



FLEXIBLE FACTORY PARTNER ALLIANCE

SRF無線プラットフォームのご紹介

～無線リソースを協調制御し、製造現場における安定した無線通信を実現～

2018年10月30日

SRFT-WG議長、富士通研究所 濱湊 真
Flexible Factory Partner Alliance

1. 背景
2. 製造現場のアプリケーションと通信要件
3. SRF無線プラットフォームの概要
4. SRF無線プラットフォームの標準化に関する考え方

工場IoTが無線通信の利活用を促進

機会

2025年に工場IoTが与える経済効果のポテンシャル

1.2兆ドル

期待

データ収集のコストや手間の問題を解消し、製造の分析をしたい工場

90%

トレンド

FA通信ノードにおける無線のシェアは6%であるが、高い成長率

32%

[1] <https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world>

[2] <http://tech.nikkeibp.co.jp/dm/atcl/feature/15/122200045/120700315/>

[3] <http://www.automationinside.com/2017/03/industrial-network-market-shares-2017.html>

無線の問題 - 現場の声 -

たぶん通信トラフィックや無線環境の変化で、
ときどきシステムが止まる

Wi-Fiのチャンネルを使い切って、
もう無線システムが入らない

みえない無線のリスクが不安

ネットワークの設定や運用が大変だが、
現場にITの専門家がない



フレキシブルファクトリパートナーアライアンスのミッション

■ 製造現場における無線通信のリスク

– 混在する異種システム

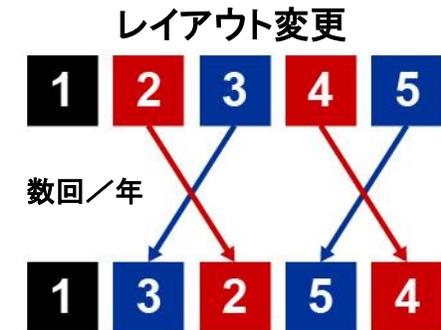
- 個々の設備や、個々の工程ごとに段階的に無線システムが導入し、異種、レガシーなデバイス／機器が共存

– ダイナミックな無線環境の変化

- **ミリ秒～秒(分)**: 閉空間での人や物の動き(不感帯が出現・消滅・移動)
- **数時間～数日**: 段取り替え、システム電源のオン/オフ
- **数か月～数年**: レイアウト変更、新規ライン導入

– 多様な無線環境

- 業種、工場の規模、電波遮蔽物の有無、外来・設備起因のノイズの有無、無線化の発展段階

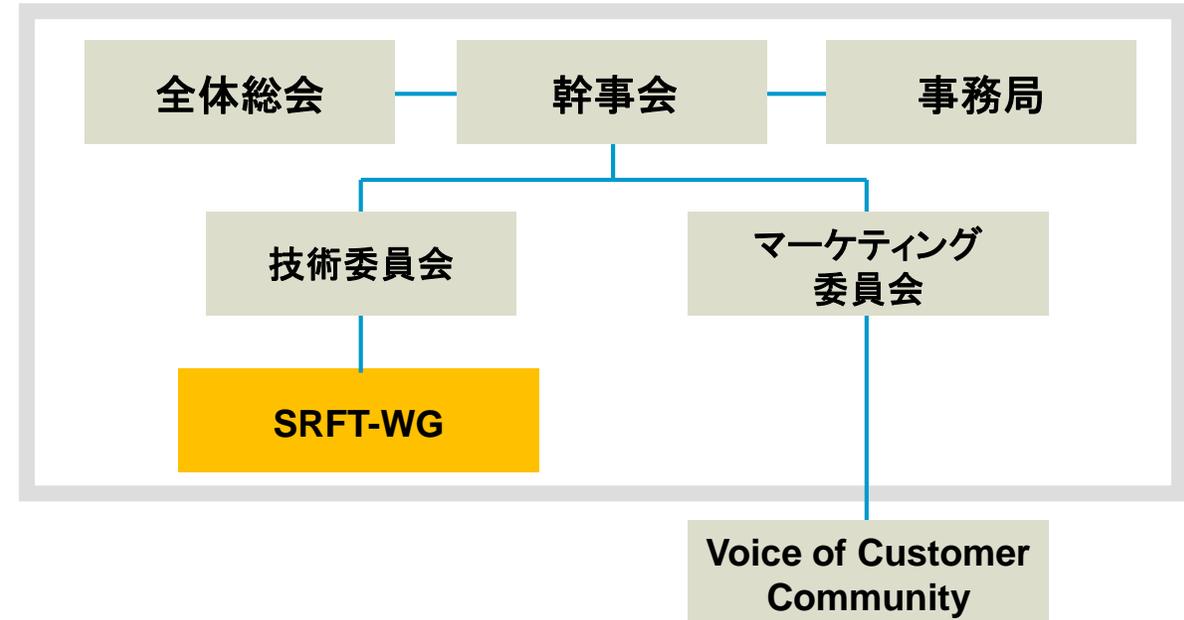


■ ミッション

工場内の無線通信の利活用を促進することにより工場内の生産性を向上させることを目的に、複数の無線システムが混在する環境下での安定した通信を実現する協調制御技術の規格策定及び標準化、普及促進に向けた活動を行います。

SRFT-WGとは

- SRFT-WG : Smart Resource Flow wireless Technical Working Group
- 製造現場で複数の無線システムが混在する環境でも安定した無線通信が実現できる無線リソースの協調制御技術に関する技術仕様を策定する
- 2019年7月に技術仕様Ver.1を完成
- 認証プログラムのベースとなる技術仕様
- 技術委員会 : WGの管理、および、WGに関する事項の幹事会への提案



