

해양극지기초원천기술개발사업
(Brain Research Program)

ICT 기반의 융복합 극지 환경 관측 시스템 개발
(Development of a ICT based observation systems of
polar environment)



한양대학교에리카 산학협력단

제 출 문

과학기술정보통신부 장관 귀하

이 보고서를 “ICT 기반의 융복합 극지 환경 관측 시스템 개발“과제의 최종보고서
(연구기간: 2017.01.01~2021.03.31)로 제출합니다.

2021년 03월 31일

위탁연구기관명 : 한양대학교에리카 산학협력단

위탁연구책임자 : 이찬길

연구원 : 김학은, 노승호, 양희권,
박지홍, 이재룡, 이현석,
홍현우

(이상 한양대학교에리카)



최종보고서										보안등급	
										일반[√], 보안[]	
중앙행정기관명		과학기술정보통신부			사업명		사업명		거대과학연구개발사업		
전문기관명(해당 시 작성)		한국연구재단					내역사업명		해양극지기초원천기술개발사업		
공고번호					총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)						
					연구개발과제번호		2017M1A5A1013570				
기술분류	국가과학기술 표준분류		EE0902	100%							
	부처기술분류 (해당 시 작성)		Y08	100%							
연구개발과제명 (세부과제-1)		국문	북극권 동토 관측 거점을 활용한 환경변화 감시와 예측								
		영문	Arctic permafrost environment change monitoring and prediction method developments								
위탁연구개발명		국문	ICT 기반의 융복합 극지 환경 관측 시스템 개발								
		영문	Development of a ICT based observation systems of polar environment								
위탁연구개발기관		기관명	한양대학교 에리카산학협력단			사업자등록번호		134-82-10205			
		주소	경기도 안산시 상록구 한양대학교로 55 (사동, 한양대학교내 학연산 클러스터지원센터212호)			법인등록번호		131471-0017977			
연구책임자		성명		이찬길		직위		교수			
		연락처	직장전화	031-400-5294		휴대전화		010-5336-5295			
			전자우편	cklee@hanyang.ac.kr			국가연구자번호		10113470		
연구개발기간		전체		2017. 01. 01 - 2021. 03. 31(4년 3개월)							
		단계 (해당 시 작성)	1단계	2017. 01. 01 - 2017. 12. 31(1년 개월)							
			2단계	2018. 01. 01 - 2021. 03. 31(3년 3개월)							
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				합계		연구개발비 외 지원금
		현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	
총계		240,000							240,000		240,000
1단계		1년차	-						-		-
		2년차	60,000						60,000		60,000
2단계		1년차	60,000						60,000		60,000
		2년차	60,000						60,000		60,000
		3년차	60,000							60,000	

연구개발담당자 실무담당자	성명	양희권	직위	박사
	연락처	직장전화	031-400-4038	휴대전화
		전자우편	hkyang77@hanyang.ac.kr	국가연구자번호

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2021년 03월 31일

연구책임자: 이 찬 길 (인)

위탁연구개발기관의 장: 한양대학교에리카 산학협력단장 (직인)

과학기술정보통신부 장관 귀하



< 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명		해양극지기초원천기술개발사업		총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			
내역사업명 (해당 시 작성)				연구개발과제번호		2017M1A5A1013570	
기술 분류	국가과학기술 표준분류	EE0902	100%				
	부처기술분류 (해당 시 작성)	Y08	100%				
연구개발과제명 (위탁과제)		ICT 기반의 융복합 극지 환경 관측 시스템 개발					
전체 연구개발기간		2017. 01. 01 - 2021. 03. 31(4년 3개월)					
총 연구개발비		총 240,000 천원 (정부지원연구개발비: 240,000천원, 기관부담연구개발비 : 천원, 지방자치단체: 천원, 그 외 지원금: 천원)					
연구개발단계		기초[<input checked="" type="checkbox"/>] 응용[<input type="checkbox"/>] 개발[<input type="checkbox"/>] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[<input type="checkbox"/>]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준() 종료시점 목표()	
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)		KOPRI					
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)		극지역부서					
연구개발 목표 및 내용	최종 목표	ICT 융복합 기술을 활용하여 극지역 기후 변화를 원격으로 관측하기 위 한 기술개발로서, 적절한 계측 센서의 선정과 실시간 원격모니터링 시스 템을 개발하여 극지역의 관측지에서 운영하는 것을 목표로 함.					
	전체 내용	<p>극지역 기후 변화를 원격으로 관측하기 위한 고신뢰성 사물인터넷 기반 의 관측시스템 개발 및 구축을 완료함. 기후 환경·센서 인터페이스 및 통 합 기술 센서 통합 기술과, 극환경 센서 통합 모듈을 국산화함. 사물인터 넷 네트워크 인프라 기술로서 ZigBee/WPAN, LoRa/WAN 네트워크를 구 성함.</p> <p>극환경에서도 센서가 동작을 하기 위해 항온항습기술 및 배터리 수명 연장을 위한 저전력 기술을 개발함. 사물인터넷(IoT) 인프라 및 플랫폼 핵심 요소 기술 개발로 광역의 기후, 환경 정보를 수집하는 시스템 기술 개발로 다양한 분야에 응용이 가능하며 극지 환경에서 수집된 환경 데이 터는 빅데이터로 활용이 가능하다.</p>					

	1단계	목표	저전력 로컬 네트워크의 핵심 요소 기술 개발
		내용	위성통신 규격분석 및 접속기술 개발 극지 연구의 필수 센서 선정 및 연동 기술 개발
	2단계	목표	현장 적용 관측 시스템의 통합 기술 개발 및 운영
		내용	저전력 로컬 네트워크 성능 개선 및 신뢰성 확보 다양한 센서 선정 및 연동기술 고도화 기 개발된 기술을 바탕으로 국산화 추진 관측 데이터 수집 및 통합 분석 기술 개발

연구개발성과	IoT 기반 극지 환경 모니터링 시스템 구축을 위한 LPWAN 게이트웨이 및 환경 센서 모듈 개발, 극한지 환경에서 신뢰성 검증을 완료함, 광역 통신이 가능한 핵심 하드웨어 장치 개발로 광역 센서 네트워크 구축을 완료.
--------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<p>본 연구개발 결과물은 극한지 뿐만 아니라 통신 및 전력 인프라가 구비되지 않은 환경에서 보다 넓은 영역의 환경 인자를 원격으로 관측이 가능함.</p> <p>선진국 대비 낙후된 기상 전후방 산업에 ICT 융복합 기술을 접목하여 산업 활성화를 도모하고 데이터 로거, 원격 모니터링 시스템 등 수입 핵심 제품을 국산화함으로써 수입 대체 효과 및 수출 기대까지 할 수 있게 됨.</p>
---------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

연구개발성과의 비공개여부 및 사유	해당사항 없음
--------------------	---------

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
1												

연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설·장비 명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호

국문핵심어 (5개 이내)	원격 모니터링	기후 변화	사물인터넷	무선센서 네트워크	데이터 로거
---------------	---------	-------	-------	-----------	--------

영문핵심어 (5개 이내)	Remote Monitoring	Climate Change	IoT	WSN	Data Logger
---------------	-------------------	----------------	-----	-----	-------------

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	1
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용	4
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도	30
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)	36
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도	37
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	37
별첨자료 (참고 문헌 등)	39



1. 연구개발과제의 개요

본 연구개발 과제는 ICT 융복합 기술을 활용하여 극지역 기후 변화를 원격으로 관측하기 위한 기술개발로서, 적절한 계측 센서의 선정과 실시간 원격모니터링 시스템을 개발하여 극지역의 관측지에서 운영하는 것을 목표로 함

1. 극지 환경 계측센서 통합 관리
2. 원격시스템 자료 수집 및 분석
3. 극지환경에서의 실시간 원격모니터링 시스템 구축



Fig. 1. ICT Based Polar Environment Monitoring System.

- (극지 연구의 필요성) 지구 전체 면적에서 무려 9%를 차지하는 극지방은 근래에 지구온난화에 따른 빙하감소로 이슈가 되고 있음
 - 또한 개발 가능한 자원탐색에 대한 관심도 많아지고, 이에 대한 연구를 위해 국가들의 정책이 세워지고 있음.
 - 앞으로 확보가능한 자원개발도 사전에 연구를 많이 한 국가들에 우선권이 주어질 가능성이 높아 국가 이익에 직결될 수 있음.

- (극지연구에 IoT 적용의 필요성) 환경오염 및 기후변화에 따른 생태계 변화는 미래사회의 최대 위협으로써, 생태계 변화에 대한 실시간 모니터링 및 이를 기반으로 한 예측 시스템 확보를 위한 체계적이고 장기적인 대책이 필요한 시점
 - 기존의 생태계 모니터링은 대부분 제한된 공간과 단순 표본 수집에 의거하여 생태계 변화에 대한 정확한 예측이 어려움
 - 기상, 환경 등의 관측은 국내외적으로 기상 레이더, 위성 등 다양한 방법 등으로 대부분 넓은 지역을 대상으로 하고 있어 보다 조밀하고 세부적인 생태, 기상 또는 환경 정보를 수집하기엔 한계가 있음
 - 무선센서네트워크(WSN) 기반의 사물인터넷(IoT) 기술은 보다 좁은 범위에서 다양한 정보를 보다 정확하게 관측할 수 있는 장점이 있어 차세대 실시간 생태계 모니터링 네트워크로 활용범위를 넓혀가고 있음
 - 기존의 IoT 연구는 대부분 전력이 쉽게 공급되고, 네트워크 접속이 비교적 쉽고, 인터넷에 간단히 연결할 수 있는 실내 혹은 도심지에 초점을 맞추어 왔으나, 그 반대의 상황인 극한 지역에서 IoT 시스템을 보급하는 것은 매우 도전적인 과제임. 따라서, 최종 목표는 IoT 확장성에 힘입어 글로벌 환경 센서 웹 (Global Environmental Sensor Web)을 만드는 것임.
 - 현장의 센서 네트워크로 부터 거의 실시간으로 수집된 데이터와 이와 결합된 맵핑 데이터 소스(지질, 토양 유형 및 지형 등), 모델기반 데이터 및 데이터 융합에 의한 데이터 세트를 이용하여 지구 시스템 프로세스를 이해하기 위한 분석 도구를 제공. 이러한 시스템은 지구 환경 변화에 대한 시각을 제공 할 수 있게 됨.
 - 과거 10년간 무선 센서 네트워크(WSN) 기술은 급격한 발전이 있었으며 빙하, 동토, 화산 등의 대규모 환경분야 연구에 활용. 최근 환경 센서 네트워크(Environmental Sensor Network)는 차세대 IoT 디바이스를 구축에 있어 소형화, 전원 관리, 통신, 상호 연결성 및 표준화, 견고성, 확장성, 관리 및 유용성, 보안 등에서 도움이 될 것임.
- (극지연구에 IoT 적용의 필요성) 최근 ICT 기술 발전과 사물인터넷 환경에 대한 요구 증대에 따라 다양한 환경정보수집 및 관리가 사물인터넷 환경에서 이루어지고 있음
 - 환경 연구 분야에서도 기존에 유선으로 연결되었던 각종 센서 장비들이 점차 무선화되고 있으며 작업 효율을 높이면서, 생태보존 차원에서도 적지 않은 기여하고 있음
 - 접근이 어려운 극지 환경에서 지속적인 데이터 수집을 위한 장기간 장비 가동을 위해 선이 손상되지 않는 무선장비는 운영측면에서 추가적인 장점이 될 수 있음
 - 현재 극지 연구 분야에서 많이 사용되는 Campbell Scientific사의 제품도 이런 추세에 있음. (최근에 새로 도입되는 시스템은 주로 900 MHz 대역의 통신으로 센서와 근거리 통신망 기지국을 연결하고 있는데 센서와 기지국 사이의 거리는 수백 미터까지 가능하며, 전력 차원에서는 AA 건전지 두 개로 (15분 polling 주기) 일 년 동안 데이터 수집이 가능함)
 - 일반적으로 현장 내에서 각종 센서 및 데이터로거를 연결해 줄 수 있는 근거리 통신망이 구성되는 경우가 많으며 앞으로 연구 계획은 Campbell사에서 현재 사용하는 무선 방식과는 다른, 극지 연구 환경에 더 적합한 기술로 판단되는 기술을 적용하여 개발하였으며 핵심 유무

선 데이터 수집 장치들을 개발하였음.

- 다양한 기기를 인터넷 프로토콜로 모아 많은 정보를 한 눈에 확인할 수 있도록 하는 IoT 기술 연구를 통해 적용 예정인 통신 기술은 저속근거리(WPAN) 통신과 저전력 중장거리(LPWA)로 구성하였음.

○ (미래 확장성) IoT 기술은 다양한 응용분야에서 데이터에 기반을 둔 많은 잠재적 이점을 갖고 있으며, 특히 환경 모니터링 통한 미래 위험요소에 대한 예측 및 경고 등 다양하게 활용 가능함.

- 현재 극지 환경의 많은 기본 특성들조차도 잘 모니터링 되고 있지 않음. 한 예로 현재의 지구 온난화가 이산화탄소와 메탄을 생산하는 영구 동토층을 녹이는 과정 등임. 추가 온실 가스가 전지구 대류권에 잘 혼합되어 있음에도 불구하고 이것은 북극의 증폭에 기여하는 요인 중 하나임 . 이로 인해 북극에서 현재 많은 변화가 일어났으며, 이는 제트 기류의 위치에 영향을 미친 최근의 극한 기상 현상을 설명 할 수 있는 해빙의 용해 가져옴. 그러나 현시점에서 북극에서 이산화탄소와 메탄 생산을 측정하는 현장 모니터링을 위한 장비들은 거의 없는 실정임.
- 극지 환경 뿐 아니라, 쓰나미 경보 시스템, 번개 탐지, 산불 알람 등의 다양한 종류의 센서 네트워크 시스템이 존재. IoT는 보다 신속한 배치 및 데이터 통합 측면에서 매우 큰 잠재적 장점을 있어 다양한 분야에 확장 적용이 가능함.



