

# TTA Technical Report

기술보고서  
TTAR-06.xxxx

제정일: 2019년 11월 xx일

스마트공장을 위한 5G 시스템 구조  
(기술보고서)

5G System Architecture for Smart Factory  
(Technical Report)

기술보고서 검토  
위원회  
5G 네트워크 프로젝트그룹(SPG35)

기술보고서 심의  
위원회  
5G 특별기술위원회(STC3)

	성명	소 속	직위	위원회 및 직위	표준번호
기술보고서(과제) 제안	이동주	KANI	팀장	-	
기술보고서 초안 작성자	원성환	노키아	수석연구원	SPG35 위원	
	김성륜	연세대	교수	-	TTAR-06.xxxx
	신재승	ETRI	실장	-	
	황규순	위즈코어	이사	-	
사무국 담당	오충근	TTA	책임연구원	SPG35 간사	

본 문서에 대한 저작권은 TTA에 있으며, TTA와 사전 협의 없이 이 문서의 전체 또는 일부를 상업적 목적으로 복제 또는 배포해서는 안 됩니다.

본 기술보고서 발간 이전에 접수된 지식재산권 협약서 정보는 본 표준의 '부록(지식재산권 협약서 정보)'에 명시하고 있으며, 이후 접수된 지식재산권 협약서는 TTA 웹사이트에서 확인할 수 있습니다.

본 기술보고서와 관련하여 접수된 협약서 외의 지식재산권이 존재할 수 있습니다.

발행인 : 한국정보통신기술협회 회장  
 발행처 : 한국정보통신기술협회  
 13591, 경기도 성남시 분당구 분당로 47  
 Tel : 031-724-0114, Fax : 031-724-0109  
 발행일 : 2019.11

# 서 문

## 1 기술보고서의 목적

이 기술보고서의 목적은 스마트공장을 위한 5G 시스템의 구조를 서술하는 데 있다.

## 2 주요 내용 요약

이 기술보고서는 3GPP TR 23.734 v1.0.0에 기반한 스마트공장 관련 5G 시스템 구조에 관한 표준화 현황에 대한 내용을 담고 있다.

## 3 인용 기술보고서와의 비교

### 3.1 인용 기술보고서와의 관련성

이 표준은 3GPP Rel. 16을 기준으로 작성되었으며, 주요 인용 표준은 3GPP TR 23.734 v16.0.0 이다.

### 3.2 인용 표준과 본 기술보고서의 비교표

TTAR-06.xxx	3GPP TR 23.734 v16.0.0	비교
1. 적용 범위	-	별도 작성
2. 인용 표준	-	별도 작성
3. 용어 정의	-	별도 작성
4. 약어	-	별도 작성
5. 스마트공장을 위한 5G 시스템 구조	8. Conclusions	3GPP 규격 인용 및 주요내용 요약
6. 맺음말	-	별도 작성

## Preface

### 1 Purpose

The purpose of this technical report is to describe 5G System architecture for the Smart Factory.

### 2 Summary

This technical report addresses the current status of 5G System architecture standards in terms of the Smart Factory based on 3GPP TR 23.734 v16.0.0.

### 3 Relationship to Reference Standards

The content of this technical report is a summary of 3GPP TR 23.734 v16.0.0.

## 목 차

1 적용 범위 .....	6
2 인용 표준 .....	6
3 용어 정의 .....	6
4 약어 .....	6
5 스마트공장을 위한 5G 시스템 구조 .....	7
5.1 Non-public Network (NPN) .....	7
5.2 Time Sensitive Communication (TSC) .....	10
5.3 5GS를 통한 LAN 서비스 .....	12
6 맺음말 .....	13
부록 1-1 지식재산권 요약서 정보 .....	14
1-2 시험인증 관련 사항 .....	15
1-3 본 기술보고서의 연계(family) 기술보고서 .....	16
1-4 참고 문헌 .....	17
1-5 영문기술보고서 해설서 .....	18
1-6 기술보고서의 이력 .....	19

# 스마트공장을 위한 5G 시스템 구조 (기술보고서)

## 5G System Architecture for Smart Factory (Technical Report)

### 1 적용 범위

5G 시스템은 초고속(eMBB), 초저지연(URLLC), 초연결(mMTC)의 특징을 가지고 있다. 본 기술보고서는 이중 5G 초저지연 특성을 이용한 스마트공장에 적용할 수 있다. 적용 가능한 여러가지 기술 중 스마트공장의 5G 시스템 구조에 대하여 작성하였다.

