

TTA Standard

국문표준

TTAK.KO-06.xxxx

제정일: 2019년 12월 x일

산업 분야의 5G 사이버 물리 제어
애플리케이션 요구사항

Service requirements for 5G cyber-physical
control applications in vertical domains



한국정보통신기술협회
Telecommunications Technology Association

표준 초안 검토 위원회	5G 버티컬 서비스 프레임워크 프로젝트그룹 (SPG35)				
표준안 심의 위원회	5G특별기술위원회(STC3)				
	성명	소 속	직위	위원회 및 직위	표준번호
표준(과제) 제안	박동주	에릭슨엘지	실장	부의장	TTAK.KO-06.xxxx
	오충근	TTA	책임	간사	
표준 초안 작성자	박동주	에릭슨엘지	실장	부의장	
	장영민	사회안전 시스템포럼	교수	-	
사무국 담당	오충근	TTA	책임	간사	

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

본 표준 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 표준과 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 : 2019.12

서 문

1 표준의 목적

본 표준은 5G를 포함한 이동통신 기술이 다양한 산업(생산 및 에너지)에서의 사이버 물리 제어 (cyber-physical control) 분야에의 적용에 대한 이해를 높이고 관련 분야의 요구사항을 명확히 하기 위한 목적으로 작성되었다.

2 주요 내용 요약

본 표준은 3GPP Rel. 16에 해당하는 5G를 산업 자동화, 에너지 분배 및 에너지 중앙 집중 생산 산업에 적용하면서 요구되는 서비스 요구사항과 성능 요구사항을 정리한다. 또한 참고로 각 산업의 특성과 통신의 적용 사례를 통해 서비스 성능 요구사항 도출 배경을 설명한다. 5G가 산업 적용을 통해 융합을 이루고자 하는 분야는 자동차/교통, 공장, 스마트시티, 재난안전, 에너지, 엔터테인먼트 등 다양하다. 이 중 특히 공장과 에너지 분야에서 요구되는 사이버 물리 제어 응용은 산업 자동화, 에너지 배급과 생산 등 극도의 안정성과 낮은 지연 시간을 필요로 하는 산업에서 사용되는 서비스이다. 스마트 공장은 일반적으로 물류, 부품, 자재의 관리와 생산, 구매, 판매 상황의 감시 용도로 사용되는 mMTC 서비스, 음성, 영상, AR/VR 서비스를 활용하는 eMBB 서비스 그리고 생산 현장에서의 자율주행, 로봇 등에 필요한 URLLC 서비스로 구성된다. 이 중 사이버 물리 제어 응용 서비스는 대표적인 URLLC 서비스이다. 본 문서에서 제시되는 서비스 및 성능 요구사항은 사이버 물리 제어 서비스를 필요로 하는 대표적인 산업인 산업 자동화, 에너지 분배 및 중앙 집중식 생산의 산업적 특성과 각 산업에서 통신이 적용되는 사례 분석을 통해 도출되었다. 또한, 문서의 후반부에서는 각 산업의 특성과 통신의 적용 사례를 참고로 설명하고 있다.

3 인용 표준과의 비교

3.1 인용 표준과의 관련성

이 표준은 3GPP TS 22.104 v16.1.0를 기반으로 일부 인용하여 작성되었다.

3.2 인용 표준과 본 표준의 비교표

TTAK.KO-06.xxxx	3GPP TS 22.104	비고
1. 적용 범위	-	별도 작성
2. 인용 표준	-	별도 작성
3. 용어 정의	3GPP TS 22.104의 용어 정의	수용(번안)
4. 약어	-	별도 작성
5. (사이버 물리 제어가 필요한) 산업의 특성	3GPP TS 22.104의 4장	수용(번안)
6. 성능 요구사항	3GPP TS 22.104의 5장	수용(번안)
7. 이더넷 적용	3GPP TS 22.104의 6장	수용(번안)
8. 공장 산업 특성	3GPP TS 22.104의 A2장	수용(번안)
9. 에너지 배급 산업 특성	3GPP TS 22.104의 A4장	수용(번안)
10. 중앙 집중형 에너지 생산 산업 특성	3GPP TS 22.104의 A5장	수용(번안)
-	3GPP TS 22.104의 Annex B, C, D장	수용 안함

Preface

1 Purpose

The purpose of this standard is to describe service requirements and performance requirements of 3GPP communication systems when cyber-physical control applications are used in factory and energy vertical industries.

2 Summary

This standard describes the service requirements and performance requirements of 5G cyber-physical control applications. These requirements come from the analysis of the industry use cases. And the analysis has been performed on the following vertical domains: the factory of the future, the energy distribution and the centralized energy generation. In this standard, it is described for the characteristics and use cases of cyber-physical control application in factory and energy industry.

3 Relationship to Reference Standards

The report based on 3GPP TS 22.104 v16.1.0.

목 차

1 적용 범위	1
2 인용 표준	1
3 용어 정의	2
4 약어	3
5 관련 산업 특성과 통신 특성	3
5.1 자동화에서 동작 패턴	3
5.2 통신 특성	4
5.3 제어 시스템과 관련 통신 패턴	5
5.4 5G 시스템에 미치는 영향	5
6 성능 요구사항	6
6.1 성능 요구사항 일반	6
6.2 주기적인 결정성 통신	7
6.3 비주기적인 결정성 통신	13
6.4 비결정성 통신	13
6.5 혼합된 트래픽	13
6.6 클럭 동기화 요구사항	13
6.7 위치 정확도 성능 요구사항	15
7 이더넷(ethernet) 적용	16
7.1 이더넷 적용의 의미	16
7.2 요구사항	17
8 공장 산업 특성	17
8.1 일반	17
8.2 공장 자동화	19
8.3 프로세스 자동화	28
8.4 인간 기계 인터페이스	29
8.5 모니터링과 유지관리	31
9 전기 에너지 배급	33
9.1 일반	33

9.2 기본 주파수 제어	33
9.3 분산형 전압 제어	34
9.4 오류 격리와 서비스 복원을 위한 분산 자동 스위칭	35
9.5 스마트그리드 고정밀 부하 제어	37
10 중앙 집중형 에너지 생산	38
10.1 일반	38
10.2 풍력 발전 네트워크	38
부록 I -1 지식재산권 요약서 정보	39
I -2 시험인증 관련 사항	40
I -3 본 표준의 연계(family) 표준	41
I -4 참고 문헌	42
I -5 영문표준 해설서	45
I -6 표준의 이력	46

산업 분야의 5G 사이버 물리 제어 애플리케이션 요구사항 (Service requirements for 5G cyber-physical control applications in vertical domains)

1 적용 범위

본 표준은 5G 이동통신이 적용되는 산업 분야에서 발생하는 다양한 서비스 중 사이버 물리 제어 (cyber-physical control) 서비스에 대해 3GPP 시스템에 요구되는 서비스 요구사항과 성능 요구사항을 기술한다. 사이버 물리 시스템은 물리 구성요소와 계산 구성요소가 엔지니어링을 통해 서로 관계를 가지고 동작하는 시스템이며, 이 경우 제어는 물리적인 절차 (physical process)를 제어하는 것을 의미한다.

사이버 물리 제어 서비스를 지원하기 위한 통신 서비스는 극도의 안정성이 요구되며, 때에 따라 종단간 지연시간이 극도로 낮게 지원되어야 한다. 사이버 물리 제어 서비스를 위한 통신은 산업 자동화와 에너지 자동화 등 다양한 산업에 적용된다.

본 문서에서는 다음과 같은 사항을 다룬다.

- 종단간 서비스 성능 요구사항과 이런 서비스 성능 요구사항을 만족시키기 위한 네트워크 성능 요구사항
- 높은 성능을 요구하는 산업 적용을 고려한 근거리 통신망 형식의 서비스(LAN-type service) 관련 요구사항
- 사이버 물리 제어가 필요한 산업에 대한 이해를 위한 5G 사용 예 설명: 미래의 공장 (Factories of the Future), 전력 공급 (electric-power distribution), 중앙 전력 생산 (central power generation)

본 표준은 사이버 물리 제어 서비스를 위한 통신을 할 때, 산업 자동화와 에너지 자동화 등 다양한 산업의 요구사항을 도출할 때 적용한다.

2 인용 표준

3GPP TS 22.104 v16.1.0 Service requirements for cyber-physical control applications in vertical domains; Stage 1 (Release 16)

3 용어 정의

특성 파라미터 (characteristic parameter): 어플리케이션 입장에서 통신 기능의 동작을 특징 짓는 데 활용되는 수치

통신 서비스 가용성 (communication service availability): 단대단 (end-to-end) 통신 서비스가 정해진 QoS 값에 따라 수행된 시간에 대한 백분율; 특정 영역에서 정해진 바에 따라 단대단 서비스가 제공되기를 기대할 수 있는 시스템 동작 시간 양.

Note: 단대단에서 끝단은 통신 인터페이스를 가정함.

Note: 정해진 QoS를 만족하지 못하는 경우 통신 서비스가 가용하지 않은 것으로 간주함.

Note: 본 정의는 TS22.261에서 차용함.

통신 서비스 신뢰도 (communication system reliability): 주어진 조건에서 주어진 시간 내에 통신 서비스를 수행할 수 있는 능력

Note: 주어진 조건이란 통신에 영향을 미치는 환경을 의미함. 예를 들면 동작 모드, 스트레스 수준, 환경 조건

Note: 신뢰도는 적절한 측정 방법을 통해 수치화 됨. 예를 들면, 오류 발생 간격의 평균 시간, 주어진 시간 동안 오류가 발생하지 않을 확률

Note: 본 정의는 IEC 61907[7]에서 차용함.

광역 클럭: 기준 timescale (예를 들면 International Atomic Time)에 맞춰진 사용자 용 동기화 클럭

영향요인 (influence quantity): 성능에 필수적인 요소는 아니지만 성능에 영향을 미치는 요소

생존 시간 (survival time): 어플리케이션에서 통신 서비스를 계속해서 사용할 수 있는 시간

전송 간격 (transfer interval): 두 개의 연속된 어플리케이션 수준에서의 (3GPP 시스템으로의 서비스 인터페이스를 통한) 전송 간의 시간 차이

Note: 본 정의는 IEC 62657-2[17]의 3.1.85절에 근거를 두고 있음

지역 클럭 (working clock): 특정 장업이나 기능을 협력적으로 수행하는 지역기반 사용자 집합을 위한 사용자용 동기화 클럭

[출처] 3GPP TS 22.104 v16.1.0 Service requirements for cyber-physical control applications in vertical domains; Stage 1 (Release 16)

4 약어

CSIF	Communication Service Interface
FIFO	First In, First Out
HCL	Higher Communication Layer
LCL	Lower Communication Layer
PMU	Phasor Measurement Unit

5 관련 산업 특성과 통신 특성

자동화(Automation)란 산업 분야에서 자동화된 방법을 통해 프로세스, 단말 혹은 시스템을 제어하는 것을 의미한다. 자동화된 제어 시스템의 주된 제어 기능은 상태 값의 측정, 결과의 비교, 관련된 오류의 발견, 관련 에러의 방지 등으로 구성된다. 이런 기능들은 센서, 송신부, 제어기 그리고 구동장치(actuator)를 거치는 일련의 작업을 통해 수행된다.

본 문서에서 사이버 물리 시스템은 물리 구성요소와 계산 구성요소가 엔지니어링을 통해서로 관계를 가지고 동작하는 시스템이며, 이 경우 제어는 물리적인 절차 (physical process)를 제어하는 것을 의미한다.

자동화에서 사이버 물리 제어는 어떤 동작 패턴을 가지고 있다. 이런 동작 패턴에는 개방형 순환 제어 (open-loop control), 폐쇄형 순환 제어 (closed-loop control), 순차 제어 (sequence control) 그리고 일괄 제어 (batch control)가 있다.

