

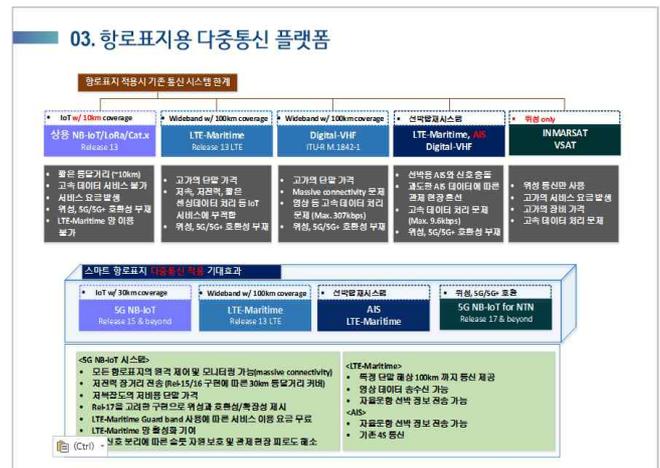
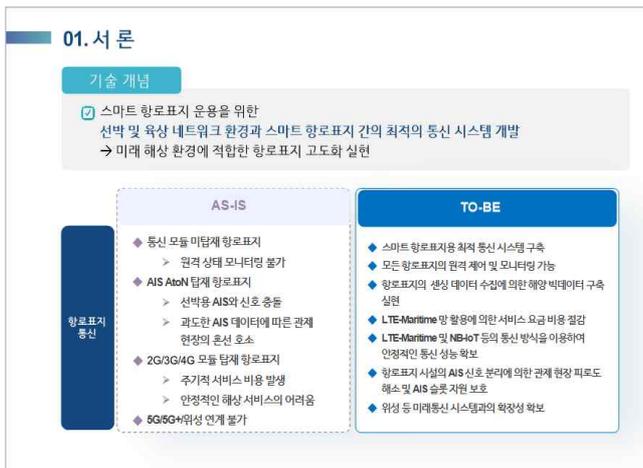
해양 사물인터넷 시스템 기반 스마트 항로표지시설 고도화

조성철* · 김형진 · 서석 · 신재승

*한국전자통신연구원 미래이동통신연구본부

요약 : 미래 해상환경에 대응하기 위해 기존 항로표지의 기술 및 역할에 ICT 기술을 융합하여 스마트한 해양 서비스 제공을 위한 노력이 계속되고 있다. 본 논문에서는 현 항로표지 통신 시스템의 문제점을 분석하고 스마트 항로표지 시설 고도화를 위한 최적의 통신 시스템 및 다중 통신 플랫폼 개발 방향을 제시하도록 한다.

핵심용어 : 해양 사물인터넷, 협대역 사물인터넷, 스마트 항로표지



* 저자 : sccho@etri.re.kr

03. 향로표지용 다중통신 플랫폼

	기존 향로표지 통신 기술 (AS-IS)		제안된 향로표지 통신 기술 (TO-BE)		
	4G (LTE)	5G NB-IoT	4G (LTE)	5G NB-IoT	5G NB-IoT
통신 규격	AIS	4G (LTE)	AIS	LTE-Maritime	5G NB-IoT
주파수대역	156.025MHz ~ 162.025MHz	850, 900, 1800, 2100, 2600MHz	156.025MHz ~ 162.025MHz	728-738MHz(UL) 778-788MHz(DL)	LTE-Maritime Guard band
대역폭	12.5KHz/25KHz	10MHz/20MHz	12.5KHz/25KHz	10MHz	200kHz
전송속도	9.6kbps	7.5bps/Hz	9.6kbps	7.5bps/Hz	127kbps
커버리지	~100km	~10km	~100km	~100km	~30km
전송전력	33, 41dBm	23dBm	33, 41dBm	23dBm	14, 20, 23dBm
서비스 이용요금	무료	유료	무료	무료	무료

04. 스마트 향로표지 최적 통신 시스템

NB-IoT InBand vs. GuardBand Mode

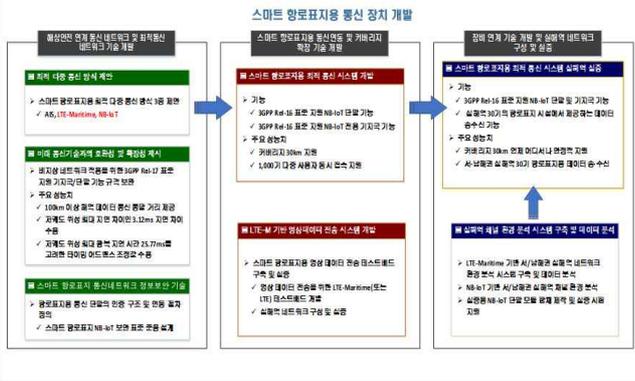
In-band

- LTE PDCCH, PBCH, CRS, SRS 등을 모두 고려해야 함 (LTE 신호 충돌 회피)
- 모뎀 기능, 스캐줄링 기능 등 복잡도 증가
- LTE-M 10MHz 대역폭 수용하도록 설계 변경 필요

