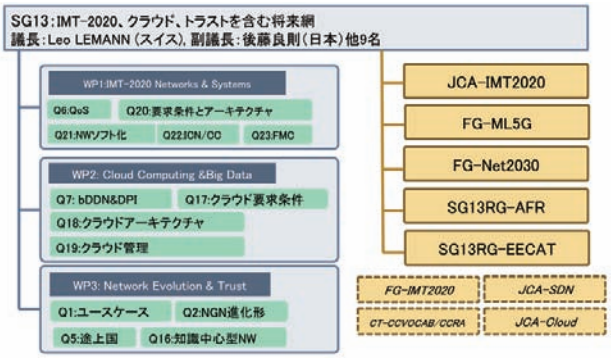
SG13は13の課題（Question）で構成されている（**図3**）。課題とは具体的な研究テーマを与えられたグループのことで一般のフォーラムなどにおけるWorking Groupに相当するものである。これらの課題は似たようなテーマごとにWokring Partyを構成している。現在3つのWorking Partyが設置されており、それぞれIMT-2020、Cloud Computing、Network Evolutionといったテーマを持っている。課題やWorking Partyといった勧告作成のためのグループとは別



■図1. ITU-TのSGの構成



■図2. SG13のテーマの変遷



■図3. SG13の課題の構成

に非会員も参加可能なプロジェクト型の組織であるFG（Focus Group）や地域に特化した活動を行う地域グループも設置されている。

3. SG13で検討しているテーマについて

SG13で検討している将来ネットワーク技術について紹介していく。今会期のSG13はFuture Networksを中心的な検討テーマにしている。Future Networksとは非常に広範囲なテーマで、実用化が目前に迫っているIMT-2020からまだ基礎研究段階にあるAI応用や量子通信まで含まれる。2030年を実用化のターゲットにしたネットワーク構想もある。

3.1 将来ネットワークのコンセプト

SG13での将来ネットワーク検討の出発点になったのは勧告Y.3001でまとめられた将来ネットワークのビジョンである。これはService Awaremess、Data Awareness、Environmental Awareness、Socio&Eco Awarenssの4つの目標で構成されている。Y.3001は抽象的な目標を提示するものでしかなく一般的な標準化活動で作成される実装レベルの技術仕様書ではない。しかし、この抽象的な目標から様々なネットワーク技術の検討が始まった。

3.2 SDN

仮想化やスライスの議論でよく引き合いに出されるSDN（Software Defined Netorking）は将来ネットワークの構成要素の一つとして考えられている。SDNはソフトウェアによりネットワーク機器を制御するコンセプトでY.3001に記述された将来ネットワークの目標という観点ではサービスごとに柔軟なネットワーク制御を行うという点で重要な技術である。SG13ではSDNの全体的な枠組みを規定する勧告Y.3001という文書を作成した。これは関連するフォーラムなどの動向を参考にしてリソース、コントローラ、アプリケーションという3層構造を規定している。ただ単にフォーラム標準を参考にするだけでなく日本からの提案によりメディア処理を盛り込むことで将来的にはさらに柔軟なサービス制御に適用できるよう独自の工夫も盛り込まれている。SDNは将来ネットワークの中核的技術と考えられたことから、2012年に開催されたWTSA-12ではSDN検討推進のための決議77が採択された。この中ではSG13は関連するフォーラムなどとの連携のためのJCAの設置とSDN関係の作業の推進を求められた。

3.3 ICN/CCN

Y.3001で定義されたData Awarenessに関してはICN（Information Centric Networking）、CCN（Content Centric Networking）の検討が進んでいる。従来のネットワークが端末やサーバなどのアドレスにベースとしているのに対してICNはコンテンツのIDをベースとした通信を志向している。コンテンツ配信型のサービスでは所望のコンテンツが受信できればそれを配信するサーバはどこにあってもよい場合もあり、ネットワークの中継区間の負荷軽減の観点ではネットワークのエッジ近傍にコンテンツを配置した方が好ましい場合もある。また、固定、移動など様々なアクセス技術が存在する環境ではアクセス回線の能力を把握した上で最適な符号化の方式を選択することが望まれる場合もある。ICN、CCNはそのような観点で検討が進んでいる。最近ではコンテンツ配信にとどまらずIoTやM2Mへの応用も視野に入れて検討されている。

