

TETRA 시스템과 USN 센서 네트워크 망 연동 관리용 프로토콜 개발

The Development of Internetworking Management Protocol for TETRA System and USN Sensor Network

우상철 (방송영화제작과)

Sang-Choel Woo (Dept. of Film and Video Production)

Key words : TETRA, USN, EADS, MSPD, WPAN, DMO, PDO

ABSTRACT : In this study, I realized the internetworking management protocol based upon manager and agent for digital TETRA(Terrestrial Trunked Radio) System and USN network. Also, various module are composed of NMP message, REQ command type, RSP command type, field and the object. The TETRA system has basically communicated with USN Coordinator by using serial data 9,600bps and the data frames are composed of the field name, format, size, range, description and value. Also, the USN sensor is identified by the sensor bit map and periodically reported according to agent reporting period timing.

1. 서론

국제적으로 재난망이나 교통, 가스, 전력전송, 유전이나 항만 등의 통신 시스템으로 TETRA가 120여개 국에서 채택되어 사용되고 있고, 국내는 물론 국제적으로 검증된 통신수단으로 더욱 활용이 증가하고 있으며, 국내의 경우 국가 공공무선지휘통신망으로 TETRA가 채택되어 추진되어 오다가 일부 시스템간의 연동성 문제로 정책적으로 보류되고 있지만 이미 경찰청이 전국적인 망을 설치 운영 중에 있고, 한국전력 지휘통신망이나 중공업 등 주요 기간 산업체가 TETRA를 채택하여 운용 중에 있어 이를 활용한 응용 개발이 절실히 필요한 실정이다. 특히 TETRA 시스템과 USN 센서 네트워크의 연동에 따른 활용방안은 매우 중요하게 대두되고 있다[1].

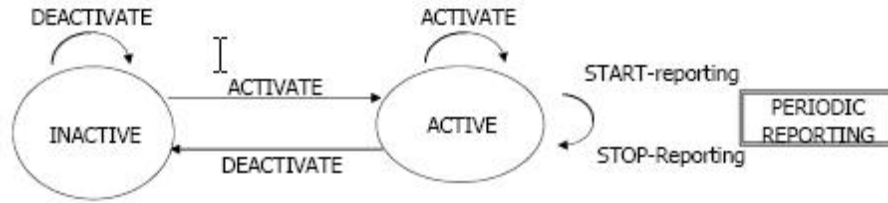
실제로 현재 국내의 TETRA 시스템 및 단말기 관련 기술을 가진 업체는 소수에 불과하고 모토로라, EADS, Sepura 등 해외 업체가 해외 및 내수시장의 75%를 점유하고 있어 시장 및 기술종속이 심화되어 가고 있는 실정이다. 지금은 비록 정부의 재검토 지시에 따라 그 사업 추진이 보류되고 있으나 국제적으로 TETRA가 더욱 확대되고 있는 점과 국내 통합지휘통신망으로 TETRA 이외에 대체 통신 수단이 별로 없고(국제적으로 검증된 시스템으로 미국의 APCO-25를 채택하고 있으나 이 방식은 특정 기업 종속 우려가 너무 커서 많은 문제를 야기할 수 있어 채택이 어려움) 기후 변화나 국지적 재난 등의 발생 가능성을 염두에 둘 때, 검증된 TETRA 기술이 채택될 수 있을 것이라 판단되며 향후 시장 전개에 대비하여 한국형 TETRA 기술을 개발할 필요가 있다[2]. 그리고 개발된 TETRA 망 활용 장치로서 USN 센서 네트워크 노드들을 개발할 필요성이 있다. 그러나 TETRA와 USN 노드들 간의 망 연동으로 인한 문제 해결과 원활한 망 관리 프로토콜이 필요하게 된다. 따라서 본 연구에서는 TETRA와 USN 망 간에 망 연동시 다양한 상황을 고려한 Manager 및 Agent 기반의 망 관리 프로토콜을 제안하고 이를 구현하였다.