산업분야의 자동화에 적용되는 통신은 사이버 물리 제어 서비스를 지원하기 위해 극도의 안정성이 요구되며, 때에 따라 종단간 지연시간이 극도로 낮게 지원되어야 하며, 이 과정에서 특정한 통신 패턴을 따른다. 가장 전형적인 통신 패턴은 주기적인 결정성 통신 (periodic deterministic communication)이며, 이밖에 비주기적 결정성 통신(a-periodic deterministic communication)과 비결정성 통신(non-deterministic communication)이다. 사이버 물리 제어가 적용되는 대표적 산업분야로는 산업 자동화와 에너지 자동화가 있다.

5.1 자동화에서 동작 패턴

개방형 순환 제어 (Open-loop control): 가장 큰 특징은 출력에서 제어부로의 피드백이 없다는 것이다. 구동장치 (actuator)에 명령을 줄 때 명령에 의해 영향을 받는 프로세스의 출력이 미리 정해진 수용 가능한 범위에 있다고 가정하고 있다. 이런 종류의 제어는 프로세스와 구동장치가 환경에 미치는 영향이 무시할 수 있는 수준일 경우 적용되며, 혹은 제어에 의한 출력이 원하지 않는 종류의 출력이라도 참을 수 있는 수준일 때 적용된다.

폐쇄형 순환 제어 (Closed-loop control): 폐쇄형 순환 제어는 환경 요소가 프로세스에

영향을 주거나 시간이 지남에 따라 구동장치 (actuator)의 성능이 변하는 상황에서 프로세스를 제어한다. 이는 프로세스 출력을 감지(측정)하고 이 측정 값을 제어부로 돌려 보내어 이루어진다.

순차 제어 (Sequence control): 순차 제어는 고정된 순서에 의한 순차 동작이나 시스템 상태와 시스템 입력에 기반해서 서로 다른 동작을 수행하는 로직을 가지는 경우에 사용된다. 순차 제어는 개방형 순환 제어와 폐쇄형 순환 제어의 확장된 형태처럼 보일 수 있지만 하나의 출력을 만드는 게 아니라 일련의 출력을 만든다는 점에서 차이가 있다.

일괄 제어 (Batch control): 일괄 제어는 하나 이상의 장비를 사용하여 입력 자료에 정의된 순서에 따라 처리 작업을 수행하여 미리 설정된 출력을 만들어 낸다.

5.2 통신 특성 (communication attribute)

자동화 분야에서 통신은 두 개의 큰 특성에 의해 특징지을 수 있다: 주기성과 결정성
 주기성(Periodicity)은 전송 간격이 반복적인 것을 의미한다. 예를 들어 매 15ms 마다 전송이 발생하는 경우이다. 주기적인 전송이 발생하는 이유는 위치의 주기적인 갱신, 특성 파라미터에 대한 반복적인 모니터링 등에 기인한다. 자동화를 위한 통신에서 대부분의 주기 간격은 비교적 짧게 구성되며, 전송이 한번 시작된 후 특별한 중단 조치가 없으면 지속되는 특성이 있다.

비주기성 전송은 주로 이벤트에 의해 발생한다. 이벤트는 제어 시스템이나 사용자에게 의해 정의된다. 이벤트의 예는 다음과 같다.

- 프로세스 이벤트 (process event): 온도, 압력, 수준 등의 값이 주어진 임계치를 넘거나 임계치 아래로 떨어질 때 프로세스로부터 발생하는 이벤트
- 진단 이벤트 (diagnostic event): 자동화 단말이나 모듈의 오동작 (전원 장치의 결함, 회로의 단선, 고열의 발생 등)을 나타내기 위한 이벤트
- 유지보수 이벤트 (maintenance event): 자동화 장치의 오동작을 방지하기 위해 유지보수를 위한 작업이 필요함을 나타내는 정보에 기반한 이벤트

알람은 제어기 혹은 조작자에게 장비 오작동, 프로세스 편차 또는 응답을 필요로 하는 다른 비정상적인 상태와 같은 이벤트가 발생했음을 알리는 메시지이다. 알람의 수신은 일반적으로 응용 프로그램에 의해 비교적 짧은 시간 내에 수신 확인된다. 미리 정해진 시간 (모니터링 시간) 동안 대상 응용 프로그램에서 수신 확인이 되지 않으면 사전 설정된 시간 이후 알람을 재 전송하거나 일정한 오류 대응 조치가 시작된다.

결정성은 메시지의 송신과 목적지에서의 메시지 수신 사이의 지연이 (경계치 내에서) 안정적인지의 여부를 나타낸다. 일반적으로 지연 시간/전송 시간이 주어진 임계치로 제한적인 경우 통신은 결정성이라 말한다. 주기적인 전송의 경우 전송 간격의 변화가 제한적

인 경우이다.

5.3 제어 시스템과 관련 통신 패턴

제어 동작 패턴과 통신 특성 사이에는 상호 관련이 있다. 개방형 순환 제어는 구동 장치(actuator)로 전해지는 하나 이상의 메시지를 가진다. 이때 수신자(수신 응용 프로그램)로부터의 적절한 반응이 기대되기 때문에 통신은 결정적이다. 폐쇄형 순환 제어는 주기적인 통신 패턴과 비주기적 통신 패턴 모두와 관계가 있다. 폐쇄형 순환 제어는 종종 엄격한 제어 시간 한계를 가지는 지속적인 프로세스의 제어에 사용된다 (예: 인쇄기의 제어). 이런 경우 전형적으로 주기적인 통신 패턴을 사용한다. 주기적인 경우와 비주기적인 경우 모두 통신은 결정적이라는 사실을 유념할 필요가 있다.

유지 보수 목적 등을 위해 장치 상태, 측정 등을 로깅하는 것은 전형적으로 비주기적인 통신 패턴을 수반한다. 전송 로깅 정보에 타임 스탬핑 될 수 있는 기능이 있는 경우 통신에서의 결정성이 필수사항은 아니다.

현실적으로 다양한 산업에서의 통신 네트워크는 광범위한 통신 요구 사항을 가지는 수많은 응용 서비스를 지원한다. 엔지니어링 과정에서 통신 네트워크의 효율적인 모델링을 용이하게 하고 네트워크 최적화의 복잡성을 줄이기 위해 트래픽 클래스 혹은 통신 패턴이 정의된다. 산업 환경에서는 세 가지 전형적인 트래픽 클래스 혹은 통신 패턴이 존재한다.

- **결정성 주기적 통신:** 전송의 시간과 관련하여 엄격한 요구사항을 가지는 주기적인 통신
 - **결정성 비주기적 통신:** 미리 정해진 전송 시간을 가지지 않는 통신. 이러한 통신의 전형적인 경우는 이벤트에 기반한 동작이다.
 - **비결정성 통신:** 주기성 비실시간, 비주기성 비실시간 통신 패턴 등 모든 다른 유형의 트래픽. 통신 시간 임계적(time-critical)이지 않은 경우 주기성은 중요하지 않다.
- 어떤 통신 서비스는 위의 어떤 통신 패턴에도 속하지 않는 트래픽 패턴을 보일 수 있다. (**혼재 트래픽, mixed traffic**)

5.4 5G 시스템에 미치는 영향

여러 산업에서의 자동화에 적합한 5G 시스템은 특정 응용 프로그램과 사용 예에 적용하기 위해 특정 핵심 성능 지표(KPI)를 만족하여야 한다. 이런 응용과 사용 예는 신뢰성(reliability), 가용성(availability), 유지보수성(maintainability), 안전성(safety)과 무결성(integrity)을 동반한다. 각각의 분야에서 어떤 특정한 요구사항을 필요로 하는지는 각 사용 예와 각 산업 분야의 특수성에 의해 결정된다. 본 문서에서 다루는 요구사항은 다양한 산업 분야에서 사용되는 사이버 물리 제어 응용 프로그램의 서로 다른 사용 예를 충분히 지원하기 위해 필요한 성능 범위의 다양한 경우의 수를 고려하였다.

6 성능 요구사항

6.1 성능 요구사항 일반

5G 시스템에서의 신뢰할 수 있는 통신에는 두 개의 근본적인 관점이 존재한다: 통신 서비스의 단대단 관점과 네트워크 관점 (그림 6-1) (그림 6-1)의 통신 서비스는 한쪽의 사용자 단말(UE)과 다른 쪽의 네트워크 서버로 구성되거나 양쪽 모두 사용자 단말로 구성된다.

다음의 6.2절에서 6.5절까지의 테이블은 다양한 산업 적용 시나리오에서의 사이버 물리 제어 적용 분야의 수요를 만족하기 위한 치명적인 주기성과 결정성에 대한 요구사항들을 제공하고 있다. 종종 다양한 사용 예가 비슷한 핵심 성능 지표(KPI) 값을 가지기도 하지만, 일반적으로 서로 다른 산업의 서로 다른 사용 예에서 중요한 차별점이 존재하며, 5G 시스템은 각각의 사용 예에서 필요로 하는 특유의 서로 다른 핵심 성능 지표(KPI) 들을 만족할 수 있도록 충분히 유연한 배포 구성(deployment configuration)을 지원해야 할 것이다.



CSIF – Communication Service Interface between distributed automation application/function and 5G system

(그림 6-1) 5G 시스템의 네트워크 관점

클럭 동기화는 많은 산업 분야의 사용 예에서 필요하다. 6.6절의 요구사항 테이블은 산업 환경에서 시간에 민감한 통신을 위한 특별한 기준을 보이고 있다.

높은 정확도의 위치 정보 (positioning)는 미래의 공장에서 필수적인 요소이다. 그 이유는 이동 단말과 이동 자산의 추적이 산업 환경에서의 증가하는 유연성과 프로세스의 향상에 점차 중요해지기 때문이다. 6.7절에서는 산업 사용 예에서의 위치 정보의 평면 정확도, 가용성, 방향(heading), 지연 시간과 사용자 단말 속도에 대한 요구사항을 정리한다.

통신 서비스 가용성은 사이버 물리 응용을 위한 서비스 성능 요구사항에서 그 중요도가 점차 높아지고 있으며, 특히 결정성 트래픽의 경우 그 중요도가 높다. 비록 통신 서비스 가용성을 네트워크에서 직접 측정 가능하지는 않지만, 통신 서비스 가용성 요구사항은

5G 시스템의 지연시간, 생존시간과 신뢰도 요구사항의 조합으로 나타낼 수 있다. 사이버 물리 응용에서 수신되어야 할 메시지가 응용 프로그램에서 설정된 생존시간 내에 응용 프로그램에서 수신되지 않을 때 (즉, 전송 시간이 최대 전송 허용 시간보다 큰 경우) 시스템은 가용하지 않은 것으로 받아들여지기 때문이다.

네트워크 신뢰성, 생존 시간과 통신 서비스 가용성과의 관계의 예를 <표 6-1>에서 볼 수 있다.

<표 6-1>. 통신 서비스 가용성과 생존시간이 한번의 전송 주기인 경우의 신뢰성과의 관계 예시

통신 서비스 가용성(communication service availability)	신뢰도 (TS 22.261 정의)
99,999 %	99,9 %
99,999999 %	99,99 %
99,9999999 %	99,999 %
99,999999999 %	99,9999 %
99,9999999999 %	99,99999 %

6.2 주기적인 결정성 통신 (Periodic deterministic communication)

주기적인 결정성 통신은 통신 서비스의 시간에 대한 엄격한 요구사항과 가용성을 가지는 주기성 통신이다. 전송은 매 전송 간격마다 발생한다. 이와 관련된 설명은 5.2절과 5.3절에서 볼 수 있다.