製造現場の無線ユースケース

■ 製造現場ではさまざまな目的で無線が利活用されている

カテゴリ	ユースケースの目的
品質	<ul style="list-style-type: none">• 製品が正しい精度で生産できていることを確認• 生産が正しい手順、状態で行われていることを確認
管理	<ul style="list-style-type: none">• 製造現場の環境が適切に管理されていることを確認• 人やモノの動線を把握• 設備や資材(在庫)の管理状況を確認• 生産設備が保全されていることを確認• 作業や生産状態の適切な記録
表示	<ul style="list-style-type: none">• 作業支援の適切な提供• 工程が滞りなく進んでいることの可視化• 生産状況を把握するための可視化
制御	<ul style="list-style-type: none">• 生産設備、付帯設備の制御、操作、指示
安全	<ul style="list-style-type: none">• 作業員の安全確保
その他	<ul style="list-style-type: none">• 上記要件を満たさないもの

目的が異なるため、
求められる通信要件
もさまざま

<引用> 製造現場における無線ユースケースと通信要件（要約版）第1.0版，国立研究開発法人情報通信研究機構

製造現場のアプリケーションの要求通信品質の一例

■ 要求通信品質が異なるさまざまなアプリケーションが混在

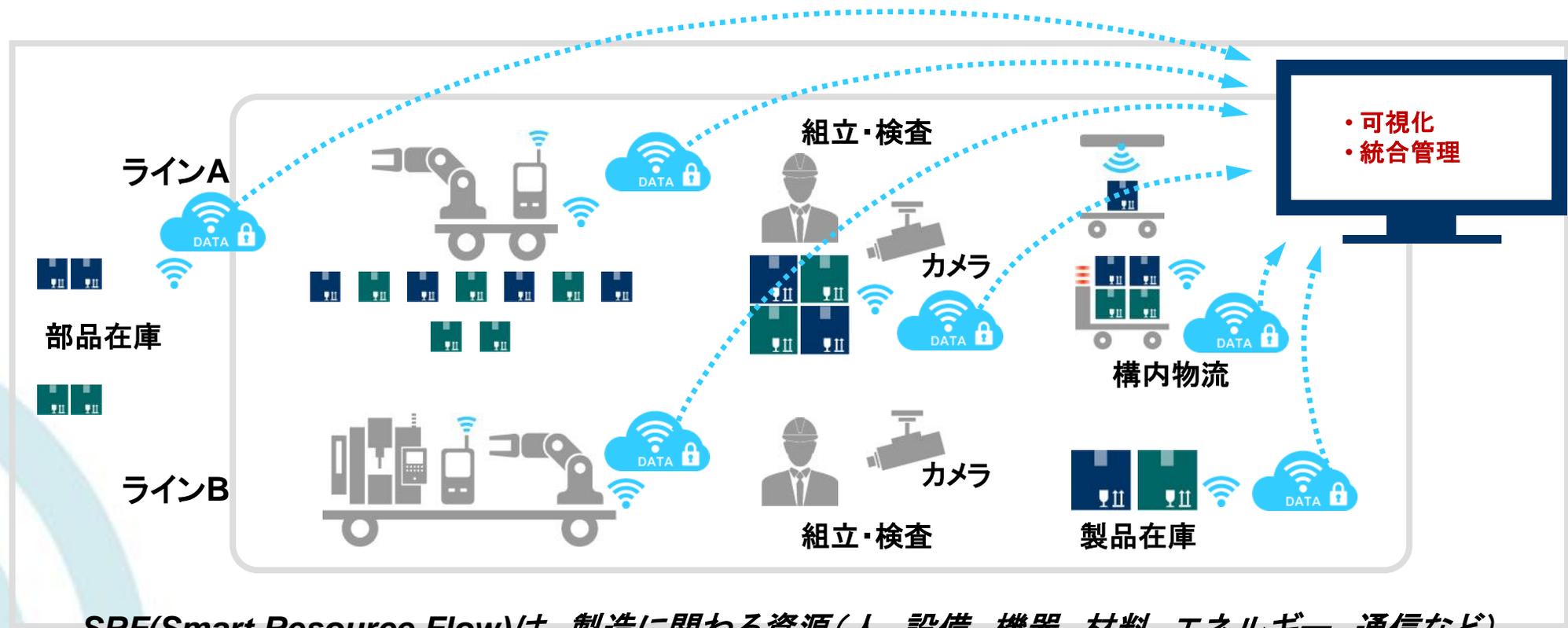
カテゴリ (応用)	通信品質の許容度							
	遅延 (msec)			要求帯域 (kbps)			パケットロス	
	<100	100~ 1000	>1000	>1000	100~ 1000	<100	Loss less	Non- Loss less
品質	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
管理		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
表示		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
制御	✓	✓				✓	✓	
安全	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
その他		✓	✓	✓			✓	✓

Source:

<http://www.ieee802.org/1/files/public/docs2018/new-FFIoT-Zein-FFIoT-Enhancement-to-802-technologies-0518-v00.pdf>

