

# 시민감 서비스를 보장하는 5G-Advanced 모바일 네트워크 기술(요약)

성과Track	기초·미래선도	산업육성	국가·사회문제해결						
	○			탄소중립여부					
협약(세부)과제명	고신뢰·저지연 5G+ 코어 네트워크 및 5G-TSN 스위치 기술 개발								
과제번호	협약(세부) 과제번호		NTIS 과제번호						
	23HH5700		1711193516						
성과목표	[3-1] 연결중심 인터넷의 한계를 극복하는 변혁적 Thinking Internet 원천기술								
총 연구기간	2020년 4월 1일~ 2023년 12월 31일								
총 연구비	총 10,489 백만원		정부: 10,008 백만원 민간: 481 백만원						
	연구자 성명	직할부서	연구본부/연구실	직위/직급					
연구책임자	김창기	입체통신연구소	네트워크연구본부/ 패킷네트워크연구실	담당/책임연구원					
성과 정보									
성과 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 5G-TSN(Time-Sensitive Networking) 기반 고신뢰·초저지연 5G-Adv. 모바일 코어 네트워크를 구성하는 핵심 표준특허 확보, 세계 수준의 동 기술 개발 및 시민감 서비스 PoC 추진으로 연평균 20% 수준으로 급성장 중인 5G 특화망 및 시민감 통신 서비스 국내외 시장에서 표준핵심특허 기반 글로벌 기술 주도권 확보</li> <li>- 유선(이더넷) 시민감 네트워킹 기술인 TSN과 연동, 유무선 종단간 시민감 통신 서비스 제공 가능한 5G-Adv. 모바일 코어 3GPP 국제표준기고서 8건 반영, 표준 특허 4건 확보, 3건 진행 중</li> <li>- PoC를 통한 유무선 종단간 ±1μsec 이내 시동기 정확도, ±10μsec 수준의 패킷 지연 편차 및 10<sup>-6</sup> 이하 패킷 에러율 성능 달성 및 검증 완료</li> <li>- 3GPP 표준 기반 시민감 서비스를 위한 시동기/세션제어/트래픽 처리 기술 개발 및 실증 완료(ETRI 컨퍼런스 2023, 2023 대한민국과학기술대전 등)</li> </ul>								
정량성과	기본지표	논문		특허		기술이전			
		SCI(건)	비SCI(건)	해외(건)		국내(건)		건수	금액 (백만원)
				출원	등록	출원	등록		
	1		7	2	10	0	4	180	
심화지표	표준화된 IF 상위 20% SCI 논문(건)		특허활용률 (기술이전건수/ 특허등록보유건수)	국제표준승인표준 기고서(건)	3급 특허(건)	연구비 대비 기술료 수입(%)			
				5					
대표성과 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 특허</li> <li>- 5G SYSTEM OPERATING AS TSN BRIDGE AND TRAFFIC TRANSMISSION METHOD, 2023년 8월, 등록, 미국, 11729660</li> </ul>								
대표성과 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기술이전</li> <li>- 5G 사용자 평면 및 TSN 변환기 기술, 에스넷아이씨티(주)/시스메이트(주)와 기술이전 협의 완료(행정업무 진행 중), 2억원, 2023.12월 완료 예정</li> </ul>								