### 2 인용 표준

3GPP TR 23.734 v16.0.0, Study on enhancement of 5G System (5GS) for vertical and Local Area Network (LAN) services, 2018.12.

### 3 용어 정의

해당사항 없음

### 4 약어

5GS	5G System
CAG	Closed access group
CN	Core network
CSG	Closed subscriber group
EPS	Evolved packet system
IoT	Internet of things
N3IWF	Non-3GPP interworking function
NEF	Network exposure function
NPN	Non-public network
PLMN	Public land mobile network
RAN	Radio access network

SA	Service and system aspects
SIB	System information block
TSC	Time sensitive communication
TSG	Technical specification group
TSN	Time-sensitive networking
UDM	User data management
UPF	User plane function
Vertical_LAN	5G system enhanced support of vertical and local area network services

## 5 스마트공장을 위한 5G 시스템 구조

3GPP Rel. 16에 들어서, 보다 구체적이고 명확한 요구사항을 만족시키도록 5GS를 향상시키는 데에 목표를 두는 규격 작업들이 승인되었다. 이러한 규격 작업들의 예로는, 차량 통신을 위한 구조 진화, 유무선 통합형 5GS, 이동통신 기반 IoT를 지원하기 위한 5GS 진화, 버티컬 서비스 및 랜 서비스를 지원하기 위한 5GS(Vertical\_LAN)을 들 수 있다. 이 가운데, 스마트공장과 가장 관련성이 깊은 규격 작업은 Vertical\_LAN이다.

규격 작업 Vertical\_LAN은 2019년 6월에 열리는 SA TSG 회의에서의 승인을 목표로 진행되었다. 2018년까지 사전연구 작업 기간을 마치고 2019년부터 본격적으로 규격화 작업을 착수하였다. 이에 따라 본 장에서는 사전연구 작업 기간에서 2018년 11월까지 이뤄진 내용을 다루고 있다.

Vertical\_LAN에서 다루지는 주요 이슈는 다음과 같다:

- Non-public Network(NPN) 적용 시의 시스템 구조;
- Time Sensitive Communication(TSC) 적용 시의 시스템 구조;
- 5GS를 통한 LAN 서비스 지원 방안

### 5.1 Non-public Network (NPN)

NPN은 사업자들이 운용하는 PLMN 내에서 독립성을 갖는 네트워크(NSA NPN), 혹은 PLMN과는 완전히 구분되어 독자적으로 운용되는 네트워크(SA NPN)를 뜻한다.

### 5.1.1 Non-Standalone(NSA) NPN

NSA NPN은 SA(Standalone) NPN보다 독립성이 낮은 만큼 이를 지원하는 방법도 간단하다. NSA NPN을 지원하기 위해 CAG 식별자가 새로이 제안되었다. CAG 식별자는 PLMN 내에서 CAG를 유일하게 식별한다. 따라서 한 사업자의 PLMN에서 쓰이는 CAG 식별자가 다른 사업자의 PLMN에서 쓰일 수 있다.

CAG를 지원하는 PLMN의 각 셀은 SIB에 CAG 식별자 및 다른 용도로 셀이 사용되고 있음을 나타내는 지시자(cellReservedForOtherUse indication)를 담아야 한다. 따라서 CAG에 속한 단말에게는 CAG 식별자를 알려 접속을 유도하면서, CAG를 지원하지 않는 단말이 이 셀에 접근하는 것을 막을 수 있다. 한편, 단말은 허락된 CAG 식별자 목록을 관리해야 하며, PLMN의 UDM에서도 상응하는 가입자 정보를 다뤄야 한다.

NSA NPN은 EPS의 CSG 기능과 비슷한 방식으로 지원됨을 알 수 있다. 비교적 간편하게 PLMN 내에서 NSA NPN을 구축할 수 있는 대신 한계점도 명확한데, RAN까지의 독립성이 보장된다는 것이 바로 그것이다. CN에서는 적어도 UDM 등이 PLMN에 속해야 하므로 독립성이 낮다.

