

## 国際標準化活動報告 IEC/SC65C/WG18および関連組織における 産業用TSN (Time-Sensitive Network) に関する標準化動向の解説

IEC TC65国内委員会

### 1. はじめに

スマート製造や産業用 IoT の普及が進むにつれ、各種産業用制御機器同士や制御機器と上位の ERP や IT システムとを結ぶ産業用ネットワークが重要性を増している。特に、同一 Ethernet 回線で制御通信のリアルタイム性を維持したまま情報通信を実現したい要求が増えている。それらを実現する技術として産業用 TSN (TSN-IA : TSN for Industrial Automation) が注目を浴びており、すでに TSN 対応を前面に押し出す産業用ネットワークも生まれている (CC-Link IE TSN, OPC UA over TSN, PROFINET over TSN など)。IEC においても IEC/IEEE60802 TSN for Industrial Automation の標準化が IEC/SC65C/WG18 と IEEE802.1 TSN TG との協力の下、進められている。

本稿では、TSN-IA についての審議の動向や最近始まった認証制度に関する議論などを紹介する。

### 2. TSN-IA 審議の経緯

表1は、IEC/IEEE60802 開発の経緯を時系列でまとめたものである。TSN-IA の議論は、2017年3月に SC65C に対してドイツ国内委員会より提案され開発承認された新業務項目提案 (New Work Item Proposal: NP) の 65C/875/NP “Industrial communication networks - Profiles - Part 6: Time sensitive networking profile for industrial use based on IEEE802.1 and IEEE802.3” にさかのぼる。本提案において、審議組織は IEC/SC65C/MT9 : Fieldbus Maintenance (現 IEC/SC65C/WG9 : Fieldbus コンビナー Ludwig Winkel [独]) が指定され、NP 文書のタイトルに Part 6 とあるとおり、同 MT9 でメンテナンスしている産業用ネットワーク規格の IEC61784 シリーズの一部として提案された。

しかし、同提案は、IEC61784 シリーズの開発の申し合わせであった「同規格は Data Plane を標準化し、技術進歩を拘束し兼ねない Control Plane については国際標準化しない」という合意事項を反故にするものであり、加えて、提案された NP はケーブル色まで指定するような PROFINET [独] の仕様書そのままの内容であった。そのため参加するエキスパートからは国際規格にそれらの記述は不相当との声があがり、数回にわたり執筆のための国際会議を行うも、紛糾し審議が全く進まなかった。

その一方で IEC/SC65C/MT9 コンビナーは水面下で IEEE との間で合同開発の話を進め、IEC/SC65C/MT9 のメンバーに対しては 2017年11月米 Arlington 会議でアナウンスされ、2018年5月本プロジェクトが IEEE802.1 TSN TG との共同開発となることが発表された。これに伴い IEC61784 シリーズではなく独立の番号を持つ IEC/IEEE60802 として開発開始が報告された。審議組織として IEC/SC65C/PT60802 が設置された。しかしながら、同プロジェクトチーム (PT) に対して Call for Expert が行われることはなく、組織上は NP が成立しているのに PT に登録されている Expert が 5 人以下である (NP 時に各国から指名された Expert が PT に登録されていない)、プロジェクトリーダーがシステム上設定されていない、文書が IEC/SC65C/MT9 にも配布される、IEEE 側に配布された文書が IEC 側に回付されないといった組織的な位置づけが不明確な状況が発生した。加えて IEEE 側に対しては「IEC 側でプロファイル文書は既に存在していて、IEEE 側と IEC 側で同期して承認プロセスを回すだけ」と同コンビナーが説明していたこともあり、合同開発が開始した時点で IEEE 側参加者を大いに面食らわせる結果となった。

そのような状況下においても、IEEE802.1 TSN TG が中心となって IEC/IEEE60802 の技術的な審議を継続したため、規格開発に大きな混乱をきたさなかった。特に 2 か月に 1 度のペースで対面会議を実施し開発を進める IEEE802.1 TSN TG では、IEC 側で委員会原案 (Committee Draft : CD) へのコメント募集をしている間に IEEE 側ではコメント対応が始まり、IEC 側コメントが出そろった頃には審議が終了しているなどの速度感で審議が進んでいる。COVID-19 下においても毎週月曜に Web 会議を行うという形でこの執筆、審議は継続されている。日本の国内委員会参加メンバーは、ほぼ全員個人資格で IEEE802.1 TSN TG にも参加

いただいております。最新情報の入手及び審議への参加を行っている。

組織としては、2020年3月に行われたIEC/SC65Cプレナリ会議において、TSN-IAの認証に対応するため本IEC/IEEE60802を基にした試験規格の開発プロジェクトが立ち上がることから、これらのプロジェクトを統合して審議する作業グループ(Working Group:WG)を設置し、IEC/SC65C/PT60802で発生している組織的な位置づけの不明確さを解消することを日本として訴えた。これによりIEC/SC65C/WG18:TSN for Industrial Automation(コンビナー Ludwig Winkel [独])が設置された。TSN-IA認証については4項にて詳述する。