2. TETRA 및 USN 망 연동 관리 프로토콜 설계

TETRA 시스템을 이용한 USN 노드들의 망 연동 접속시 이를 원격지에서 원활히 관리하기 위한 망 관리용 프로토콜이 절실히 필요하게 되며 이를 제안하고 구현한다. USN 노드들의 관리용 프로토콜은 Manager 및 Agent 모듈 방식으로 제안하고 설계 구현한다. TETRS 시스템은 1990년대 개발한 유럽 이동 무선 통신 기반의 표준으로 경찰, 소방 무선과 같은 공공기관, 공공단체의 이동 무선 통신 필요에 따라 음성 및 데이터 통신 서비스를 제공할 목적으로 개발된 것으로 디지털 트렁크 무선 기술을 기반으로 한 이동 무선 기술로 평상시 고유의 업무를 수행하다가 재난, 재해 발생시, 통합지휘 무선 통신망의 기능을 수행한다. 음성과 데이터 전송이 가능한 V+D(Voice Plus Data), Packet 데이터 전송이 가능한 PDO(Packet Data Optimized) 그리고 두 단말간에 직접 통신을 할 수 있는 DMO(Direct Mode Operation)가 있다. 그리고 아래와 같은 다양한 Air Interface를 지원한다. TETRA Air Interface는 시스템 운영방법이 아닌 시스템 간 상호 인터페이스를 정의 규격화 시켰다. 정의된 5개의 인터페이스는 TETRA 시스템 사이의 상호 연동성과 인터페이스를 보장하기 위해 정의된다. USN의 ZigBee 프로토콜은 IEEE 802.15.4 기반으로 저전력(low power)과 저가격(low cost)을 목표로 하는 저속 근거리 개인 무선통신의 국제 표준 스펙이다. ZigBee는 전력소모가 적고 칩 가격이 저렴하며 통신의 안정성이 높아 최근 가장 많이 사용되는 기술이다[3]. ZigBee는 IEEE 802.15.4 표준의 물리 PHY와 매체접근제어 MAC 계층위에 그 상위계층으로 네트워크(NWK) 계층,응용 지원(APS) 계층과 보안(Security) 및 응용(APL)을 규격화 하였다. ZigBee의 물리 PHY 기술은 간단한 구조를 가지며 MAC계층은 전력소비를 최소화할 수 있도록 연구되었다. ZigBee는 원격제어,원격관리, 원격 모니터링에 적합하고 가정자동화,산업 자동화,환경 모니터링,시설 모니터링 등에 활발하게 적용되어질 전망이다. ZigBee의 계층 구조는 IEEE 802.15.4를 포함한 계층 구조 스택을 가지고 있다. ZigBee의 스택은 4개의 계층 구조로 되어 있으며 PHY, MAC, NWK, APS로 나눈다. 이중 물리 계층(PHY)과 매체접근제어 계층(MAC)은 IEEE 802.15.4에서 정의된 것을 그대로 사용하며 네트워크 계층(NWK)과 응용지원(APS) 계층을 ZigBee Alliance에서 추가하였고 그 위에 사용자 응용 프로그램이 위치한다.

2-1 TETRA System 및 USN 망 연동 Manager/Agent 모듈 설계

USN 네트워크의 원활한 관리를 위하여 Manager 및 Agent를 설계하고 구현하였다. USN에서 Manager는 전체적인 모듈을 관리하고 각 노드에 이식된 Agent는 매니저로부터 명령어를 받아 처리하고 주기적인 리포팅(periodic reporting) 동작을 수행한다. 또한, 관련 명령어를 받았을 때 해당 주기별로 명령어에 저장된 오브젝트들의 값을 매니저에게 전송하는 역할을 수행한다. 동작 모드로는 Agent가 구동은 하나 초기상태로 아직 동작하고 있지 않은 상태인 inactive 모드와 Agent가 지정된 모니터링 동작을 수행하고 있는 상태인 active 상태로 분류된다. 또한 이 상태에서는 Agent는 매니저로부터 커맨더를 처리한다. start-reporting 명령어를 받으면 이후 stop-reporting 명령어를 받을 때까지 지정된 오브젝트 값을 주기적으로 매니저에게 리포팅한다. 그림.1은 Agent의 상태 천이 모델을 도시하였다.



[그림 1] Agent의 상태 천이 모델

□ 명령어(Command) 타입

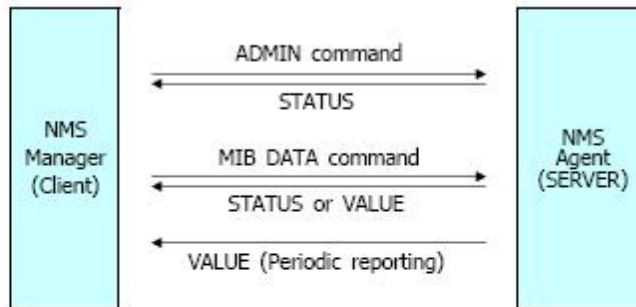
매니저에서 Agent로 전달되는 명령어는 2개 타입이 있으며 메시지는 크게 REQ와 RSP로 구분된다.