### 5.1.2 Standalone(SA) NPN

SA NPN은 PLMN과는 독립적으로 운용되므로 PLMN 식별자만으로는 식별될 수 없다. 이에 PLMN 식별자에 추가적으로 '네트워크 식별자'라는 식별자가 도입 되었으며, PLMN 식별자와 네트워크 식별자는 SA NPN을 식별하는 데 쓰인다.

SA NPN에 접속할 수 있는 단말은 독자적인 인증 정보를 갖고 있으며, 알맞은 SA NPN을 선택하기 위해 NPN 식별자(PLMN 식별자와 네트워크 식별자의 조합)를 기반으로 한 NPN 선택 메커니즘을 수행한다.

일단 SA NPN은 일반 단말들이 보기에는 PLMN 선택에 고려되지 않는, 혹은 우선권이 낮은 PLMN 식별자를 방송하기 때문에 일반 단말들이 선택할 가능성이 낮지만 보다 안전하게 일반 단말의 유입을 막기 위해서 NSA NPN과 마찬가지로 cellReservedForOtherUse indication을 방송한다.

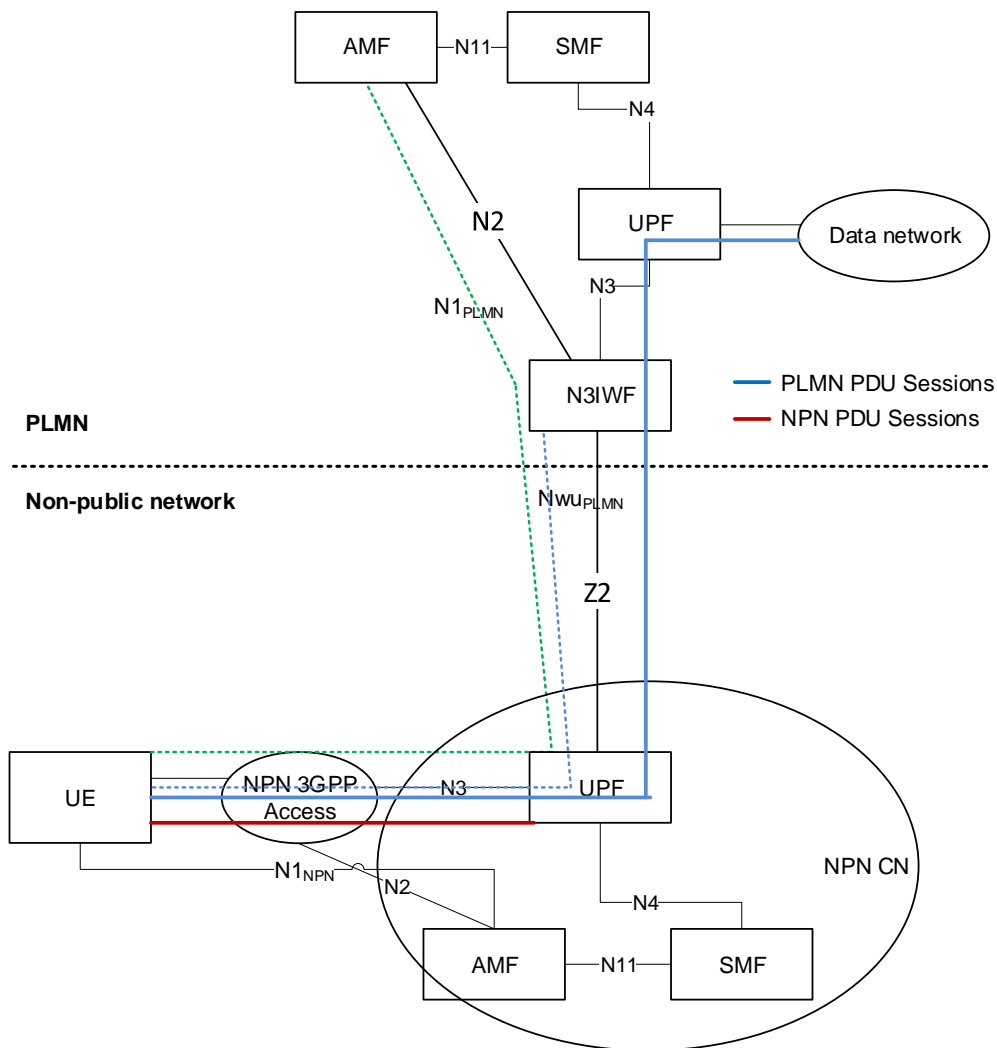
SA NPN은 고도의 독립성을 보장하는 반면, 이동성을 가진 단말에게, 다시 말해, SA NPN의 커버리지를 넘나드는 단말에게, 서비스를 연속적으로 제공해주기 어렵다는 단점이 있다. 이를 위해, (원래는 와이파이 등의 비 3GPP 무선접속 기술을 통한 5GS 접속