また、同プレナリ会議において、IEEE側との間の審議ペースをそろえるためにIEC側ではCD回付の回数を間引いて実施することが承認された。

表1 IEC/IEEE60802 開発の経緯およびスケジュール

|              |  |
|--------------|--|
| 2017年3月      | 65C/875/NPが提案される   |
| 2017年7月      | 65C/896/RVNにて65C/875/NPが承認され、IEC61784-6として開発が開始される(IEC/SC65C/MT9)<br>IEC/SC65C/MT9 独Frankfurt会議、65C/896/RVNのコメント対応を実施するも紛糾し会期中に完了せず。 |
| 2017年11月     | IEC/SC65C/MT9米Arlington会議、65C/896/RVNのコメント対応、IEEE802.1 TSN TGとの共同開発をメンバーに打診。   |
| 2018年1月      | IEC/SC65C/MT9とIEEE802.1 TSN TGとの合同会議が開催される(スイスGeneva会議)  |
| 2018年5月      | IEEEとの合同プロジェクトとなることが正式にアナウンスされる。<br>IEC/SC65C/PT60802が設置される。   |
|              | 以後、IEEE802.1 TSN TGとの合同会議を2か月に1回のペースで開催される。<br>(COVID-19下でも毎週Web会議を開催)   |
| 2019年1月      | CD1回付  |
| 2019年9月      | CD2回付  |
| 2020年3月      | TSN-IA関連のプロジェクトを担当するIEC/SC65C/WG18が設置される。  |
| 2020年5月      | CD3回付  |
| 2020年12月(予定) | CD4回付予定  |
| 2021年4月(予定)  | CD5回付予定  |
| 2021年12月(予定) | CDV回付予定  |
| 2022年10月(予定) | FDIS回付予定   |
| 2023年(予定)    | IS発行予定   |

### 3. TSN-IA 技術的議論のポイント

TSN-IAとは何かについて述べる前にTSNについて少し解説する。近年、産業用ネットワークはEthernet技術(IEEE802.3、ISO/IEC 8802-3)をベースとしたものが主流となっている。これはEthernetの普及により通信ICや機材のコストダウンが進んだこと、また技術の信頼性が向上したことによる。しかしEthernet技術においては時間保証や帯域幅の予約の仕組みを持っているわけではない。Ethernetの広がりにつれ様々なアプリケーションでEthernetが使われるようになり、同技術を開発してきたIEEEにおいても時間保証の仕組みを盛り込もうとする流れが生まれた。時間保証については、当該アプリケーションを構成するプロファイルに採用する規格やクラスにもよるが、100 $\mu$ sから50ms程度を想定している。ユースケースとしては高度な同期が必要なシステムを想定している。一例としてはカメラで撮影した映像を画像認識しながらアクチュエータを動かすようなシステムがある、その映像信号とアクチュエータの制御信号を同時にTSN対応のフィールドネットワークに流す。このとき遅延が大きければ制御が成り立たない。またその他のユースケースとして工場内の産業用IoT化が進みフィールドネットワーク上に様々なデータが流れる状況があげられる。このとき、フィールドネットワーク中に時間保証や帯域予約が必要なデータを峻別して優先して流す仕組みが必要になる。もし時間保証や帯域予約が必要なデータだけ別ネットワークを引き回すような必要があるとすると工場内の配線やシステム構成は複雑化する。TSN対応ネットワークは、それらを一つのネットワーク上で実現することでシステムをシンプルに構成することができ、製造システムの変更や更新にも容易に対応可

能になることが期待される。これらの規格開発の中心となるのが IEEE802.1 TSN TG である。

IEEE802.1 TSN TG の資料 (図 1) によれば TSN を構成する規格は Synchronization (時刻同期)、Latency (低遅延)、Reliability (信頼性)、及び Resource Management (リソース管理) の 4 つの規格群に分類されるとしている。また、この中で必要な規格をそのアプリケーションに従って取捨選択することでプロファイルを構成するとしている。TSN-IA はその一つのプロファイルに当たる。プロファイルには上記 4 つの規格群すべてを含む必要はない。いふなれば TSN に関するいずれか一つ以上の規格を含んだプロファイルを構成すれば、それは TSN であるといえる。(無論、そのプロファイルが想定しているアプリケーションの機能を満たす必要はある)