# 2023년도 ETRI 대표성과 요약서(상세)

## 1. 성과명

시민감 서비스를 보장하는 5G-Advanced 모바일 네트워크 기술

## 2. 성과내용

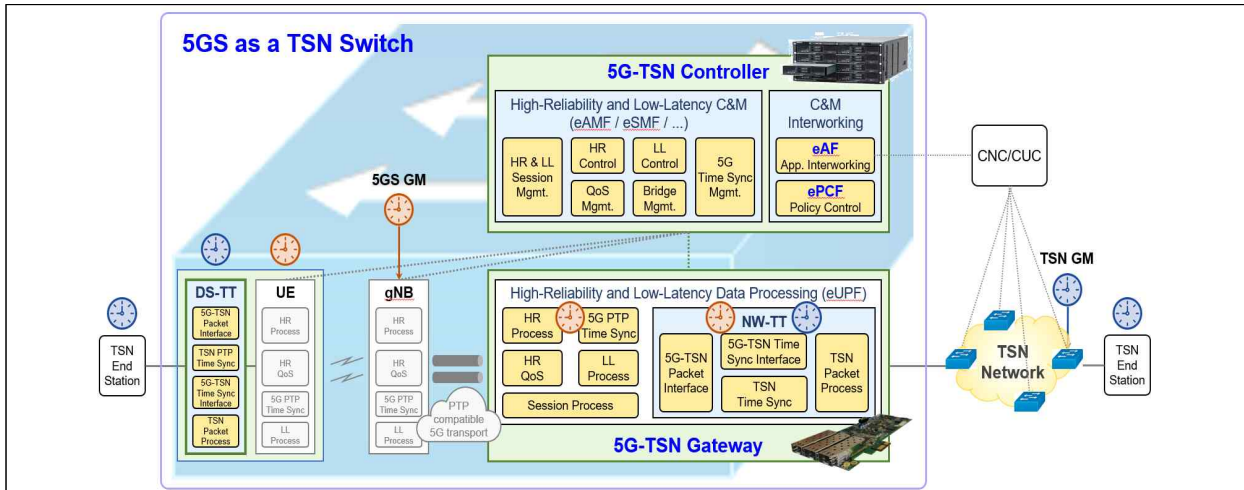
### 기술개발 목표달성도

#### □ 기술적 선점이 필요한 분야

- 스마트제조를 위한 저지연·초정밀 제어가 가능한 5G-Adv. 기반 산업용 네트워크 기술 선점 필요
  - 안정적 스마트 공장 제어를 위해 유선 인프라 수준의 고신뢰·초저지연 무선 통신 요구 증대
  - 산업용 네트워크 수준의 동기화 및 확정지연 제어가 가능한 5G 특화망 요구
  - 고신뢰 제어를 위한 이동통신 최고 요구 성능인  $10^{-6}$  이하의 패킷 에러율 요구
  - 5G-TSN은 5G-Adv. 시스템 기반의 유무선 고신뢰·확정지연 시민감 서비스 제공을 위한 모바일 기반 TSN 핵심기술

#### □ 기술개발 목표

- 5G 시민감 서비스를 위한 고신뢰·초정밀 5G-TSN 네트워크 핵심 기술
  - (목표 ①) 시민감 서비스를 위한 시동기 기술 개발
  - (목표 ②) 유무선 TSN 연동 지원 5G 코어망 제어 핵심기술 개발
  - (목표 ③) 시민감 트래픽 처리 및 5G-TSN 변환 기술 개발
  - (목표 ④) 5G-Adv. 시민감 통신 기술 국제표준화



<5G-TSN 코어 네트워크 핵심 기술개발 개념도>

□ 기술개발 목표의 달성 성과 및 핵심기술 확보

**[개발목표 ①] 시민감 서비스를 위한 시동기 기술 개발**

- ➔ (달성성과) 유무선 종단간 시동기 오차  $\pm 1\mu\text{sec}$  이하의 정확도를 보장하는 5G-Adv. 코어 핵심기술 개발
- ➔ (핵심기술 확보)
  - 5G 네트워크 내부 정밀 시간 동기화 기술
  - 5G-TSN을 위한 이종 시스템간 정밀 시간 동기화 기술

**[개발목표 ②] 유무선 TSN 연동 지원 5G 코어망 제어 핵심기술 개발**

- ➔ (달성성과) 패킷 에러율  $10^{-6}$  이하 시민감 서비스를 위한 5G 접속/세션 제어 및 트래픽 처리 기술 개발
- ➔ (핵심기술 확보)
  - 3GPP 5G 시스템 Rel-17 기반 5G-TSN 트래픽 제어 기술
  - 3GPP SA2 TSN 관련 시민감 트래픽 QoS 처리 기술
  - 3GPP SA2 TSN 관련 시민감 트래픽 성능 모니터링 기술

**[개발목표 ③] 시민감 트래픽 처리 및 5G-TSN 변환 기술 개발**

- ➔ (달성성과) 패킷 지연 편차  $\pm 10\mu\text{sec}$  이하 5G-TSN 변환장치 개발
- ➔ (핵심기술 확보)
  - 5G 시스템의 확정 시간 트래픽 처리 기술(IEEE 802.1Qbv)
  - 5G-TSN 브리지 시민감 게이트 제어 기술
  - 시민감 서비스 지원 5G 코어 네트워크 PoC 실증 성공