<표 6-2> 주기적인 결정성 통신 서비스 성능 요구사항

특성 파라미터 (characteristic parameter)				영향요소 (influence quantity)						
통신 서비스 가용성: 목표치 (note1)	통신 서비스 신뢰도: 오류와 오류 사이의 평균 시간	단대단 지연시간: 최대치 (note2)	서비스 전송 속도: 사용자 채감 데이터 속도	메시지 크기 [byte]	전송 간격: 목표치	생존시간	사용자 단말 속도	사용자 단말 갯수	서비스 지역 (note 3)	기타
99,999 % to 99,99999 %	~ 10 년	< transfer interval value	-	50	500 μs	500 μs	≤75Km/h	≤20	50m x 10m x 10m	움직임 제어
99,9999 % to 99,999999 %	~ 10 년	< transfer interval value	-	40	1 ms	1 ms	≤75Km/h	≤50	50m x 10m x 10m	움직임 제어
99,9999 % to 99,999999 %	~ 10 년	< transfer interval value	-	20	2 ms	2 ms	≤75Km/h	≤100	50m x 10m x 10m	움직임 제어
99,9999 %	-	< 5ms	1 Kbit/s (안정상 태) 1,5 Mbit/s (오류 경우)	< 1500	< 60 s (안정 상태) ≥ 1 ms (오 류 경우)	TBD	stationary	20	30 Km x 20 Km	전력 배급-격리와 복원 을 위한 자동화 스위칭 (note 5)
99,9999 % to 99,999999 %	~ 10 년	< transfer interval value	-	1 k	≤ 10 ms	10 ms	-	5 to 10	100m x 30m x 10m	움직임 제어에서 제어간 통신 (note 9)
> 99,9999 %	~ 10 년	< transfer interval value	-	40 to 250	1 ms to 50 ms (note 6,7)	transfer interval value	≤50Km/h	≤100	≤ 1Km ²	이동형 로봇
99,9999 % to 99,999999 %	~ 1 달	< transfer interval value	-	40 to 250	4 ms to 8 ms (note 7)	transfer interval value	<8Km/h	TBD	50m x 10m x 4m	이동형 제어 패널-원격 제어 조립 로봇, 밀링 머신 (note 9)
99,9999 % to 99,999999 %	~ 1 년	< transfer interval value	-	40 to 250	< 12 ms (note 7)	12 ms	<8Km/h	TBD	typically 40m x 60m;최대 200m x 300m	이동형 제어 패널-원격 제어 이동형 크레인, 펌 프 등 (note 9)
99,9999 % to 99,999999 %	≥ 1 년	< transfer interval value	-	20	≥ 10 ms (note 8)	0	typically stationary	typically 10 to 20	typically≤100m x 100m x 50m	프로세스 자동화- 폐쇄 루프 제어
99,999 %	TBD	~ 50 ms	-	~100	~ 50 ms	TBD	stationary	≤100 000	수 Km ² to 100000 Km ²	기본 주파수 제어 (note 9)

특성 파라미터 (characteristic parameter)				영향요소 (influence quantity)						
통신 서비스 가용성: 목표치 (note1)	통신 서비스 신뢰도: 오류와 오류 사이의 평균 시간	단대단 지연시간: 최대치 (note2)	서비스 전송 속도: 사용자 채감 속도	메시지 크기 [byte]	전송 간격: 목표치	생존시간	사용자 단말 속도	사용자 단말 갯수	서비스 지역 (note 3)	기타
99,999 %	TBD	~ 100ms	-	~ 100	~ 200 ms	TBD	stationary	≤100 000	수 Km ² to 100000 Km ²	분산 전압 제어 (note 9)
> 99,9999 %	~ 1 년	< transfer interval value	-	15 k to 250 k	10 ms to 100 ms (note 7)	transfer interval value	≤50Km/h	≤100	≤ 1Km ²	이동형 로봇 - 영상 운영 원격 제어
> 99,9999 %	~ 1 년	< transfer interval value	-	40 to 250	40 ms to 500 ms (note 7)	transfer interval value	≤50Km/h	≤100	≤ 1Km ²	이동형 로봇
99,99 %	≥ 1 주	< transfer interval value	-	20 to 255	100 ms to 60 s (note 7)	≥ 3 x transfer interval value	typically stationary	≤ 10 000 to 100 000	< 10 Km x 20 Km x 50m	프로세스 모니터링, 공장 자산 관리

NOTE 1: One or more retransmissions of network layer packets may take place in order to satisfy the communication service availability requirement.
 NOTE 2: Unless otherwise specified, all communication includes 1 wireless link (UE to network node or network node to UE) rather than two wireless links (UE to UE).
 NOTE 3: Length x width (x height).
 NOTE 4: (void)
 NOTE 5: Communication includes two wireless links (UE to UE).
 NOTE 6: This covers different transfer intervals for different similar use cases with target values of 1 ms, 1 ms to 10 ms, and 10 ms to 50 ms.
 NOTE 7: The transfer interval deviates around its target value by $\leq \pm 25\%$.
 NOTE 8: The transfer interval deviates around its target value by $\leq \pm 5\%$.
 NOTE 9: Communication may include two wireless links (UE to UE)

<표 6-3> 비주기적인 결정성 통신 서비스 성능 요구사항

특성 파라미터 (characteristic parameter)				영향요소 (influence quantity)					
통신 서비스 가용성	통신 서비스 신뢰도: 오류와 오류 사이의 평균 시간	허용 가능 최대치 단대단 지연 시간 (note1)	서비스 전송 속도: 사용자 채감 데이터 속도	메시지 크기 [byte]	생존시간	사용자 단말 속도	사용자 단말 갯수	서비스 지역	기타
> 99,9999 %	~ 1 주	~ 10ms	> 10 Mbit/s			≤50Km/h	≤100	≤ 1Km ²	이동형 로봇 - 영상 스트리밍
99,9999 % to 99,999999 %	~ 1 달	< 30 ms	> 5 Mbit/s			<8Km/h	TBD	TBD	이동형 제어 패널-패널 데이터 전송
99,9999 %	-	< 50 ms	0,59 kbit/s 28 kbit/s	< 100	-	stationary	1 0 ~ 1 0 0 /Km ²	TBD	스마트 그리드 ms 수준 정밀도 부하 제어
> 99,9 %	~ 1 달	< 10 ms				<8Km/h	≥3	20 m x 20 m x 4m	증강 현실; 서버로의 양방향 전송
NOTE 1: Unless otherwise specified, all communication includes 1 wireless link (UE to network node or network node to UE) rather than two wireless links (UE to UE)									
NOTE 2: (void)									

<표 6-4> 비결정성 통신 서비스 성능 요구사항

특성 파라미터 (characteristic parameter)		영향요소 (influence quantity)			
통신 서비스 신뢰도: 오류와 오류 사이의 평균 시간	서비스 전송 속도: 사용자 채감 데이터 속도	사용자 단말 속도	사용자 단말 갯수	서비스 지역 (note)	기타
~ 1 달	≥ 1 Mbit/s	~0 Km/h ≤75Km/h	≤100	50m x 10m x 10m	움직임 제어 - SW 업데이트
	> 10 Mbit/s	≤50Km/h	≤100	≤ 1Km ²	이동형 로봇; 실시간 비디오 스트림
NOTE: 길이 x 폭 x 높이					

<표 6-5> 혼합된 트래픽 통신 서비스 성능 요구사항

특성 파라미터 (characteristic parameter)				영향요소 (influence quantity)				
통신 서비스 가용성	통신 서비스 신뢰도: 오류와 오류 사이의 평균 시간	허용 가능 최대치 단대단 지연 시간 (note1)	서비스 전송 속도: 사용자 채감 데이터 속도	생존시간	사용자 단말 속도	사용자 단말 갯수	서비스 지역	기타
99,999999 %	~ 10 년	16ms			stationary	<1000	수 1Km ²	풍력 공장-제어 트래픽
NOTE 1: Unless otherwise specified, all communication includes 1 wireless link (UE to network node or network node to UE) rather than two wireless links (UE to UE) NOTE 2: (void)								

6.3 비주기적인 결정성 통신 (Aperiodic deterministic communication)

비주기적인 결정성 통신은 미리 설정된 전송 시간이 없지만 통신서비스에서의 시간과 가용성에 여전히 엄격한 요구사항을 가지는 경우이다. 이와 관련된 설명은 5.2절과 5.3절에서 볼 수 있다.

6.4 비결정성 통신 (Non-deterministic communication)

비결정성 통신은 주기적/비주기적 결정성 통신에 해당하지 않는 모든 트래픽 형식을 포함하며 여기에는 주기성/비주기성의 결정성 비결정성 통신을 포함한다. 이와 관련된 설명은 5.2절과 5.3절에서 볼 수 있다.

6.5 혼합된 트래픽 (Mixed traffic)

혼합된 트래픽은 다른 통신 패턴에 포함되지 않는 경우이다.

6.6 클럭 동기화 요구사항

6.6.1 클럭 동기화 서비스 수준 요구사항

- 5G 시스템은 제 3자의 응용 프로그램에서 필요로 하는 IEEE1588v2 / PTP (Precision Time Protocol) 메시지를 처리하고 전송하기 위한 체계를 지원하여야 한다.
- 5G 시스템은 사용자 단말에서 사용자 고유의 클럭이 광역 클럭 (global clock)과 동기화 하기 위한 체계를 지원하여야 한다.
- 5G 시스템은 사용자 단말에서 사용자 고유의 클럭이 지역 클럭 (working clock)과 동기화 하기위한 체계를 지원하여야 한다.
- 5G 시스템은 두 가지 형식의 동기화 클럭을 지원하여야 하며, 광역 클럭 영역과 지역 클럭 영역이다.
- 5G 시스템은 32개 까지의 지역 클럭 영역을 가지는 네트워크를 지원하여야 한다.

Note 1: 영역의 숫자 (domain number, synchronization domain identifier)는 IEEE802.1AS에서의 하나의 octet으로 정의된다. 이는 256개의 동기화 영역을 허용한다.

- 5G 시스템은 적어도 동시에 2개의 지역 클럭 영역을 사용자 단말에서 지원하여야 한다.

- 광역 시간 영역은 1 μ s 정밀도의 시간 동기화를 지원할 수 있어야 한다.

Note 2: 어떤 사용 예의 경우 지역 클럭 영역에서 1 μ s 이하의 정밀도를 가지면 광역 시간 영역에서는 100 μ s 이하의 정밀도 만을 요구하는 경우가 있다.

Note 3: 요구되는 정밀도는 동기 마스터와 광역 시간 영역의 임의의 단말 장치 사이에서 요구되는 값이다. 지역 클럭 영역은 1 μ s 이하의 정밀도를 가지는 시간 동기화를 지원하여야 한다.

Note 4: 1 μ s 이하의 요구 정밀도는 동기 마스터와 클럭 영역의 임의의 단말 장치 사이에서 요구되는 값이다.

Note 5: 서로 다른 지역 클럭 영역은 독립적이고 서로 다른 정밀도를 가질 수 있다.

- 5G 시스템은 하나 혹은 복수개의 802.1AS 동기 영역을 위한 매체 독립적인 인터페이스를 지원하여야 한다.
- 5G 시스템은 응용 프로그램에서 지역 클럭 영역이나 광역 시간 영역을 도출하는 데 사용할 5G 동기 영역에 대한 인터페이스를 지원하여야 한다(Reference Clock Model).
- 5G 시스템은 지역 클럭 영역의 정밀도와 시간 척도를 결정하고 설정하기 위한 사용자 단말에서의 인터페이스를 지원하여야 한다.

6.6.2 클럭 동기화 서비스 성능 요구사항

<표 6-6> 클럭 동기화 서비스 성능 요구사항

사용자 지정 클럭 동기 정밀도 수준	클럭 동기화가 적용되는 통신 그룹 내의 단말 수	클럭 동기 요구 사항	서비스 지역	시나리오
1	up to 300 UEs	< 1 μ s	$\leq 100m \times 100m$	- 움직임 제어 - 제어간 통신
2	up to 10 UEs	< 10 μ s	$\leq 2500 m^2$	- 고속 비디오 스트리밍
3	up to 100 UEs	< 1 μ s	< 20Km ²	스마트 그리드: PMU간의 동기화

6.7 위치 정확도 (Positioning) 성능 요구사항

높은 정확도의 위치 정보 (positioning)는 미래의 공장에서 필수적인 요소가 되고 있다. 그 이유는 이동 단말과 이동 자산의 추적이 산업 환경에서의 증가하는 유연성과 프로세스의 향상에 점차 중요해지기 때문이다.