SRF無線プラットフォームの狙い

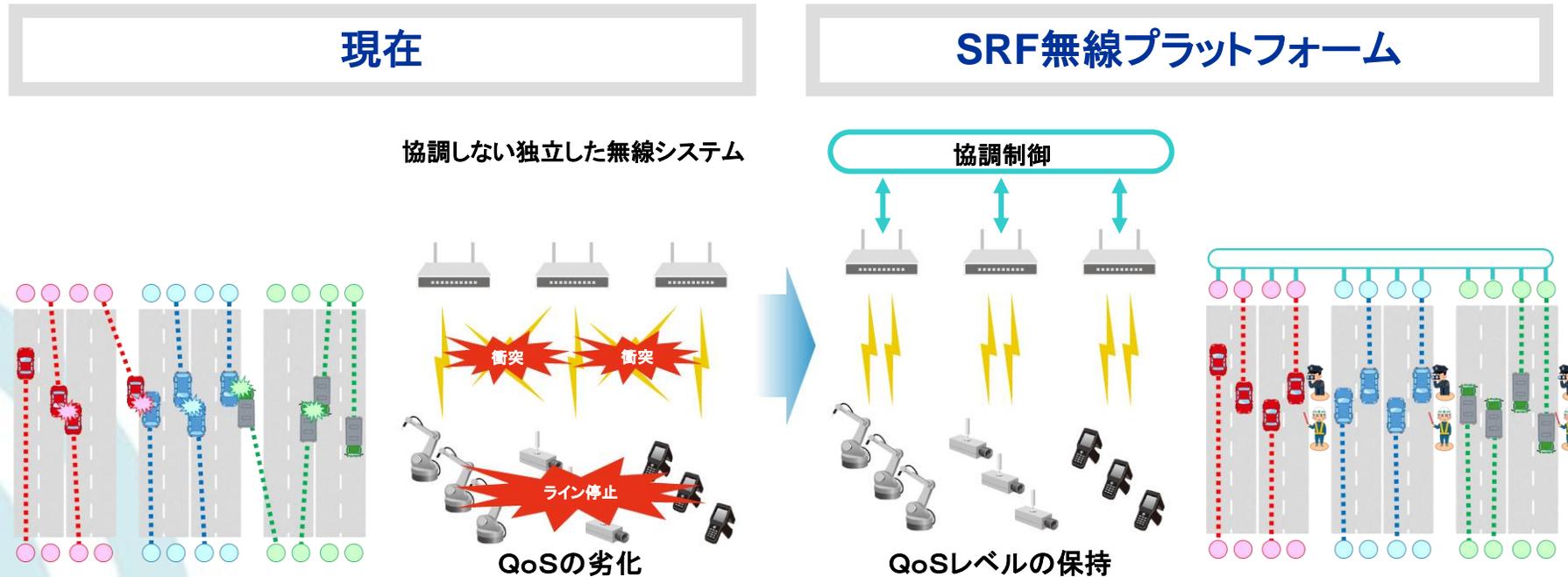
- 無線通信の問題を解決し製造現場からのデータ収集のボトルネックを解消
⇒ 工場のデジタル化を推進



SRF(Smart Resource Flow)は、製造に関わる資源(人、設備、機器、材料、エネルギー、通信など)をスムーズに流れているように最適に管理するコンセプト

無線の課題に対する要望

- 無線リソース(周波数、時間、空間)をアプリケーションの要求通信品質に従いシステム間で協調
⇒ アプリケーションの要求通信品質を満たしつつ、異種のシステムを収容



SRF無線プラットフォームが目標とする性能指標



信頼性

- 無線通信が混雑・変動する環境下でもシステムが止まらない

遅延 100msec (max)