2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

□ 주요 추진 내용 (2017년~2020년)

1차년도 (2017년)	핵심요소기술개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 저전력 로컬 네트워크의 핵심 요소 기술 개발 (ZigBee-WPAN, LPWA-WAN) ○ 위성통신 규격분석 및 접속기술 개발 ○ 극지 연구의 필수 센서 선정 및 연동 (지중온도, 지표온습도, CO2, CH4) 기술 개발 ○ 관측시스템 현장 적용 성능 검증 및 개선
2차년도 (2018년)	기술고도화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 저전력 로컬 네트워크 성능 개선 및 신뢰성 확보 (ZigBee-WPAN, LPWA-WAN, ZigBee/LPWA-위성) ○ 다양한 센서 선정 및 연동기술 고도화 ○ 관측시스템 현장 적용 성능 검증 및 개선
3차년도 (2019년)	시스템통합기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현장 적용 관측 시스템의 통합 기술 개발 ○ 기 개발된 기술을 바탕으로 국산화 추진
4차년도 (2020년)	시스템통합운영 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현장 적용 관측 시스템의 통합 운영 ○ 관측 데이터 수집 및 통합 분석 기술 개발

○ (요약) ICT 기반 극지환경 모니터링 시스템

- 환경센서: 지중온도, 지표온습도, CO2, CH4, 지중수분함량, 침하률을 관측하기 위한 센서 인터페이스 개발(통합 및 확장 가능)
- 센서네트워크 기술: 저전력 단거리 구축용(WPAN)과 저전력 중장거리 (LPWA) 통신 기술을 적용하여 개발
- 이종네트워크 접속 기술: 이종 네트워크 연동이 가능한 게이트웨이 개발, 위성통신은 극지 관측사이트에서 24시간 안정적 접속이 가능한 이리듬통신 방식을 채택하여 개발.
- 시스템 통합운영 기술: 수집된 데이터를 체계적으로 관리하기 위하여 개방형 IoT 플랫폼 기술을 적용하여 개발

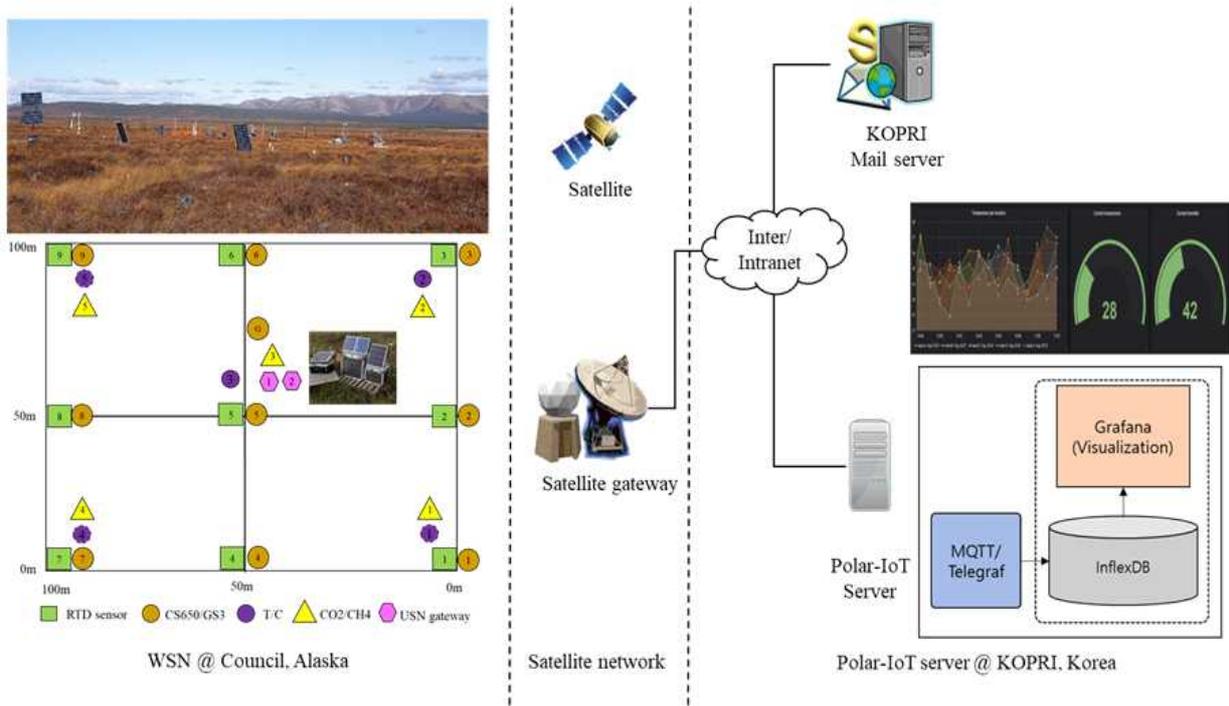


Fig 2. ICT Based Polar Environment Monitoring System.

○ WPAN-위성 게이트웨이, LPWAN-위성 게이트웨이 기술 개발

- LPWA는 저전력, 광역 통신망(LPWAN) 응용 분야를 대상으로 하는 기술로 최대 15킬로미터 이상의 거리를 지원하며 최대 1백만 노드를 수용함.(저전력 및 장거리의 조합은 데이터 전송율을 최대 50킬로비트/초(Kbps)로 제한)
- LPWA는 ISM 대역에서 작동함. LPWA에서 사용하는 CSS는 낮은 전력 소비를 요구하는 저 데이터 전송률(<1Mb/s) 응용에 매우 적합함. 저속도 표준인 IEEE 802.15.4a는 무선 개인 통신망(LR-WPAN)에서의 사용을 위한 기술로서 이를 정의함. LPWA 사양서는 LPWAN을 위한 매체 접근 제어(MAC) 계층을 정의하며 물리층 위에 구현되며 통신 프로토콜 및 네트워크 아키텍처를 지정함. LPWA 네트워크 아키텍처는 별의 별형 토폴로지를 사용하며 이 토폴로지에서 각 엔드 노드(센서보드)는 네트워크 서버와 통신하는 여러 게이트웨이와 통신 가능함. 따라서, 극한 환경 원격 모니터링을 위해 전원 인프라가 구축된 곳에 게이트웨이를 설치하면 반경 15킬로미터 내에서 실시간 환경 관측이 가능함. 통신 도달 거리가 수 킬로 미터로 원격 데이터 획득, 날씨 모니터링, 토양 수분 레벨 등 환경 데이터의 실시간 수집이 가능하여 IoT 기반 관측 시스템 구축에 용이함.따라서, 극한 환경 원격 모니터링을 위해 전원 인프라가 구축된 곳에 게이트웨이를 설치하면 반경 15킬로미터 내에서 실시간 환경 관측이 가능함.

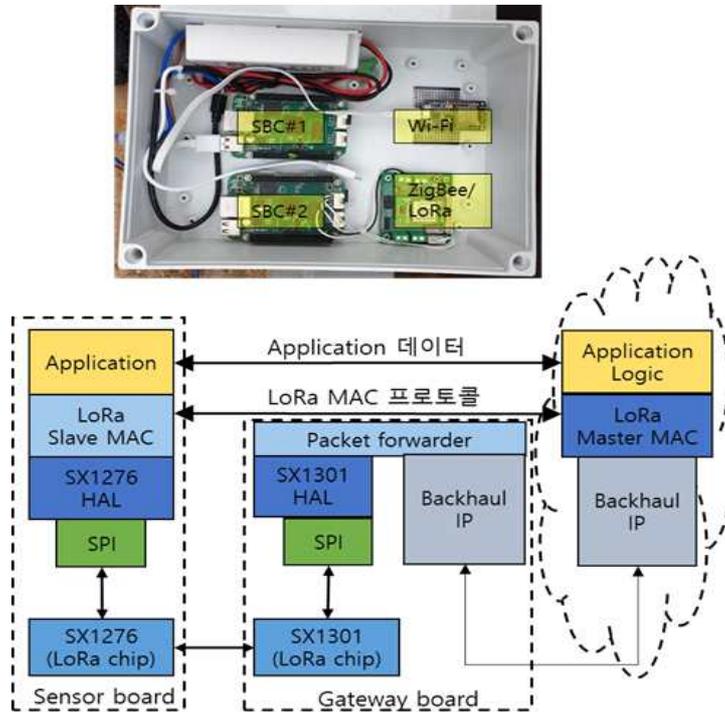


Fig. 3. Satellite USN-Gateway(ZigBee/LPWA)

- 개발 내용은 크게 센서의 데이터를 읽어서 원거리로 보내기 위한 통신전용 LPWA 앤드 디바스용 모듈 제작. 단말에서 보낸 데이터를 수신해서 인터넷 상에 있는 서버로 보내기 위해 LPWA Gateway와 서버 프로그램을 개발. LPWA 서버의 데이터를 MQTT 프로토콜로 이중 서버로 전송하는 구조로 개발.
 - LPWA은 대규모 저전력 장거리 무선 기술로서, CSS(Chirp spread spectrum) 기반 변조방식을 이용하여 높은 감도로 견고한 네트워크 링크를 구성하여 네트워크 효율을 증가시키는 반면 간섭을 제거할 수 있도록 구성되어 있음.
 - 또한 수백bps 이하의 낮은 데이터 전송 율을 사용하여 Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth 등에 비하여 도달 거리가 길고 소규모 기기에서도 동작이 가능하여 배터리 기반의 센서들과 저전력 어플리케이션에 최적화된 기술. LPWA 네트워크의 ADR(Adaptive Data Rates)은 통신 속도를 전송 데이터 용량에 따라 조정가능함. 따라서 저용량 데이터 전송시 통신 속도를 줄여 통신 거리를 늘릴 수 있음.
- 유·무선데이터로거 및 위성통신 규격 분석 및 접속기술 개발
- USN 게이트웨이는 각 센서인터페이스 보드의 무선 통신 모듈에서 전송한 데이터를 수집하고 무선 네트워크를 관리하는 장치임. 수집된 데이터는 이리듐(Iridium) 모뎀을 통해서 미리 정의된 메일 계정으로 데이터를 송신.
 - SBC(Single Board Computer) 보드는 저전력 MCU(Micro Control Unit)을 사용하여 설계함. CPU 모듈은 활성화 상태에서 평균 ~20mA 전류를 소비함. uSD 카드에 데이터를 자체 저장하여 위성 통신 장애 발생 시에도 자료 백업 가능.
- 센서 인터페이스 보드 개발

알래스카 카운실 동토의 지층에 따른 온도 변화 관찰을 위해 설치된 K 타입의 열전대 센서값을 무선 메시 네트워크에(ZigBee-Pro) 연결하기 위한 인터페이스 보드를 개발하였음. 전원은 3.6V 배터리를 동작 할 수 있게 하였으며, 극한 환경에서 장시간 운영 될 수 있도록 $-45 \sim 85 \text{ } ^\circ\text{C}$ 범위에서 동작 할 수 있도록 설계되었음. 또한, 10비트 ADC(Analog to Digital Converter)을 12비트 사양으로 개선함으로써 보다 고정밀 측정이 가능하도록 하였음. Fig. 4.는 설계 제작된 저전력 센서 인터페이스 보드임.

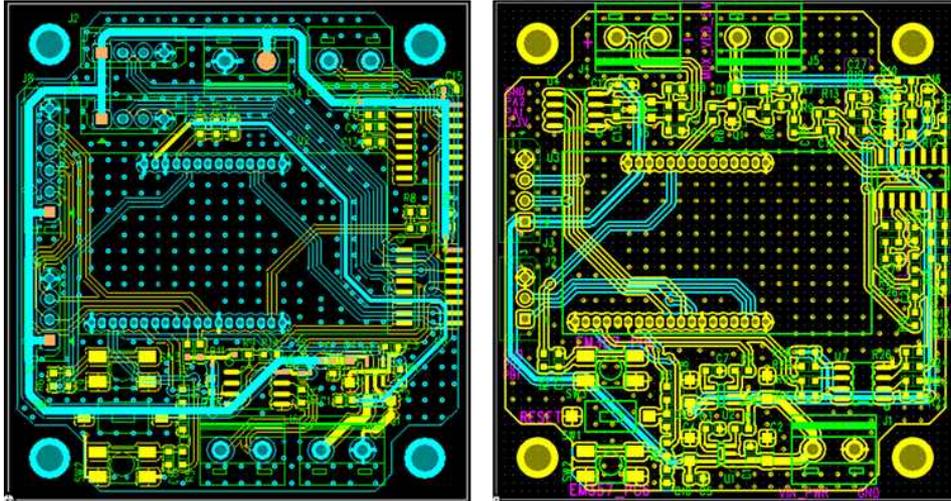


Fig. 4. Low power sensor interface board [CO2(Left), VW(Right)]

1) 전기저항식 변형률계 (Foil Strain Gauge) 인터페이스 보드 개발

스트레인 게이지는 측정 대상체의 표면에 가해진 힘으로 인한 표면 변형을 측정하기 위한 센서로 물체의 표면에 부착하는 전기저항식 센서임. 스트레인 게이지의 일반적인 용도로는 물체의 강도가 주된 고려사항이고 테스트 대상이 자동차, 항공기 또는 고속도로 다리와 같은 기계 또는 장치의 구조적 변형 특성 분석용임. 스트레인 게이지는 또한 적용된 힘의 크기가 측정의 초점인 정밀 트랜스듀서 내부에서 사용가능. 금속 표면에 부착하여 힘, 무게, 압력, 변위 및 가속도 등 다양한 물리적 특성 측정이 가능함.

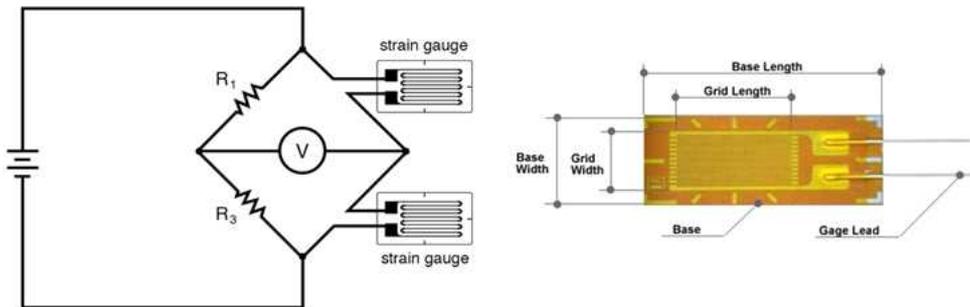


Fig. 5. Foil Strain Gauge Circuit.

아래의 사진은 개발한 전기 저항식 스트레인 게이지 인터페이스 보드임.

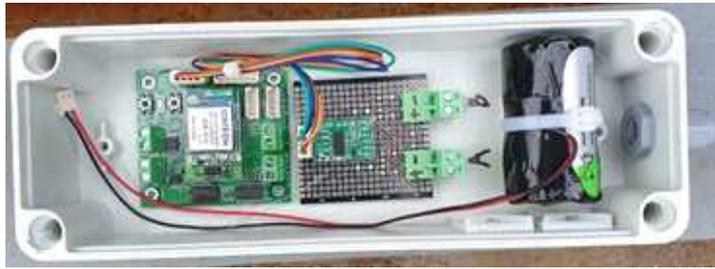


Fig. 6. Electrical resistance strain gauge interface board.