3.4 クラウドコンピューティング

将来ネットワークはコンピュータとの連携が重要になると考えられている。この点で重要なのがクラウドコンピューティングである。SG13ではWP2の配下にクラウドに関する課題を3つ設置してクラウドの検討に取り組んでいる。クラウドというと大手IT企業によるクラウドサービスのイメージが強いが、SG13が目指しているのは大手事業者による統合的なクラウドサービスではなく中小のクラウド事業者が連携したモデルである。日本からの提案によりInter-cloudのコンセプトを提唱し、勧告Y.3511としてまとめた。これは複数のクラウド事業者の連携モデルをまとめたものでpeering、intermediary、federationなどのモデルがまとめられている。現在はクラウドそのもののアーキテクチャの検討からクラウドを利用したサービスの検討に移っている。その一つがBig Dataである。こちらも大手事業者による統合的なサービスではなくデータ提供者、データ処理事業者、仲介事業者など複数の事業者で分業するモデルを志向している。

3.5　DPIとNGN進化形

SG13には技術というより規制や政策の点で慎重な議論を要するテーマが持ち込まれることがある。DPI（Deep Packet Inspection）はその一つである。一般のルータやスイッチはパケットのヘッダの中の情報を確認してパケットの転送処理を行うが、DPIはヘッダだけでなくペイロード部も確認してパケットの転送処理を行う。ヘッダの中の限られた情報だけでなくペイロードの情報も利用することでより細かい転送処理が可能になると考えられるが、一方でペイロード部には具体的な通信内容が含まれることから各国が法令で規定している通信の秘密との関係で論争になった。通常、規制事項に関する勧告はTAP（Traditional Approval Process）と呼ばれる一般の技術勧告に適用される手続きより慎重な手続きで承認される。本件もTAPによる承認手続が行われたが、SGの議論では決着せず、WTSAに持ち込むという異例の展開となった。WTSAでは関係者間で議論が続けられ、最終的には関連する国内法、国内規制などに従って利用されなければならない旨の一文を勧告の冒頭個所に記載することで決着した。ITU-T勧告の適用に当たっては国内法を守ることは当然のことだが、あえて一文を入れることで本件の重要性に注意を促したものと言えると思う。

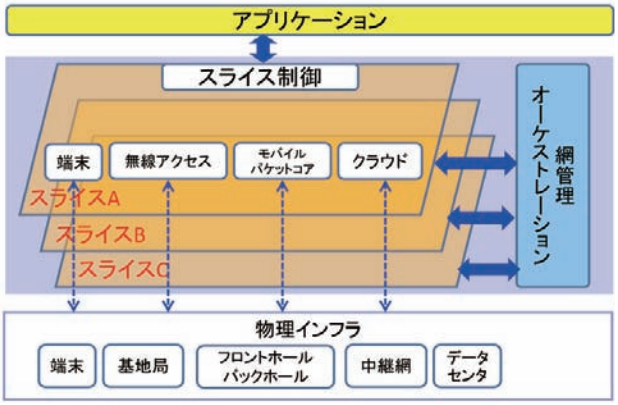
DPIに関する勧告は主に中国の参加者を中心にまとめられてきた。同じく中国が主導する勧告にNGN進化形（NGN evolution）というものがある。NGNは2008年頃には標準化がほぼ完成し、産業界への導入も一段落したところである。一方中国ではNGNの改良に関する検討が継続しているようだ。NGN進化形は伝送機能にコンテンツ／コンテキスト検知に関する機能を盛り込むことでよりきめ細やかなネットワーク制御を実現しようとしているようである。トラヒックを細かく確認するという点でDPIと共通している点があると思う。