	Command Type	Message		Description
		MANAGER	AGENT	
1	ADMIN command	REQ →	RSP ←	<ul style="list-style-type: none"> Agent의 상태 조회/변경, 모드 설정, 제어등 제반 관리(Administration)를 위한 명령어 - Activate / Deactivate / Hello - Delete node / Change routing - Init traffic 등
2	MIB OBJECT command	REQ →	RSP ←	<ul style="list-style-type: none"> MIB OBJECT DATA 수집에 사용되는 명령어 MANAGER가 AGENT에 특정 OBJECT를 요청하면 AGENT가 해당 값을 전송
		x	RSP ←	<ul style="list-style-type: none"> START-reporting command가 수행되면 AGENT가 주기적으로 MANAGER에게 OBJECT DATA를 전송 - AGENT가 전송할 주기 및 데이터의 종류는 START-reporting 명령어에 지정됨

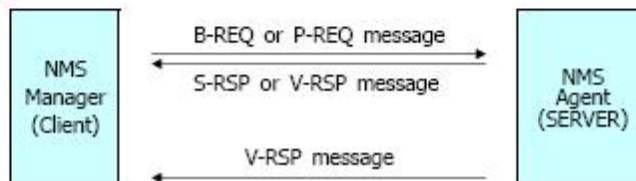
□ NMP Message

NMP Message의 유형은 크게 4가지로 구현된다. Type 1은 Basic request message(B-REQ), Type 2는 Parameterized request message(P-REQ), Type 3는 Status response message(S-RSP), Type 4는 Value response message(V-RSP)이다.

◆ Command perspectives



◆ Message perspective

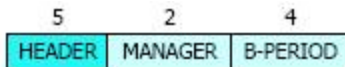


□ ADMIN command list

	Command	ID	Description	Message	
				REQ	RSP
1	(Periodic reporting)	0x00	▪ START-reporting 명령어에 의한 reporting 메시지	x	④ V-RSP
2	ACTIVATE	0x01	▪ AGENT를 MANAGER 주소 등의 기본정보 설정/구동시작	② P-REQ	③ S-RSP
3	DEACTIVATE	0x02	▪ AGENT의 구동을 중지시키고 초기상태로 함	① B-REQ	③ S-RSP
4	START-reporting	0x03	▪ Periodic reporting 동작 설정 및 시작	② P-REQ	③ S-RSP
5	END-reporting	0x04	▪ Periodic reporting 중단함	① B-REQ	③ S-RSP
6	HELLO	0x05	▪ 센서 노드의 존재 확인	① B-REQ	③ S-RSP
7	DELETE-node	0x06	-	② P-REQ	③ S-RSP

□ ACTIVATE command

- INACTIVE 상태의 AGENT의 <MANAGER 주소, 기본 주소>를 설정한 후 ACTIVE상태로 이동시킴
- ACTIVE 상태의 경우에는 해당 정보만 업데이트시킴.
- Request 메시지 : P-REQ

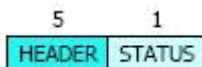


- Field 설명

※ little endian

	Field Name	Format	Range	Description
1	MANAGER	UINT16	-	▪ MANAGER의 node address for the AGENT
2	B-PERIOD	UINT16	0~65536	▪ 모니터링과 Reporting을 위한 기본 주기 : 최대 약 65초

- Response 메시지 : S-RSP

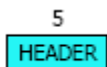


- 명령어 수행 뒤에 그 수행결과를 Status 필드에 전송하는 응답 메시지

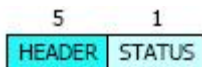
□ DEACTIVATE command : B-REQ,S-RSP

ACTIVE 상태의 AGENT에 대해서 모든 명령처리/리포팅 동작을 중지시킴(AGENT의 모든 상태는 초기화)

- Request 메시지 : B-REQ



- Response 메시지 : S-RSP

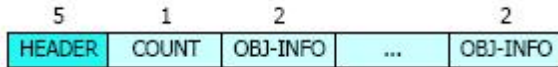


- 명령어 수행 후에 그 수행결과를 Status 필드에 전송하는 응답 메시지

□ START-reporting command : P-REQ

리포팅 주기와 대상 오브젝터를 설정하고 리포팅을 시작하도록 한다. 리포팅 주기는 B-PERIOD값의 배수로 설정한다. 오브젝터별 리포팅 주기는 다르게 하되 주기관리에 필요한 타이머의 사용을 최소화하기 위한 목적으로 한다.

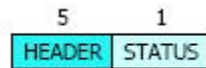
- Request 메시지 : P-REQ



- 필드 설명

	Field Name	Format	Range	Description	Value
1	COUNT	UINT8	-	▪ # of MIB OBJECTs to report	▪
2	OBJ-INFO	UINT8	d7~d4	▪ OBJECT ID (4-bit)	▪ 1~15
			d2~d0	▪ OPTION : 수집 대상 데이터를 규정 - GET command에서도 사용	▪ 0x000 : An entry (First) ▪ 0x001 : An entry (Next) ▪ 0x010 : ALL entries ▪ 0x011 : Updated entries
		UINT16	-	▪ R-PERIOD : reporting period for this OBJECT ▪ 실제주기 값 : R-PERIOD * B-PERIOD	▪

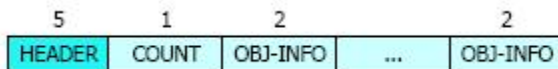
- Response 메시지 : S-RSP



□ END-reporting command

대상 오브젝트에 대한 리포팅을 중지하도록 한다.