아래 <표 6-7>은 전형적인 시나리오와 그에 해당하는 평면(horizontal) 정확도, 가용성, 방향(heading), 지연 시간과 사용자 단말 속도와 같은 높은 수준의 위치정보 요구사항을 나타낸다.

Note: “TS 22.261의 해당 위치정보 서비스 수준”은 TS 22.261에 정의된 서비스 수준과 <표 6-7>의 시나리오를 대응하고 관련 정확도 요구사항을 포함한 것이다.

<표 6-7> 위치정확도 성능 요구사항

시나리오	수평 정 확도	가용성	방 향 (Headin g)	UE의 위 치 정보 산출에 결 리는 시간	UE 속도	TS22.261 상 의 위치 기반 서비스 레벨
안전 기능을 가진 이 동형 제어 패널 (non-danger zones)	< 5m	90 %	N/A	< 5 s	N/A	Service level 2
프로세스 자동화 - 공장 자산 관리	< 1m	90 %	N/A	< 2 s	< 30 km/h	Service level 3
스마트 공장 내 유연, 모듈화 조립 공간 (도구의 위치 추적)	< 1m (상대 위 치)	99 %	N/A	1 s	< 30 km/h	Service level 3
스마트 공장 내 증강 현실	< 1m	99 %	< 0,17 rad	< 15 ms	< 10 km/h	Service level 4
스마트 공장 내 안전 기능을 가진 이동형 제어 내널 (within factory danger zones)	< 1m	99,9 %	< 0,54 rad	< 1 s	N/A	Service level 4
스마트 공장 내 유연, 모듈화 조립 공간 (자동화 차량의 모니 터링 목적)	< 50cm	99 %	N/A	1 s	< 30 km/h	Service level 5
제조를 위해 입고되 는 물류 (카메라 등 다른 장비를 통해 가 이드 되는 자율 주행 시스템의 움직임 궤 적)	< 30cm (카 메 라 등 다른 장 비 가 지원되는 경우)	99,9 %	N/A	10 ms	< 30 km/h	Service level 6
제조를 위해 입고되 는 물류 (물건의 저장)	<20cm	99 %	N/A	< 1s	< 30 km/h	Service level 7

7 이더넷(ethernet) 적용

7.1 이더넷 적용의 의미

여기에서는 사이버 물리 응용에서 사용되는 이더넷과 관련된 5G 시스템의 요구사항을 정리한다.

이더넷 전송 요구와 관련된 공통되고 기본적인 요구사항과 5G LAN-type 서비스 (TS 22.261의 6.24절 참고)를 적용하는 데 필요한 요구사항을 포함한다.

7.2 요구사항

- 고성능 이더넷이 적용된 인프라를 위해 3GPP 시스템은 PDU-세션 형식의 이더넷을 사용하는 5G 기반의 이더넷 링크에서 IEEE 802.1AS에 정의된 클럭 동기화를 지원하여야 한다.
- 고성능 이더넷이 적용된 인프라를 위해 3GPP 시스템은 5G 기반의 이더넷 링크와 기타 다른 이더넷 전송(예를 들면 유선과 EPON같은 광전송)에서 IEEE 802.1AS에 정의된 클럭 동기화를 지원하여야 한다.
- 고성능 이더넷이 적용된 인프라를 위해 1 μ s 보다 높은 클럭 동기화 정확도를 지원하여야 한다.
- 고성능 이더넷이 적용된 인프라를 위해 3GPP 시스템은 PDU-세션 형식의 이더넷을 사용하는 5G 기반의 이더넷 링크에서 IEEE 802.1Q에 정의된 시간에 민감한 네트워킹 (즉 IEEE 802.1Qbv에 정의된 절대값을 가지는 주기적 시간 경계를 가지는 시간 기반의 스케줄링)을 time-sensitive networking 차원에서 지원하여야 한다.
- 고성능 이더넷이 적용된 인프라를 위해 DL 방향과 UL 방향에서의 흐름에 대해 절대값을 가지는 주기적 시간 경계를 설정하는 것을 지원하여야 한다.
- 고성능 이더넷이 적용된 인프라를 위해 3GPP 시스템은 시간 기반의 스케줄링과 낮은 우선순위 트래픽을 따르는 hard-RT의 트래픽의 공존성을 지원하여야 한다. 낮은 우선순위의 트래픽은 hard-RT 트래픽의 영향으로 성능 열화가 생길 수 없어야 한다.
- 이더넷 전송 서비스는 802.1Qbv에 기반해서 생성된 이더넷 헤더 정보로부터 추출된 정보에 기반한 라우팅을 지원하여야 한다.

8 공장 산업 (Factories of the Future) 특성

8.1 일반

공장 산업은 4차 산업 혁명 혹은 Industry 4.0으로 지칭되는 근본적인 변화를 겪고 있다. Industry 4.0의 궁극적인 목표는 - 다른 목표도 있지만 - 유연성, 다재다능함, 자원 효율성, 비용 효율성, 작업자 지원 그리고 산업 생산과 물류에서의 품질 향상이다. 이런 발전은 보다 활성화되고 세계화되어가는 시장 환경에서 점차 중요해 지고 있다. 이와 같은 발전을 가능하게 하는 요소는 산재해 있는 사이버 물리 생산 시스템과 강력한 연결성, 통신 그리고 컴퓨팅 인프라이다. 인프라는 사람, 기계, 제품과 모든 종류의 단말을 유연하고 안전하며 지속적으로 상호 연결한다.

몇 가지 응용 분야를 기술하면 다음과 같다.

- 1) **공장 자동화:** 공장 자동화는 자동화된 제어, 모니터링과 프로세스의 최적화 그리고 공장 내에서의 업무 흐름을 다룬다. 여기에는 컴퓨터를 활용한 생산 이외에 폐쇄형 제어 (프로그램 가능한 로직이나 움직임 제어에 기반한)와 로봇을 포함한다. 공장 자동화는 고품질, 저가격을 실현하는 산업 대량 생산을 위한 핵심 요소이다. 관련된 응용 분야는 통신 인프라에 대한 높은 요구사항을 가지는 특징이 있으며, 특히 통신 서비스의 가용성, 결정성 그리고 지연시간에 대한 높은 요구를 가지고 있다. 미래 공장에서는 정적인 순차 생산 시스템이 높은 유연성과 활성화를 제공하는 단위 생산 시스템으로 대체될 것으로 예상된다. 이런 변화는 강력한 무선 통신과 지역화 서비스에 기반한 이동성이 갖춰진 생산 설비를 필요로 한다.
- 2) **프로세스 자동화:** 프로세스 자동화는 생산의 제어와 화학품, 음식, 음료, 종이 등의 재료를 다루는 일을 자동화하는 것을 의미한다. 프로세스 자동화는 생산 프로세스 효율, 에너지 소비 그리고 공장에서의 안전을 향상 시킨다. 압력이나 온도와 같은 프로세스 상의 값을 측정하는 센서는 중앙집중형/분산형 폐쇄형 제어장치와 함께 동작한다. 또한 제어장치는 밸브, 펌프, 히터와 같은 구동장치 (actuator)와 상호 작용한다. 안전 경고나 공장 차단만큼이나 공장에서 모니터링되는 탱크의 수위, 재료의 품질이나 환경 데이터도 중요하다. 공장 내 작업자는 이동 단말의 지원을 받을 수 있다. 프로세스 자동화 장비는 수 100 m²에서 수 km² 까지의 범위에 존재할 수 있으며, 지역적으로 분산될 수 있다. 크기에 따라 다르지만 생산 공장은 수만개의 측정 지점과 구동장치 (actuator)를 가지고 있다. 유연성을 유지하고 총 소유비용을 낮추기 위해서는 몇 년을 지원할 수 있는 수준의 자력 전원 장치가 필요하다.
- 3) **HMI와 생산 IT:** 휴먼 머신 인터페이스 (HMI, Human Machine Interface)는 기계나 생산 라인에 장착된 패널 뿐 아니라 노트북, 태블릿PC, 스마트폰과 같은 일반 IT 장치를 포함하여 생산 설비와 인간의 상호 작용을 위한 모든 종류의 장치를 포함한다. 추가로 증강 현실과 가상 현실 장치가 미래에는 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.
- 4) **물류와 창고:** 산업 생산 측면에서의 재료와 제품의 수송과 저장에 대한 조직과 제어. 이런 측면에서 내부 물류는 특정 지역 (예를 들면 공장 내부)에서 다루는 물류를 의미하며, 예를 들면 자동화된 운송장비 (AGVs, Automated Guided Vehicles)나 지게차를 활용한 작업장에서의 원재료 지속 공급을 들 수 있다. 이는 서로 다른 지역 간의 물류와 대비된다. 재료나 제품을 저장하는 창고는 점차 자동화되고 있으며, 예를 들어 콘베이어, 크레인, 자동 물류 장치를 사용한다.
- 5) **모니터링과 관리:** 프로세스 자체에 영향을 주지 않는 생산 현장에서의 프로세스/자산에 대한 모니터링 (공장 자동화에서의 폐쇄형 제어 시스템에서 모니터링과 대비된다.). 여기에는 센서 데이터에 기반한 상태 모니터링이나 예측기반 유지보수 뿐 아니

라 특정 프로세스에서의 파라미터 최적화를 위한 빅데이터 분석을 포함한다. 이같은 사용 예에서 데이터의 습득 프로세스는 전형적으로 지연시간에 민감하다.

이상과 같은 응용 분야에 대해 복수개의 사용 예가 존재하며, 이들 중 일부를 다음 절에서 설명하고 있으며, 응용 분야와 사용 예 사이의 관계를 <표 8-1>에서 정리한다.

<표 8-1> 사용 예와 적용 분야 간의 관계

	움직임 제어	제어 간 통신	이동형 제어 패널	이동형 로봇	원격 접속과 관리	증강 현실	폐쇄형 프로세스 제어	프로세스 모니터링	공장 자산 관리
공장 자동화	X	X		X					
프로세스 자동화				X			X	X	X
HMI와 생산 IT			X			X			
물류와 창고		X		X					X
모니터링과 유지보수					X				

8.2 공장 자동화 (Factory automation)

8.2.1 움직임 제어 (Motion control)

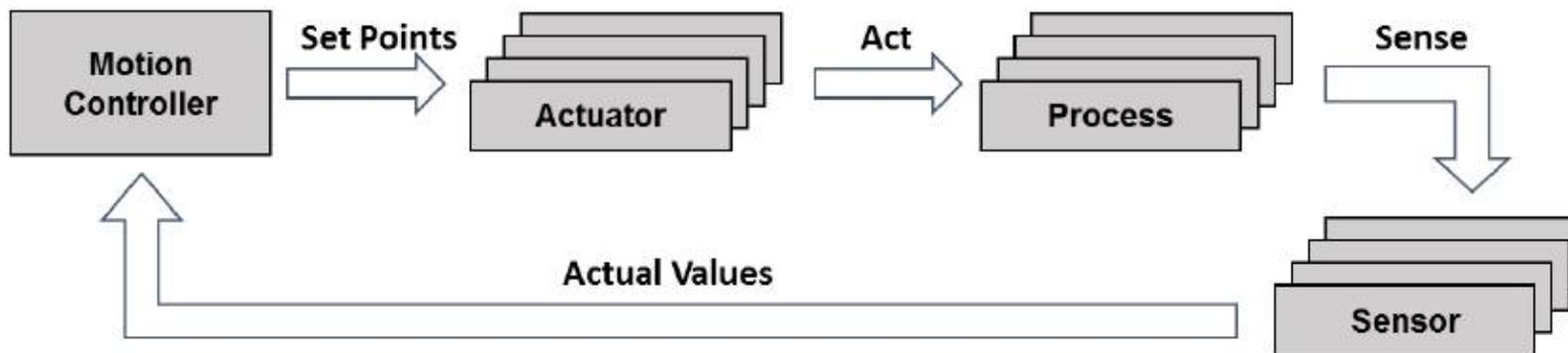
움직임 제어는 기계 (예를 들면, 인쇄 기계, 기계 장비 혹은 포장 기계)의 움직이는 부분이나 회전하는 부분의 제어를 담당한다.