3.6　途上国

SG13には途上国に関するテーマを議論する専門のQuestionがある。主にアフリカ諸国の参加者が多く参加し、将来ネットワークに関する途上国特有の課題を議論している。また、アフリカ地域グループ（SG13RG-AFR）も設置されており、年に1回程度定期的にワークショップを開催している。通信ネットワークというと日本のような先進国では固定と移動という2つのネットワークが併存するモデルを考えがちだが、アフリカ諸国では固定電話の普及率が低いまま、モバイル端末が急速に普及しており日本とは全く異なるネットワークのイメージがある。また、外国資本の事業者も多く、国内の産業を自立し発展させる上で標準化には期待しているところもある。特にモバイル系の標準化の中心となっている3GPPをはじめ先進国のフォーラムなどは彼らには参加のハードルが高く、デジュール標準化機関であるITU-Tには特別な期待があるようだ。この期待を反映してかアフリカ諸国は会合招致に力を入れており、2013年にウガンダ、2019年にジンバブエでSG13会合を開催し、2016年にはチュニジアでWTSAを開催している。

3.7　IMT-2020とネットワークスライス

最近、通信業界関係者に限らず広く一般に5Gへの関心が高まってきている。5GはITUではIMT-2020と呼ばれている。SG13でも独自の観点でIMT-2020の検討が行われてきた。SG13でのIMT-2020の検討は2015年に設置されたFG-IMT2020から始まった。IMT-2020に限らずモバイル系の標準化では3GPPに求心力があり、ただ闇雲に検討を進めても大きな成果が得られないことは明らかである。このためFG-IMT2020は既存の標準化作業の分析に注力し、ITU-Tとしての取組み領域を特定してから具体的な技術検討に入るという2段階のアプローチを取ることとした。既存標準の分析作業の結果、取組み領域として特定されたものの一つがネットワークスライス（図4）である。ネットワークスライスは、ネットワーク中にスイッチや基地局などの資源を論理的に分割し、顧客のニーズに合わせた特性を持つ仮想ネットワークとして提供するものである。日本からはネットワークソフト化というコンセプトとして提案し、FG-IMT2020の議論を主導した。FGの活動が終了してからは課題21に活動を移行し勧告Y.3150をはじめ主要な勧告化作業をリードしている。



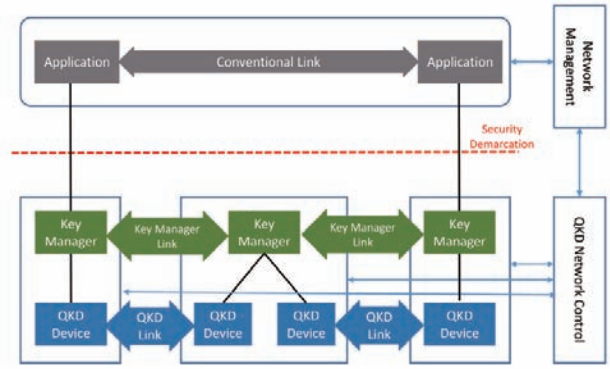
■図4.　ネットワークスライスのイメージ

3.8　さらに先のネットワーク技術

人工知能（AI：Artificial Intelligence）、機械学習（ML：Machine Learning）への関心は通信業界に限らず産業界全般で高まっている。SG13でもネットワーク分野へのAI/MLの応用の可能性を探るためにFG-ML5Gを2017年11月に設置した。AI/MLは将来ネットワークで様々な形で関わってくると想定されるが、とりあえず5G（IMT-2020）向けの応用を視野に入れる意味でFGのタイトルに5Gを入れてある。本FGの最初の成果文書は2019年3月のSG13会合に提出され、勧告Y.3172として承認された。本勧告は教育用データによるMLの学習と学習済みのMLのネットワーク管理システムへの適用に関する全体的な構成を記述している。類似の検討はETSIなどでも行われており、今後この分野は益々発展すると期待される。