ロスレス通信

システムのキャパシティ

- 製品品質や生産性を向上させるための多数かつ多様な無線システムを収容できる

センサー設置密度 3倍

システムの安定性と保守性

- IT専門家が不在でも、データフローや無線環境の管理ができる

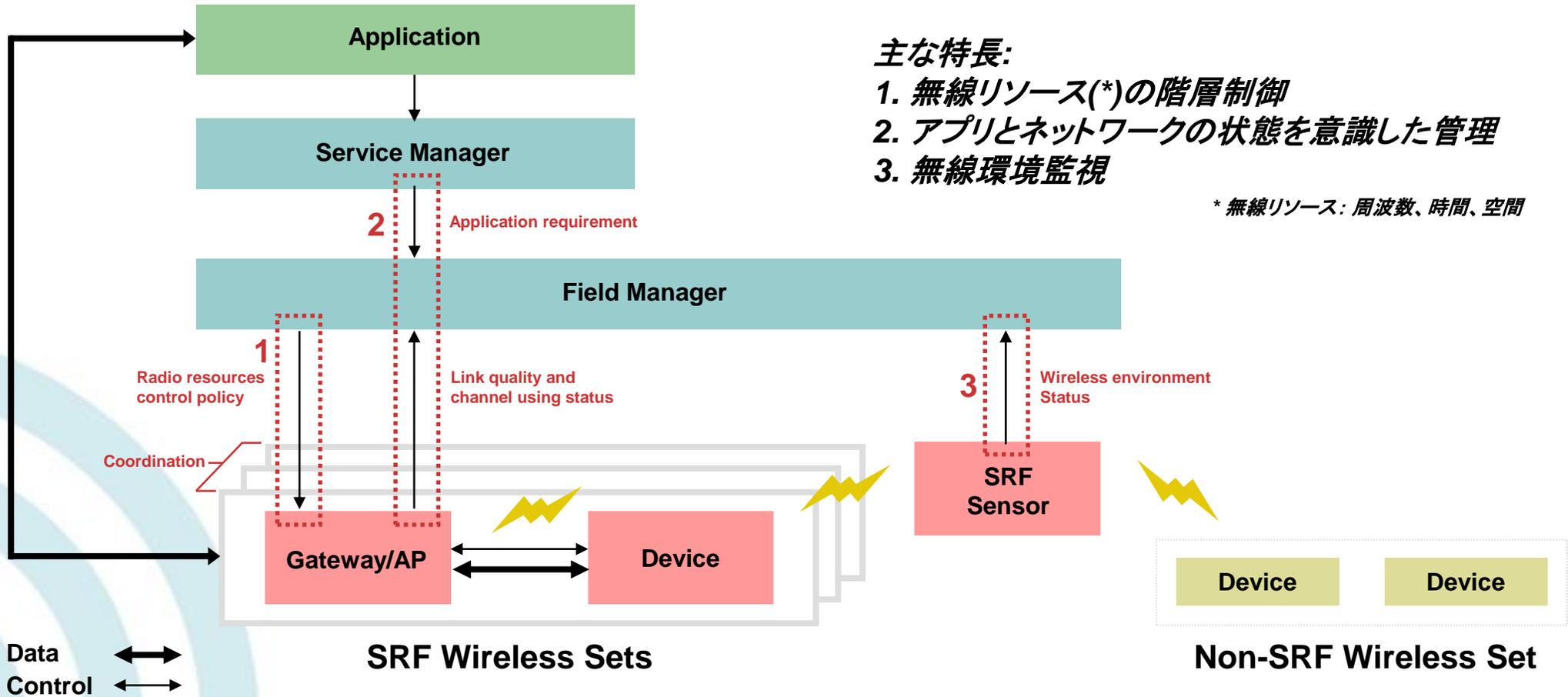
無線通信の可視化

レガシー無線との共存

- **機能とインターフェースを規格化**
 - ***SRF Wireless Platform Architecture***
 - ***Functional Description***
 - ***Interfaces***
 - ***Sequence Diagrams***
 - ***Data Structure***

SPF無線プラットフォームの概要

- SRF無線プラットフォームの実装例 -



主な特長:

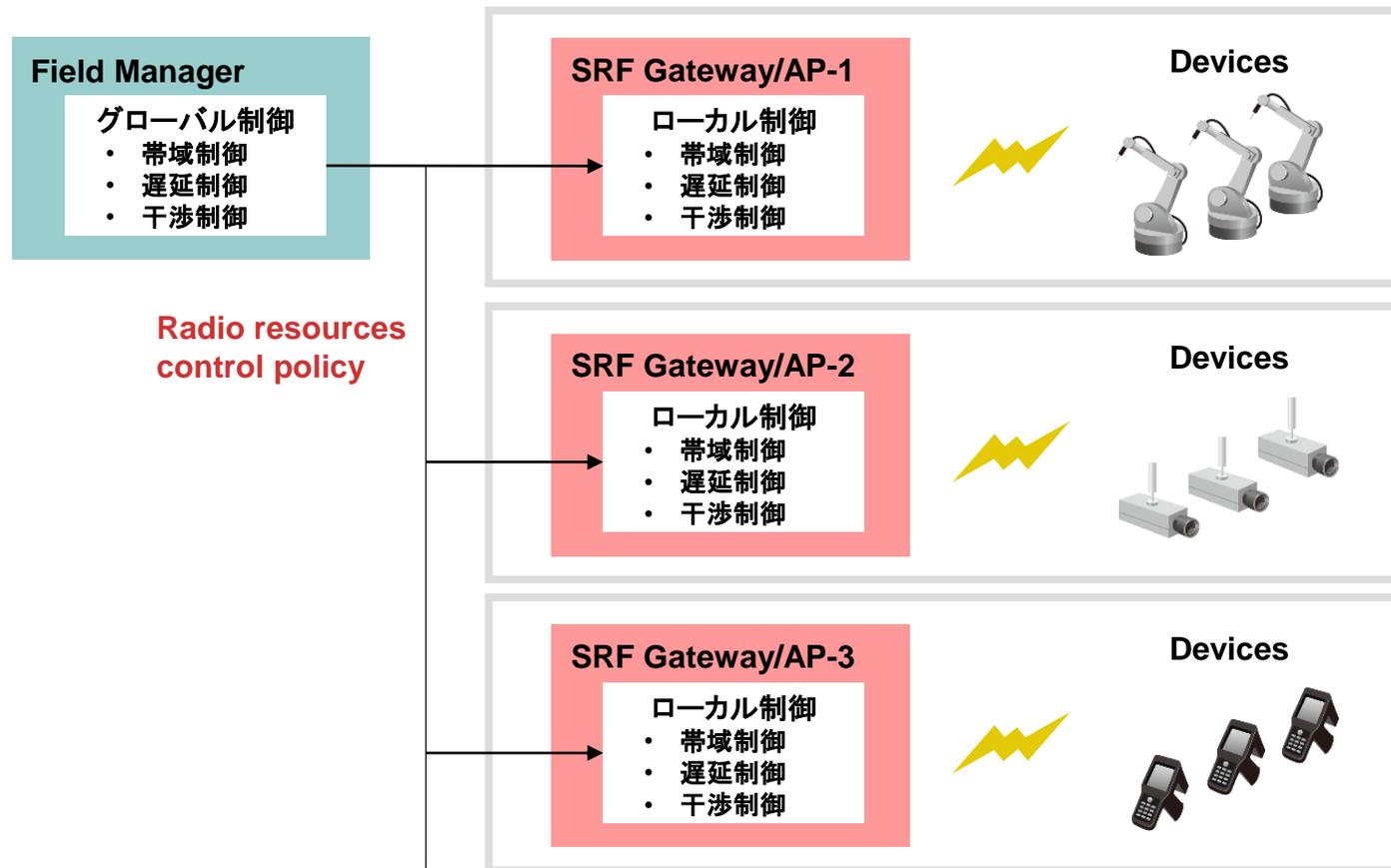
1. 無線リソース(*)の階層制御
2. アプリとネットワークの状態を意識した管理
3. 無線環境監視