움직임 제어기는 주기적으로 구동장치 (actuator, 이 경우 선형 구동장치 또는 드라이브)에 원하는 설정 값을 전송하고 구동장치는 그에 해당하는 동작을 프로세스에 따라 수행한다 (이 경우 어떤 부분의 이동이나 회전). 이와 별도로 센서는 프로세스의 현재 상태 (부품의 현재 위치나 회전 각도)를 판단하여 실제 값을 움직임 제어기에 전달한다. 이같은 동작은 철저히 주기적이고 결정적인 방식으로 이루어져서 하나의 주기 동안 움직임 제어기가 원하는 설정 값을 모든 구동장치에 전송하고 모든 센서는 실제 값을 움직임 제어기로 전송한다. 최근에는 Industrial Ethernet 기술이 움직임 제어 시스템에 사용된다.

<표 8-2> 움직임 제어에서의 서비스 성능 요구사항

특성 파라미터 (characteristic parameter)			영향요소 (influence quantity)								
통신 서비스 가용성: 목표치 %	통신 서비스 신뢰도: 오류와 오류 사이의 평균 시간	단대단 지연시간: 최대치	서비스 전송 속도: 사용자 채감 속도	메시지 크기 [byte]	전송 간격: lower bound	전송 간격: upper bound	생존시간	사용자 단말 속도	사용자 갯수	단말	서비스 지역 (note)
99,999 to 99,99999	~ 10 년	< transfer interval value	-	50	500 μs - 500 ns	500 μs + 500 ns	500 μs	≤72 Km/h	≤ 20		50m x 10m x 10m
99,9999 to 99,999999	~ 10 년	< transfer interval value	-	40	1 ms - 500 ns	1 ms + 500 ns	1 ms	≤72 Km/h	≤ 50		50m x 10m x 10m
99,9999 to 99,999999	~ 10 년	< transfer interval value	-	20	2 ms - 500 ns	2 ms + 500 ns	2 ms	≤72 Km/h	≤ 100		50m x 10m x 10m

Note: 길이 x 넓이 x 높이



(그림 8-1). 움직임 제어 시스템 구성도

8.2.2. 제어간 통신 (control-to-control communication)

제어간 통신, 즉 산업 제어기 사이의 통신은 이미 다음과 같은 사용 예를 가지고 현장에 적용되고 있다.

- 대규모 기계 (예를 들면 신문 인쇄 기계)의 경우 여러 개의 제어부를 가지고 있으며, 각 제어부는 기계 기능의 일부를 제어하면서 서로 간 통신을 통해 동기화된 실시간 데이터 교환한다.
- 공통된 작업을 수행하는 독립적인 기계들(예를 들면 하나의 조립 라인에 있는 여러 대의 기계들)은 서로 간에 통신이 필요한데, 통신을 통해 기계 간에 이동하는 작업 대상물에 대한 제어와 협력 작업을 수행한다.

일반적으로 제어간 네트워크에는 정해진 규격이 없다. 네트워크에 있는 제어부는 기계 및 생산 공장에 따라 다르며, 따라서 서로 다른 제어부를 지원하는 hot-plugging이 중요하다.

< 사용 예 1 >

8.2.1절에 설명된 움직임 (제어) 하부 시스템 간의 제어간 통신. 이 같은 예로는 대규모 인쇄 기계가 있으며 이런 경우 하나의 움직임 제어가 만으로 모든 구동장치 (actuator)를 제어하는 것은 불가능하고 일반적으로 바람직한 형태도 아니다.

<표 8-3>. 제어간 통신 시스템에서의 서비스 성능 요구사항

특성 파라미터 (characteristic parameter)			영향요소 (influence quantity)					
통신 서비스 가용성: 목표치	통신 서비스 신뢰도: 오류와 오류 사이의 평균 시간	단 대 단 지연시간: 최대치	메시지 크기 [byte]	전 송 간격	생 존 시간	사용자 단 말 속도	사용자 단 말 갯수	서비스 지역 (note 1)
99,9999 % to 99,999999 %	~ 10 년	< transfer interval value	1k	≤ 1 0 ms	1 0 ms	stationary	5 to 10	100m x 30m x 10m
NOTE 1: 길이 x 폭 x 높이 NOTE 2: communication may include two wireless links (UE to UE)								

8.2.3. 이동형 로봇 (mobile robots)

이동형 로봇과 이동형 플랫폼 (예를 들면 AGV와 같은)은 산업 현장과 내부 물류 환경에서 다양한 사용 예를 가지고 있으며 미래의 공장에서도 그 역할의 중요도가 점차 높아질 것이다. 이동형 로봇은 필수적으로 프로그램 가능한 기계로서 다양한 작업의 수행을 위

해 프로그램된 내용에 따라 복수의 다양한 동작을 수행하는 것이 가능하다. 이를 통해 이동형 로봇은 작업 과정에서 보조자 역할을 수행할 수도 있고 재료나 제품을 이동하는 일도 수행할 수 있다. 이동형 로봇은 움직임을 통한 극도의 유연성을 특징으로 하며 이를 위해 일정 수준의 자동화와 환경에 대한 인지 능력을 가진다.

AGV(Automated Guided Vehicle)는 이동형 로봇의 일종으로 작업장 내에서 재료를 효과적으로 이동하기 위해 사용된다. [16]

이동형 로봇은 안내 제어 시스템 (guided control system)에 의해 모니터링 되고 제어된다. 무선 기반의 제어를 수행하는 안내 제어 시스템이 필요한데, 이를 통해 최신 프로세스 상태 정보를 습득하고 이동형 로봇 간의 충돌을 방지하며 이동형 로봇에 작업을 할당하고 이동형 로봇의 트래픽을 관리한다. 이동형 로봇은 바닥에 있는 표식이나 유선에 의해 작동되는 인프라에 의해 추적 안내되거나 자체적으로 구비된 카메라나 레이저 장비와 같은 센서에 의해 추적 안내된다.

이동형 로봇은 실내형, 실외형과 실내외형으로 구분되며, 이런 실내/실내 환경 조건은 통신 시스템의 요구사항에 영향을 미친다.

< 사용 예 1 >

정교한 상호작용형 로봇 움직임 제어 (전송 간격 1ms), 기계 제어 (전송 간격 1ms 부터 10 ms 까지) 혹은 상호 협력 드라이빙 (10 ms부터 50 ms)을 지원하기 위한 주기적인 통신

< 사용 예 2 >

영상 기반 원격 조정을 위한 주기적인 통신

< 사용 예 3 >

표준형식의 이동형 로봇 조작과 트래픽 관리를 위한 주기적인 통신

< 사용 예 4 >

이동형 로봇으로부터 안내 제어 시스템으로의 실시간 스트리밍 데이터 (영상 데이터) 전송

<표 8-4> 이동형 로봇의 서비스 성능 요구사항

특성 파라미터 (characteristic parameter)				영향요소 (influence quantity)							
통신 서비스 가용성: 목표치	통신 서비스 신뢰도: 오류 와 오류 사 이의 평균 시간	단 대 단 지연시간: 최대치	서비스 전송 속도: 사용자 채감 데이터 속도	메시지 크 기 [byte]	전송 간격: l o w e r bound	전송 간 격: 목표 치 (note)	전송 간격: u p p e r bound	생존시간	사 용 자 단말 속도	사용자 단 말 갯수	서비스 지역 (note 3)
> 99,9999 %	~ 10 년	< transfer interval value	-	40 to 250	-<25% of t a r g e t t r a n s f e r i n t e r v a l v a l u e	1ms to 50ms	+<25% of t a r g e t t r a n s f e r i n t e r v a l v a l u e	t a r g e t t r a n s f e r i n t e r v a l v a l u e	≤50km/h	≤100	≤ 1Km ²
> 99,9999 %	~ 1 년	< transfer interval value	-	15 k to 250 k	-<25% of t a r g e t t r a n s f e r i n t e r v a l v a l u e	10ms to 100ms	+<25% of t a r g e t t r a n s f e r i n t e r v a l v a l u e	t a r g e t t r a n s f e r i n t e r v a l v a l u e	≤50km/h	≤100	≤ 1Km ²
> 99,9999 %	~ 1 년	< transfer interval value	-	40 to 250	-<25% of t a r g e t t r a n s f e r i n t e r v a l v a l u e	40ms to 500ms	+<25% of t a r g e t t r a n s f e r i n t e r v a l v a l u e	t a r g e t t r a n s f e r i n t e r v a l v a l u e	≤50km/h	≤100	≤ 1Km ²
>99,9999	~ 1 주	10 ms	> 10 Mbit/s	-	-	-	-	-	≤50km/h	≤100	≤ 1Km ²

NOTE 1: The transfer interval is not so strictly periodic in these use cases. The transfer interval deviates around its target value within bounds. The mean of the transfer interval is close to the target value

<표 8-5> 프로세스 자동화에서 폐쇄형 제어를 위한 서비스 성능 요구사항

특성 파라미터 (characteristic parameter)			영향요소 (influence quantity)							
통신 서비스 가용성: 목표치 %	통신 서비스 신뢰도: 오류와 오류 사이의 평균 시간	단대단 지연 시간: 최대치	메시지 크기 [byte]	전송 간격: lower bound	전송 간격: 목표치 (note)	전송 간격: upper bound	생존시간	사용자 단말 속도	사용자 단말 갯수	서비스 지역 (note 3)
99,9999 to 99,999999	≥ 1 년	< target transfer interval value	20	-5% of target transfer interval value	≥10ms	+5% of target transfer interval value	0	typical stationary	typically 10 to 20	typically ≤ 100m x 100m x 50m
NOTE: 길이 x 폭 x 높이										

<표 8-6> 프로세스 모니터링을 위한 서비스 성능 요구사항

특성 파라미터 (characteristic parameter)			영향요소 (influence quantity)							
통신 서비스 가용성: 목표치 %	통신 서비스 신뢰도: 오류와 오류 사이의 평균 시간	단대단 지연 시간: 최대치	메시지 크기 [byte]	전송 간격: lower bound	전송 간격: 목표치 (note)	전송 간격: upper bound	생존시간	사용자 단말 속도	사용자 단말 갯수	서비스 지역 (note 3)
99,99	≥ 1 주	< target transfer interval value	20	-25% of target transfer interval value	100 ms to 60 s	+ 25% of target transfer interval value	matter of convenience: typically ≥ 3 x target transfer interval value	typical stationary	upto 10 000	typically ≤ 10km x 10km x 50m
NOTE1: 길이 x 폭 x 높이 NOTE2: The transfer interval is not so strictly periodic in these use cases. The transfer interval deviates around its target value within bounds. The mean of the transfer interval is close to the target value										

<표 8-7> 공장 자산 관리를 위한 서비스 성능 요구사항

특성 파라미터 (characteristic parameter)			영향요소 (influence quantity)					
통신 서비스 가용성: 목표치 %	통신 서비스 신뢰도: 오류와 오류 사의의 평균 시간	단대단 지연 시간: 최대치	메시지 크기 [byte]	전송 간격	생존시간	사용자 단말 속도	사용자 단말 갯수	서비스 지역 (note 3)
99.99	TBD	< transfer interval value	20 to 255	several seconds	matter of convenience: typically ≥ 3 x transfer interval value	typical stationary	≤ 100 000	typically ≤ 10km x 10km x 50m
NOTE1: 길이 x 폭 x 높이								