量子力学の原理を通信に適用するものとして量子暗号や量子鍵配送がある。これらはこれまで基礎分野の研究者が技術的な可能性を検討するものだったが、SG13ではこの分野の活動にも取り組んでおり、勧告案Y.3800（**図5**）を作成した。量子暗号や量子鍵配送は長距離伝送が困難で現状では最大でも100km程度しか伝送することができない。まだ伝送レートも低く暗号鍵の配送に特化し、従来型の通信ネットワークと併用するのが現実的と考えられている。従来型の通信ネットワークでは長距離伝送も一般的であることから、量子鍵配送において長距離伝送をサポートする方式として中継ノードを設置する方式を検討している。中継ノードは通信キャリアの局舎など適切なセキュリティが確保されている場所に設置されることを想定している。

IMT-2020は2020年の実用化を想定しているが、既にその先を見据えたネットワークビジョンの検討も始まっている。SG13では2018年7月にFG-Network2030を設置し、2030年頃の実用化を想定した通信ネットワークを検討している。まだ検討は始まったばかりで基本構想段階だが、既にホログラフィック通信、ネットワーク全体での時刻同期を行うDeterministic Network、プロトコル単純化など様々なアイデアが提案されている。



■図5.　Y.3800による量子鍵配送の構成

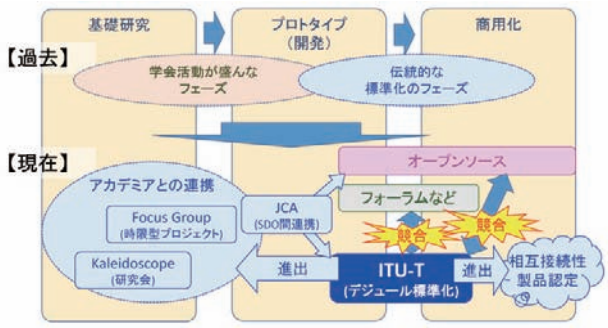
4.　デジュール標準化の課題と挑戦

様々な標準化団体、フォーラム、オープンソースコミュニティなどが活動する中でITU-Tのようなデジュール標準化機関の影響力低下が指摘されている。SG13の活動の中でも耳の痛い意見をいただくことがある。これらの意見は、標準があまり使われていない、コンセプトばかりで実装可能な仕様として完成していない、文書が解説書的、これからはオープンソースの時代でデジュール標準化の時代は終わったのでは、などといったものである。これについて少し考えてみたいと思う。

4.1　標準化コミュニティのプレイヤーと競合関係

かつては標準化コミュニティの状況は今日よりやや単純だったと思う。**図6**にまとめたが標準化とは応用研究の段階から商品化に至る過程で行われるもので、以前からフォーラムとの競合はあったものの各標準化テーマの状況に応じて連携、競合するものであったと思う。基礎研究段階で標準化が行われることはまれで学術系の活動とは明確に区別されていた。また、標準化活動の目的も相互接続性の確立のための技術仕様書作成であった。

近年では少々状況が変わってきた。フォーラムとデジュール標準化機関との競合は続いているが、オープンソースコミュニティが勃興したことで競争が一層激化、複雑化してきた。そういった中で単にフォーラムやオープンソースコミュニティと競合するのみでなく積極的に連携する動きも出てきた。SG13ではIMT-2020の検討に際してFG-IMT2020で既存標準の分析作業を行ったが、JCA（Joint Coordination Activity）による連携活動もある。