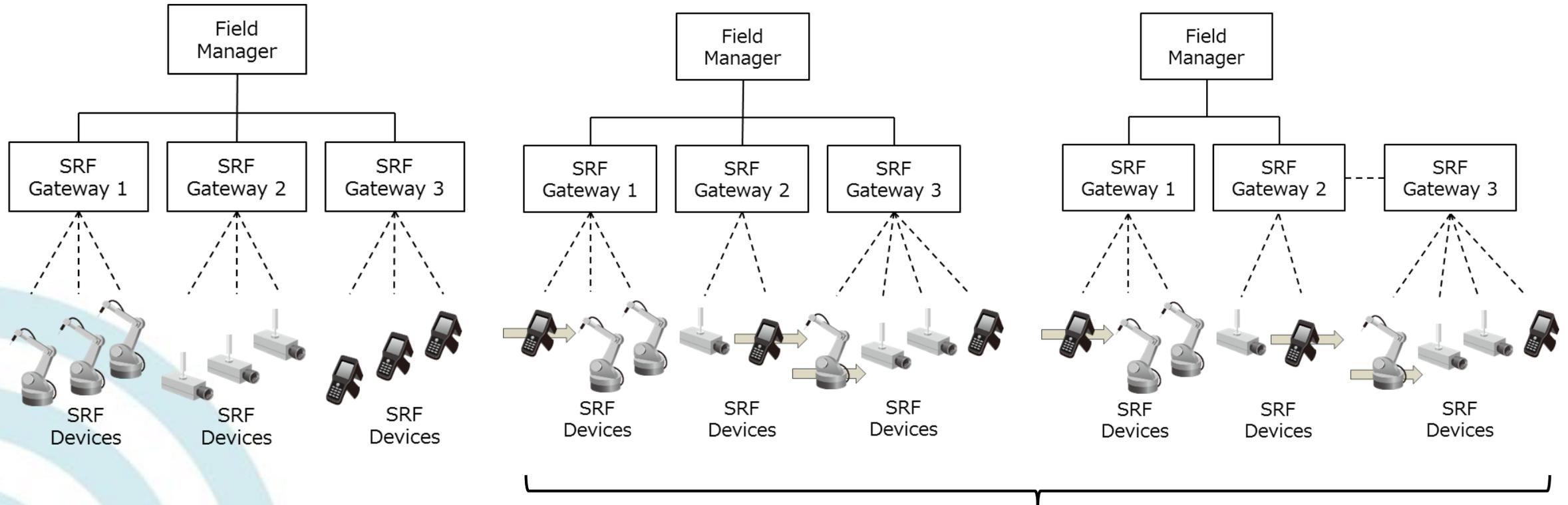
* 無線リソース: 周波数、時間、空間

SPF無線プラットフォームの特長

— 無線リソース階層制御 —

- 要求品質(帯域/遅延など)が異なる様々なアプリケーションの統合管理
- 無線環境の変動に応じた無線リソースの最適管理
- 上記2つの管理の両立を可能にする動的制御
 - グローバル制御
各アプリケーションの要求品質を満たす無線リソースの協調(複数システム)
 - ローカル制御
制御ポリシーに従う無線リソース制御(単システム)