	Stand-Alone Mode	In-band Mode	Guard-band Mode
Regulatory Approval	Yes (depends on license type)	No	Yes (mostly)
Spectrum Cost	High	High	None
Frequency Planning	Huge effort for GSM/UMTS refarming	No planning, upgrade every eNodeB	No planning, upgrade every eNodeB
Co-existence Performance Impact*	~4% GSM outage degradation ~4% UMTS Capacity loss	Interference to neighbor LTE PRB, NB-IoT SNN also impacted	Slightly better coexistence performance than in-band mode
Antenna System	Upgrade (add combiner)	Reuse	Reuse
RF Modules	New	Reuse	Reuse
Baseband Unit Symmetrical MCL (w/o Repetitions)	Upgrade	Upgrade	Upgrade
Repetitions	Moderate	Excessive	Excessive

* Performance results are taken from 3GPP TR 38.802 v13.0.0

04. 스마트 향로표지 최적 통신 시스템



04. 스마트 향로표지 최적 통신 시스템

NB-IoT 세부 사항

Category	4G LTE-Advanced pro		5G Era		
	Rel-13	Rel-14	Rel-15	Rel-16	Rel-17
Duplex Mode	FDD	FDD	FDD / TDD	FDD / TDD	FDD / TDD
Max. TBS	680/1000bits (DL/UL)	2536/2356bits (DL/UL)	2536/2356bits (DL/UL)	2536/2356bits (DL/UL)	2536/2356bits (DL/UL)
Modulation	BPSK, QPSK	BPSK, QPSK	BPSK, QPSK	BPSK, QPSK	BPSK, QPSK, 16QAM
HARQ	1 HARQ	1, 2 HARQ	1, 2 HARQ	1, 2 HARQ	14 HARQ
Power Class	3, 5 (23, 20dBm)	3, 5, 6 (23, 20, 14dBm)	3, 5, 6 (23, 20, 14dBm)	3, 5, 6 (23, 20, 14dBm)	3, 5, 6 (23, 20, 14dBm)
Mobility	Only idle-mode mobility	Connected mode mobility	Connected mode mobility	Inter-RAT idle-mode Mobility	
Power saving	PSM, eDRx	PSM, eDRx	eDRx enhancements		
Positioning		OTDOA	OTDOA	OTDOA	
Latency Reduction			SR support	SR support	
Feature	- Multitone transmission	- Multicast transmission group messaging	- Wake-up signals - Early data transmission - Small Cell support - SR support - Random access reliability and range enhancements	- Grant-Free Access - Simultaneous Multi-user transmission - Enhanced Group message Mechanism	- Study on NB-IoT support for NTN

TBS: Transport Block Size, SR: Scheduling Request, PSM: Power Saving Mode, OTDOA: Observed Time Difference of Arrival, eDRX: extended Discontinuous Reception, NTN: Non-terrestrial Network

04. 스마트 향로표지 최적 통신 시스템

NB-IoT Rel-16

선정 근거

- Wide Area
 - Good MCL
 - service coverage 20dB 향상
 - Heavy rain 등 악천후에 유리
- Low power - 배터리 교환없이 10년
 - 저전력 소모 - 유지 보수에 유리
- Low cost
 - 교체 주기별 소요예산 저감
- Massive connectivity
 - 셀내 52,547개 단말 수용
 - 향로표지 수용성 확장
- Easy deployment

Standardization	5G NR	4G LTE	3GPP	2G GSM	1G	CDMA	IS-95
Channel BW	100kHz	7.5-20MHz	200kHz	1.4-20MHz	1.4-20MHz	1.4-20MHz	1.4-20MHz
System BW	100kHz	1.4-20MHz	1.4-20MHz	1.4-20MHz	1.4-20MHz	1.4-20MHz	1.4-20MHz
Peak Data Rate	UL: 100Mbps DL: 600Mbps	UL: 100Mbps DL: 744Mbps					
Max. number of Message per day	140 (2000)	5000 (2000)	5000 (2000)	5000 (2000)	5000 (2000)	5000 (2000)	5000 (2000)
Device Peak Tx Power	14dBm	14dBm	23dBm	23dBm	23dBm	23dBm	23dBm
MCL (Maximum Coupling Loss)	UL: 156dB DL: 147dB	UL: 156dB DL: 147dB	164dB	144dB	144dB	144dB	144dB
Device Power Consumption	Low	Low-Medium	Low	Medium	Medium	Medium	Low-Medium

Comparing NB-IoT with other cellular IoT and LPWA technologies. Source: Dobbin, 2016, 14.