- Request 메시지 : P-REQ



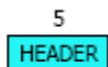
- 필드 설명

	Field Name	Format	Range	Description	Value
1	COUNT	UINT8	-	▪ # of MIB OBJECTs to End reporting	▪
2	OBJ-INFO	UINT8	d7~d4	▪ OBJECT ID (4-bit)	▪
			d3~d0	▪ Reserved	▪

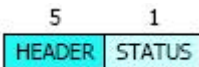
□ HELLO command

해당 센서노드에 대한 존재 여부를 확인한다.

- Request 메시지 : B-REQ



- Response 메시지 : S-RSP



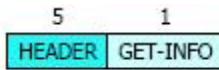
□ MIB Object command list

	Command	ID	Description	Message	
				REQ	RSP
1	GET-MIB-object	0x10	▪ MANAGER가 AGENT에 1개 유형의 OBJECT Value를 요청	② P-REQ	④ V-RSP
2	GET-MIB-objects	0x11	▪ MANAGER가 AGENT에 여러 유형의 OBJECT Value를 요청	② P-REQ	④ V-RSP
3	SET-MIB-object	0x12	▪ MANAGER가 AGENT에 1개 유형의 OBJECT Value를 세팅	② P-REQ	③ S-RSP
4	SET-MIB-objects	0x13	▪ MANAGER가 AGENT에 여러 유형의 OBJECT Value를 세팅	② P-REQ	③ S-RSP

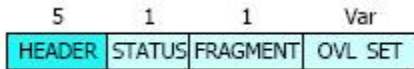
□ GET-MIB-object command

MIB에서 한 유형의 오브젝트에 대하여 저장된 옵션(1개,모든 엔트리,갱신 엔트리)에 따라 해당 값을 얻는다.

- Request 메시지 : P-REQ



- Response 메시지 : V-RSP,S-RSP

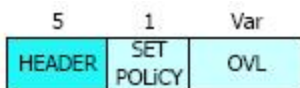


- 필드 설명

	Field Name	Format	Range	Description	Value
1	GET-INFO	UINT8	d7~d4	OBJECT ID (4-bit)	0~15
			d2~d0	OPTION (3-bit) for retrieval of OBJECTs in the MIB	<ul style="list-style-type: none"> 0x000 : An entry (First) 0x001 : An entry (Next) 0x001 : ALL entries 0x010 : Updated entries

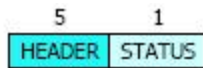
□ SET-MIB-object command

- Request 메시지 : P-REQ



- Response 메시지 : S-RSP

명령어 수행뒤에 그 수행결과를 Status 필드에 전송하는 응답 메시지

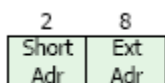


□ MIB OBJECT list

	Category	Object Name	ID	Description
1	SYSTEM	ADDRESS	0x00	<ul style="list-style-type: none"> 센서노드의 주소(동적주소 할당 시 필요) Short Address(16-bits) & Extended Address(64-bits)
2	ENERGY	BATTERY-LEVEL	0x01	
3	TOPOLOGY	LINK	0x02	
		PATH	0x03	<Dest, Next Hop> pair
4	TRAFFIC	TRX-LOAD	0x04	-
5				-
6		...		-

□ ADDRESS object

- 센서 노드에 할당된 주소를 제공



- 항목 설명

Field Name	Format	Range	Description	Value
1 Short Adr	UINT8	0x00~0xff	▪ 네트워크 주소(16-bits)	
2 Ext Adr	UINT64	0x0000000000000000~0xfffffffffffffffe	▪ IEEE Extended Address(64-bits)	

□ BATTERY LEVEL object



- 항목 설명

Field Name	Format	Range	Description	Value
1 BatVal	UINT8	0x00~0xff	▪ 배터리 잔존량	퍼센트(0 ~ 100)

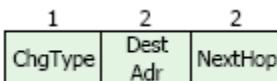
□ LINK object



- 항목 설명

Field Name	Type	Range	Description	Value	비고
1 Value type	UINT8	-	▪ LINK Object value type	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 0x00 : New ▪ 0x01 : Delete ▪ 0x02 : Update 	▪
2 Nwk Adr	UINT16	-	▪ Routing Table의 NextHop 주소	▪ Static Network에서는 Nwk Adr만 유효함	▪ Object value
3 DevType	UINT8	d3 ~ d2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 디바이스 타입 ▪ Neighbor Table의 장치 타입 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 0x00 : 코디네이터 ▪ 0x01 : 라우터 ▪ 0x02 : 엔드 디바이스 	
4 Relation		d1 ~ d0	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 이웃노드와 관계 ▪ Neighbor Table의 이웃노드 관계 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 0x00 : Parent ▪ 0x01 : Child ▪ 0x02 : Sibling ▪ 0x04 : none 	
5 LQI	UINT8	-	▪ 이웃노드와의 LQI	▪ LQI를 관리할 수 없는(No NBR Table) Static Network에서는 '0'의 값을 가짐	