**[개발목표 ④] 5G-Adv. 시민감 통신 기술 국제표준화**

- ➔ (달성성과) 5G-Adv. 시민감 트래픽 제어 및 5G-TSN 브리지 기술 표준화
- ➔ (핵심기술 확보)
  - 3GPP 국제표준 승인 5건, 국제표준기고서 제출 8건 반영 8건
  - 국제특허 등록 2건, 출원 7건, 국내특허 출원 10건  
(상기 특허 중 표준특허 4건 획득, 3건 진행 중)

### 3. 우수성 및 차별성

#### 기술수준 향상 성과

- 저지연, 고신뢰 5G-Advanced 모바일 코어 네트워크 핵심기술
  - $\pm 1\mu\text{sec}$  이내 종단간 시간동기 정확도 달성
    - ※ 시간동기 측정방식 강화 (5G 네트워크 내 -> 종단간)
  - $\pm 10\mu\text{sec}$  이내 종단간 패킷 지연편차 달성
    - ※ 패킷 지연편차 100% 향상 ( $\pm 20\mu\text{sec}$  ->  $\pm 10\mu\text{sec}$ )
  - $10^{-6}$  이하 종단간 패킷 에러율 달성
    - ※ 패킷 에러율 10배 향상 ( $10^{-5}$  ->  $10^{-6}$ )

#### 세계 최고 수준 대비 연구개발 수준

- 세계적 수준의 5G TSN Bridge 기술 개발
  - $\pm 1\mu\text{sec}$  이내 종단간 시간동기 정확도: **세계최고수준 100%**
    - 에릭슨사의 시간동기 오차율과 동급 또는 우위의 세계최고 수준
  - $\pm 10\mu\text{sec}$  이내 종단간 패킷 지연편차 달성: **세계최고와 대등한 수준**
    - 3GPP의 URLLC 서비스 요구사항 ( $1\mu\text{sec} \sim 25\text{msec}$ )을 만족
    - 세계 최고 수준 시뮬레이션 결과 ( $2.5\mu\text{sec}$ )
  - $10^{-6}$  이하 종단간 패킷 에러율 달성: **세계최고수준 100%**
    - 3GPP 5G 서비스 요구사항의 모든 서비스 제공 가능

#### 기술수준 공인 성과

- 5G 시민감 서비스를 위한 5G-TSN 코어 네트워크의 핵심 성능 지표에 대한 공인 시험기관을 통한 검증 통과

**시험 성적서**

한국전자통신연구원  
성격서번호: ETRI-2023-3000-106  
ETRI 1466-34

ETRI 한국전자통신연구원

1. 의뢰자  
○ 기 관 명 : 한국전자통신연구원 연구개발사업부  
○ 주 소 : 대전광역시 유성구 가동로 116  
2. 시험성적서의 용도  
○ 연구결과 평가기반 제공용  
3. 시험대상품목/물품사서번호  
○ "고신뢰저지연 5G+ 코어 네트워크 및 TSN 스위치 기술 개발" 사업의 4차년도 결과물  
4. 시험기간 : 2023. 09. 14  
5. 시험방법 : "고신뢰저지연 5G+ 코어 네트워크 및 TSN 스위치 기술 개발" 4차년도 과제 제04호 결과물 시험 결과에 따라(ETRI-2023-3000-106)  
6. 시험결과 : 시험 요약서, 시험 결과 요약서 및 시험 결과서 참조  
이 성적서는 의뢰자가 제시한 시험 및 시험방법에 한정되며, 용도 이외의 사용을 금합니다.  
\* 표시된 시험의 결과는 시험기관의 KOLAS 인정범위 밖의 결과를 포함하지 않습니다.