04. 스마트 향로표지 최적 통신 시스템

5G NB-IoT 세부 사항

최대 전송률	5G NB-IoT 기지국과 단말간의 최대 데이터 전송률 측정(DL 127kbps/UL 159kbps)
데이터 전송 형식	Data only
커버리지	10% BLER에서 Maximum Coupling Loss (164dB)
측정 커버리지	5G NB-IoT 기지국과 단말간의 통신 단절되는 거리 측정 (>30km)
무선규안 전송 신뢰도	5G NB-IoT 기지국과 단말간의 송수신 데이터 신뢰도를 BLER로 측정 (10 ⁻⁷)
전송 지연	기지국으로부터 command 내려 기지국에서 응답 받기까지 지연 시간 (10초 이내)
연결 밀도	단위 셀 사이트 섹터내 연결밀도 (최대 52547대)
배터리 수명	배터리 수명 10년 (배터리 용량 5Wh)

05. 스마트 항로표지 최적 통신 시스템 개발

목표 스마트 항로표지용 최적 통신네트워크 개발 및 실증화

항로표지용 통신 연동 및 커버리지 확장 기술 (NB-IoT)

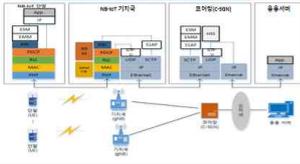
최종 목표

- 스마트 항로표지용 최적 통신 시스템 개발
- 스마트 항로표지 상태 모니터링 및 원격 제어, 1000기 이상 동시 접속 지원 기술 개발

주요 연구 내용

- 3GPP Rel-16 표준 지원 5G NB-IoT 단말 모듈 개발
- 3GPP Rel-16 표준 지원 5G NB-IoT 기지국 플랫폼 개발
- 센서 인터페이스를 통한 NB-IoT 서비스 구현

스마트 항로표지용 최적 통신 시스템 구성도



미래이동통신 기술과의 호환성 및 확장성

최종 목표

- 5G IoT 기술 기반 비저상 네트워크를 위한 호환성 및 확장성 확보
- 비저상 네트워크 적용을 위한 3GPP Rel-17 표준 지원 기지국연동 기술 확보

주요 연구 내용

- 비저상 네트워크 적용을 위한 화상링크 동기 추정 기술 연구
- 비저상 네트워크 적용을 위한 상향링크 타이밍 어드밴스 조정 기술 연구
- 비저상 네트워크 적용을 위한 랜덤 액세스 절차 보완
- 비저상 네트워크 적용을 위한 지연에 강한 재전송 기술 연구

Rel-17 Non-Terrestrial networks 해상 적용 방안



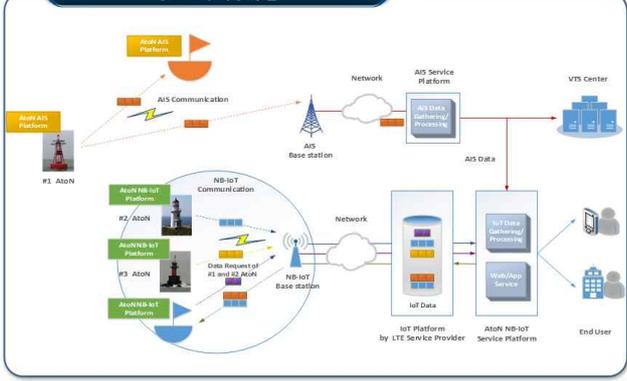
07. 시스템 구현 계획

2차년도 3차년도 4차년도



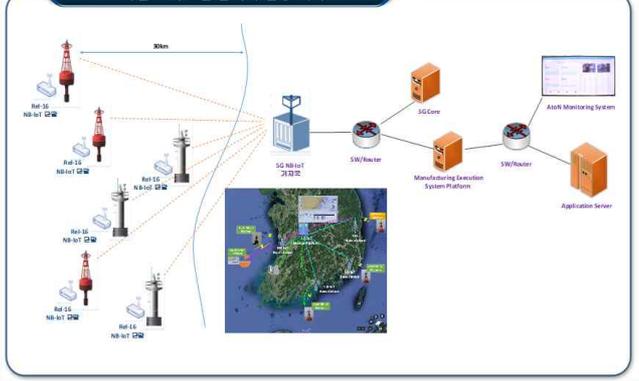
05. 스마트 항로표지 최적통신 시스템 개발

항로표지 적용 방안



07. 시스템 구현 계획

5차년도 시스템 실해역 실증 계획



06. 1차년도 개발 현황



08. 결론

5G 기반 스마트 항로표지 통신 시스템 구축

해상 IoT 시스템 구축

- 해상의 모든 시설에 대한 IoT 환경 구축 → 방대한 데이터를 수집하고 가공
- 셀 커버리지 및 요구사항에 맞춰 NB-IoT 시스템 구축
- 시 기반 해상 사고 위험을 신속히 예측하고 예방
- 빅데이터 가공 처리로 필요한 정보를 사용자에게 맞춤형으로 제공

스마트 항로표지 다중통신 플랫폼 개발

- 항로 표지시설간 통신
- 항로표지 시설 모니터링
- Mobile control panel을 통한 원격 실시간 상태 파악 및 제어
- AIS 데이터, 센싱 데이터 및 항로표지 시설의 방대한 데이터 수집 및 분석
- 해상 원거리 통신의 소형셀 기지국 역할 수행
- 이동체 거리 측정에 따른 선박 충돌 방지 시스템 구축

ACKNOWLEDGMENT

“이 논문은 2021년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(스마트항로표지 현장시설 고도화, 20210636)”