2) 진동현 센서 인터페이스 보드 개발

진동현 센서의 동작 원리는 일정하게 변하는 신호를 선에 보내고, 선에 가해지고 있는 장력(힘)에 의하여 부하 센서로 돌아오는 주파수 값의 변화로 장력을 계산. 이러한 방식으로 진동현 센서는 움직임이나 가해지는 힘이 측정 가능함. 하지만 장력은 절대기준에 대한 상대적 움직임을 측정하기 때문에, 안정된 구조체(structure)가 되어야 함.

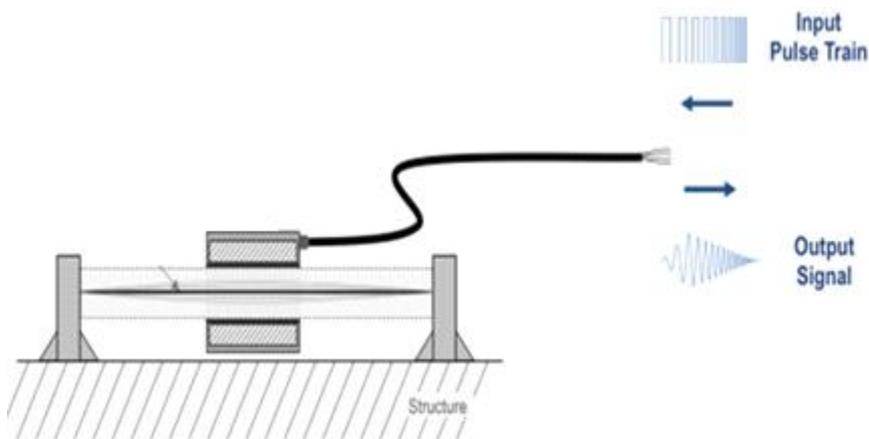


Fig. 7. Principle of Vibrating Wire sensor measurement.

Fig. 8.은 진동현 타입 센서 출력을 감지하기 위한 핵심회로도 회로에서 발생한 PWM 신호에 의해 여자된(excitation) 진동현에서 피드백되는 미세한 출력 신호를 증폭하기 위한 증폭회로와 필터 회로로 구성됨. 증폭된 최종 신호는 진동현 센서의 장력에 대응하는 공진주파수로 센서가 설치된 구조물의 변형을 감지할 수 있게 됨.

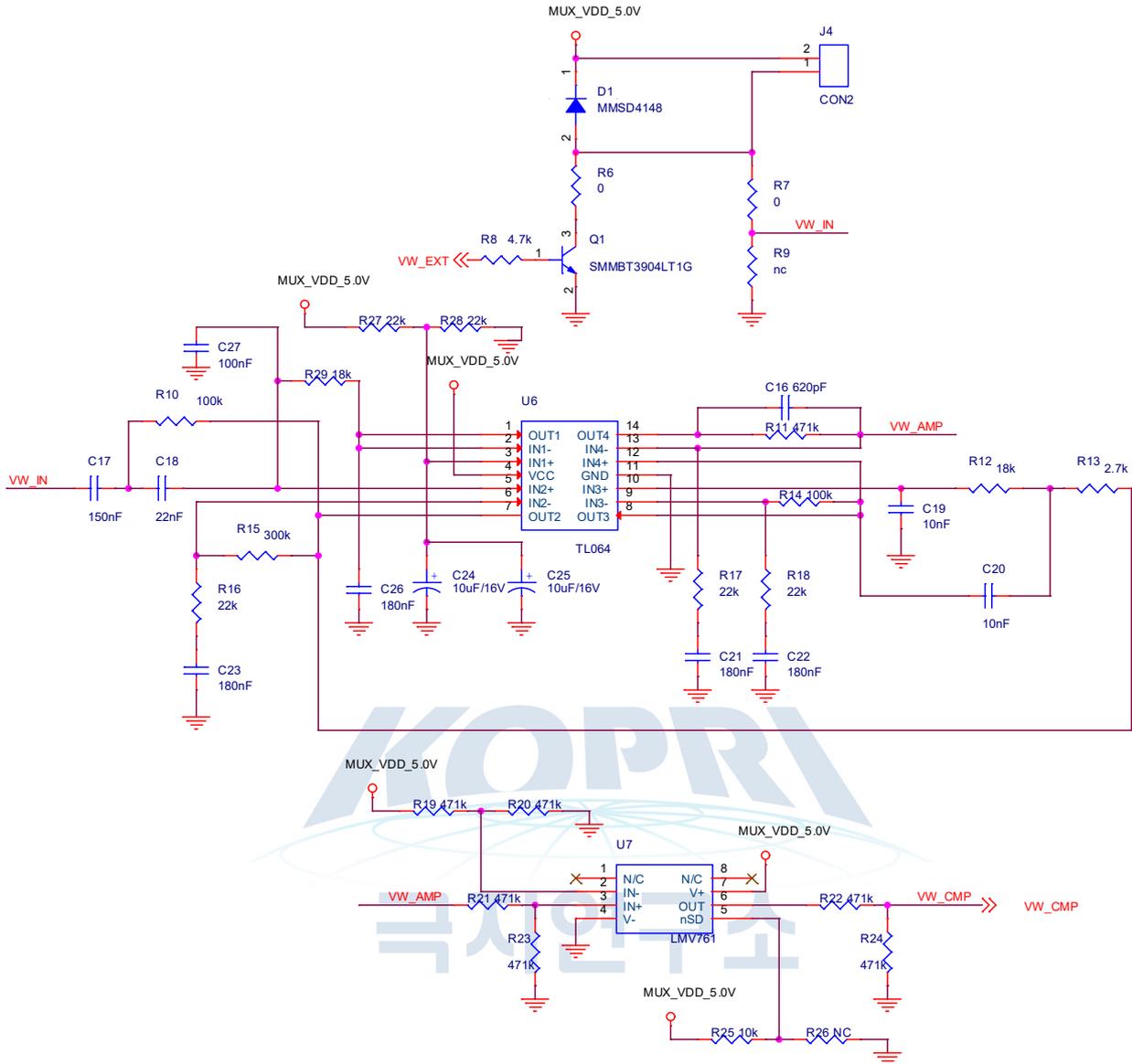


Fig. 8. VW sensor interface Core circuit.

Fig. 9.는 개발된 진동현 타입 센서 로거용 통신 모듈과 시스템 구성임.

통신 모듈은 진동현로서에 저장된 데이터를 WSN을 통해 게이트웨이로 전달하고 측정 주기와 전원을 제어하는 역할을 함.



Fig. 9. Vibrating Wire sensor interface board.

3) 태양광 충전형 통합센서 인터페이스 보드 개발

지중온도센서 8채널, CO₂, CH₄, 지포온습도 센서 데이터를 WSN을 통해 게이트웨이로 전달.

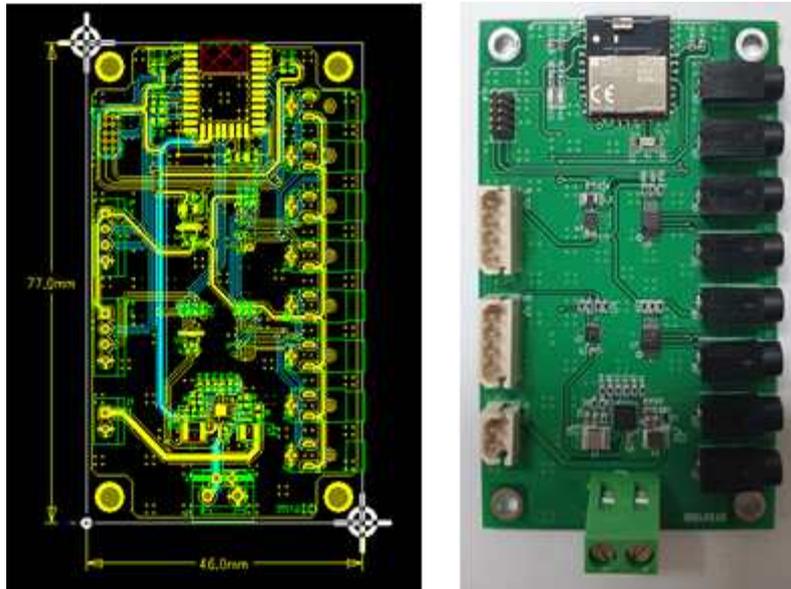


Fig. 10. Solar powered Multi-sensor interface board.

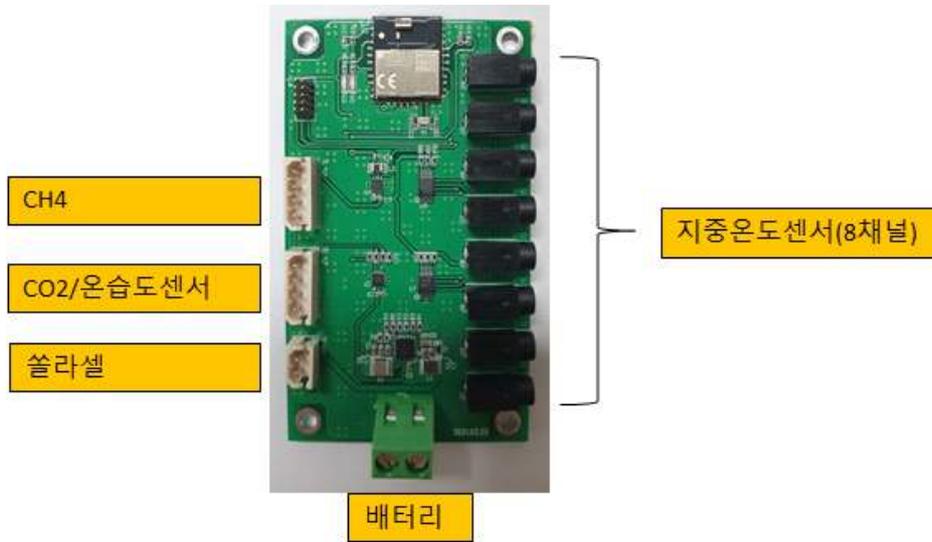


Fig. 11. Solar powered Multi-sensor interface board connection diagram.

아래 그림은 10초에 1회 온도를 측정하여 WSN을 통해 게이트웨이로 전송할 때의 보비 저력을 측정한 결과임. 평균 전류는 75.2uA.

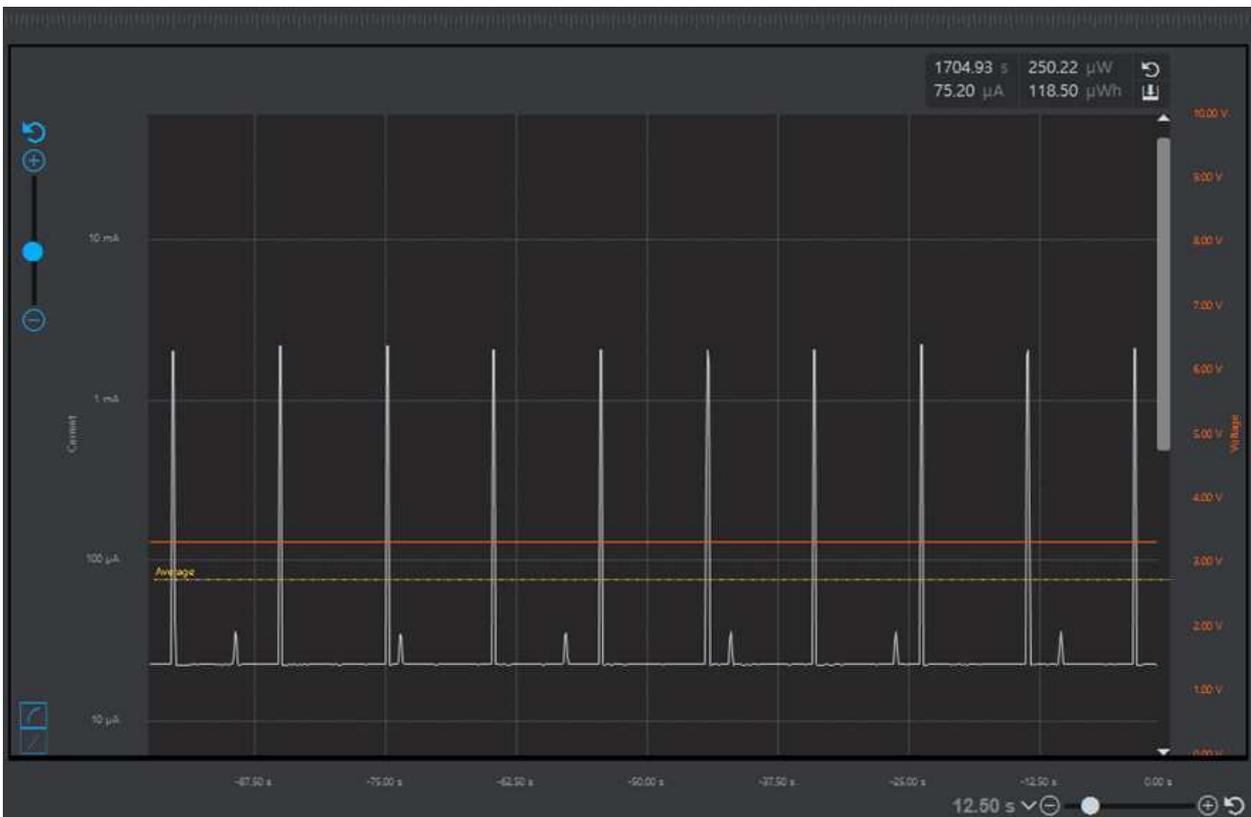


Fig. 12. Power consumption analysis of Integrated-sensor interface board.

- 극지 무인 원격 모니터링 시스템 신규 설치 및 성능 개선
(기존 노후 장비 교체 및 신규 센서 설치)



Fig. 13. USN-Gateway.



Fig. 14. Sensor interface.

개발된(극한지 지반 및 구조물 모니터링 시스템) 통신 및 로깅 장비의 장거리 통신 및 로깅 시스템 수정 보안을 위한 현장 시험 진행. 알래스카 카운실 인근 지역에서 지반 특성 수집 노후 장비의 교체 및 동토 층에서 깊이별 지반 히빙 현상, CO2 변화 등을 분석하기 위한 모니터링 장비 설치.

메인 USN 게이트웨이 태양광 충전 시스템 점검 및 관측 데이터 수거. 센서 배터리 교체, 점검 및 인터페이스 보드 부착.