1つのSRF Gatewayに複数のアプリケーションが接続しているケース

■ 階層制御に必要な機能を定義

Service Managerの機能

機能名

Dynamic Communication Control Decision

Field Managerの機能

機能名

Dynamic Communication Control Decision

Interference Coordination Control

Bandwidth Coordination Control

Delay Coordination Control

Radio Channel Monitoring

Capability Information Exchange

SRF Sensorの機能

機能名

Wireless Environment Status Sensing

SRF Gateway/Device の機能

機能名

Frequency Control

Channel Settings

Channel Control

Dynamic Channel Selection

Path Control

Licensed Band Selection

Timing Control

Scheduling

Time Synchronization

Spatial Control

Antenna Directivity Control

Sectorization Control

Power Control

Redundant Path Control

Channel Synthesis

Redundant Path Control

Rate Control

Redundant Packet Control

Retransmission Control

Redundant Packet Control

Flow Control

Flow Control

Adaptive Packet Termination

Adaptive Packet Aggregation

Adaptive Packet Fragmentation

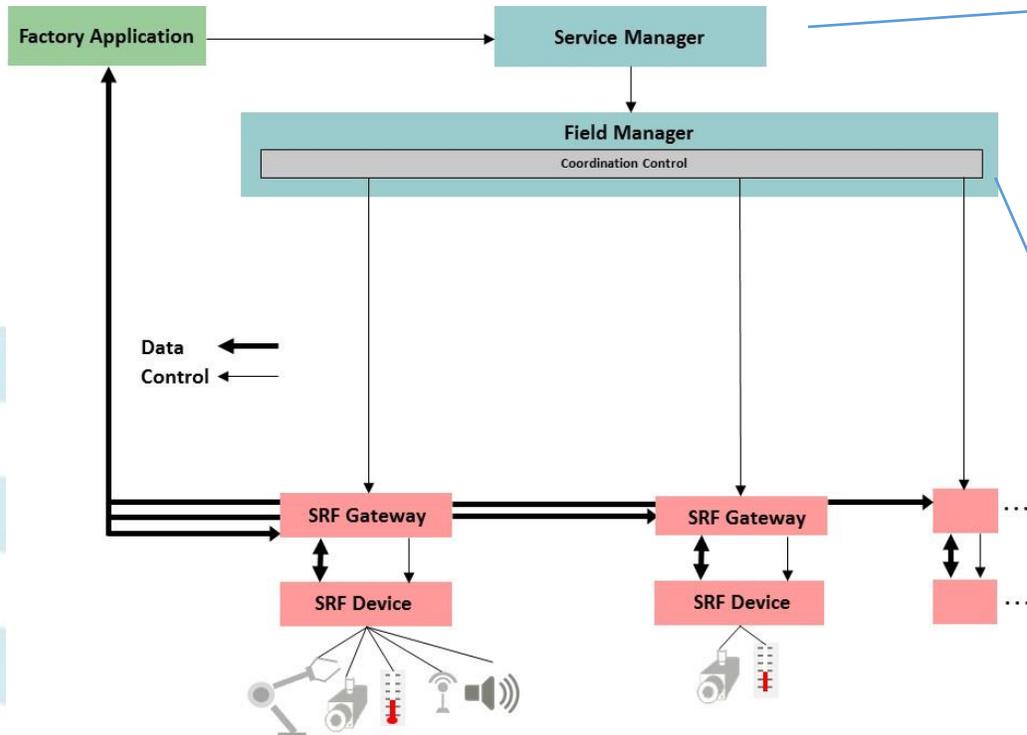
Radio Link Quality Monitoring

Radio Link Quality Monitoring

Radio Channel Monitoring

Capability Information Exchange

Mobility Control



- Service ManagerはField ManagerにSRF System Control Indicatorを通知する

SRF System Control Indicator

Application Stream	Application requirement
A	Required Bandwidth, Required Latency, Required Packet Loss
B	...
...	...

- Field Managerは、Radio Resource Control PolicyとData attributeを生成する

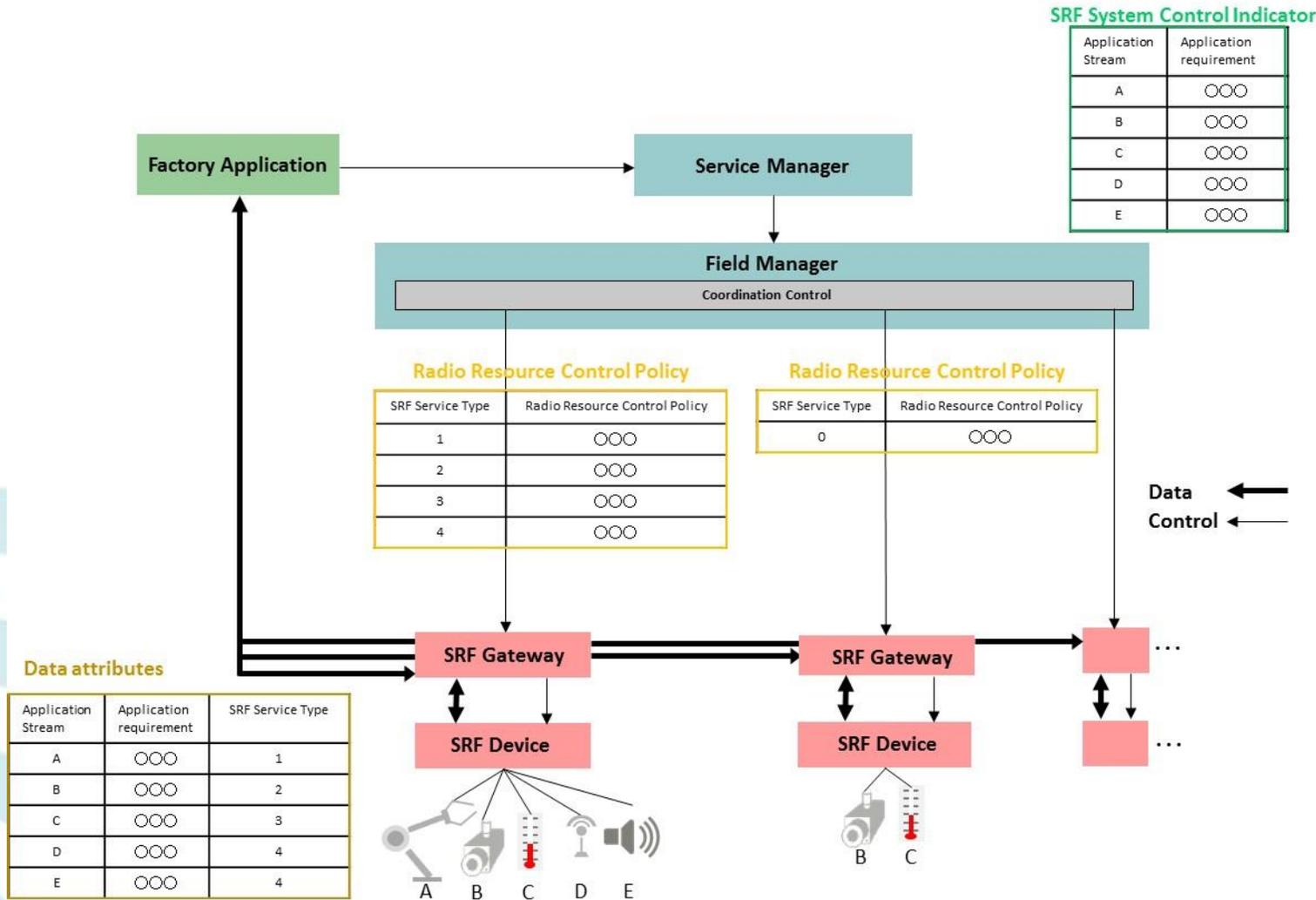
Radio Resource Control Policy

SRF Service Type	Radio Resource Control Policy
1	Available frequency info. Available time/timing info. ...
2	...
...	...