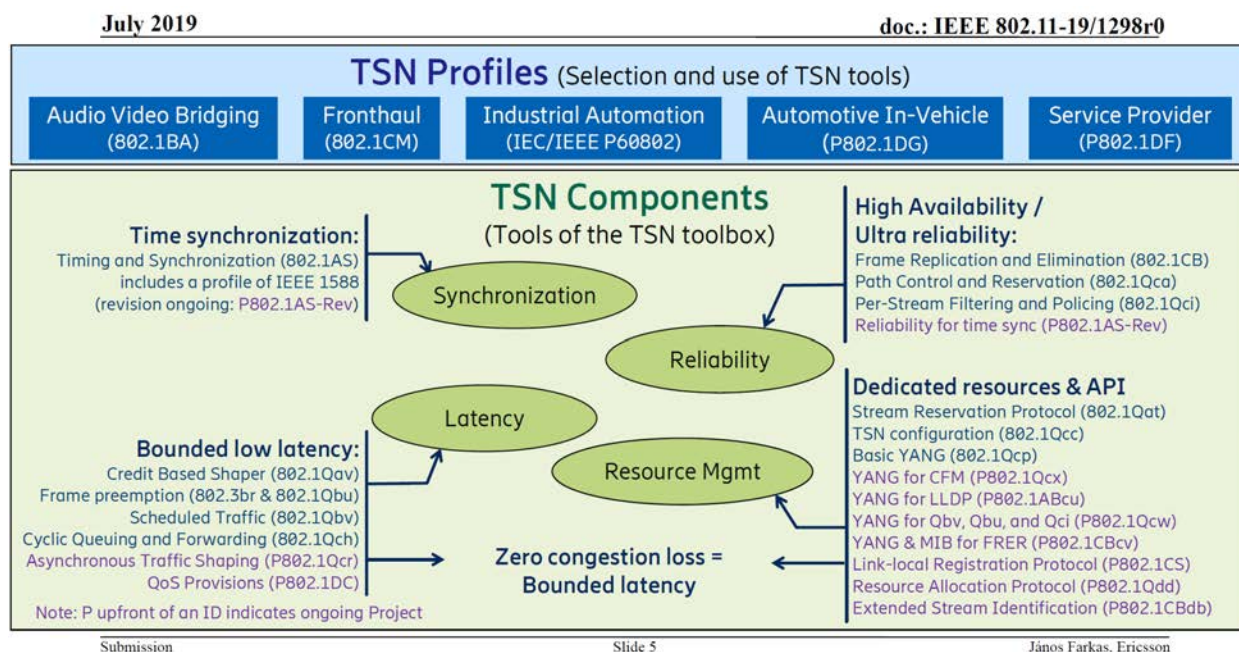


図 1 TSN を構成する規格 (IEEE802.1 TSN TG 議長 Janos Farkas 氏資料より抜粋)

提案された TSN-IA は Synchronization (時刻同期)、Latency (低遅延)、Reliability (信頼性)、及び Resource Management (リソース管理) の大半の規格を Mandatory として要求している非常に「重い」プロファイルである。提案者の説明によれば、これは図 2 に示すように別のネットワークを介して接続した際にも interoperability (相互運用性) や consistency (一貫性) を担保するためだとしている。また時間保証についても別ネットワーク越しでのリアルタイム性を要求するためより厳しい時間同期を求める議論がある。

しかし、IEC や IEEE でユースケースを詳細に検討した結果、もし提案のままの TSN-IA が適用されるとなると相当高価な通信 IC を使わざるを得なくなる、しかしそこまでの機能を必要としないアプリケーションは数多くあり、それはユーザーに不利益を強いることにならないかという点を多くの参加者が懸念するところであった。その結果、図 3 に示すように通信ポートを一つしか持たずネットワークの終端を構成するエンドステーションは Scope に含めず複数の通信ポートを有し通信を中継するブリッジのみを Scope とすること、加えてインフラ用のブリッジと組み込み用のブリッジで必要な仕様が異なるという結論に至り、現在はそれらを区別して定義するべく検討を進めている。

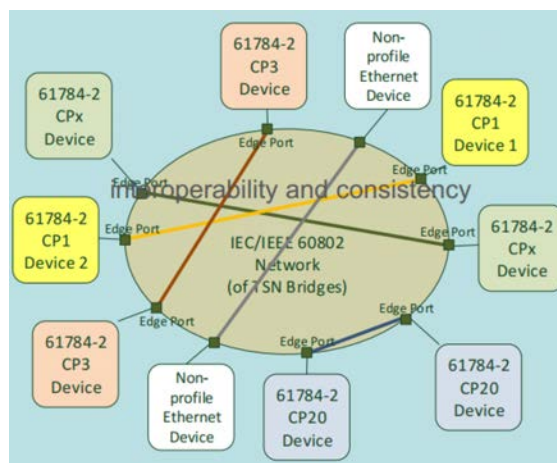


図2 複数ネットワークを介した TSN の実現 (IEC/IEEE60802 会議資料)