Fig.15. Install USN-Gateway.

○ 로컬네트워크 신뢰성 확보

- 장거리 무선 통신 기술을 활용하여 신뢰성 확보
- LPWA 개발 내용 상세

극지 환경에서 원격으로 날씨 상태, 토양 수분 레벨 등 환경 데이터 획득하기 위한 무선 통신기술의 신뢰성 확보를 위해 저 전력으로 안정된 통신 성공률이 보장 되어야 함. 장거리 통신이 가능한 기술을 접목할 경우 게이트웨이와 관측노드(센서) 사이의 거리 제약을 극복할수 있어 유리함. LPWA 기술을 이런 측면에서 매우 유리함 규격임. 또한 극지 관측 시스템의 경우 센서 노드가 서로 멀리 떨어져 있는 경우가 많고 배터리로 구동되므로, 최적의 무선 프로토콜은 최소한의 전력 소비로 긴 거리에 걸쳐 작은 데이터 패킷을 효율적으로 전송할 수 있어야 함. LPWA 프로토콜은 이러한 요구 사항을 정확히 충족함. LPWA는 저전력, 광역 통신망(LPWAN) 응용 분야를 대상하며, LPWA는 15킬로미터 이상의 거리를 지원하며 최대 1백만 노드를 수용함. 저전력 및 장거리의 조합은 데이터 전송률을 최대 50kb/s(kbps)로 제한됨. LPWA는 SM 대역에서 동작하며 규정 요구 사항은 지역에 따라 다르며 아래 표와 같음. 가장 대표적인 두 주파수는 유럽에서 사용되는 868MHz와 북미에서 사용되는 915MHz로 알래스카에 적용 가능한 915MHz으로 개발되었음.

	유럽	북미
주파수 대역	867MHz ~ 869MHz	902MHz ~ 928MHz
채널	10	64 + 8 + 8
Channel BW(up)	125/250kHz	125/500kHz
채널 BW(Dn)	125kHz	500kHz
TX 전력(Up)	+14dBm	통상 +20dBm (+30dBm 허용)
TX 전력(Dn)	+14dBm	+27dBm
SF(Up)	7 ~ 12	7 ~ 10

	유럽	북미
데이터 전송률	250bps ~ 50kbps	980bps - 21.9kbps
링크 버짓(Up)	155dB	154dB
링크 버짓(Dn)	155dB	157dB

LPWA 사양에서 매체 접근 제어(MAC) 계층을 정의하고, 물리층 위에 구현되며 통신 프로토콜 및 네트워크 아키텍처를 지정함. 이런 통신 규격의 상세 파라미터는 아래와 같은 기능 영향을 미침.

- 노드의 배터리 수명
- 네트워크 용량
- 네트워크 보안

LPWA 네트워크 아키텍처는 Star토폴로지를 사용하며, 이 토폴로지에서 각 엔드 노드는 네트워크 서버와 통신하는 여러 게이트웨이를 통해 확장됨.

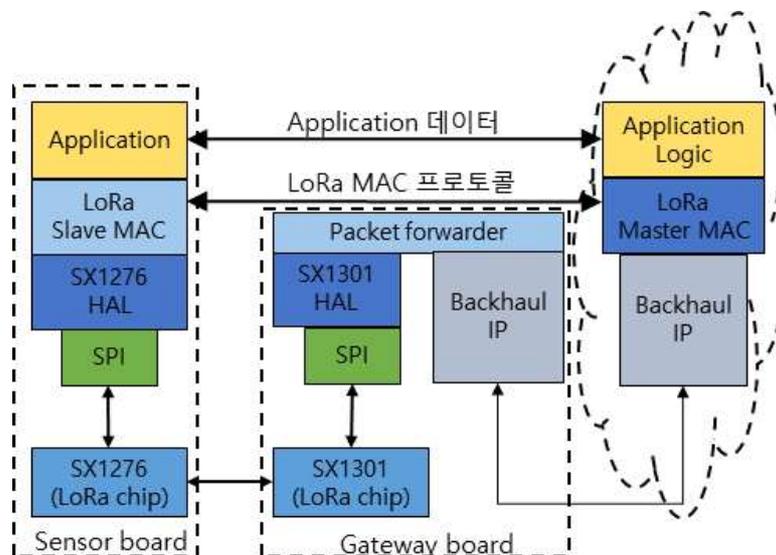


Fig. 16. LPWA Gateway.

LPWA 네트워크는 아래의 4가지 요소를 제공함.

- 엔드 노드는 센서 데이터를 수집하고 게이트웨어로 업로드하고 응용 서버로부터 다운로드(다운 링크)하는 역할 수행. 엔드 포인트 장치는 1개 게이트웨이 또는 여러 게이트웨이에 대해 단일 홉(Hop) 무선 통신 수행.
- 게이트웨이는 브리지노드로서 작동하며 엔드 노드와 서버 간에 양방향 데이터를 전달.
- 네트워크 서버는 보안 TCP/IP 연결(유선 또는 무선)을 통해 여러 게이트웨이에 연결되며 중복 메시지를 제거하고 엔드 노드 메시지에 응답해야 할 게이트웨이를 결정함. 또한 적응형 데이터 전송률(ADR) 방식을 통해 엔드 노드 데이터 전송률을 관리하여 네트워크 용량을 최대화하고 엔드 노드 배터리 수명 최적화 수행.
- 응용 서버는 엔드 노드로부터의 데이터를 수집 및 분석하고 엔드 노드 작동을 결정함.

LPWA는 강력한 보안 알고리즘인 AES 128비트 암호화를 사용하며 2개의 독립적 보안 계층인 네트

워크 세션 키(NwkSKey)와 응용 세션 키(AppSKey)를 제공.

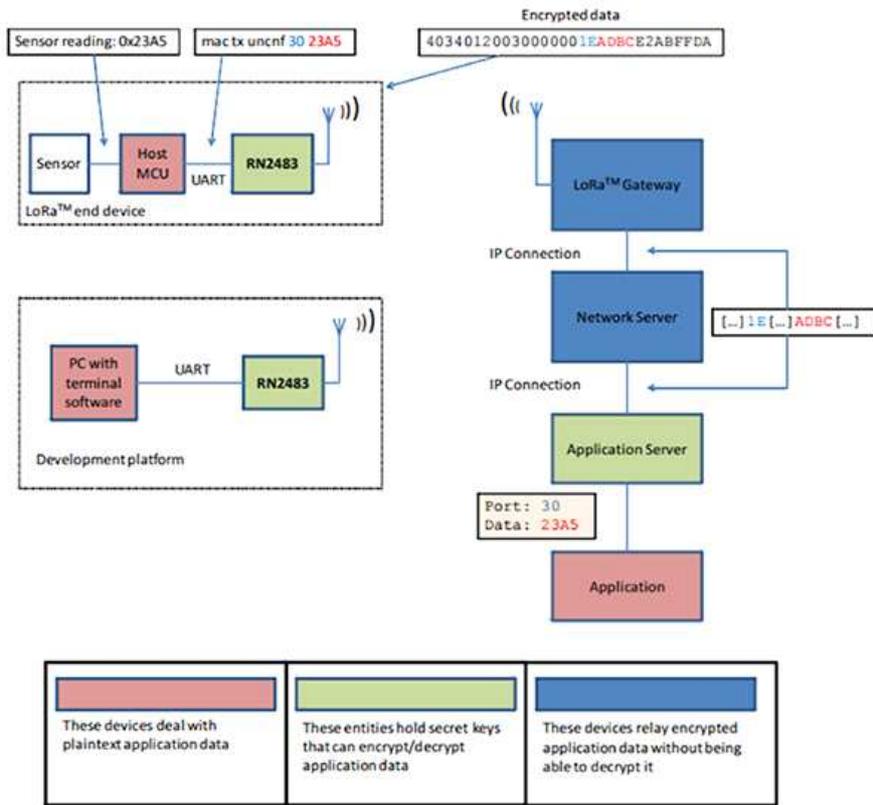


Fig. 17. LPWA Network structure.

아래의 도면 Fig. 18.은 구현된 LPWA 엔드 디바이스의 구조도를 나타내며 아날로그 및 디지털 센서를 연결하기 위한 I/O 포트를 내장하고 있음.

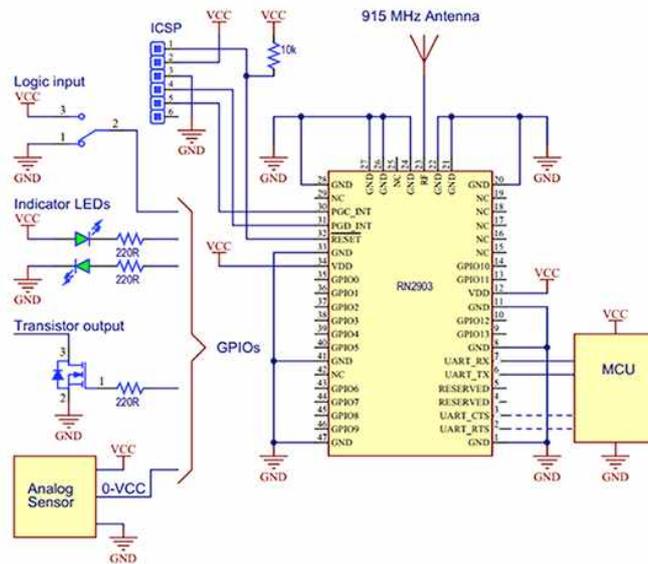


Fig. 18. LPWA End device circuit.

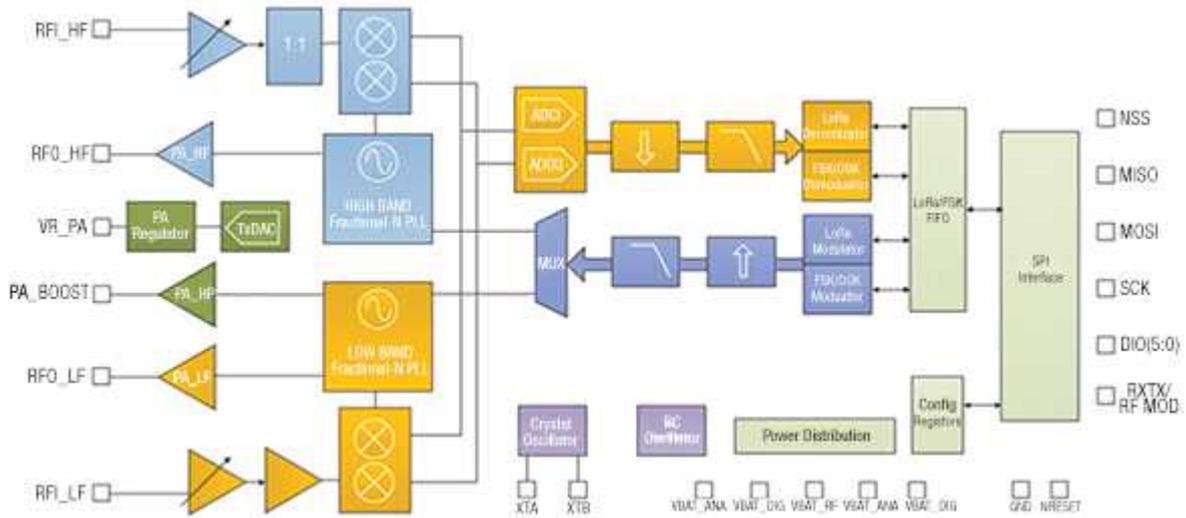


Fig. 19. LPWA Gateway chipset.

- LPWA 서버는 컨테이너형 응용 제품을 실행하기 위한 오픈 소스 개발 플랫폼인 Docker를 사용하여 구현 하였음. Oracle Virtual Machine(VM)은 Docker를 통해 Windows, Mac 또는 Linux 환경에서 작동할 수 있으며 VM은 LPWA 서버를 실행하는 Docker Engine을 호스트 함. 이 서버는 이더넷 포트를 통해 게이트웨이와 통신하며 LPWA 링크를 통해 데이터를 엔드디바이스에 전달함. LPWA 서버는 Java 애플리케이션 개발을 가능하게 하는 소프트웨어 도구 세트인 Java 실행 환경(JRE)에서 실행됨. 이 유틸리티를 사용하면 새로운 엔드 장치의 네트워크 스캔, 네트워크에 액세스할 수 있도록 허용, 새로운 애플리케이션 서버 생성, 네트워크 구성 같은 다양한 작업을 수행할 수 있음.

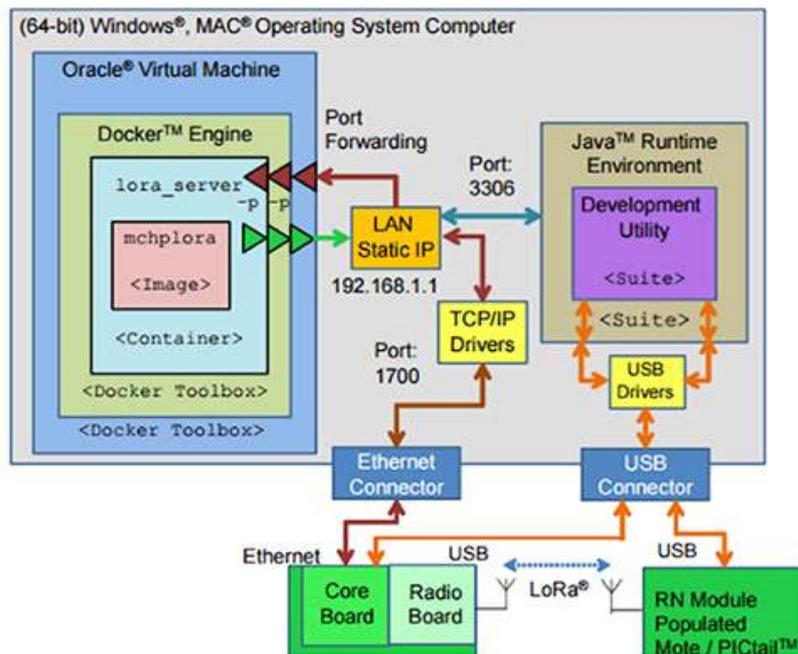


Fig. 20. LPWA Gateway.