Data attributes

Application Stream	Application requirement	SRF Service Type
A	Required Bandwidth, Required Latency, Required Packet Loss	1
B	...	2
...

- 同じ通信要件のアプリケーションは同じService Typeに属する



- **Field ManagerはControl planeを使って、Radio Resource Control PolicyをSRF Gateway/Deviceに通知する**
- **SRF Gateway/Deviceは、Radio Resource Control PolicyとUser planeで送信されるData attributeに基づき、無線制御とQoS制御を行う**

Radio Resource Control Policy

■ Radio Resource Control Policyに基づくローカル制御

Radio Resource Control Policy	機能
Channel Selection Policy	Channel Control
- Available channels (Internally from SRF device)	Dynamic Channel Selection
- Available channels (External from SRF sensors)	Path Control
- Available channels (Licensed Band)	Licensed Band Selection
Transmission Timing Determination Policy	Scheduling
- In the case of TDMA	
- Transmission start time	
- Transmission continuation time	
- Transmission interval (in the case of repetition)	
- Repetition number (in the case of repetition)	
- In the case of CSMA/CA	
- Minimum value of Contention Window	
- Maximum value of Contention Window	
- Maximum number of retransmission	
Directivity Policy	Antenna Directivity Control
	Sectorization Control
Transmission Power Policy	Power Control