#### 4. TSN-IA 認証制度について

表2は現在までの議論の経緯を時系列でまとめたものである。2019年4月 IEC/SC65C/WG9: Fieldbus のコンビナー Ludwig Winkel 氏より、同 WG とリエゾンを結んでいる各産業用ネットワークコンソーシアムに対して、TSN-IA の認証制度を検討するタスクフォースを IECEE/CMC (IEC 電気機器安全適合性試験制度 認証管理委員会) 傘下において IEEE CAP と Avnu Alliance の協力のもとに立ち上げるとのアナウンスがなされ、メンバー募集があった。なお本タスクフォース設立は IEC/TC65 や IEC/SC65C から公式にはアナウンスされなかった。その後、数回の会議が行われ、本タスクフォースを解散した上で、IECEE/CMC 傘下に認証に関する WG として IECEE/CMC/WG35” Service for IEC/IEEE60802” が立ち上がった。

しかし、IECEE は認証のスキームなどを議論する場であり、試験仕様については技術に関して議論・開発する場で実施するべきとの基本指針から、IEC 側で開発を進めることになった。当初 IEC/SC65C/WG9 で審議される予定であったが、TSN-IA に関する議論は IEC/SC65C にて統一して実施するべきとの日本の主張が認められ、IEC/IEEE60802 の開発及び試験規格を開発する IEC/SC65C/WG18 が設置された。現在、試験規格に関しては NP が承認され、IEC61802 として開発を進めることが決定した。

本認証は TSN-IA の相互運用性を担保することを目的としており、また各産業用ネットワークコンソーシアムが実施している相互運用認定と共に one-stop で認証を実施することを目標としている。しかしながら、そういった認証の有効性をどのような形で担保するのか、それらを継続運用していくための費用はどかが負うのかなどまだまだ課題も多く、これからの議論が待たれる。

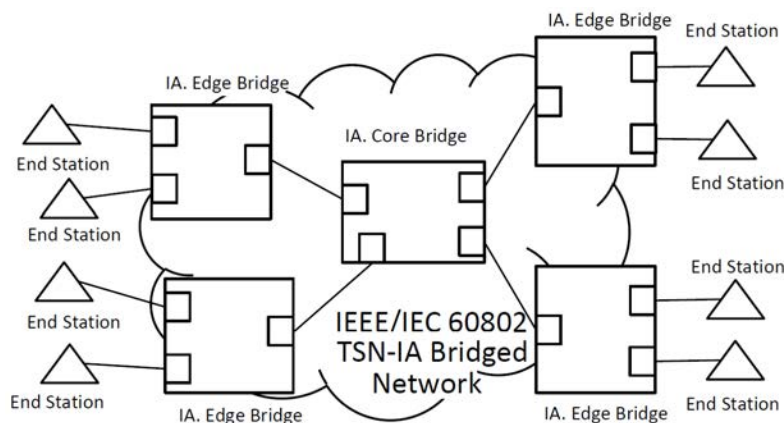


図3 Bridge と End Station の切り分けに関するユースケース (IEC/IEEE60802 会議資料)

表2 TSN 認証に関する議論の経緯

|          |  |
|----------|--|
| 2019年4月  | IEC/SC65C/WG9のCリエゾンに対し、IECEE傘下でIEEE CAPとAvnuの協力のもとTSN-IAの認証制度を検討するタスクフォースが呼びかけられる。   |
| 2020年2月  | 上記タスクフォースを解散しIECEE/CMC/WG35の設立がアナウンスされる。   |
| 2020年3月  | 試験仕様についてはIECEEではなくIEC側で作成することが決定し、IEC/SC65C/WG9内にプロジェクトチームの立ち上げが画策されるが、TSN関連の審議は一つのWGで実施するべきと日本として主張。<br>IEC/SC65C/WG18としてWGが独立する。 |
| 2020年7月  | 試験仕様の素案（PWI）が65C/1026/Qとして回付される。   |
| 2020年9月  | 65C/1047/NPが回付され、承認される。  |
| 2020年11月 | IEC/SC65C/WG18 Web会議が開催される。  |

## 5. まとめ

TSN-IA がスマート製造や産業用 IoT を実現していくキー技術となることは間違いない、しかしながら、その一方でまだまだそのユースケースやそれらを実現するための技術仕様については十分に議論されつくしていない状況である。IEC/IEEE 60802 の CD が現時点で 5 版まで予定されているところからみても、規格の出版には大きな困難が伴うものと推察される。国内委員会としては、引き続き動向を注視し、ここで作られる規格が十分日本のものづくりの後押しとなるよう、各方面の専門家とも連携しながら開発を進めていきたい。

### 執筆：

IEC/SC65C/WG9 国内委員会幹事・国際エキスパート

IEC/SC65C/WG18 国内委員会幹事・国際エキスパート

馬場丈典（三菱電機株式会社）