시험자 :

2023년 09월 25일

**시험 요약서**

시험결과서 : NSGT-23-FINOT-0031장소

○ 시험 용량  
○ 시험 구성도

○ 시험장소 : 대한 유성구 가동로 218 ETRI 7연동동 354호 실험실

**시험 결과**

○ 시험목적 : 본 용역의 목적은 5G+ 코어 네트워크 및 TSN 스위치 기술 개발을 위해서 4차년도 연구개발 사업계획서 연구내용을 기반으로 다양한 시험항목에 따라 시험을 실행하고, 종단간 지연 편차, DUT의 구성과 구성 항목을 확인하고, 시험 기구 확립(UE Emulator, gNB Emulator, UE/DST Emulator)과 시험 계속 장비(Sprint Test Center)의 기술과 구성을 확인하는 시험을 실시한다.

○ 시험제출 장비(Sprint Test Center)는 TSN 프레임 생성 및 사용이 가능한 측정용 시험용 장비 및 실험실 사용함.

○ 총 8개의 시험 항목에 대한 시험을 실시하였으며, 미확인 항목은 없음

시험 결과 요약서			
대항목/중항목/소항목	시험항목	시험ID	시험결과
고신뢰저지연 5G+ 서비스 데이터 처리 기술개발	시동기 패킷의 중복 전송 기능	MT-M-04	확인
	전송 지연 성능 측정 시험	MT-M-05	확인 ( $\pm 2 \text{ msec}$ 이내)
	전송 지연 편차 측정 시험	MT-M-06	확인 ( $\pm 10 \mu\text{sec}$ 이내)
	전송 에러율 측정 시험	MT-M-07	확인 ( $10^{-6}$ 이내)
확정지연 보장 산업망 연동기술 개발	5GS, TSN 연동 시동기 기능 및 TSN 시동기 정밀도 측정 시험	MT-M-08	확인 ( $\pm 1 \mu\text{sec}$ 이내)

<공인 시험 성적서>

## 4. 성과의 활용도 및 파급효과

### 경제 활성화 효과

#### 기업 경쟁력 향상

- 산업체 기술이전을 통한 국내 통신장비 산업체 기술 경쟁력 및 시장 대응력 강화
  - (주)우리넷은 저지연·고신뢰 5G-Adv.를 위한 TSN 스위치 출시 예정
  - 에스넷아이씨티(주)는 저지연·고신뢰 5G-Adv.를 위한 트래픽 처리 기능의 상용화 준비중
  - (주)시스템이트는 저지연·고신뢰 5G-Adv.를 위한 TSN 트래픽 변환기의 상용화 준비중

#### 산업 경쟁력 향상

- 저지연·고신뢰 서비스가 필요한 스마트제조, 자동차, 의료, 에너지 등 다양한 버티컬 산업 경쟁력 강화
- 5G 특화망 (이음 5G)를 통한 국내 제조업 경쟁력 강화
  - 중소·벤처기업도 활용 가능한 저지연·초정밀 제어 가능한 5G-Adv. 네트워크를 통한 경쟁력 향상

#### 경제적 파급효과

- 급성장하는 저지연·고신뢰 5G-Adv. 모바일 네트워크 시장에서 국내 업체들의 점유율 향상 기대
  - 특화망 장비 및 서비스 시장이 매년 평균 20%씩 성장해 2025년에 100억 달러에 이를 것으로 예측
  - 저지연·고신뢰 5G+ TSN은 2021년부터 2028년까지 CAGR 40.8%로 성장 전망

### 국가·사회적 파급효과

- 해결해야 할 국가·사회문제
  - 세계 최고의 IT 강국이지만 제조산업 분야 열세인 문제 해결의 발판 마련
    - 저지연·고신뢰 5G-Adv. 모바일 네트워크를 이용한 초정밀 산업용 네트워크를 통한 제조 경쟁력 강화
    - 5G 특화망 (이음 5G)의 저지연·고신뢰 5G-Adv. 모바일 코어 네트워크 도입을 통한 고신뢰·초정밀 서비스 도입
  - 저지연·고신뢰 5G-Adv. 모바일 네트워크의 활용을 통해 제4차 산업 혁명을 주도하는 제조 강국으로 도약