을 지원하기 위해 고안된) N3IWF를 이용한, 서비스 연속성 보장 관련 솔루션들이 고려되었다.

일반적으로, 어느 지역을 넘나들어 한 경로를 통해 통신을 하다가 다른 경로를 통해 통신을 해야할 때, 서비스의 연속성을 보장하기 위해서 가장 기본적으로 필요한 것은 앵커(anchor)이다. 예를 들어, 이동통신시스템의 한 셀에서 다른 셀로 이동할 때 서비스 연속성을 위해 EPS에서는 게이트웨이, 5GS에서는 UPF가, 두 셀의 위에서 하향 데이터를 받아 이를 두 셀로 분기하여 보내주며 두 셀로부터 받은 상향 데이터를 하나로 모아주는 앵커가 되고, 비슷하게 LTE로 데이터 통신을 하다가 와이파이로 데이터 통신을 하게 되면, 응용 계층에서 앵커 역할을 하는 서버가 통상 존재한다.

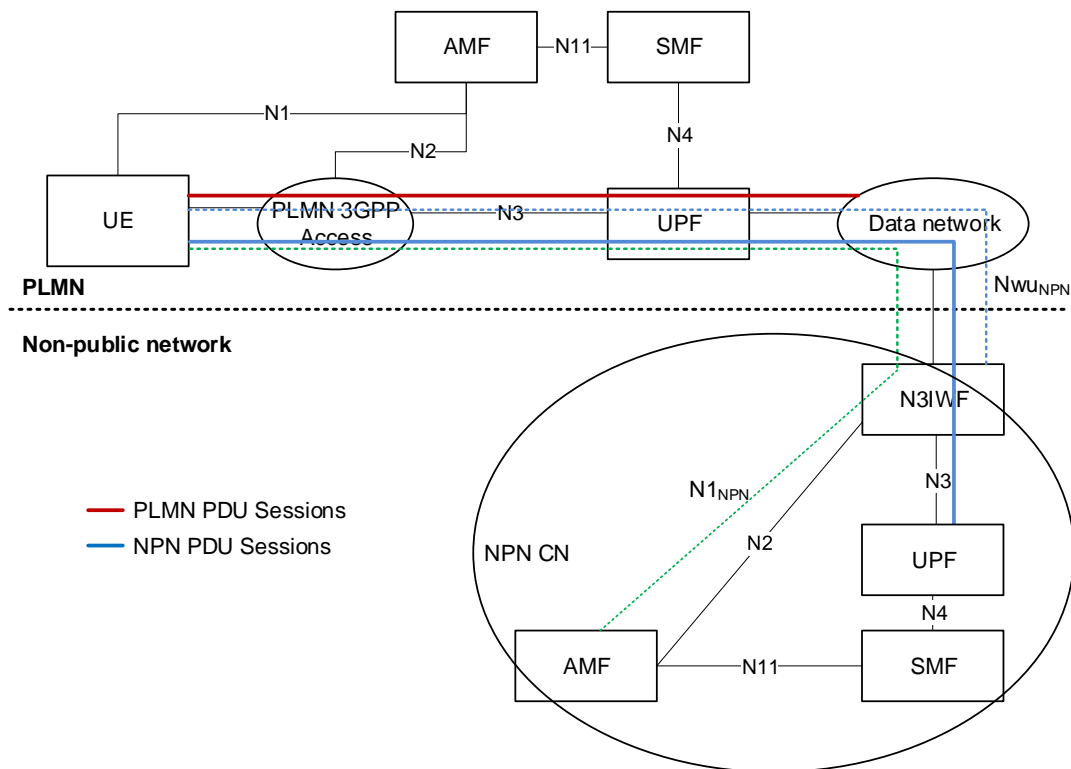
SA NPN과 일반 PLMN 사이를 넘나드는 단말에게 서비스를 연속적으로 제공하기 위해 앵커를 일반 PLMN 내에 만드는 구조(그림 5-1)와 SA NPN에 만드는 구조(그림 5-2)가 제안되었다.