<표 8-8> 이동형 제어 패널을 위한 서비스 성능 요구사항

특성 파라미터 (characteristic parameter)		영향요소 (influence quantity)									
통신 서비스 가용성: 목표치 %	통신 서비스 신뢰도: 오류와 오류 사이의 평균 시간	단대단 지연시간: 최대치	서비스 전송 속도: 사용자 체감 데이터 속도	메시지 크기 [byte]	전송 간격: lower bound	전송 간격: 목표치	전송 간격: upper bound	생존시간	사용자 단말 속도	사용자 단말 갯수	서비스 지역 (note)
99,9999 to 99,999999	~ 1 달	< target transfer interval value	-	40 to 250	-25% of target transfer interval value	4 ms to 8 ms	+25% of target transfer interval value	target transfer interval value	< 7,2 Km/h	TBD	50m x 10m x 4m
99,9999 to 99,999999	~ 1 달	< target transfer interval value	> 5 Mbit/s	-	-25% of target transfer interval value	< 30 ms	+25% of target transfer interval value	TBD	< 7,2 Km/h	TBD	TBD
99,9999 to 99,999999	~ 1 년	< target transfer interval	-	40 to 250	-25% of target transfer interval value	< 12 ms	+25% of target transfer interval value	12 ms	< 7,2 Km/h	TBD	typically ≤ 40 m x 60m; maximum 200 m x 300 m
<p>NOTE1: 길이 x 폭 (x 높이)</p> <p>NOTE2: The transfer interval is not so strictly periodic in these use cases. The transfer interval deviates around its target value within bounds. The mean of the transfer interval is close to the target value</p> <p>NOTE3: Communication may include two wireless links (UE to UE)</p>											

8.3 프로세스 자동화 (Process automation)

8.3.1. 폐쇄형 제어 (Closed-loop control)

프로세스 자동화 분야에서 폐쇄형 제어는 다양한 종류의 센서가 공장에 설치되고 지속적인 측정을 수행하는 과정에서 사용된다. 측정된 데이터는 제어기로 전송되며 구동장치 (actuator)를 설정하기 위한 판단에 활용된다. 이 사용 예에서는 지연시간과 결정성이 중요한 요소이다. 이 사용 예에서는 지연시간과 서비스 가용성에 대해 매우 엄격한 요구사항을 가지고 있다. 필요한 서비스 범위는 움직임 제어 사용 예보다 일반적으로 훨씬 광범위하다. 공장 외 네트워크 (예를 들면 외부와의 서비스 연속성이나 로밍 서비스 같은)와의 상호 작용은 요구되지 않는다.

< 사용 예 1 >

다양한 종류의 센서가 공장에 설치되고 지속적인 측정을 수행한다. 측정된 데이터는 제어기로 전송되며 구동장치 (actuator)를 설정하기 위한 판단에 활용된다.

8.3.2. 프로세스 모니터링

프로세스 자동화 분야에서 프로세스 모니터링은 다양한 종류의 센서가 공장에 설치되고 프로세스나 환경 조건 혹은 재료 목록에 대한 전반적인 상황을 이해하는 데 사용된다. 관련 데이터는 상태 표시 디스플레이 장치로 전송되거나 등록이나 상태 추적을 위해 데이터베이스로 전송된다. 이런 사용 예에서는 광범위한 서비스 영역을 필요로 하고 공장 외 네트워크와의 상호 작용(예를 들면 외부와의 서비스 연속성이나 로밍 서비스 같은)이 필요하다.

< 사용 예 1 >

다양한 종류의 센서가 공장에 설치되고 프로세스나 환경 조건 혹은 재료 목록에 대한 전반적인 상황을 이해하는 데 사용된다. 관련 데이터는 상태 표시 디스플레이 장치로 전송되거나 등록이나 상태 추적을 위해 데이터베이스로 전송된다.

8.3.3. 공장 자산 관리 (Plant asset management)

공장이 운영되기 위해서는 펌프, 밸브, 히터, 기계 등과 같은 자산에 대한 관리가 필수적이다. 필요한 시점에 자산의 상태 악화 정도를 파악하고 각 구성 요소에 대한 지속적인 자가 진단을 수행하는 것은 공장 관리를 운영하고 계획하는 데 필요하다. 원격 소프트웨어 업데이트는 각 구성요소에 대해 변화하는 환경과 최신 기술에 맞춰 변경될 수 있도록 지원한다. 이런 사용 예에서의 위치 정보 정확성에 대한 요구사항은 IoT 장치 (예를 들면 센서)가 프로세스나 환경 조건 혹은 재료 목록에 대한 통찰력을 얻고 관리하는 경우에 필요하다. 이런 사용 예에서는 광범위한 서비스 영역을 필요로 하고 공장 외 네트워크와의 상호 작용(예를 들면 외부와의 서비스 연속성이나 로밍 서비스 같은)이 필요하다.

< 사용 예 1 >

공장이 운영되기 위해서는 펌프, 밸브, 히터, 기계 등과 같은 자산에 대한 관리가 필수적이다. 필요한 시점에 자산의 상태 악화 정도를 파악하고 각 구성 요소에 대한 지속적인 자가 진단을 수행하는 것은 공장 관리를 운영하고 계획하는 데 필요하다. 원격 소프트웨어 업데이트는 각 구성요소에 대해 변화하는 환경과 최신 기술에 맞춰 변경될 수 있도록 지원한다.

8.4. 인간 기계 인터페이스 (human machine interfaces)**8.4.1. 이동형 제어 패널**

제어 패널은 인간과 생산 기계 혹은 이동형 장비와의 상호 작용에 필수적인 장비이다. 이런 패널은 기계, 로봇, 그레인, 생산 라인 등에 대한 구성, 모니터링, 디버깅, 제어와 관리에 사용된다. 또한, 비상 정지 버튼 일체형 (안전) 제어 패널의 경우 운영자가 안전과 관련된 이벤트가 발생했을 때 작업자나 기계에 대한 피해를 방지하기 위해 버튼을 조작할 수 있다. 비상 정지 버튼이 눌리면 제어 대상이 되는 장비는 즉각 안전 상태로 조정된다. 기계, 로봇 등이 소위 정해진 '작동 장치 모드'에서 동작한다면 운영자는 수동으로 작동 장치 스위치를 특별한 정지 위치로 유지한다. 만약 운영자가 스위치를 너무 많이 밀거나 놓으면 제어 대상 장치는 즉각 안전 정지 위치에 놓이게 된다. 이와 같은 방식으로 운영자의 손이 (예를 들어 몰딩 프레스 아래가 아닌)패널에 위치하도록 하여 안전을 확보할 수 있으며 운영자는 감전 등의 사고를 당하지 않도록 보장된다. 이런 작동 장치 모드는 기계의 설치, 테스트 혹은 관리 상태 등에 공통으로 사용되어 다른 종류의 안전 체계 (예를 들어 안전 펜스)가 동작 안 하는 환경에서도 안전을 보장한다.

이런 안전 기능의 치명성 때문에 안전 제어 패널은 대부분 제어 대상이 되는 장비까지의 유선 연결에 의존하고 있다. 공장 내의 많은 수의 전형적인 생산 기계나 장비들이 이런 패널을 가지고 있다. 극도로 안정적인 저지연 무선 연결을 제공할 수 있다면 이동형 제어 패널과 안전 기능 사이를 무선으로 연결하는 것이 가능할 것이다. 이는 높은 사용성을 제공하고 유연하면서도 서로 다른 기계에 사용되는 패널을 쉽게 재사용할 수 있도록 지원할 것이다.

제어 응용의 주기 시간은 안전이 보장되는 프로세스/기계/장비에 따라 다르다. 빠르게 움직이는 로봇에 대해서는 단대단 지연시간이 느리게 선형으로 움직이는 구동장치에 비해 낮다.

< 사용 예 1 >

원격 제어를 위한 주기적인 양방향 통신. 예를 들면 조립 로봇, 밀링 기계

< 사용 예 2 >

(사용 예 1에 해당하는) 원격 제어를 위한 비주기적인 데이터 전송

< 사용 예 3 >

원격 제어를 위한 주기적인 양방향 통신. 제어되는 단위의 예로 이동형 크레인, 이동형 펌프, 고정형 포털 그레인

8.4.2. 증강 현실

미래의 공장과 생산 시설에서 인간은 여전히 근본적이고 중요한 역할을 수행할 것이다. 하지만 미래에 요구되는 높은 유연성과 다재다능함 때문에 현장 작업자는 보다 빠르게 새로운 작업과 활동에 준비되고 효과적이고 인체공학적 방식으로 원활한 운영이 되도록 최적화되고 지원되어야 한다. 이를 위해 증강 현실이 중요한 역할을 할 수 있으며, 예를 들어 다음과 같은 적용 분야를 들 수 있다.

- 프로세스와 생산 흐름에 대한 모니터링
- 어떤 작업에 대한 작업 방법 예를 들면 수동 조립 작업 현장
- 원격지의 전문가로부터의 간헐적 지원, 예를 들면 관리나 서비스 작업

이런 측면에서 특히 안면 장착 투시형 디스플레이를 가진 가상 현실 장치는 매력적으로 여겨지고 있으며, 이는 인체공학적이고 유연하며 이동성을 지원하면서 작업자의 두 손을 자유롭게 하여 다른 일을 동시에 수행할 수 있기 때문이다. 하지만 이런 증강 현실 기기를 비교적 장시간 착용하기 위해서는 가볍고 에너지 효율적이며 오랜 작동에도 뜨거워지지 않아야 한다. 이를 위한 좋은 접근 방법은 복잡한 (예를 들어 비디오) 처리를 네트워크 (예를 들어 엣지 클라우드)로 옮겨 가상 현실 안면 착용 장비의 기능을 줄이는 것이다. 또한, 이런 네트워크에서의 동작은 가상 현실 응용 프로그램이 다양한 정보 (예를 들면 환경, 생산 기계, 현재의 링크 상태 등과 같은 다양한 정보)에 접근이 쉽도록 하는 추가 이득을 얻을 수 있다.

<표 8-9> 증강 현실을 위한 서비스 성능 요구사항

특성 파라미터 (characteristic parameter)			영향요소 (influence quantity)	
통신 서비스 가용성: 목표 치 %	통신 서비스 신뢰도: 오류 와 오류 사이 의 평균 시간	단대단 지연 시간: 최대치	사용자 단말 속도	서비스 지역 (note)
> 99,9	~ 1 달	< 10 ms	< 8 Km/h	20m x 20m x 4m
NOTE: 길이 x 폭 x 높이				

< 사용 예 1 >

증강 현실 장치와 영상 처리 서버간의 양방향 메시지 전송

8.5 모니터링과 유지관리

8.5.1. 원격 접속과 유지관리

미래 공장에서는 원격 제어 센터에서 장치나 단말에 대한 원격 접속과 유지관리에 대한 필요성이 있다. 이런 단말과 장치는 일반적으로 지리적으로 분산되어 있다. 이런 단말의 펌웨어나 소프트웨어의 경우 주기적인 업데이트가 필요하다. 유지관리와 관련된 정보는 주기적으로 이런 단말에서 수집되고 또한 단말로 배포되어야 한다. 단말은 고정형일 수도 있고 이동형일 수도 있다. 단말 관리는 실제 생산 프로세스와 병행해서 이루어지며, 이런 생산 활동을 위한 통신 서비스에 영향을 미치지 않는 방식으로 통신이 이루어져야 한다.