○ WPAN-위성 게이트웨이, LPWAN-위성 게이트웨이 기술 개발

- LPWA는 저전력, 광역 통신망(LPWAN) 응용 분야를 대상으로 하는 기술로 최대 15킬로미터 이상의 거리를 지원하며 최대 1백만 노드를 수용함.(저전력 및 장거리의 조합은 데이터 전송율을 최대 50킬로비트/초(Kbps)로 제한)
- LPWA는 ISM 대역에서 작동함. LPWA에서 사용하는 CSS는 낮은 전력 소비를 요구하는 저 데이터 전송률(<1Mb/s) 응용에 매우 적합함. 저속도 표준인 IEEE 802.15.4a는 무선 개인 통신망(LR-WPAN)에서의 사용을 위한 기술로서 이를 정의함. LPWAN 사양은 LPWAN을 위한 매체 접근 제어(MAC) 계층을 정의하며 LPWAN은 LPWA 물리층 위에 구현되며 통신 프로토콜 및 네트워크 아키텍처를 지정함. LPWAN 네트워크 아키텍처는 별의 별형 토폴로지를 사용하며 이 토폴로지에서 각 엔드 노드(센서보드)는 네트워크 서버와 통신하는 여러 게이트웨이와 통신 가능함. 따라서, 극한 환경 원격 모니터링을 위해 전원 인프라가 구축된 곳에 게이트웨이를 설치하면 반경 15킬로미터 내에서 실시간 환경 관측이 가능함. 통신 도달 거리가 수 킬로 미터로 원격 데이터 획득, 날씨 모니터링, 토양 수분 레벨 등 환경 데이터의 실시간 수집이 가능하여 IoT 기반 관측 시스템 구축에 용이함.
- 따라서, 극한 환경 원격 모니터링을 위해 전원 인프라가 구축된 곳에 게이트웨이를 설치하면 반경 15킬로미터 내에서 실시간 환경 관측이 가능함.

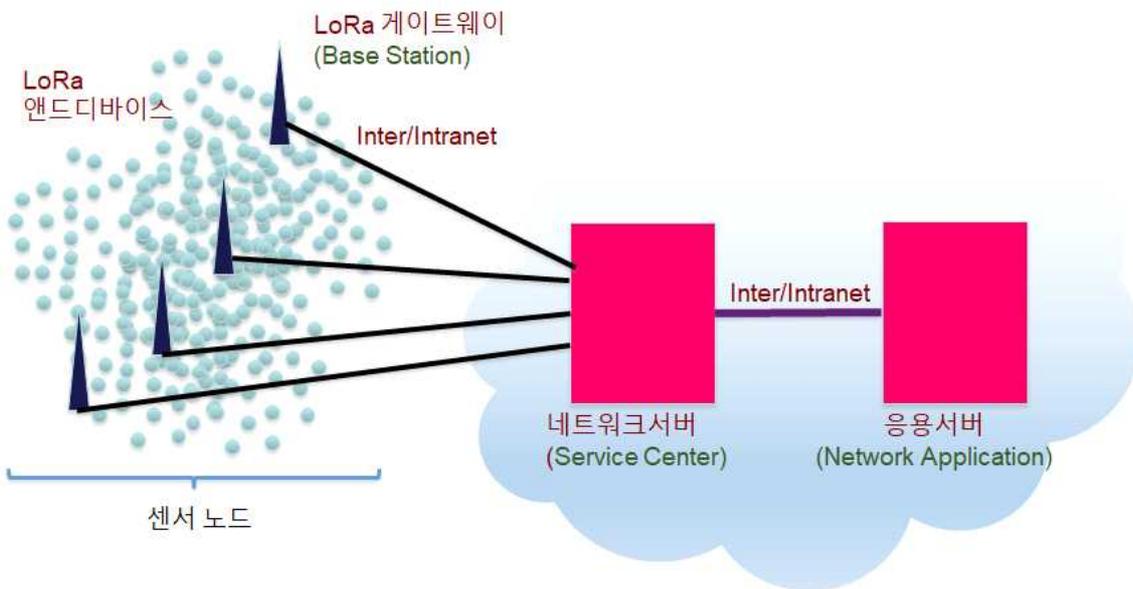


Fig. 21. LPWA Network structure.

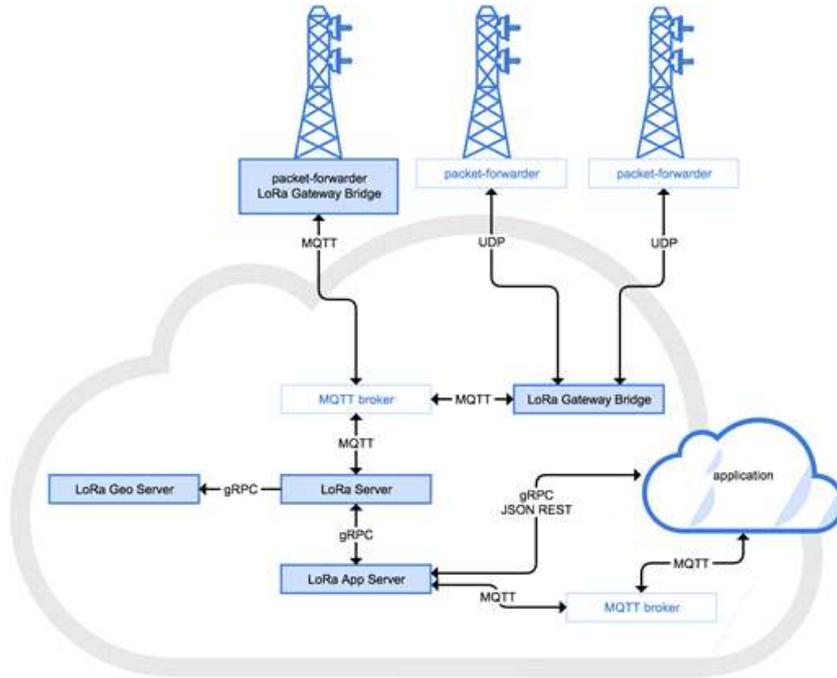


Fig. 22. LPWA Network server.

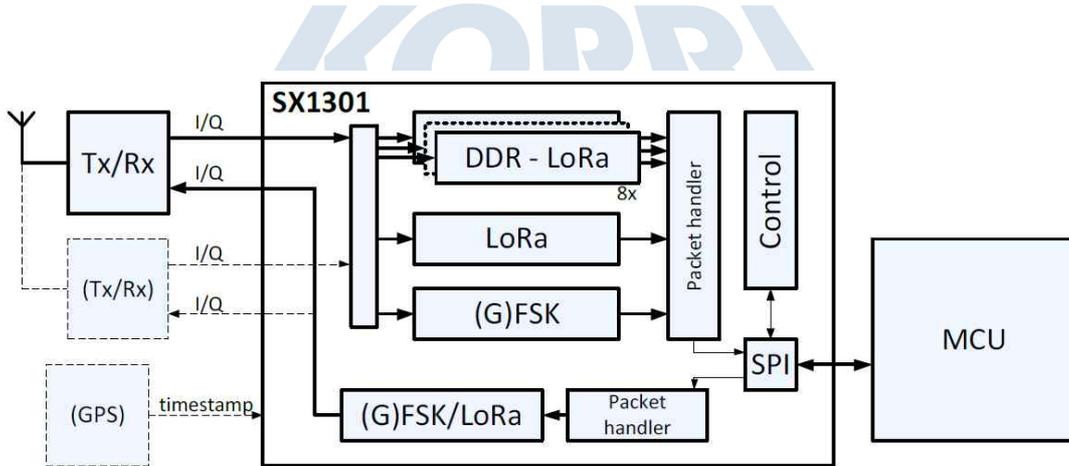


Fig. 23. LPWA Gateway hardware diagram.

○ 관측데이터 통합관리 플랫폼

- IP 프로토콜 기반 네트워크의 주요 이점 중 하나는 웹 및 인터넷 기술의 사용으로 이는 새로운 데이터 생산을 촉진하고 데이터를 보다 쉽게 수확하고 관리 될 수 있도록 함. 유용한 인터넷 서비스로는 시스템에서 정확한 시간과 날짜를 설정하는 데 사용할 수 있는 시간 서버(NTP)와 DNS(Domain Name System)를 사용하면 데이터 싱크를 쉽게 이동할 수 있음. (예 : 도메인 이름 “mykopri.re.kr”는 초기에 데이터를 관리하기 위한 서버이지만 향후 가상 클라우드 서버로 이동할 수 있음).

- IP 환경에 수집된 데이터의 접근과 재배포에 이점을 가져 향후 빅 데이터 처리 등 활발한 연구 영역으로 확장이 가능함. 데이터 탐색 (대규모 데이터의 수집, 분석)은 과학에 대한 새로운 귀납적

접근을 가능하게 함.

- 또한 클라우드 기반 정보 시스템은 데이터에 대한 저장, 관리 및 접근을 단순화 할 수 있음. IoT를 위한 클라우드 기반 서비스는 데이터에 대한 확장 가능한 저장소를 제공하고 데이터를 업로드/다운로드하기 한 공통 표준 인터페이스를 제공하므로 빠르게 다른 플랫폼과 연동이 가능함.

- 웹 기술은 또한 시스템의 표준화와 유용성을 높이는데도 도움이 되지만 저전력 디바이스는 전력 소모를 줄이기 위해 통신 시간이 제한되어 있기 때문에 필요할 때 웹 페이지를 제공 할 수 없음. 따라서 실제 데이터 전송 및 접근 메커니즘은 웹 페이지를 포함하지 않고 보다 적합한 데이터 캡슐화를 포함. HTTP와 같은 웹 프로토콜은 최첨단 WSN 기술보다 에너지 효율이 낮지만 유틸리티에 대한 배터리 사용의 작은 절충이 도움이 될 수 있음. CoAP(Constrained Application Protocol) 과 MQTT(Message Queuing Telemetry Transport) 같은 표준은 저전력 IP 네트워크를 위해 특별히 개발되었으며 HTTP보다 더 에너지 효율적임.

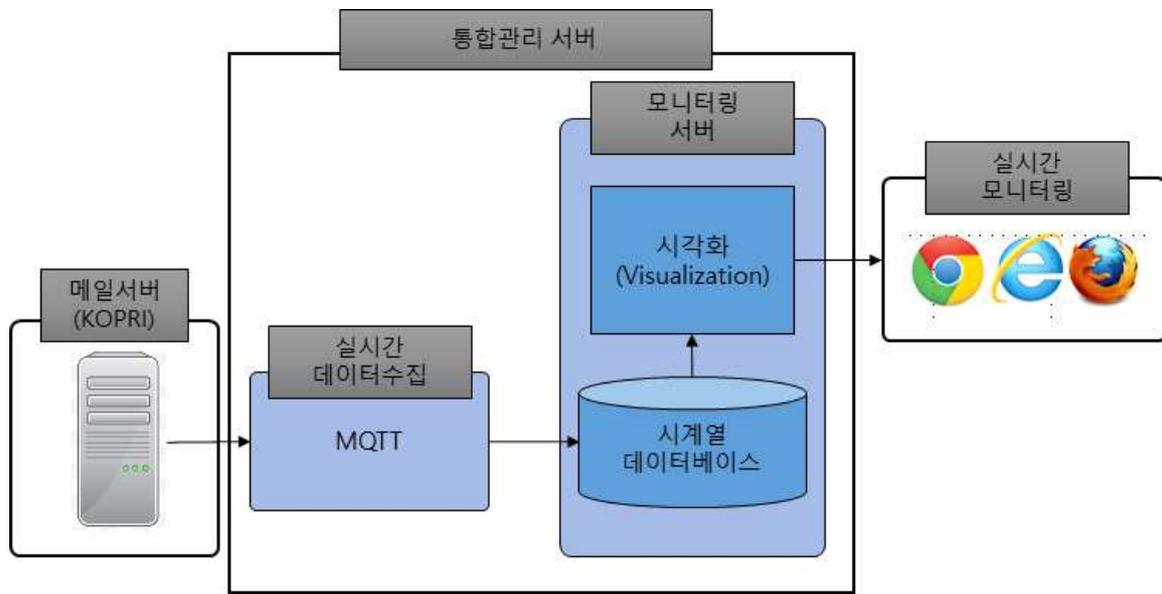


Fig. 24. IoT Platform.

○ 관측 데이터

- 본 사업을 통해 개발된 사물인터넷 기반의 관측시스템을 통해 2018.09 ~ 2019.09(1년) 동안 수집된 데이터 샘플

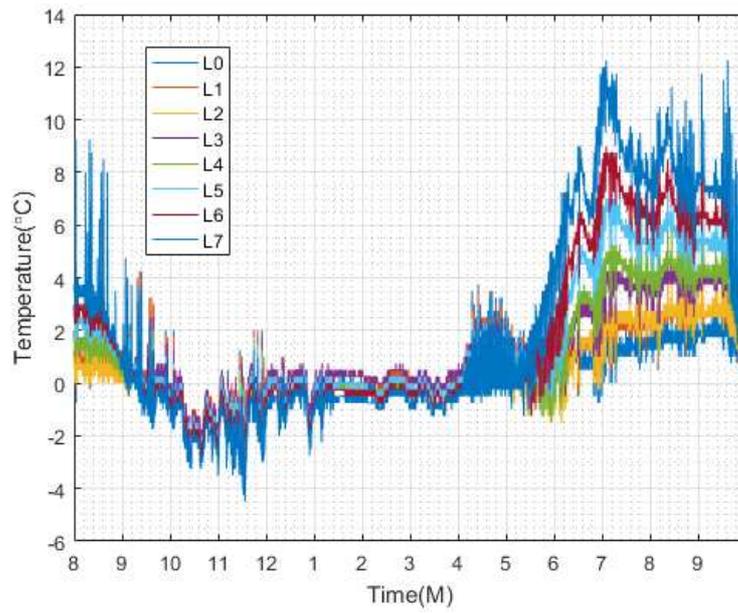


Fig. 25. Underground temperature sensor data.

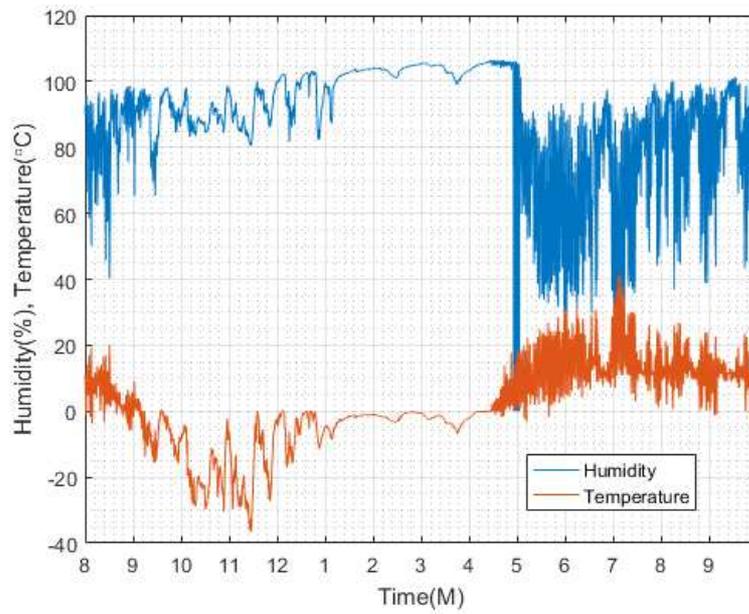


Fig. 26. Humidity/Temperature sensor data.