□ PATH object



- 항목 설명

Field Name	Format	Range	Description	Value
1 ChgType	UINT8	0x01~0x03	▪ 엔트리 변경 타입	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 0x01: 추가 ▪ 0x02: 변경 ▪ 0x03: 삭제
2 Dest Adr	UINT16	0x0000~0xffff	▪ 목적지 주소	
3 NextHop	UINT16	0x0000~0xffff	▪ Next Hop	

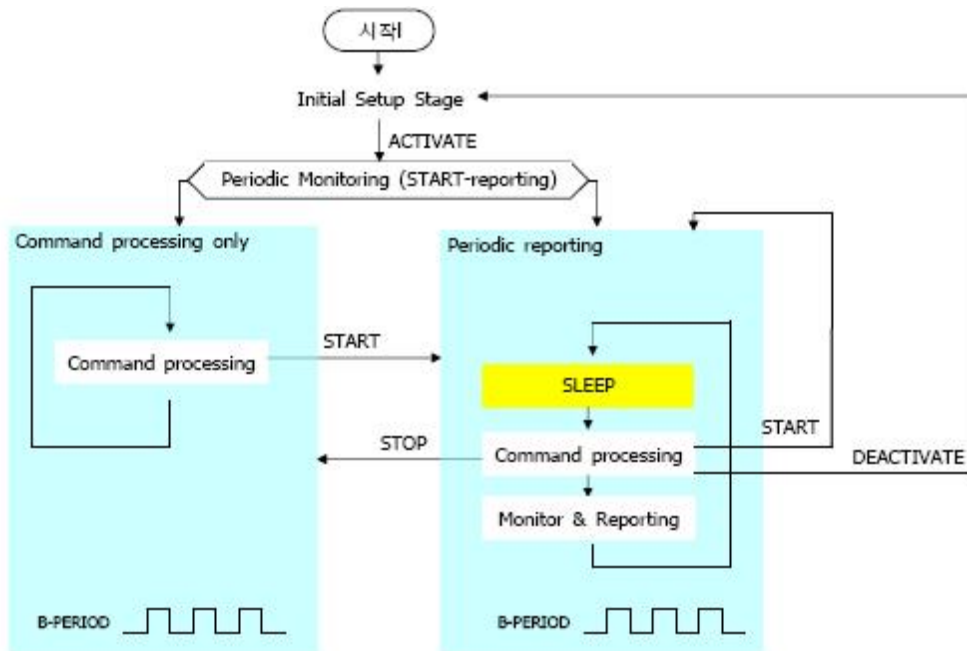
□ TRX-LOAD object

	2	2	2	2
	MyTx	MyRx	TotTx	TotRx

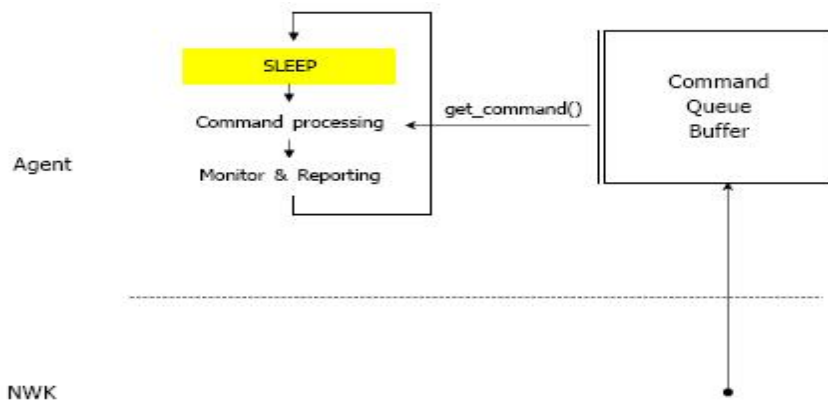
- 항목 구성

ITEM	Format	Range	Description	Value	
1	MyTx	UINT16	0x0000~0xffff	▪ 해당 노드가 전송한 프레임 수	-
2	MyRx	UINT16	0x0000~0xffff	▪ 해당 노드가 수신한 프레임 수	-
3	TotTx	UINT16	0x0000~0xffff	▪ 전체 전송한 프레임 수(라우팅 프레임 수 포함)	-
4	TotRx	UINT16	0x0000~0xffff	▪ 전체 수신 프레임 수(해당 노드에게 수신된 프레임 수 포함)	-