(그림 5-1) SA NPN을 통한 일반 PLMN 접속 (3GPP TR 23.734에서 발췌)

(그림 5-1)의 파란색 실선을 보면, 단말은 SA NPN을 거친 다음 PLMN의 N3IWF 및 UPF를 거쳐 데이터 네트워크와 통신할 수 있는 것을 알 수 있다. 이 구조에서 단말이 SA NPN의 UPF를 통해 바로 데이터 네트워크와 통신을 할 수 있는데 굳이 PLMN의 N3IWF와 UPF를 거치도록 한 까닭은 PLMN의 UPF를 앵커로 활용하기 위함이다.

이 구조를 참고하면, PLMN 측면에서 바라보는 SA NPN은, 한낱 IP 연결성을 제공해주는 비3GPP 접속망의 한 종류에 지나지 않으며, 기존에 잘 정의된 비3GPP 접속망과 3GPP 접속망 간 세션 핸드오버 과정을 활용하면, (그림 5-1)에서 파란색 실선으로 나타낸 세션을, 서비스 연속성을 유지하면서 SA NPN을 거치지 않는(즉, PLMN 내의 개체만을 경로로 하는) 세션으로 옮길 수 있다. 물론 반대로 일반 PLMN만을 거치는 세션을 SA NPN을 거쳐 지나가는 세션으로 서비스 연속성을 유지하면서 옮기는 것도 가능하다.

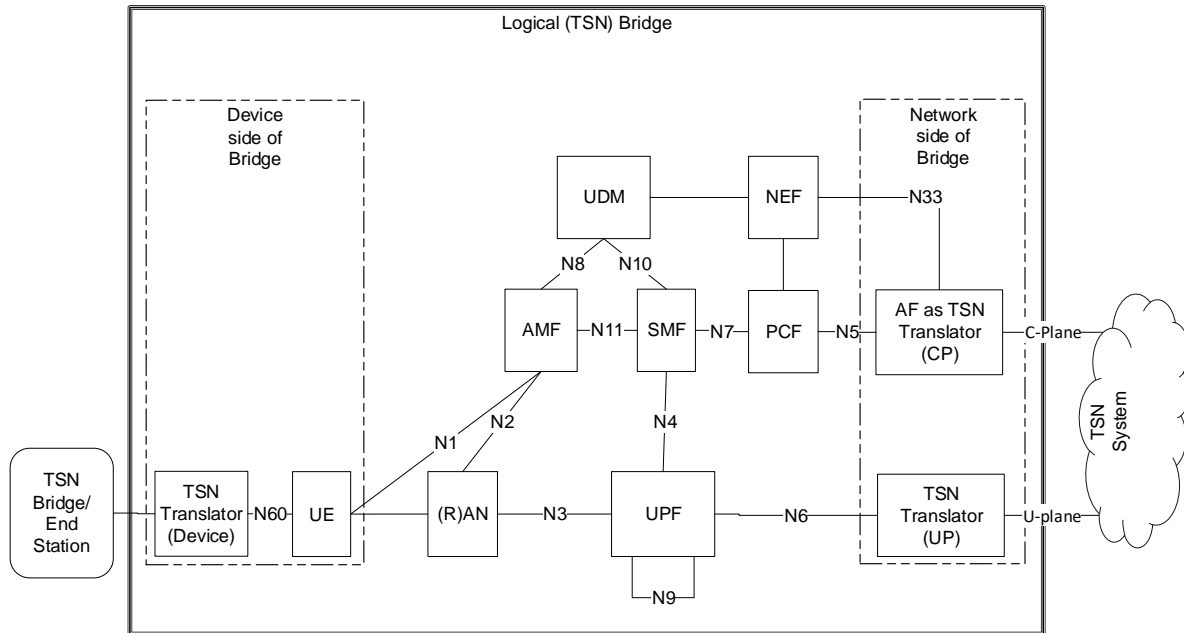


(그림 5-2) 일반 PLMN을 통한 SA NPN 접속 (3GPP TR 23.734에서 발췌)

(그림 5-2)에 나타난 구조를 보면, (그림 5-1)에서 보인 PLMN과 SA NPN의 역할이 반전된 것을 알 수 있다. 여기서 앵커는 SA NPN의 UPF이며, (그림 5-1)에 대한 설명을, PLMN과 SA NPN을 서로 맞바꾸기만 하면, (그림 5-2)에 적용할 수 있으므로 (그림 5-2)에 나타난 구조에 대한 설명은 생략한다.