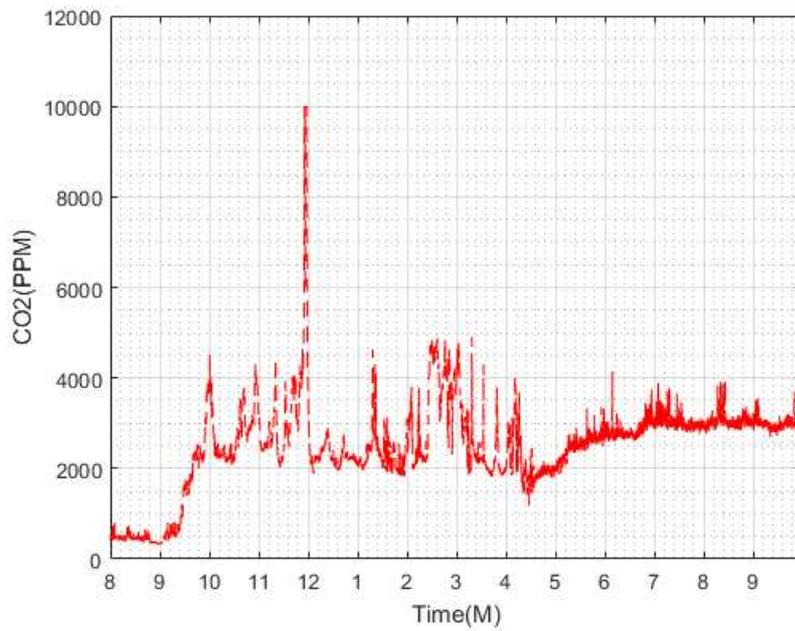


Fig. 27. CO2 sensor data.

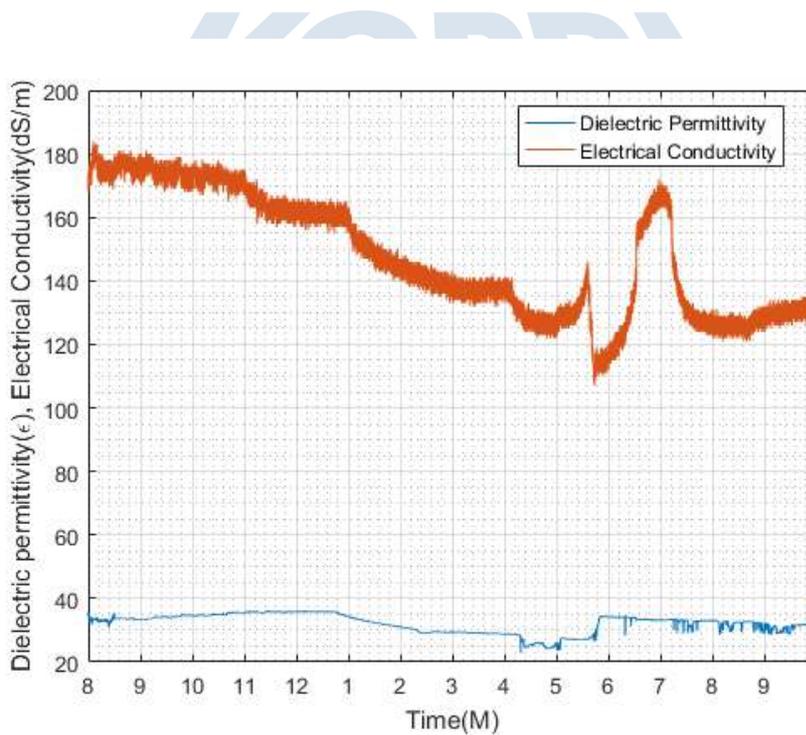


Fig. 28. Volumetric Water Content(VWC) sensor data.

□ 2017년 주요 추진 내용

연구 내용	연구 결과
-------	-------

WPAN/WAN 핵심 기술 개발

WPAN/WAN 통신모듈을 개발하여 성능 분석

- 동작온도 : -40 ~ 85°C
- 소비전류(저전력동작모드) : 10uA 이하
- 네트워크 규모 : 256nodes 이상

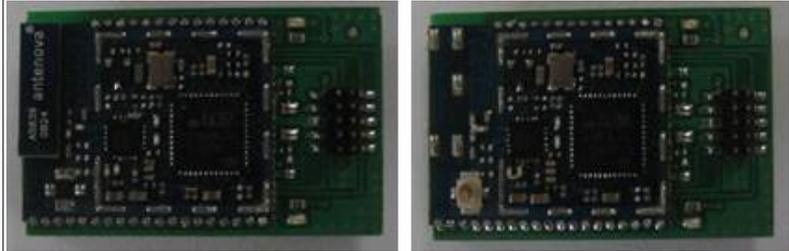


Fig. 29. Low-power Radio module(ZigBee)

센서인터페이스, 게이트웨이
보드 개발 및 관측사이트 1개
소 운영

- WPAN/위성 게이트웨이 제작
- IoT 기술을 활용한 실시간 극지 환경 원격 모니터링 기술 확보 및 관측지 운영 검증
- 지중온도센서, 지중수분함량센서, CO2센서, 침하율계 등 설치 운영 중
- 저전력 무선 센서 네트워크를 활용한 무인 데이터 수집 기술 확보(1년이상 유지보수 없이 운영 가능)

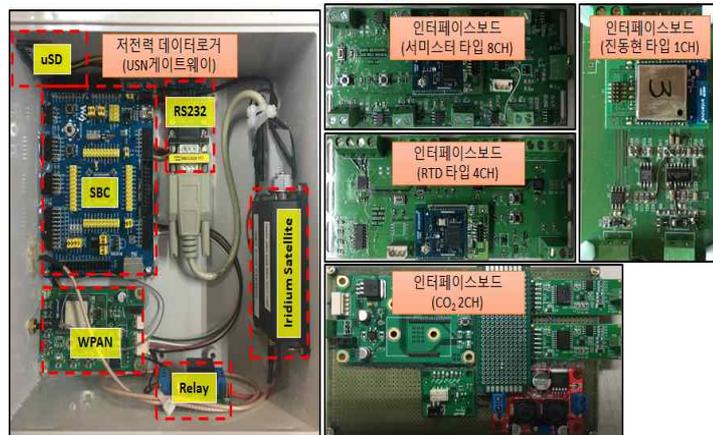
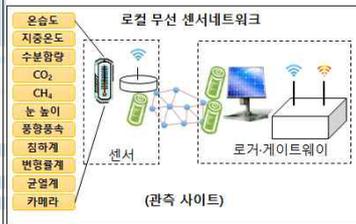
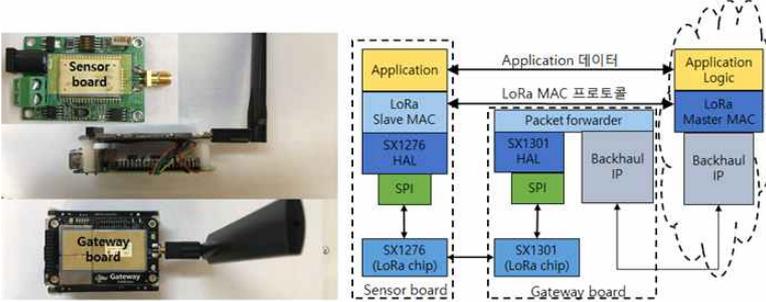
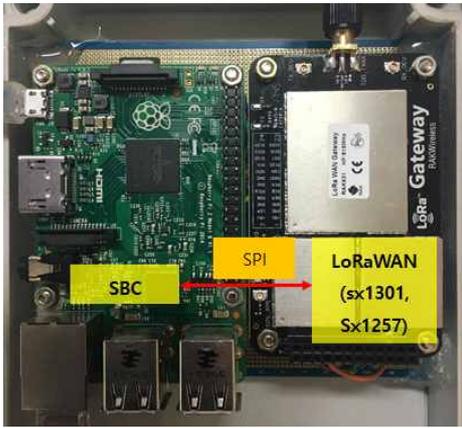


Fig. 30. Sensor interface, USN-Gateway

□ 2018년 주요 추진 내용

연구 내용	연구 결과
<p>○ WPAN/WAN 핵심 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 개발된 LPWA 앤드 디바이스 통신 모듈을 국내 전국망 서비스 중인 SK Telecom사의 LPWA 테스트베드를 사용하여 성능 검증. 보안 강화 개통 절차등 연동 테스트 완료. - LPWA Gateway는 앤드 디바이스로부터 수신된 센싱 정보를 저장하고 인터넷(이더넷) 연결되어 있는 DB 서버에 데이터 전송하는 기능으로 Linux 가 탑재된 임베디드 싱글보드컴퓨터로 구현. 	<p>WPAN/WAN 통신모듈을 개발하여 성능 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> - 동작온도 : -40 ~ 85°C - 소비전류(저전력동작모드) : 3uA 이하 - 네트워크 규모 : 1,000nodes 이상  <p>Fig. 32. LPWA-Based Gateway, End device</p>  <p>Fig. 33 LPWA End device Radio module</p>  <p>Fig. 34 LPWA Gateway</p>
<p>○ 센서인터페이스, 게이트웨이 보드 개발</p> <p>센서인터페이스, 게이트웨이</p>	<ul style="list-style-type: none"> - WPAN/위성 게이트웨이 제작 - 카운실 동토의 지층에 따른 온도 변화 관찰을 위해 인터페이스 보드 개발

보드 개발

- 알래스카 카운실 동토의 지층에 따른 온도 변화 관찰을 위해 설치된 K 타입의 열전대 센서값을 무선 메시 네트워크에(ZigBee-Pro) 연결하기 위한 인터페이스 보드를 개발하였음. 전원은 3.6V 배터리를 동작 할 수 있게 하였으며, 극한 환경에서 장시간 운영 될 수 있도록 -45 ~ 85 ° C 범위에서 동작 할 수 있도록 설계되었음. 또한, 10비트 ADC(Analog to Digital Convertor)을 12비트 사양으로 개선함으로써 보다 고정밀 측정이 가능하도록 하였음.

- 열전대 타입의 온도 센서 40개를 동시에 측정하고 저장할 수 있는 저전력 데이터 로거 개발. (캐나다 캠브리지베이 사이트에 설치 운영중)

- CO2 센서 2개를 동시에 측정하고 저장할 수 있는 저전력 데이터 로거 개발. (캐나다 캠브리지베이 사이트에 설치 운영 중)

- 아래의 보드는 UART 인터페이스를 갖는 CO2 센서 4개를 동시에 연결할 수 있는 초소형 인터페이스 보드임.(55mm X 60mm) 저전력 동작모드(슬립동작)에서 대기 전력 ~2uA. (미국 알래스카 사이트에 설치 운영 중)

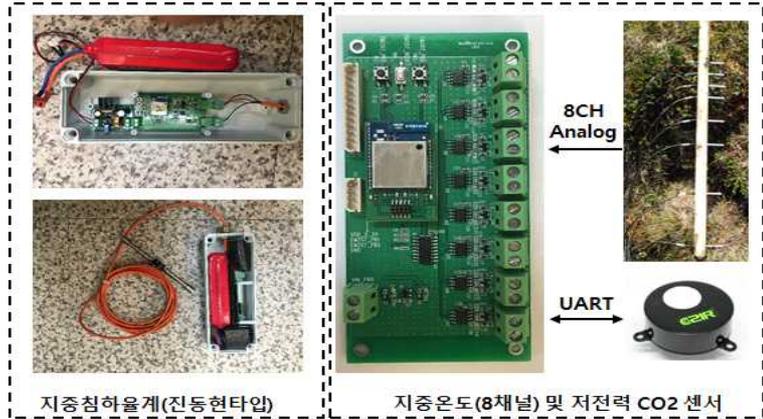


Fig. 35. Underground temperature sensor interface

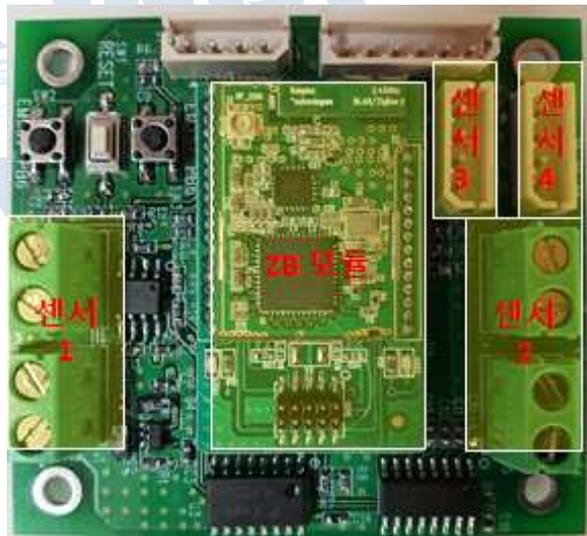


Fig. 36. CO2 sensor interface (4-CH)

- USN 게이트웨이는 각 센서인터페이스 보드의 무선 통신 모듈에서 전송한 데이터를 수집하고 무선 네트워크를 관리하는 장치임. 수집된 데이터는 이리듐(Iridium) 모델을 통해서 미리 정의된 메일 계정으로 데이터를 송신. 이번 차년도에 개발한 SBC(Single Board Computer) 보드는 저전력 MCU(Micro Control Unit)을 사용하여 설계함. CPU 모듈은 활성화 상태에서 평균 ~40mA 전류를 소비함.

- 관측 데이터를 비휘발성 메모리장치(uSD) 저장하고 인공위성을 통해 KOPRI 메일 서버로 전송하는 기능을 하는 USN 게이트웨이의 신뢰성은 매우 중요함. 배터리, 하드웨어 결함 등으로 오동작할 경우 데이터를 저장하기 위한 백업용 게이트웨이 설계 및 구축. 지중온도 센서, CO2 센서, 침하율계 등 센서 노드는 지그비 앤드디바이스로 동작되며 메인 USN 게이트웨이의 지그비 노드는 네트워크 코디네이터로 동작함. 여기에, 추가로 지그비 라우터로 동작하는 노드를 내장한 게이트웨이를 백업용으로 추가 설치하였음.