<표 8-10> 원격 접속과 유지관리의 서비스 성능 요구사항

특성 파라미터 (characteristic parameter)				영향요소 (influence quantity)						
통신 서비스 가용성: 목표치 %	통신 서비스 신뢰도: 오류와 오류 사이의 평균 시간	단 대 단 지연 시간: 최대치	서비스 전송 속도: 사용자 체감 데이터 속도	메시지 크기 [byte]	전송 간격: lower bound	전송 간격: upper bound	생존 시간	사용자 단 말 속도	사용자 단 말 갯수	서비스 지역 (note)
-	~ 1 달	-	≥ 1 Mbit/s	-	-	-	-	< 72 Km/h	≤ 100	50m x 10m x 10m
NOTE1: 길이 x 폭 (x 높이)										

9 전기 에너지 배급 (Electric-power distribution) 산업 특성

9.1 일반

에너지 산업은 현재 신재생 에너지의 발전 (예를 들어, 태양광과 풍력 발전 방식 발전소의 수적인 증가)에 의해 야기된 근본적인 변화를 겪고 있다. 이런 변화는 양방향 전기 흐름과 전력 시스템의 역동성을 이끌고 있다. 새로운 형태의 센서와 구동장치(actuators)가 전력 시스템에 적용되어 에너지 그리드의 다양한 상태를 효과적으로 모니터링하고 에너지 생산을 조절하는데 사용되고 있으며 이 과정에서 실시간 정보의 교환이 필요하다. [11][12]

이렇게 부상하고 있는 전기 에너지 배급 그리드를 스마트 그리드라 부른다. 스마트 그리드는 전력 네트워크로서의 그리드와 시스템의 시스템으로서의 그리드 양 측면에서의 상황 통제력을 향상시킨다. 향상된 통제력은 향상된 조정성과 예측력을 통해 보다 나은 운영 효율과 경제적인 이득을 제공하며 이는 지속가능하고 확장/축소 가능한 방식으로 재생 에너지를 그리드에 포함시키고 새로운 그리드 구조로의 잠재적인 진화를 지원하는 선결 조건이다. 스마트 그리드의 혜택은 광범위하며 다음을 포함한다: 전력 안정성과 품질, 그리드 탄력성, 전력 사용 최적화, 운영 통제력, 재생 에너지의 에너지 체계로의 포함, 에너지 사용에 대한 통찰력 그리고 안전과 보안(미래) 에너지 전력 배분에 대한 전반적인 내용은 다른 문서[13][14]에서 확인할 수 있다.

9.2. 기본 주파수 제어 (Primary frequency control)

기본 주파수 제어는 공공분야에서 가장 도전적이고 꼭 필요한 제어 응용 분야이다. 기본 주파수 제어 시스템은 에너지 공급 시스템의 제어를 통해 (교류 전류) 주파수를 설정 값 (유럽의 경우 50Hz)으로부터 0.02% 이상의 분산 없이 공급되도록 유지하는 역할을 한다. 주파수 제어는 그리드에 연결된 에너지 생산, 저장 위치에서 네트워크의 모든 구성 요소 관련 기능의 측정 값을 바탕으로 이루어진다. 보통 인버터라 불리는 전력 변화기는 그리드 내의 다른 장소 (주파수 제어부)로 측정 값을 송출하고 제어 명령을 수신할 수 있도록 통신 기능을 가지고 있다. 태양광이나 풍력 터빈 등의 새로운 종류의 발전소가 수백에서 수천개 분산되어 설치되면서 인버터는 점점 더 대규모의 전력 분배 네트워크에 연결되어야 한다.

기본 주파수 제어는 다음 중 하나의 형식으로 이루어진다.

- 1) 중앙 집중형 제어, 데이터의 분석과 판단이 중앙의 주파수 제어부에서 수행된다.
- 2) 분산형 제어, 지역 기반 주파수 값을 기반으로 개별 지역 인버터에서 자동 주파수 제어가 수행된다. 통계 등 기타 데이터가 중앙의 주파수 제어부와 공유된다.
- 3) 분산형 제어, 지역 기반 주파수 값과 주변의 주파수 값을 기반으로 개별 지역 인버터에서 자동 주파수 제어가 수행된다. 통계 등 기타 데이터가 중앙의 주파수 제어부와

공유된다.

< 사용 예 1 >

기본 주파수 제어를 위한 메시지 교환을 지원하는 주기적인 통신 서비스

<표 9-1> 기본 주파수 제어를 위한 서비스 성능 요구사항

특성 파라미터 (characteristic parameter)			영향요소 (influence quantity)				
통신 서비스 가용성: 목표치 (%)	통신 서비스 신뢰도: 오류와 오류 사이의 평균 시간	단대단 지연 시간: 최대치	메시지 크기 [byte]	전송 간격: 목표치	생존 시간	사용자 단말 개수	서비스 지역
99,999	TBD	~ 50 ms	~ 100	~ 50 ms	TBD	≤ 100 000	several km ² up to 100 000 km ²

9.3. 분산형 전압 제어 (Distributed voltage control)

100% 재생 에너지 생산으로 진화하는 과정에서 전압 제어의 목적은 미래의 저전압 분배 그리드 (여기에는 지역 단위의 전력 사용처와 전력 생산과 소비를 함께 행하는 프로슈머, 전력 저장 장치 등이 연결된다)에서의 전압의 규정을 맞추는 것이다. 지역 단위로 가능한 전압을 안정화시키는 것이 목적이며, 이를 위해 결정과 제어 명령이 가능한 빠르게 처리되어야 한다. 분산형 전압 제어는 도전적이면서 꼭 필요한 제어 분야이다. 소비자의 장치는 안정적인 동작을 위해 안정적인 전압 수준을 필요로 한다. 수천 개의 분산형 지역 단위의 에너지 생산 (태양광이나 풍력)에 의존하게 되는 미래의 에너지 네트워크에서는 분산형 그리드의 모든 구성 요소에서 전압 수준을 안정적으로 유지하는 것이 필수적이다. 전력 변환기인 인버터는 전압과 전력을 측정하고 그리드에 입력되는 전력의 양을 변경하게 된다. 여기에서 분산 제어의 의미는 자동화된 전력 제어가 지역 전압 제어부에서 지역과 주변의 전압/저항 측정 값을 바탕으로 이루어진다는 뜻이다. 통계를 비롯한 기타 정보는 중앙의 분산 관리 시스템과 통신을 통해 공유되어야 한다.

<표 9-2> 분산형 전압 제어 서비스 성능 요구사항

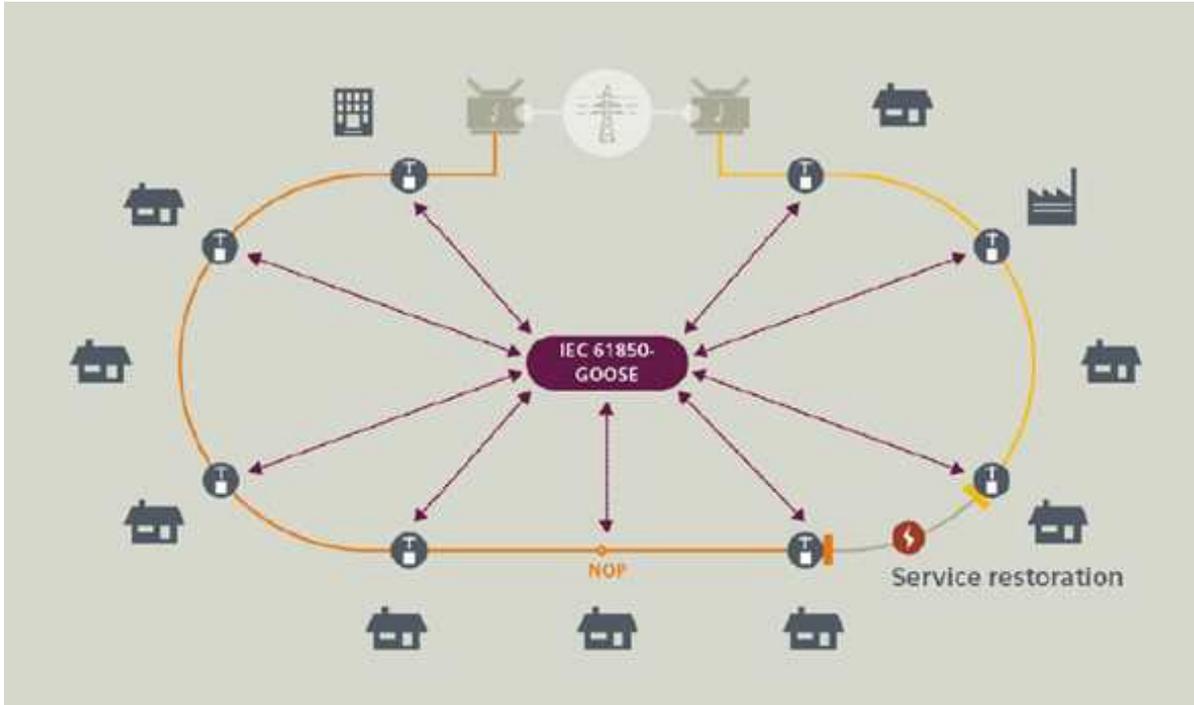
특성 파라미터 (characteristic parameter)			영향요소 (influence quantity)				
통신 서비스 가용성: 목표치 (%)	통신 서비스 신뢰도: 오류와 오류 사이의 평균 시간	단대단 지연 시간: 최대치	메시지 크기 [byte]	전송 시간격: 목표치	생존 시간	사용자 단말 갯수	서비스 지역
99,999	TBD	~ 100 ms	~ 100	~ 200 ms	TBD	≤ 100 000	several km ² up to 100 000 km ²

< 사용 예 1 >

분산 전압 제어를 위한 메시지 교환을 지원하는 주기적인 통신 서비스

9.4 오류 격리와 서비스 복원을 위한 분산 자동 스위칭

전력 분배 그리드에서의 오류는 심각한 상황을 유발한다. 따라서 자동 스위칭, 오류 격리, 서비스 복구 등 다양한 자가치유 방법이 존재한다. 또한 이런 문제 해결 방법들은 전력 분배 오류로 인해 심각한 피해를 입게 되는 소비자 (예를 들면 산업 공장이나 데이터 센터)에 대한 전력 문제 해결에 적용할 수 있다. 이런 중요한 전력 소비자들에게 전력 공급 중단은 1초 안에 해결되어야 할 문제이다. 일반적으로 자동화된 해결 방법들은 수백 ms 내에 전력 공급 문제를 해결할 수 있다.



(그림 9-1) 분산 링 구조와 오류

FLISR (Fault Location, Isolation & Service Restoration) 방법은 스위치 제어 장치로 구성되며 이 장치는 피더 자동화 애플리케이션 용으로 특별히 설계되어 여분의 선로를 가지고 전력 분배 그리드의 자가치유를 지원하는 역할을 한다. 이는 여분의 선로 분배 그리드에서 재폐로 차단기와 단로기의 제어부 역할을 수행한다. 이 장치는 완전히 분산된 독립형 자동화 장치를 사용하도록 설계되었으며 로직은 급전선 레벨의 극에 위치한 각각의 개별 급전 자동화 제어기에 있다. 각각의 급전선 섹션에는 제어 장치를 가지고 있다. 이 제어 장치들 사이의 일대일 통신을 통해 지역 단위의 제어기나 중앙 집중형 센터 없이 자동으로 동작하는 시스템이 구성된다. 하지만 모든 자가치유 단계에서 제어 센터로의 즉각적인 보고는 그리드의 최신 상태를 유지하기 위해 꼭 필요한 조치이다. 제어부는 오류 격리를 통해 일반적으로 500ms 이내에 배전선의 자가치유를 수행한다.

IEC 61850 GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event) 메시지를 통한 일대일 통신은 최대한 빠르게 데이터를 제공한다 (Layer 2 multicast message). 이 메시지들은 제어기에 의해 같은 급전 내의 일부/전부 제어기를 대상으로 주기적으로 전송되며 수신 확인은 되지 않는다. 안정 상태에서 제어기의 전송 데이터는 적다 하지만 오류 상황에서는 GOOSE 데이터가 폭발적으로 증가한다. GOOSE 메시지는 오류 위치, 격리, 서비스 복원 과정 중에 낮은 단대단 지연시간을 요구하면서 거의 동시에 일부 혹은 전부의 제어기에서 전송된다.