## 5.2 Time Sensitive Communication (TSC)

3GPP의 규격 작업 Vertical\_LAN에서는 TSN 브리지 간의 통신을 무선으로 수행하는 것을 주로 다룬다. 이에 따라 (그림 5-3)에 나타낸 구조가 제안되었다.

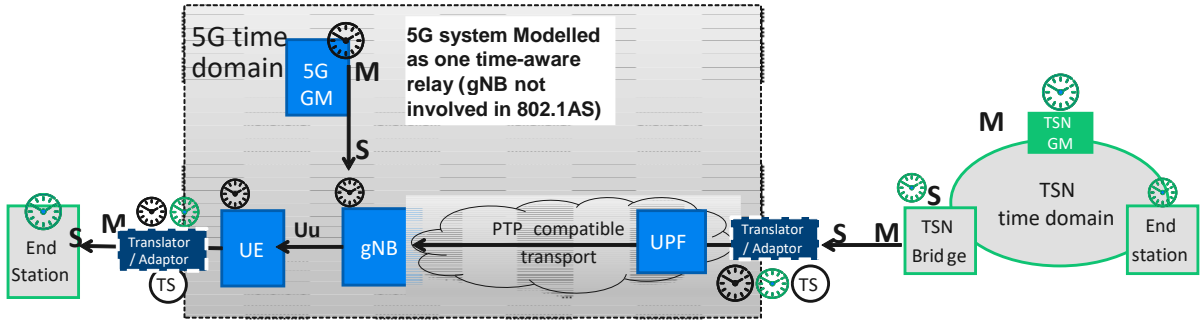


(그림 5-3) TSC를 위한 5GS 구조 (3GPP TR 23.734에서 발췌)

(그림 5-3)을 보면, 기존의 5GS 및 TSN 대비 새로이 제안된 개체는 TSN 변환기뿐이다. 각각 단말과 네트워크 쪽에 하나씩 TSN 변환기가 달려, 5GS 프로토콜과 TSN 프로토콜 간의 변환을 수행한다. 이렇게 하면 물리적으로 TSN 브리지 사이에 무선인 구간을 생성할 수 있다.

단말 측 TSN 변환기를 기준으로 했을 때, 왼쪽 인터페이스는 기존 TSN 구조에서 다뤄진 인터페이스이며, 오른쪽 인터페이스는 신규 인터페이스인 N60 인터페이스이다. 5GS 내의 인터페이스 작명법을 따르는 것을 참고하면, 3GPP에서 향후 규격화 될 가능성이 높다. 한편, 네트워크 측 TSN 변환기는 오른쪽 인터페이스는 기존 TSN 구조에서 다뤄진 인터페이스이며, 왼쪽 인터페이스는 5GS 구조에서 다뤄진 인터페이스이다.

또 한가지 TSC를 지원하기 위해 풀어야 할 중요한 이슈는 5GS 내의 시간 동기화이다. 단말을 포함한 각 개체들의 시간 정보가 동기화되어 있어야 지연 시간을 낮추고 지터를 줄이는 등의 작업을 수행할 수 있기 때문이다. 이를 위해 (그림 5-4)을 기반으로 시간 동기화를 수행한다.



(그림 5-4) TSC를 위한 시간 동기화 (3GPP TR 23.734에서 발췌)

(그림 5-4)에 따르면, 그랜드 마스터 시계(GM Clock)는 RAN에 NR 기지국과 네트워크 측 TSN 변환기에 연결된다. 5GS 내에 단말을 제외한 개체들은 이러한 그랜드 마스터 시계와의 직간접 연결에 의해 시간 동기화된다. 단말과 RAN 사이의 시간 동기화는 예를 들어 물리 계층의 심볼 레벨 이하의 정밀한 프레임 구조를 이용해 정밀한 시간 정보를 전달할 수 있고, 단말은 이에 따라 RAN과 시간 동기화를 수행할 수 있다. 또한 단말은 단말 측 TSN 변환기((그림 5-7)에 종단이라 표시)와 N60 인터페이스를 통해 시간 동기화를 수행할 수 있다.