□ Agent flow diagram



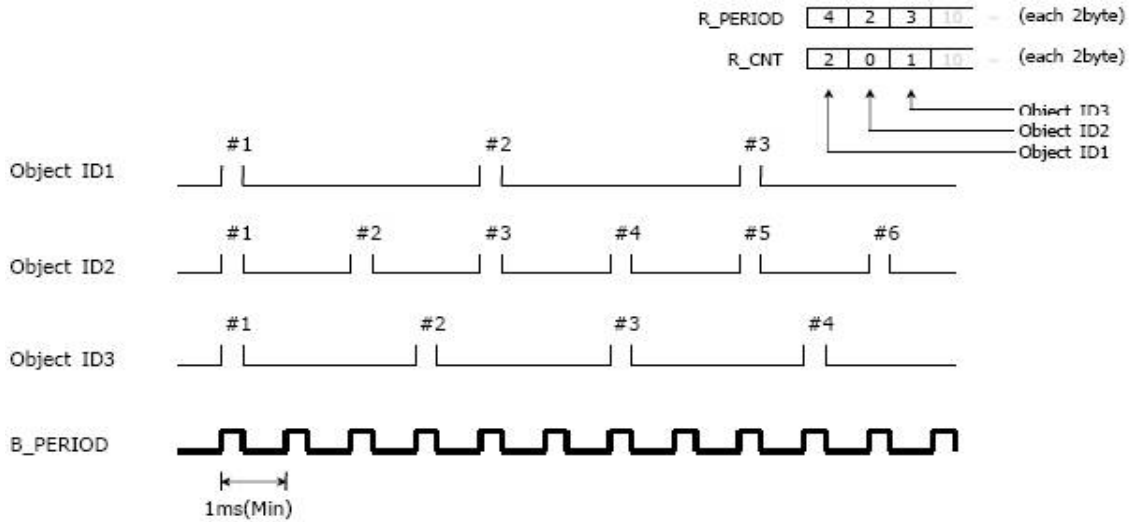
□ Agent command buffer



[그림 2] Agent flow diagram 및 Agent command buffer

□ Reporting 주기 구현

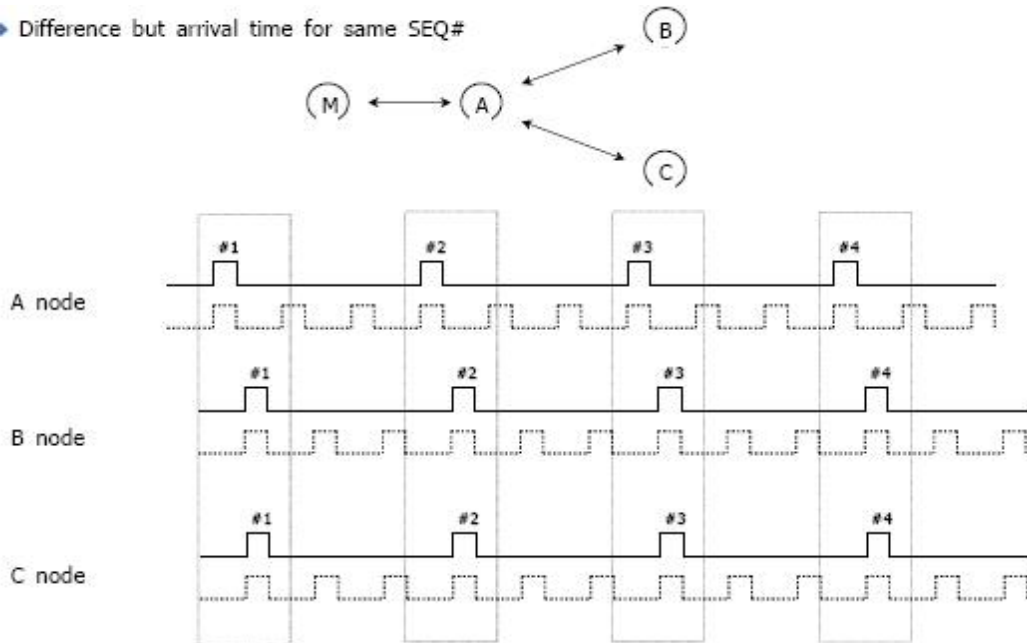
ACTIVATE 명령을 통한 B_PERIOD 값 설정, START 명령을 통한 R_PERIOD 값 설정 그리고 R_CNT가 0인 경우 해당 REPORT 수행 및 R_PERIOD의 값을 R_CNT에 복사, R_PERIOD별 Reporting/Object ID별 SEQ존재(Increment on each reporting) 기능을 수행한다. 그리고 리포팅 주기 타이밍도는 [그림. 3]과 같다.



[그림 3] Reporting Period Timing

- 응답 속도는 다를 수 있으나 개별 노드별 B_PERIOD와 R_PERIOD는 동일함.
- SEQ#를 참고한 Management 처리 필요

◆ Difference but arrival time for same SEQ#



2-2 TETRA 시스템 및 USN 센서 네트워크 관리 프로토콜 구현

TETRA 시스템과 USN 센서 네트워크의 각 Node는 다양한 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구동시켰고 센서 네트워크 기술을 기반으로 자가 구성 네트워크를 형성하였다. 형성된 네트워크 기반으로 응용 서비스를 제공하기 위해서는 센서 네트워크와 호스트간의 정보교환을 위한 프로토콜이 존재하며 규정된 프로토콜의 기반으로 응용 서비스 시스템은 송/수신된 정보를 활용하여 네트워크 모니터링 및 관리를 수행하였다. 센서 네트워크 관리 프로토콜의 구조는 다음과 같으며 기본적으로 호스트에서 UART 기반 바이트 스트림으로 Serial Interface된 TETRA Modem을 통해 USN Coordinator 및 노드로 9600bps 전송 속도를 기본적으로 가지며 송/수신되었다.