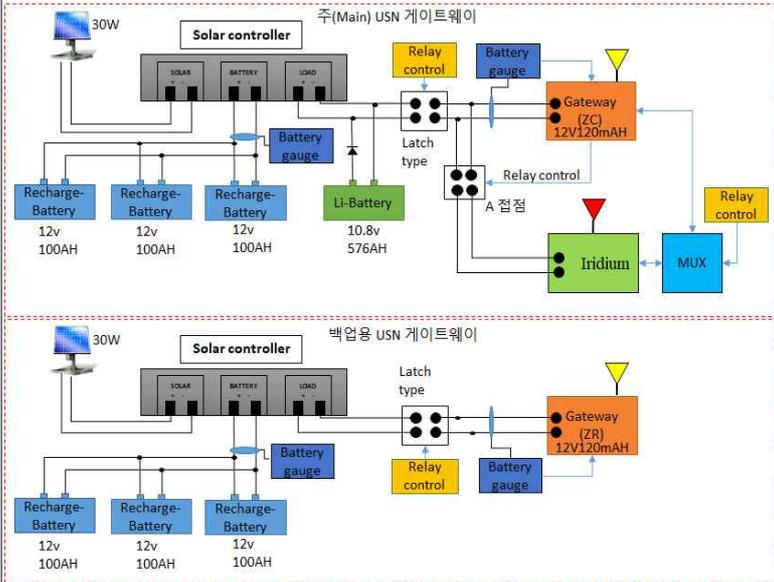


Fig. 37. USN-Gateway (backup system)

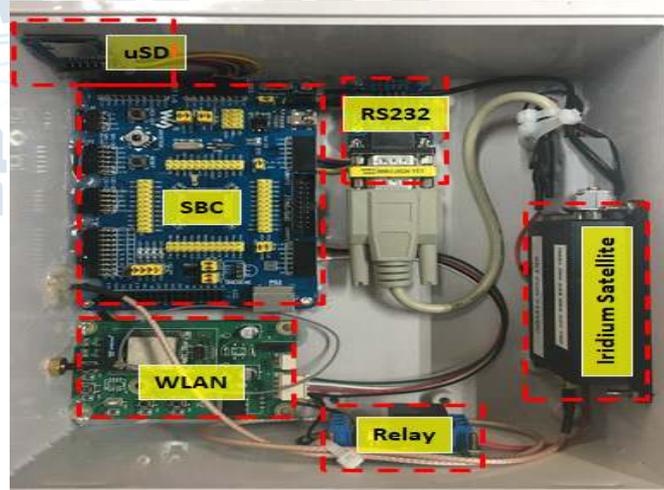
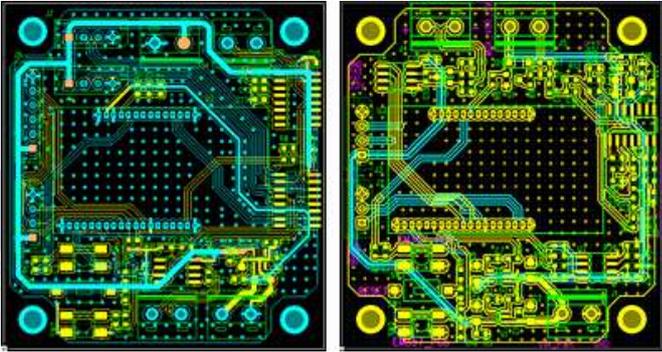


Fig. 38. Low-power USN-Gateway

□ 2019년 주요 추진 내용

연 구 내 용	연 구 결 과
○ WPAN/WAN 핵심 기술 개발	<p>- LPWA Gateway는 앤드디바이스로부터 수신된 센싱 정보를 저장하고 인터넷(이더넷) 연결되어 있는 DB 서버에 데이터 전송하는 기능으로 Linux 가 탑재된 임베디드 싱글보드 컴퓨터로 구현.</p>
○ 센서인터페이스	<p>- Vibrating Wire 센서용 인터페이스 - CO2/CH4 센서용 인터페이스 - Foil Strain gauge (전기저항식) 변형률계용 인터페이스</p> <div style="text-align: center;">  <p>Fig. 39. CO2/CH4 sensor interface</p>  <p>Fig. 40. Foil strain gauge interface</p> </div>

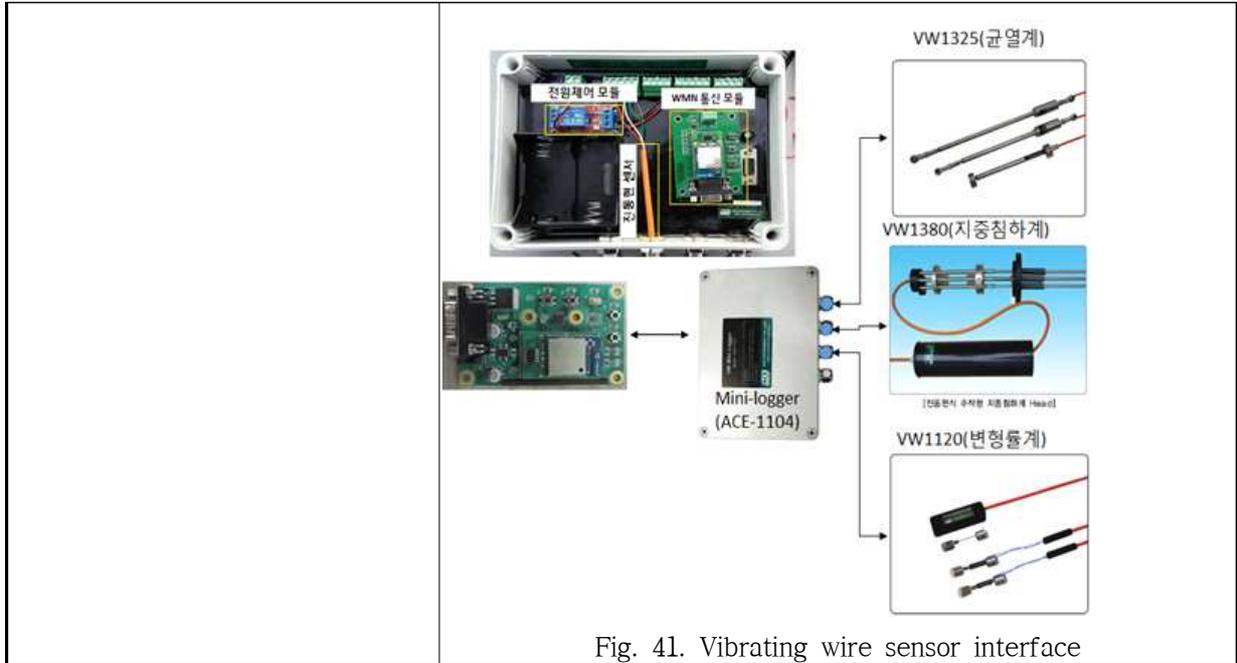
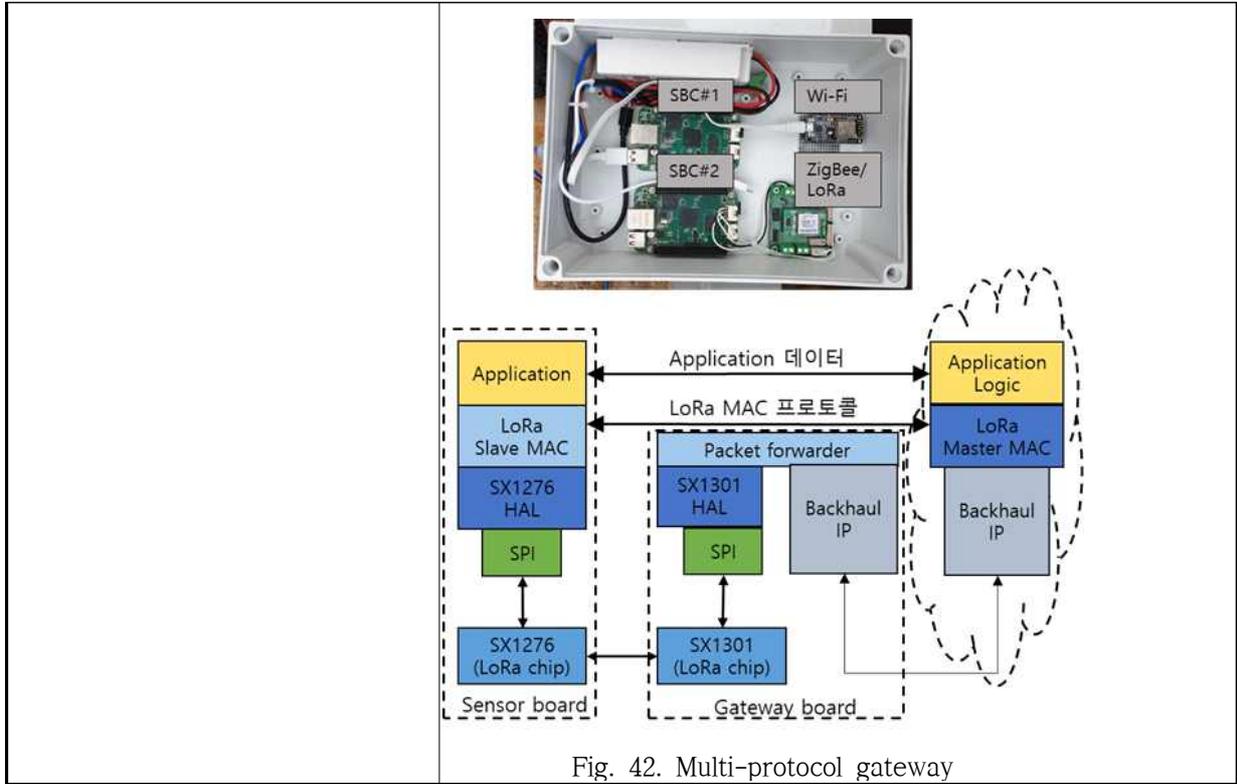


Fig. 41. Vibrating wire sensor interface

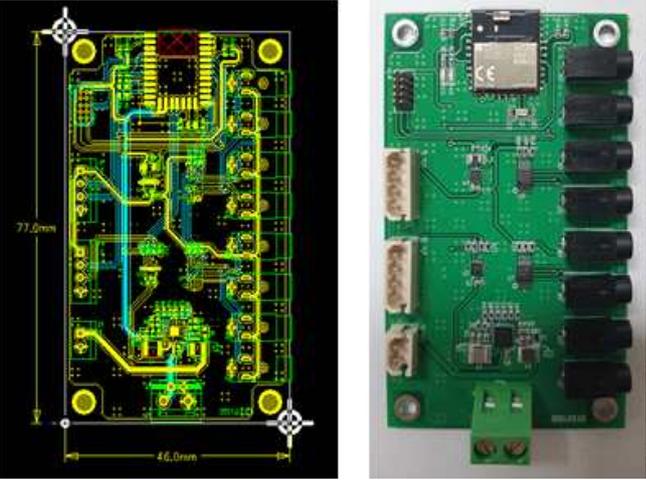
○ 게이트웨이 보드 개발

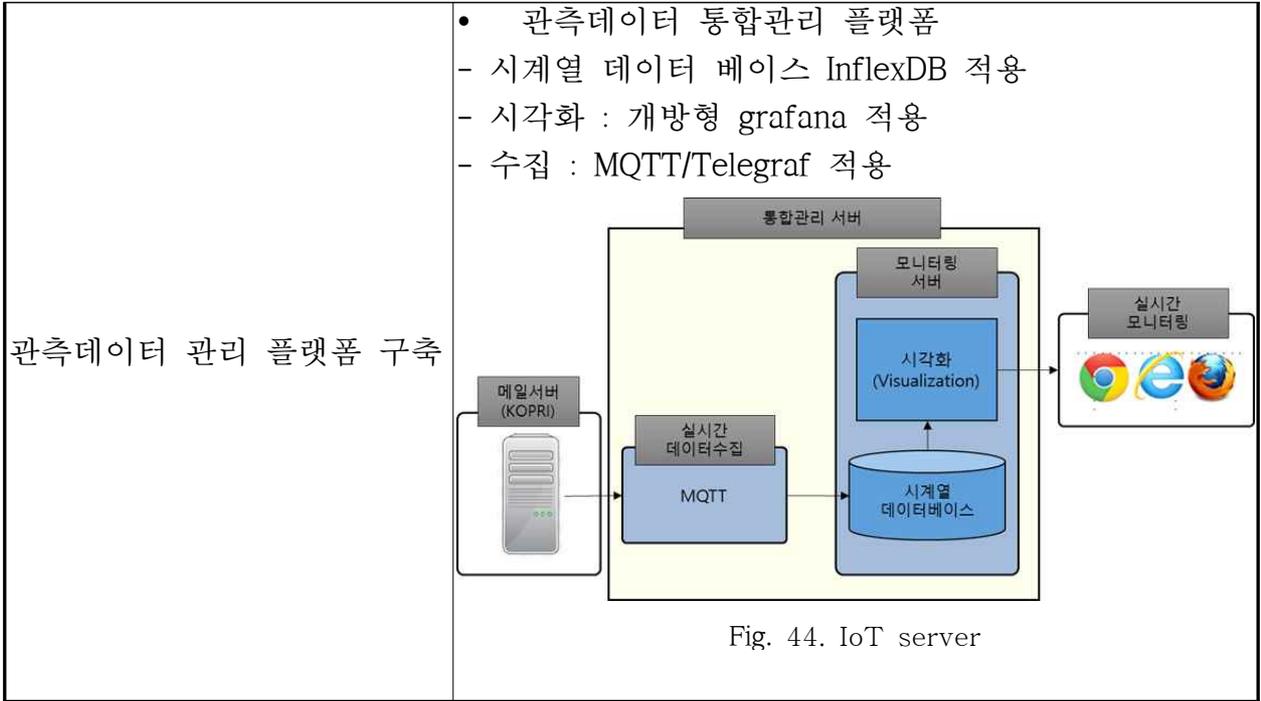
- 관측 데이터를 비휘발성 메모리장치(uSD) 저장하고 인공지능을 통해 KOPRI 메일 서버로 전송하는 기능을 하는 USN 게이트웨이의 신뢰성은 매우 중요함. 배터리, 하드웨어 결합 등으로 오동작할 경우 데이터를 저장하기 위한 백업용 게이트웨이 설계 및 구축. 지중온도 센서, CO2 센서, 침하율계 등 센서 노드는 지그비 앤드디바이스로 동작되며 메인 USN 게이트웨이의 지그비 노드는 네트워크 코디네이터로 동작함. 여기에, 추가로 지그비 라우터로 동작하는 노드를 내장한 게이트웨이를 백업용으로 추가 설치하였음.