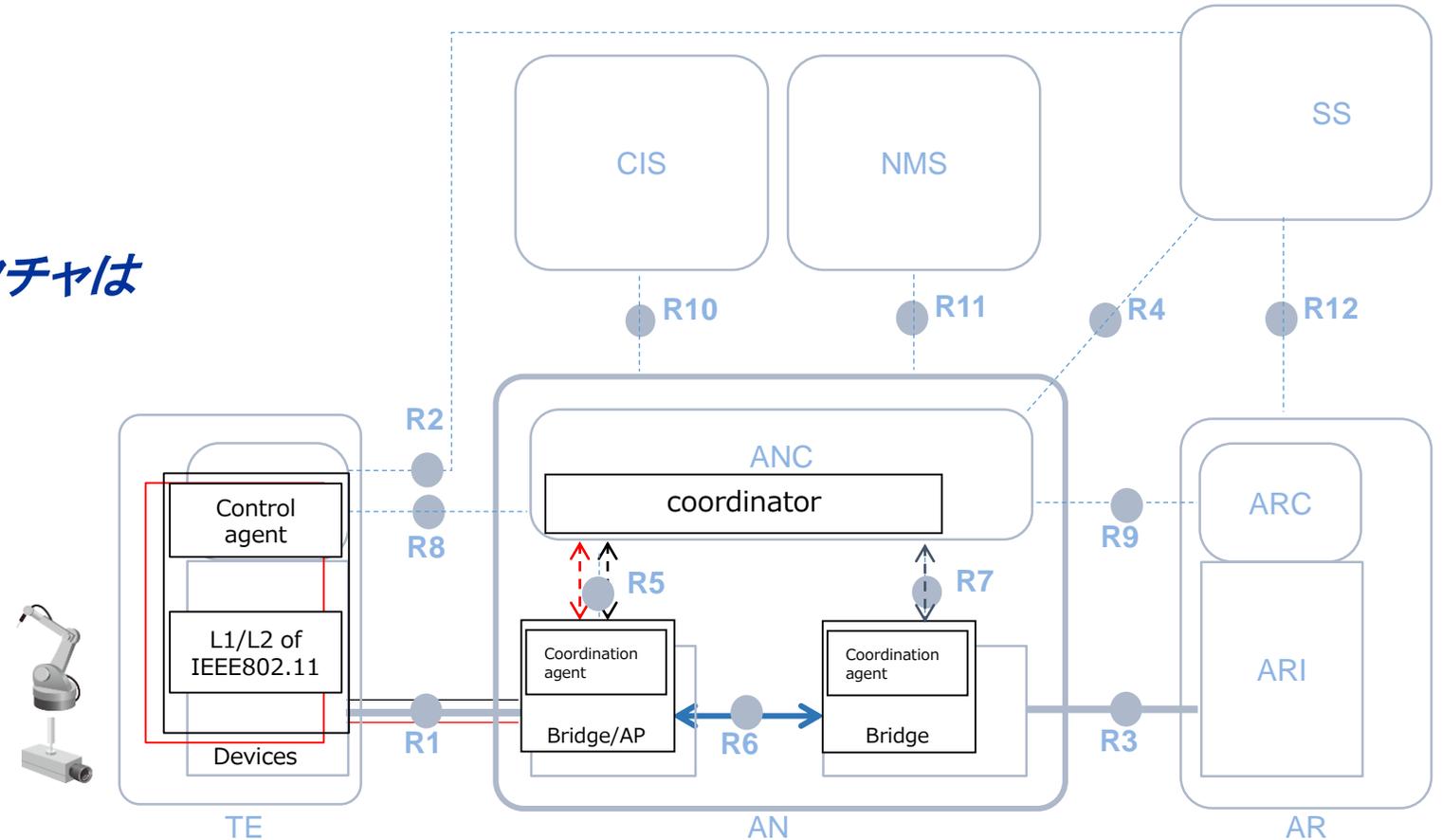
SRF無線プラットフォームの標準化に関する考え方



- できるだけ既存のPHY/MACを変えない
- SRF無線プラットフォームでは、機能とインターフェースを規格化
- 既存規格の参照や協調を図る

■ Network Reference Model

- SRFプラットフォームのアーキテクチャは
IEEE 802.1CFに整合 -

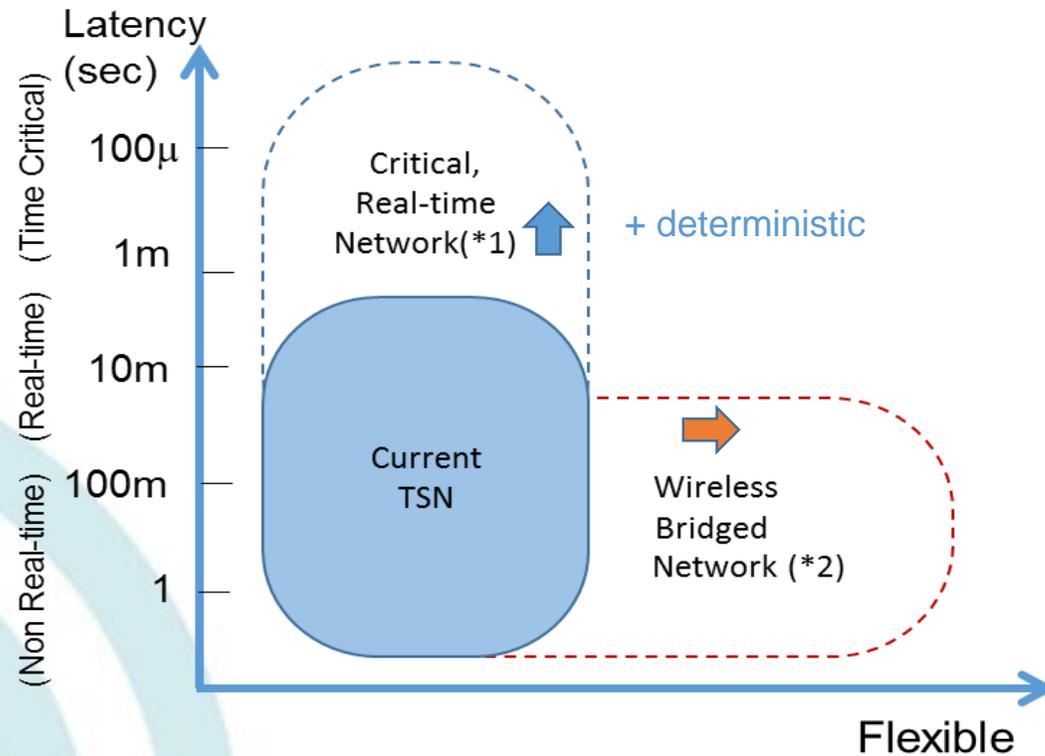


Source:

<https://mentor.ieee.org/802.1/dcn/17/1-18-0025-05-ICne.pdf>

– FFPAの規格仕様の一部は、IEEE 802.1Qを参照

– 「参照」から、より共通部分を増やす「協調」に向けて、TSN (Time-Sensitive Networking) へ提案



Source:

<https://www.ieee802.org/1/files/public/docs2018/new-FFIoT-Zein-FFIoT-Enhancement-to-802-technologies-0518-v00.pdf>

*1 https://www.vdi.de/uploads/media/Stellungnahme_Cyber-Physical_Systems.pdf

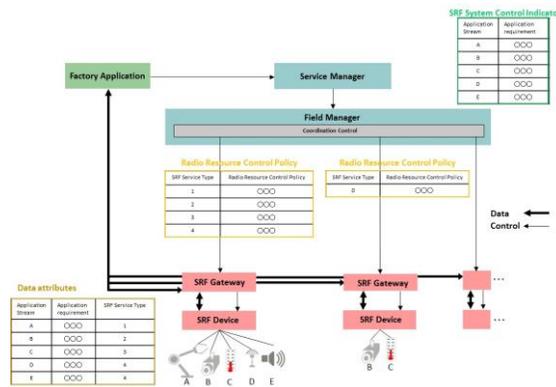
*2 Nendica Draft report on Wired/Wireless Use Cases and Communication Requirements for Flexible Factories IoT Bridged Network
<https://mentor.ieee.org/802.1/dcn/17/1-18-0025-00-ICne.pdf>

タイムライン

Functional Requirements

機能名	
Frequency Control	Channel Settings
	Channel Control
	Dynamic Channel Selection
	Path Control
	Licensed Band Selection
Timing Control	Scheduling
	Time Synchronization
Spatial Control	Antenna Directivity Control
	Sectorization Control
	Power Control
Redundant Path Control	Channel Synthesis
	Redundant Path Control
Rate Control	
Redundant Packet Control	Retransmission Control
	Redundant Packet Control
Flow Control	Flow Control
	Adaptive Packet Termination
	Adaptive Packet Aggregation
	Adaptive Packet Fragmentation
Radio Link Quality Monitoring	Radio Link Quality Monitoring
	Radio Channel Monitoring
Capability Information Exchange	
Mobility Control	

Architecture



Draft

- SRF Wireless Platform Architecture
- Functional Description
- Interfaces
- Sequence Diagrams
- Data Structure

Technical Specifications Ver.1



Feb.'18

Apr.'18

Oct.'18

Middle of 2019

標準規格(Ver. 1)策定: 2019年中旬予定

認証プログラム: 2019年末開始予定

フレキシブルファクトリパートナーアライアンスの活動に貢献していただける方のご連絡をお待ちしております。

- 標準化活動、普及活動
- VoC Community



**FLEXIBLE FACTORY
PARTNER ALLIANCE**



<http://www.ffp-a.org/>



info@ffp-a.org