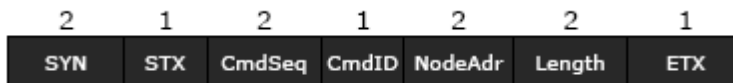


기본적인 프레임 구성은 다음과 같다.

Field Name	Format	Size(byte)	Range	Description	Value
SYN	UINT8	2	-	Frame 동기화 사용	SNMS->SINK : 0xaa SINK->SNMS : 0x55
STX	UINT8	1	-	Start Of Text	0x24
CmdSeq	UINT16	2	0x0000~0xffff	명령 일련 번호	-
CmdId	UINT8	1	0x00~0xff	명령 프레임의 ID	0x64
NodeAdr	UINT16	2	0x0000~0xffff	명령을 처리할 노드의 주소로 Short Address(2bytes)로 구성됨	Target Node Address
Length	UINT8	2	0x00~0xff	Payload length	
ETX	UINT8	1	-	End Of Text	0x2a

□ 노드 존재 확인

- 노드 존재 확인을 위한 Hello_req를 요청하며 Command ID=0x64를 가진다. 싱크 노드가 특정 센서노드의 네트워크 존재 여부를 확인하고자 응답 요청을 전송하는 명령 프레임이다.



Field Name	Format	Size(byte)	Range	Description	Value
SYN	UINT8	2	-	Frame 동기화 사용	SNMS->SINK : 0xaa SINK->SNMS : 0x55
STX	UINT8	1	-	Start Of Text	0x24
CmdSeq	UINT16	2	0x0000~0xffff	명령 요청 순차번호	
CmdId	UINT8	1	0x00~0xff	명령 프레임의 ID	0x64
NodeAdr	UINT16	2	0x0000~0xffff	타겟 노드의 주소	Target Node Address
Length	UINT8	2	0x00~0xff	Payload length	
ETX	UINT8	1	-	End Of Text	0x2a

- 응답은 Hello_Rsp를 사용하며 Command ID=0x65이다. 네트워크상의 존재 확인 요청 (Hello_Req)에 의해 센서노드가 자신의 존재를 알리고자 전송하는 응답 프레임으로 싱크노드가 센서 네트워크 관리자 시스템에게 전달하는 응답 프레임이다.



Field Name	Format	Size(byte)	Range	Description	Value
SYN	UINT8	2	-	Frame 동기화 사용	SNMS->SINK : 0xaa SINK->SNMS : 0x55
STX	UINT8	1	-	Start Of Text	0x24
CmdSeq	UINT16	2	0x0000~0xffff	명령 요청 순차번호	
CmdId	UINT8	1	0x00~0xff	명령 프레임의 ID	0x65
NodeAdr	UINT16	2	0x0000~0xffff	타겟 노드의 주소	Target Node Address
Length	UINT8	2	0x00~0xff	Payload length	
CmdStatus	UINT8	1	-	요청에 대한 결과	0 : Success 1 ~ : Status
ETX	UINT8	1	-	End Of Text	0x2a

□ 센싱 데이터 수집(일회성)

- 센싱 데이터 수집(일회성) 요청은 Sensing_Data_Req명령을 통해 사용되며 Command ID=0x06이다. 싱크 노드가 센서 노드에게 센싱데이터를 즉각 전송하도록 요청하는 명령 프레임이다. SensorSet 값은 각 센서마다 고유의 bit를 할당하고 각 bit를 설정 및 해지에 의한 선택의 조합으로 결정된다.



Field Name	Format	Size(byte)	Range	Description	Value
SYN	UINT8	2	-	Frame 동기화 사용	SNMS->SINK : 0xaa SINK->SNMS : 0x55
STX	UINT8	1	-	Start Of Text	0x24
CmdSeq	UINT16	2	0x0000~0xffff	명령 요청 순차번호	
CmdId	UINT8	1	0x00~0xff	명령 프레임의 ID	0x6
NodeAdr	UINT16	2	0x0000~0xffff	타겟 노드의 주소	Target Node Address
Length	UINT8	2	0x00~0xff	Payload length	
SensorSet	UINT8	2	0x0000~0xffff	선택된 센서들의 집합	아래 'Sensor Set Bitmap' 표 참조
ETX	UINT8	1	-	End Of Text	0x2a