○ 성과에서 개발된 기술적 솔루션

- 세계 최고 수준의 5G-Adv.기반 TSN 브릿지 기술 확보

○ 국가·사회적 파급효과

- 산업용 네트워크에 사용되는 다수의 파편화된 기술을 고신뢰·저지연 5G+TSN 기술로 대체함으로써 유연성 및 생산성 향상을 통한 국가 경쟁력 향상 기대
- 3GPP 고신뢰·저지연 5G-Adv TSN 코어 네트워크 핵심 표준 IPR 확보로 5G-Adv. 기반 버티컬 산업 분야의 미래 성장 동력 확보

○ 탄소중립 기술 개발 및 기여효과

- 기업 생산성 향상 및 원가 절감에 따른 탄소저감 효과

## (별첨) 성과 증빙 세부 실적

### ○ 대표특허 외 특허 성과

#### - 국제특허 등록

순번	상태	특허명	(등록/출원) 날짜	(등록/출원) 번호	(등록/출원) 국가	표준특허
1	등록	METHOD FOR PERFORMING PORT CONFIGURATION OF 5G SYSTEM FOR PROVIDING TIME SYNCHROMIZATION SERVICE AND NETWORK ENTITY PERFORMING THE SAME	2023.05.09	11646810	미국	
본 특허는 TSN 브릿지로 동작하는 5G 시스템에서, 시동기 서비스를 제공하기 위한 포트 설정을 위한 제어정보를 전달하는 방법으로 5G TSC 서비스에 필수적임						

#### - 국제특허 출원

순번	상태	특허명	(등록/출원) 날짜	(등록/출원) 번호	(등록/출원) 국가	표준특허
1	출원	5GS(5G System)에서 유저 플레인의 이벤트 익스포저 서비스 제어 방법 및 시스템	2023.05.04	18143144	미국	○
본 특허는 Indirect 방식으로 UPF 이벤트를 가입(Via N4)하고 TSC 관련 정보를 SMF 및 PCF를 거치지 않고 UPF로부터 Nupf 서비스 인터페이스로 직접 송신하는데 필요한 파라미터를 각 인터페이스에 포함하는 방법으로 5GS가 TSC서비스 제공시 필수적임						
2	출원	5GS(5G System)에서 DetNet 서비스를 지원하기 위한 인터페이스 및 프로토콜 제공 방법	2023.07.10	18349624	미국	○
본 특허는 5GS가 DetNet 라우터 역할을 할 때 외부 제어 인터페이스를 Yang 모델을 이용해서 논리적인 5GS 라우터의 설정 정보를 송수신하는 내용으로 5GS가 논리적인 DetNet 라우터로 동작 시에 필수적임						
3	출원	5G 시스템의 TSC 관리 정보 전달을 위한 UPF 이벤트 익스포저 서비스 방법	2023.05.08	18/144324	미국	○ (주1)
본 특허는 Indirect 방식으로 UPF 이벤트를 가입(Via N4)하고 UPF가 TSC 관련 정보를 Direct로 TSNAF 혹은 TSCTSF로 송신하기 위해 필요한 정보를 SMF에서 UPF로 N4 인터페이스에 포함하는 방법으로 5GS가 TSC서비스 제공 시 필수적임						
4	출원	사용자 트래픽 처리를 위한 서비스 기반 인터페이스 적용 방법	2023.01.26	18/159761	미국	○
본 발명은 이동통신 시스템에서 제어 평면에만 적용된 서비스 기반 구조를 데이터 평면으로 확대하는 방법으로 UPF 서비스를 NRF에 등록하는 데 필수적임						
5	출원	UPF측정 데이터의 익스포저 적용 방법	2023.03.23	18/105378	미국	
본 발명은 이동통신 시스템의 데이터 평면 장치인 UPF에서 측정된 데이터를 다른 장치들에게 노출(익스포저, exposure)하는 방법으로 UPF에서 측정한 데이터를 PCF등의 다른 기능요소들이 SMF를 경유하지 않고 직접 UPF의 데이터를 수집하는데 필수적임						
6	출원	5G 사용자 경험 향상을 위한 성능데이터의 측정 및 보고 방법	2023.9.20	18/370533	미국	○ (주1)
본 발명은 사용자 경험 향상을 위하여 트래픽 성능을 모니터링하는 방법으로 저지연 서비스 제공을 위한 대역폭 및 처리율 관리에 필수적임						