- USN 게이트웨이는 각 센서인터페이스 보드의 무선 통신 모듈에서 전송한 데이터를 수집하고 무선 네트워크를 관리하는 장치임. 수집된 데이터는 이리듐(Iridium) 모뎀을 통해서 미리 정의된 메일 계정으로 데이터를 송신.



□ 2020년 주요 추진 내용

연구 내용	연구 결과
<p>WPAN/WAN 핵심 기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> 태양광 충전형 센서통합 인터페이스 보드 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 지중온도센서 8채널, CO₂, CH₄, 지표온습도 - 소비전류(저전력동작모드) : 75uA(10초 1회)  <p>Fig. 43. Solar powered Multi-sensor interface board</p>



※ 연구내용란에는 연구수행과정에서 실제 적용하고 시도하였던 연구수행 방법상의 구체적인 내용들을 기재하고, 그 결과로 나타난 실험적 결과치, Performance(양적·질적), 시제품·시제품 제작내용 등을 구체적으로 연구결과란에 기술하였음.



3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

- 극지역 기후 변화를 원격으로 관측하기 위한 고신뢰성 사물인터넷 기반의 관측시스템 개발 및 구축. 기후 환경 센서 인터페이스 및 통합기술, 사물인터넷 네트워크 인프라 기술 및 플랫폼 기술 개발
- IoT 기반 극지 환경 모니터링 시스템 구축을 위한 LPWAN 게이트웨이 및 환경 센서 모듈 개발, 극한지 환경에서 신뢰성 검증을 완료함, 광역 통신이 가능한 핵심 하드웨어 장치 개발로 광역 센서 네트워크 구축을 완료.

(2) 정량적 연구개발성과(해당 시 작성하며, 연구개발과제의 특성에 따라 수정이 가능합니다)

< 정량적 연구개발성과표(예시) >

(단위 : 건, 천원)

성과지표명	연도	1단계 (2017~2017)			n단계 (2018~2020)			계	가중치 (%)
		목표(단계별)	실적(누적)	목표(단계별)	실적(누적)	목표(단계별)	실적(누적)		
전담기관 등록·기탁 지표 ¹⁾		목표(단계별)							
		실적(누적)							
	인력양성	목표(단계별)	석사 2	석사2, 박사1	석사 4, 박사 1				
		실적(누적)	석사 2	석사2, 박사1	석사 4, 박사 1				
연구개발과제 특성 반영 지표 ²⁾		목표(단계별)							
		실적(누적)							
	인력양성	목표(단계별)							
		실적(누적)							
계									

- * 1) 전담기관 등록·기탁 지표: 논문[에스시아이 Expanded(SCIE), 비SCIE, 평균Impact Factor(IF)], 특허, 보고서원문, 연구시설·장비, 기술요약정보, 저작권(소프트웨어, 서적 등), 생명자원(생명정보, 생물자원), 표준화(국내, 국제), 화합물, 신물질 등을 말하며, 논문, 학술발표, 특허의 경우 목표 대비 실적은 기재하지 않아도 됩니다.
- * 2) 연구개발과제 특성 반영 지표: 기술실시(이전), 기술료, 사업화(투자실적, 제품화, 매출액, 수출액, 고용창출, 고용효과, 투자유치), 비용 절감, 기술(제품)인증, 시제품 제작 및 인증, 신기술지정, 무역수지개선, 경제적 파급효과, 산업지원(기술지도), 교육지도, 인력양성(전문 연구인력, 산업연구인력, 졸업자수, 취업, 연수프로그램 등), 법령 반영, 정책활용, 설계 기준 반영, 타 연구개발사업에의 활용, 기술무역, 홍보(전시), 국제화 협력, 포상 및 수상, 기타 연구개발 활용 중 선택하여 기재합니다 (연구개발과제 특성별로 고유한 성과지표를 추가할 수 있습니다).

< 연구개발성과 성능지표(예시) >

평가 항목 (주요성능 ¹⁾)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 ²⁾ (%)	세계 최고		연구개발 전 국내 성능수준	연구개발 목표치		목표설정 근거
			보유국/보유기관	성능수준	성능수준	1단계 (YYYY~YYYY)	n단계 (YYYY~YYYY)	
1								
2								

- * 1) 정밀도, 인장강도, 내충격성, 작동전압, 응답시간 등 기술적 성능판단기준이 되는 것을 의미합니다.
- * 2) 비중은 각 구성성능 사양의 최종목표에 대한 상대적 중요도를 말하며 합계는 100%이어야 합니다.

(3) 세부 정량적 연구개발성과(해당되는 항목만 선택하여 작성하되, 증빙자료를 별도 첨부해야 합니다)

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
	Advanced Wireless Sensors Network using Building Duct Area for Sustainable Building	Sustainability	양희권	10(8)	국제	MDPI	SCI	26 July 2018	2628-264 0	100

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명

기술 요약 정보

연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용여부	허용방식

보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호

생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

[기술적 성과]

지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		

○ 지식재산권 활용 유형

* 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능).

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타

저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율

신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호

기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		

표준화

○ 국내 표준

번호	인증구분 ¹⁾	인증여부 ²⁾	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류 ³⁾	제안/인증일자

- * 1) 한국산업규격(KS) 표준, 단체규격 등에서 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 2) 제안 또는 인증 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 3) 신규 또는 개정 중 해당하는 사항을 기재합니다.

○ 국제 표준

번호	표준화단계구분 ¹⁾	표준명	표준기구명 ²⁾	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식 ³⁾	제안자	표준화 번호	제안일자

- * 1) 국제표준 단계 중 신규 작업항목 제안(NP), 국제표준초안(WD), 위원회안(CD), 국제표준안(DIS), 최종국제표준안(FDIS), 국제표준(IS) 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 2) 국제표준화기구(ISO), 국제전기기술위원회(IEC), 공동기술위원회1(JTC1) 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 3) 국제표준(IS), 기술시방서(TS), 기술보고서(TR), 공개활용규격(PAS), 기타 중 해당하는 사항을 기재합니다.

[경제적 성과]

시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)

기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황

- * 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

사업화 투자실적

번호	추가 연구개발 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자 자금 성격*

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식 ¹⁾	사업화 형태 ²⁾	지역 ³⁾	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		

- * 1) 기술이전 또는 자기실시
- * 2) 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등
- * 3) 국내 또는 국외

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
합계					

□ 사업화 계획 및 무역 수치 개선 효과

성과					
사업화 계획	사업화 소요기간(년)				
	소요예산(천원)				
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내			
	국외				
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획					
무역 수치 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
	수출				

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			yyyy년	yyyy년	
합계					

□ 고용 효과

구분		고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력	
		생산인력	
	개발 후	연구인력	
		생산인력	

□ 비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
합계				

경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수)	기타
해당 연도							
기대 목표							

기술 무역

(단위: 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	기 징수액	총 계약액	해당 연도 징수액	향후 예정액	수출/ 수입

[사회적 성과]

법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용

정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용

설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용

전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황											
			학위별				성별		지역별					
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타	
		2020	1	4			5		5					

산업 기술 인력 양성

번호	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원

다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비

국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

[인프라 성과]

연구시설·장비

구축기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)

* 「과학기술기본법 시행령」 제42조제4항제2호에 따른 연구시설·장비 종합정보시스템을 의미합니다.

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

알래스카 카운실 관측 사이트에 본과제를 통해 개발된 ICT 융복합 극지환경 모니터링 시스템 구축

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성합니다)

<참고 1> 연구성과 실적 증빙자료 예시

성과유형	첨부자료 예시
연구논문	논문 사본(저자, 초록, 사사표기)을 확인할 수 있는 부분 포함, 연구개발과제별 중복 첨부 불가)
지식재산권	산업재산권 등록증(또는 출원서) 사본(발명인, 발명의 명칭, 연구개발과제 출처 포함)
제품개발(시제품)	제품개발사진 등 시제품 개발 관련 증빙자료
기술이전	기술이전 계약서, 기술실시 계약서, 기술료 입금 내역서 등
사업화 (상품출시, 공정개발)	사업화된 제품사진, 매출액 증빙서류(세금계산서, 납품계약서 등 매출 확인가능 내부 회계자료) 등
품목허가	미국 식품의약국(FDA) / 식품의약품안전처(MFDS) 허가서
임상시험실시	임상시험계획(IND) 승인서

<참고 2> 국가연구개발혁신법 시행령 제33조제4항 및 별표 4에 따른 연구개발성과의 등록·기탁 대상과 범위

구분	대상	등록 및 기탁 범위
등록	논문	국내외 학술단체에서 발간하는 학술(대회)지에 수록된 학술 논문(전자원문 포함)
	특허	국내외에 출원 또는 등록된 특허정보
	보고서원문	연구개발 연차보고서, 단계보고서 및 최종보고서의 원문
	연구시설·장비	국가연구개발사업을 통하여 취득한 3천만 원 이상 (부가가치세, 부대비용 포함) 연구시설·장비 또는 공동활용이 가능한 모든 연구시설·장비
	기술요약정보	연차보고, 단계보고 및 최종보고가 완료된 연구개발성과의 기술을 요약한 정보
	생명자원 중 생명정보	서열·발현정보 등 유전체정보, 서열·구조·상호작용 등 단백질체정보, 유전자(DNA)칩·단백질칩 등 발현체 정보 및 그 밖의 생명정보
	소프트웨어	창작된 소프트웨어 및 등록에 필요한 관련 정보
	표준	「국가표준기본법」 제3조에 따른 국가표준, 국제표준으로 채택된 공식 표준정보[소관 기술위원회를 포함한 공식 국제표준화기구(ISO, IEC, ITU)가 공인한 단체 또는 사실표준화기구에서 채택한 표준정보를 포함한다]
기탁	생명자원 중 생물자원	세균, 곰팡이, 바이러스 등 미생물자원, 인간 또는 동물의 세포·수정란 등 동물자원, 식물세포·종자 등 식물자원, DNA, RNA, 플라스미드 등 유전체자원 및 그 밖의 생물자원
	화합물	합성 또는 천연물에서 추출한 유기화합물 및 관련 정보
	신품종	생물자원 중 국내외에 출원 또는 등록된 농업용 신품종 및 관련 정보

2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ WPAN, WAN 핵심 기술 개발	○ WPAN, WAN 저전력 무선통신 모듈 개발 성능 검증, 적용	○ 100
○ 센서인터페이스 보드 개발	○ 지중온도, 지표온습도, 지중수분함량, CO2, CH4, 침하율 센서용 인터페이스 보드 개발	○ 100
○ 유무선 데이터 로거	○ 대기전력 <1mA, 독립형 CO2/지중온도 센서용 데이터 로거 개발	○ 100
○ 위성통신 접속기술 개발	○ 시스템 이중화	○ 80

4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성합니다)

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

2020년 알래스카 카운실 연구 사이트에 방문하여 데이터 수집 및 신규 센서 설치가 예정되어 있었으나 COVID-19 확산으로 인하여 해외 출장이 취소됨에 따라 2020년 신규 개발된 관측 제품은 국내에서 테스트 진행. 국내에서 장시간 검증을 거친 후 향후 현장 연구 사이트에 방문시 신규설치 및 운영할 계획임.

2) 자체 보완활동

3) 연구개발 과정의 성실성

고품질의 극지 환경데이터가 수집될 수 있도록 고신뢰성 저전력 무선 센서 네트워크에 기반한 극지환경 모니터링을 개발하고 구축하여 총괄과제에서 연고자하는 최종 목표 달성을 위해 주관 기관과 협력하여 연구개발을 진행하였음. 현장 상황과 선정된 관측 센서에 적합한 구조로 장치와 시스템을 설계하여 배터리로 장기간 동작하는 무선 센서 네트워크 개발하여 관측사이트에 구축 완료하였음.

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

- 향후 다양한 제품으로 변형·발전할 수 있도록 기능별로 모듈 화하여 개발
 - 통신과 전력이 없는 극한 지역에서 실시간 원격 탐지가 가능
 - 과학자도 손쉽게 네트워크 확장이 가능
 - 로거 등 수입 핵심 제품을 국산화함으로써 수입 대치 효과 및 수출 기대
 - 자체 생산을 통한 일자리 증대 효과
 - 연구자의 잦은 출장에 따른 기회비용 극대화 효과
 - 연구자의 방문에 따른 자연 오염 최소화
 - 고정밀 실시간 기후 관측은 극지 뿐 아니라 국내외 모든 곳에서 매우 중요하게 여겨지며 필요성은 날로 증대되는 추세임
-

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

- 장기간 극지 환경에 설치하고 운영하면서 확보된 신뢰성을 바탕으로 제품화 및 사업화 가능
 - ICT 기반 극지환경 모니터링 시스템의 결과물 들은 극한지 뿐만 아니라 통신 및 전력 인프라가 구비되지 않은 환경에서 보다 넓은 영역의 환경 인자를 원격으로 관측이 가능함.
 - 본 과제로 개발된 로거 및 원격모니터링 시스템 및 요소 기술 등은 자체 또는 좀 더 발전된 모습으로 향후 진보된 IoT 시대에 광역의 기후·환경 정보를 수집하는 다양한 분야에 사용 가능함
-

< 연구개발성과 활용계획표(예시) >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내 매년 목표치
국외논문	SCIE	
	비SCIE	
	계	
국내논문	SCIE	
	비SCIE	
	계	
특허출원	국내	
	국외	
	계	
특허등록	국내	
	국외	
	계	
인력양성	학사	
	석사	
	박사	
	계	
사업화	상품출시	
	기술이전	
	공정개발	
제품개발	시제품개발	
비임상시험 실시		
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상
		2상
		3상
	의료기기	
진료지침개발		
신의료기술개발		
성과홍보		
포상 및 수상실적		
정성적 성과 주요 내용		

극지연구소

별첨자료(참고문헌)

- [1] Protocols and architectures for wireless sensor networks(Holger Karl, Andreas willig),
 - [2] ZigBee specification(IEEE)
 - [3] IoT 세계표준화 추진전략 모델 연구 / 한국융합학회 / 홍성혁
 - [4] IoT 기술 국내외 표준화 전망 / ETRI / 홍용근
 - [5] LoRaWAN specification v1.0.3 (LoRa Alliance)
-



주 의

1. 이 보고서는 과학기술정보통신부에서 시행한 거대과학연구개발사업의 해양극지기초원천기술개발사업 연구개발과제(위탁과제)의 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 과학기술정보통신부에서 시행한 연구개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.