### 5.3 5GS를 통한 LAN 서비스

5GS는 Rel. 15부터 IP 데이터 전송 뿐만 아니라 다양한 종류의 비 IP 데이터 전송을 염두에 두고 설계되었다. 따라서 기본적인 5GS 전체를 단순 물리계층으로 취급하여, 5GS를 통해, 예를 들어, 이더넷 프레임을 전송할 수 있도록 하는 기능은 Rel. 15 기반 5GS에서도 가능하다.

그러나 Rel. 15에서는, 하나의 LAN에 속하는 단말을 5GS 내에서 어떻게 그룹화할 것인지 또한 그 그룹에게 전송되는 데이터는 어떻게 관리할 것인지에 대한 논의가 없었다.

LAN 내 단말의 그룹화는, 네트워크에서 전화번호 등을 이용해서 자체적으로 수행되든지 아니면 NEF가 제공하는 API를 이용해서 수행될 수 있다. 이렇게 그룹화된 단말들은 공통적인 특성을 지닌 세션을 생성해야 하는데 이를 위해서는 기존의 단말 라우팅 선택 정책을 단말에게 내려주는 메커니즘을 통해 그룹 내 단말에게 공통의 단말 라우팅 선택 정책 규칙을 내려준다.

하나의 LAN에 속한 단말들은 공통의 UPF에 의해 서비스 되는 것이 바람직하며, 만약 그렇지 못한 경우에도, 적어도 해당 UPF를 통하는 하나의 LAN에 속한 단말들은 (비록 하나의 LAN에 속한 모든 단말들이 아닐지라도), 그룹 형태의 취급을 받도록 해야 한다.

이를 위해 기존의 N9 인터페이스와는 다른 새로운 인터페이스가 고려되고 있다.

## 6 맺음말

본 기술보고서는 5G 초저지연 특성을 이용하여 스마트공장에 적용할 때 5GS의 시스템 구조에 대해 살펴보았다. 논의되고 있는 NPN, TSC, LAN서비스를 위한 5GS의 시스템 구조를 나타내고 설명하였다. 인용표준인 TR 23.734 v16.0.0에서는 여러가지 시스템 구조를 설명하였고, 본 기술보고서는 그 중 추천된 시스템 구조를 기술하였다.

## 부 록 1-1

(본 부록은 기술보고서를 보충하기 위한 내용으로 기술보고서의 일부는 아님)

### 지식재산권 요약서 정보

해당 사항 없음

※ 상기 기재된 지식재산권 요약서 이외에도 본 기술보고서가 발간된 후 접수된 요약서가 있을 수 있으니, TTA 웹사이트에서 확인하시기 바랍니다.

## 부 록 1-2

(본 부록은 기술보고서를 보충하기 위한 내용으로 기술보고서의 일부는 아님)

### 시험인증 관련 사항

해당 사항 없음

## 부 록 1-3

(본 부록은 기술보고서를 보충하기 위한 내용으로 기술보고서의 일부는 아님)

### 본 기술보고서의 연계(family) 표준

해당 사항 없음



## 부 록 1-4

(본 부록은 기술보고서를 보충하기 위한 내용으로 기술보고서의 일부는 아님)

### 참고 문헌

해당 사항 없음

※ 상기 기재된 참고 문헌의 발간일이 기재된 경우, 해당 표준(문서)의 해당 버전에 대해서만 유효하며, 연도를 표시하지 않은 경우에는 해당 표준(권고)의 최신 버전을 따름

## 부 록 1-5

(본 부록은 기술보고서를 보충하기 위한 내용으로 기술보고서의 일부는 아님)

### 영문기술보고서 해설서

해당 사항 없음

## 부 록 1-6

(본 부록은 기술보고서를 보충하기 위한 내용으로 기술보고서의 일부는 아님)

## 기술보고서의 이력

판수	채택일	기술보고서번호	내용	담당 위원회
제1판	2019.11.xx	제정 TTAR -06.xxxx	-	5G 버티컬 서비스 프레임워크 프로젝트 그룹 (SPG35)