■図6.　標準化コミュニティと競合関係

フォーラムなどとの競争の結果、標準化活動の初期段階へ進出し、早期にプレゼンス確立、専門家囲い込みに動くこともある。SG13の検討テーマではIMT-2020やNetwork2030などでFGを設置し、検討テーマの立ち上げを行ってきた。FGはITU-Tの会員企業のみならず、大学や研究機関の研究者など非会員の専門家も参加可能なプロジェクト型の検討組織である。SGと異なり勧告の承認権限はないが、柔軟な作業方法で集中検討が可能になっている。また、ITU-TではKaleidoscopeという学術的な研究発表会を開催している。これはグループとしてまとまった成果文書を作成するものではないが、まだ標準化の俎上に上がらない新しいアイデアを発表することができ、優秀な論文はSGに紹介され具体的な標準化検討につなげることが可能である。研究発表という意味ではWorkshopも随時開催され、学術的なテーマから産業界の課題まで様々な観点で議論が行われている。標準化のテーマがある程度成熟している場合には各社、各研究機関のプロトタイプを持ち寄りshowcase evetが開催されることもある。これも標準化活動の領域を拡大する取組みと言えるであろう。また、学術系の活動を強化した結果、まだ産業界の関心が高まっていない段階での勧告作成も増えてきた。

4.2　オープンソースと標準化

近年、オープンソースの活動が活発となり、標準化活動とも様々な点で関わりが出てくるようになった。ネットワーク技術との関係では主に制御、管理を中心にオープンソースコミュニティが立ち上がっている。

標準化の機能の一つに技術の普及促進がある。社内で開発した技術を標準としてオープンにすることにより周辺技術の開発を促したり、新たな市場を創出することは標準化の効用と考えられている。しかしながら文書で記述されただけの技術は評価したいと思っても実装するための費用、稼働がかかり、普及促進力には限界がある。その点オープンソースは実行可能なコードとして既に存在することから比較的容易に技術評価を行え、文書で記述された標準技術に比べ強力な普及促進力があると考えられる。

また、文書で記述された標準文書は理解、解釈に個人差が出ることが避けられず、記述の曖昧さに伴う相互接続性の問題も避けがたいところである。オープンソースは既にコードとして存在することから文書の記述の曖昧さを補うことができる。実際に標準文書にサンプルコードが添付されることもある。オープンソースが標準文書の機能をある程度置き換えることもできると考えられている。

しかしながら、オープンソースも万能ではなく、その性格上ソフトウェアで実現可能、表現可能な技術にしか適用できない。また、知的財産の扱いや技術の安定性の観点で標準文書とは違いもあり、ソフトウェアで実現可能な分野であってもオープンソースが標準文書を完全に置き換えることができるかどうかについては見解が分かれている。現状ではオープンソースは標準化の活動段階における技術仕様策定の段階を置き換えつつあり、標準化活動が要求条件やハイレベルのアーキテクチャ検討に特化することである程度住み分けが進みつつあるとも考えられている。

なお、SG13ではFG-IMT2020の中で標準化におけるオープンソースの役割について議論が行われた。現状ではオープンソースの明確な定義もなく、標準文書に添付されるサンプルコードとの違いや標準化活動の中での利活用の方法など様々な観点で検討が行われている。また2016年に開催されたWTSAではオープンソースに関する決議90を採択し、標準化とオープンソースの関係について検討を推進することになっている。

5. 標準化におけるコンセプト議論の重要性

SG13はITU-Tにおける標準化議論の立ち上げの場として活動してきた。NGN以降クラウド、ネットワークスライスなどのコンセプト議論をリードし、量子通信やAI/MLの利用など新しい分野に積極的に取り組んでいる。一方、コンセプト中心で実装可能な詳細な技術仕様はほとんど作られておらず、標準化機関として役割についていろいろな意見が聞かれるようになった。しかしながら、フォーラムやオープンソースの活動が活発になればなるほどコンセプトを提示し、産業界の方向性を示す活動は重要になるし、各団体やコミュニティの情報交換を行う場としての役割は重要になっていると思う。他国の参加者を見るとFG設置などを通じて自分たちの考えるコンセプトの普及に力を入れているように見え、政策的に議論を呼ぶテーマをあえて勧告にすることで技術の正当性を確立するという活動も行っている。日本からもデジュール標準化機関としての特徴を踏まえて、標準化を技術戦略の一つとして活用する人が増えることを願っている。

（2019年7月26日　ITU-T研究会より）