7	출원	5GS(5G System)에서 UPF 이벤트 익스포저 서비스 가입을 위한 세션 관리 이벤트 익스 포저 서비스 제어 방법 및 시스템	2023.10.04	18/480727	미국	○ (주1)
		본 특허는 네트워크 자동화 기능을 하는 NWDAF(NetWork Data Analytics Function)가 UPF로부터 QoS 모니터링 데이터를 수집할 때 SMF 이벤트 익스포저 기능을 이용하는 시그널링 절차의 필수 파라미터를 전송하는 방법으로, NWDAF를 통한 QoS 모니터링 데이터 수집시에 필수적임				

(주1) 표준특허 진행중

- 국내특허 출원

순번	상태	특허명	(등록/출원) 날짜	(등록/출원) 번호	(등록/출원) 국가	표준 특허
1 (주1)	출원	5GS(5G System)에서 유저 플레인의 이벤트 익스포저 서비스 제어 방법 및 시스템	2023.04.05	2023-0044479	한국	○
2 (주1)	출원	5GS(5G System)에서 DetNet 서비스를 지원하기 위한 인터페이스 및 프로토콜 제공 방법	2023.04.24	2023-0053208	한국	○
3 (주1)	출원	5G 시스템의 TSC 관리 정보 전달을 위한 UPF 이벤트 익스포저 서비스 방법	2023.05.08	2023-0059190	한국	○
4 (주1)	출원	사용자 트래픽 처리를 위한 서비스 기반 인터페이스 적용 방법	2023.01.09	2023-0003093	한국	○
5 (주1)	출원	UPF측정 데이터의 익스포저 적용 방법	2023.02.03	2023-0014682	한국	
6 (주1)	출원	5G 사용자 경험 향상을 위한 성능데이터의 측정 및 보고 방법	2023.07.24	2023-0095898	한국	○
7 (주1)	출원	5GS(5G System)에서 UPF 이벤트 익스포저 서비스 가입을 위한 세션 관리 이벤트 익스 포저 서비스 제어 방법 및 시스템	2023.07.28	2023-0098827	한국	○
8	우선권 출원	5G TSN 트랜스포트를 위한 AN-TL정보 제공방법	2023.10.06	2023-0133671	한국	
9	우선권 출원	5G 시스템에서 시민감 서비스를 위한 프레임 프리엠션 정보 제공 방법 및 시스템	2023.10.30	2023-0147109	한국	
10	우선권 출원	5G 시스템(5GS)에서 TSN Transport 기능 제공방법	2023.10.30	2023-0147110	한국	

(주1) 국내특허의 내용은 동일 순번의 국제특허와 같음.



○ 표준화

번호	등급	표준명(기고서 번호)	표준 번호	표준 기구	표준특허 연계(○/X)	표준 제정일
1	2	UPF event exposure service(S2-2208528)	TS23.502	3GPP SA2	○	2023.03
2	2	Updates on Npcf_PolicyAuthorization service (S2-2300623)	TS23.502	3GPP SA2	○	2023.03
3	2	KI #2, Sol #5: Update to remove EN( S2-2206735)	TR23.700-46	3GPP SA2	○	2023.03
4	2	Support for UPF QoS monitoring event subscription via SMF(S2-2300587)	TS23.502	3GPP SA2	○	2023.03
5	2	Update for QoS flow related QoS monitoring event and reporting(S2-2304452)	TS23.501	3GPP SA2	○	2023.06
6	5	Update for Indirect UPF Event event exposure subscription(S2-2304453)	TS23.501	3GPP SA2		2023.06
7	5	Update for QoS monitoring event and reporting (S2-2310226)	TS23.501	3GPP SA2		2023.12
8	5	Clarification on SMF and UPF functional description for UPF event exposure services(S2-2310249)	TS23.501	3GPP SA2		2023.12

○ 논문

번호	등급	논문명	학술지/ 게재지 명	호	국명	발행 기관	게재일
1	2	Bi-LSTM model with time distribution for bandwidth prediction in mobile networks	ETRI Journal	First Online ( <a href="https://doi.org/10.4218/etrij.2022-0459">https://doi.org/10.4218/ etrij.2022-0459</a> )	KR	ETRI	2023.08.01