<표 9-3> 오류 격리와 서비스 복원을 위한 분산 자동 스위칭 서비스 성능 요구사항

특성 파라미터 (characteristic parameter)				영향요소 (influence quantity)					
통신 서비스 가용성: 목표치 (%)	통신 서비스 신뢰도: 오류와 오류 사이의 평균 시간	단대단 지연시간: 최대치	서비스 전송 속도: 사용자 체감 데이터 속도	메시지 크기 [byte]	전송 간격: 목표치	생존 시간	사용자 단말 속도	사용자 단말 수	서비스 지역
99,9999	-	< 5 ms	1 kbit/s (steady state) 1.5 Mbit/s (fault case)	< 1500	< 60 s (steady state) ≥ 1 m s (fault case)	TBD	stationary	20	30 km x 20 km
NOTE 1: 길이 x 폭 NOTE 2: UE to UE communication (two wireless links)									

< 사용 예 1 >

GOOSE의 오류 위치, 거리와 서비스 복원을 위한 폭발적인 메시지 교류를 위한 (비)주기적인 결정성 통신 서비스

9.5 스마트그리드 고정밀 (ms 수준) 부하 제어

정교한 수준의 부하 제어는 스마트 그리드의 기본 기능이다. 심각한 HVDC (high-voltage direct current) 전송 오류가 발행하였을 때 ms 수준의 정교한 부하 제어가 중단 가능하면서 중요도가 덜한 부하 (예를 들면 전기차 충전, 공장에서의 비지속적인 생산 전력 공급) 발생 요인을 빠르게 제거하는 데 사용된다.

<표 9-4> 스마트그리드 고정밀 부하 제어 서비스 성능 요구사항

특성 파라미터 (characteristic parameter)				영향요소 (influence quantity)					
통신 서비스 가용성: 목표치 (%)	통신 서비스 신뢰도: 오류와 오류 사이의 평균 시간	단대단 지연시간: 최대치	서비스 전송 속도: 사용자 체감 데이터 속도	메시지 크기 [byte]	전송 간격: 목표치	생존 시간	사용자 단말 속도	사용자 단말 수	서비스 지역
99,9999	-	< 50 ms	0 . 5 9 kbit/s 28 kbit/s	< 100	n/a (note)	-	stationary	10-100 /Km ²	TBD
NOTE: event-triggered									

< 사용 예 1 >

중단 가능하면서 중요도가 덜한 부하를 빠르게 제거하기 위한 제어 기본 스테이션과 부하 제어 단말간의 비주기적인 결정성 통신 서비스

10 중앙 집중형 에너지 생산 (Central power generation) 산업 특성

10.1 일반

중앙 집중형 전력 생산과 관련된 모든 측면을 포함한다. 예를 들면 화학 에너지의 중앙 집중식 변환, 다양한 형태의 에너지에서 전기로의 변환 등. 전형적인 전력 출력은 100 MW 나 그 이상이다. 관련된 시스템의 예로는 대규모 가스 터빈, 스팀 터빈, 복합 주기의 전력 공장 그리고 풍력 농장 등이다. 관련된 장비나 공장의 설치, 운영, 모니터링, 관리 등의 전 과정을 포함한다.

10.2 풍력 발전 네트워크 (Wind power plant network)

<표 10-1> 풍력 발전 네트워크 서비스 성능 요구사항

특성 파라미터 (characteristic parameter)				영향요소 (influence quantity)	
통신 서비스 가용성: 목표치 (%)	통신 서비스 신뢰도: 오류와 오류 사이의 평균 시간	단대단 지연시간: 최대치	Packet error ratio	사용자 단말 속도	서비스 지역
99,9999999	~ 10 년	16 ms	< 10 ⁻⁹	stationary	several km ²
NOTE: event-triggered					

< 사용 예 1 >

풍력 농장에서의 폐쇄형 사이버 물리 제어를 지원하기 위한 통신. 풍력 농장은 해변에 분포할 수 있다.

Note: 이 유형의 통신 서비스는 유선 연결을 통해 제공될 수 있다.

부 록 1-1

지식재산권 협약서 정보

해당 사항 없음

※ 상기 기재된 지식재산권 협약서 이외에도 본 표준이 발간된 후 접수된 협약서가 있을 수 있으니, TTA 웹사이트에서 확인하시기 바랍니다.

부 록 1-2

시험인증 관련 사항

해당 사항 없음

부 록 1-3

본 표준의 연계(family) 표준

해당 사항 없음

부 록 1-4

참고 문헌

- [1] 3GPP TR 21.905: "Vocabulary for 3GPP Specifications".
- [2] 5G-PPP-White-Paper-on-Automotive-Vertical-Sectors.
- [3] ETSI TR 103 299 (V0.0.10): "Intelligent Transport System, Cooperative Adaptive Cruise Control (CACC)".
- [4] ADASIS, <http://adasis.org>
- [5] ETSI TR 102 863 (V1.1.1): "Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Local Dynamic Map (LDM); Rationale for and guidance on standardization".
- [6] Draft ETSI EN 302 895 (V1.0.0): "Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Local Dynamic Map (LDM) Concept for Local Dynamic Maps".
- [7] ISO/TS 18750:2015 Intelligent transport systems -- Cooperative systems -- Definition of a global concept for Local Dynamic Maps.
- [8] Nan Hu, Hamid Aghajan, Tianshi Gao, Jaime Camhi, Chu Hee Lee and Daniel Rosario "Smart Node: Intelligent Traffic Interpretation", World Congress on Intelligent Transport Systems, New York, 2008.
- [9] TNO, "Truck Platooning; driving the future of transportation" TNO Whitepaper, 2015.
- [10] S. Shladover, "PATH at 20 - History and Major Milestones," Intelligent Transportation Systems, vol. 8, 2007.
- [11] "Multi channel operation", ETSI ITS Workshop 2016, https://docbox.etsi.org/Workshop/2016/201603_ITS_WORKSHOP/S02_ITS_NEXT_CHALLENGES/MULTI_CHANNEL_OPERATION_spaanderman_paulsconsultancy.pdf
- [12] Bergenhem C., Shladover S., Coelingh E., Englund C., and Tsugawa S., "Overview of platooning systems," in Proceedings of the 19th ITS World Congress, Oct 22-26, Vienna, Austria (2012), 2012.
- [13] V2V Communication Quality: Measurements in a Cooperative Automotive Platooning Application, Carl Bergenhem Qamcom Research and Technology AB, Erik Coelingh Volvo Car Corp., Rolf Johansson SP Technical Research Inst of Sweden, Ali Tehrani Qamcom Research & Technology, https://www.researchgate.net/profile/Carl_Bergenhem/publication/262451443_V2V_Communication_Quality_Measurements_in_a_Cooperative_Automotive_Platooning_Application/links/0f317537c05258c754000000.pdf
- [14] S. W. Kim et al., "Multivehicle Cooperative Driving Using Cooperative

Perception: Design and Experimental Validation," in IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 16, no. 2, pp. 663–680, April 2015.

[15] A. Rauch, F. Klanner and K. Dietmayer, "Analysis of V2X communication parameters for the development of a fusion architecture for cooperative perception systems," Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2011 IEEE, Baden–Baden, 2011, pp. 685–690.

[16] METIS-II_D1.1_v1.0 Refined scenarios and requirements, consolidated use cases, and qualitative techno-economic feasibility assessment.

[17] L. Licciardi, M. P. Galante : "5G CRITICAL COMMUNICATION USE CASES", ETSI 5G: "From Myth to Reality", 2016, <http://www.etsi.org/news-events/events/1025-2016-04-5g-from-myth-to-reality>

[18] Ford: From Autonomy to Snowtonomy: How Ford Fusion Hybrid Autonomous Rearch Vehicle can Navigate in Winter, http://www.at.ford.com/SiteCollectionImages/2016_NA/March/From%20Autonomy%20to%20Snowtonomy.pdf

[19] 5G Infrastructure Public Private Partnership (5G-PPP) (2015): 5G automotive vision, 65 p., <https://5g-ppp.eu/>, September 2015.

[20] NGMN Perspectives on Vertical Industries and Implications for 5G, https://www.ngmn.org/uploads/media/160610_NGMN_Perspectives_on_Vertical_Industries_and_Implications_for_5G_v1_0.pdf

[21] ITS Japan, http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/senmon_bunka/douro/dai2/siryou4_8.pdf

[22] NEDO's Energy ITS Project in Japan for Automated Truck Platooning, <http://www.nedo.go.jp/content/100541227.pdf>

[23] NHTSA Human Factors Evaluation of Level 2 and Level 3 Automated Driving Concepts, http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/NVS/Crash%20Avoidance/Technical%20Publications/2015/812182_HumanFactorsEval-L2L3-AutomDrivingConcepts.pdf

[24] M. Althoff, O. Stursberg, and M. Buss, "Safety assessment of driving behavior in multi-lane traffic for autonomous vehicles," in Proc. IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp. 893–900, June 2009.

[25] 3GPP TS 22.185: "Service requirements for V2X services".

[26] P. Gomes, F. Vieira and M. Ferreira, "The See-Through System: From implementation to test-drive," Vehicular Networking Conference (VNC), 2012 IEEE, Seoul, 2012, pp. 40–47.

[27] J. Choi, N. González-Prelcic, R. Daniels, C. R. Bhat, and R. W. Heath, Jr., "Millimeter Wave Vehicular Communication to Support Massive Automotive Sensing," submitted to IEEE Communications Magazine, Jan. 2016.

[28] N. Andersen, C2C-Consortium "Towards Accident Free Driving", ETSI

Summit "5G from Myth to Reality", 2016.

[29] M. Amoozadeh, H. Deng, C.-N. Chuah, H. M. Zhang, and D. Ghosal, "Platoon management with cooperative adaptive cruise control enabled by VANET," ELSEVIER Vehicular Communications, vol. 2. no. 2, pp. 110–123, Apr. 2015.

[30] R. Alieiev, A. Kwoczek and T. Hehn, "Automotive requirements for future mobile networks," Microwaves for Intelligent Mobility (ICMIM), 2015 IEEE MTT-S International Conference on, Heidelberg, 2015, pp. 1–4.

[31] M. Düring, K. Franke, et al., "Adaptive cooperative manoeuvre planning algorithm for conflict resolution in diverse traffic situations," 2014 International Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCVE), Vienna, 2014, pp. 242–249.

[32] 3GPP TR 22.885: "Study on LTE support for V2X services".

[33] DOT HS 811 492B, Vehicle Safety Communications – Applications (VSC-A) Final Report: Appendix Volume 1, System Design and Objective Test, pp C-2-4 and C-2-5.

[34] A. Kwoczek (Volkswagen AG), "Automotive Requirements for Future Networks", Information Technology Society (ITG), Communication Technology, May, 2016.

[35] Void

[36] 5G-PPP Project on "5G Air Interface Below 6 GHz", Deliverable D2.1: "Air interface framework and specification of system level simulations", http://fantastic5g.eu/wp-content/uploads/2016/06/FANTASTIC-5G_D2_1_final_modified.pdf.

[37] ETSI TS 102 894-2 V1.2.1, "Intelligent Transport Systems (ITS); Users and applications requirements; Part 2: Applications and facilities layer common data dictionary".

[38] SAE International, "AUTOMATED DRIVING LEVELS OF DRIVING AUTOMATION ARE DEFINED IN NEW SAE INTERNATIONAL STANDARD J3016" https://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf

[39] U.S. Department of Transportation, "Federal Automated Vehicles Policy", Sept. 2016. <https://one.nhtsa.gov/nhtsa/av/av-policy.html>

부 록 1-5
영문표준 해설서

해당 사항 없음

부 록 1-6

표준의 이력

판수	채택일	표준번호	내용	담당 위원회
제1판	2019.12.xx	제정 TTAK.KO-06.xxxx	-	5G 버티컬 서비스 프레임워크 프로젝트 그룹 (SPG35)