Sensor Set Bitmap																
Digit	d15	d14	d13	d12	d11	d10	d9	d8	d7	d6	d5	d4	d3	d2	d1	d0
Sensor Name	Reserved							금속체	이동체	진동	음향	인체	배터리	조도	습도	온도

Sensor Set Bitmap																Sensor Set Value		
Digit	d15	d14	d13	d12	d11	d10	d9	d8	d7	d6	d5	d4	d3	d2	d1	d0	-	
Sensor Name	Reserved							금속체	이동체	진동	음향	인체	배터리	조도	습도	온도	-	
Sensor Selection (선택:1)	-							0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0x01
	-							0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0x02
	-							0	0	0	0	0	0	0	1	1	0x03	
	-							0	0	0	0	0	0	1	0	0	0x04	
	-							0	0	0	0	0	0	1	0	1	0x05	
	-							0	0	0	0	0	0	1	1	0	0x06	
	-							0	0	0	0	0	0	1	1	1	0x07	

- 응답은 Sensing_Data_Rsp를 사용하며 Command ID=0x07이다. 싱크 노드가 센서 네트워크 관리자에게 보내는 센싱 데이터를 즉각 전송 요청에 대한 응답 프레임이다. 마찬가지로 SensorSet 값은 각 센서마다 고유의 bit를 할당하고 각 bit를 설정 및 해지에 의한 선택의 조합으로 결정된다.

2	1	2	1	2	2	1	2	1 ~ 11	1
SYN	STX	Cmd Seq	Cmd ID	Node Adr	Length	Cmd Staus	Sensor Set	SensingVal	ETX

Field Name	Format	Size(byte)	Range	Description	Value
SYN	UINT8	2	-	Frame 동기화 사용	PC->SINK : 0xaa SINK->PC : 0x55
STX	UINT8	1	-	Start Of Text	0x24
CmdSeq	UINT16	2	0x0000~0xffff	명령 요청 순차번호	
CmdId	UINT8	1	0x00~0xff	명령 프레임의 ID	0x07
NodeAdr	UINT16	2	0x0000~0xffff	타겟 노드의 주소	Target Node Address
Length	UINT8	2	0x00~0xff	Payload length	
CmdStatus	UINT8	1	-	요청에 대한 결과	0 : Success 1 ~ : Status
SensorSet	UINT8	2	0x0000~0xffff	선택된 센서들의 집합	아래 'Sensor Set Bitmap' 표 참조
SensingVal	UINT8	1 ~ 11	센서 사양 참조	센싱 데이터	
ETX	UINT8	1	-	End Of Text	0x2a

Sensor Name	Format	Size(byte)	Range	Description
온도	Float	4	-40 ~ 1238	부동소수 타입으로 전송
습도	Float	4	0 ~ 100	부동소수 타입으로 전송
조도	UINT16	2	0 ~ 25000	정수 타입으로 전송
배터리	UINT8	1	0 ~ 100	정수 타입으로 전송

□ 센싱 정보 수집(연속성)

- 연속성 센싱 정보 수집 시작 요청은 Start_Deliv_Data_Req이며 Command ID=0x00이다. 싱크노드가 센서 노드에게 센싱 데이터를 지정된 주기마다 전송하도록 요청하는 명령 프레임이다.

2	1	2	1	2	2	1
SYN	STX	CmdSeq	CmdID	NodeAdr	Length	ETX

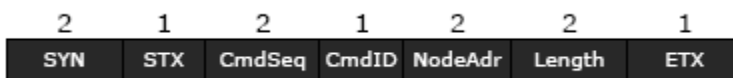
Field Name	Format	Size(byte)	Range	Description	Value
SYN	UINT8	2	-	Frame 동기화 사용	SNMS->SINK : 0xaa SINK->SNMS : 0x55
STX	UINT8	1	-	Start Of Text	0x24
CmdSeq	UINT16	2	0x0000~0xffff	명령 요청 순차번호	
CmdId	UINT8	1	0x00~0xff	명령 프레임의 ID	0x00
NodeAdr	UINT16	2	0x0000~0xffff	타겟 노드의 주소	Target Node Address
Length	UINT8	2	0x00~0xff	Payload length	
ETX	UINT8	1	-	End Of Text	0x2a

- 센싱 정보 수집 시작 응답은 Start_Deliv_Data_Rsp이며 Command ID=0x01이다. 싱크 노드가 센서 노드에게 지정된 주기로 센싱 데이터를 전송하라는 명령에 대한 센서 노드의 응답 프레임이다.



Field Name	Format	Size(byte)	Range	Description	Value
SYN	UINT8	2	-	Frame 동기화 사용	SNMS->SINK : 0xaa SINK->SNMS : 0x55
STX	UINT8	1	-	Start Of Text	0x24
CmdSeq	UINT16	2	0x0000~0xffff	명령 요청 순차번호	
CmdId	UINT8	1	0x00~0xff	명령 프레임의 ID	0x01
NodeAdr	UINT16	2	0x0000~0xffff	타겟 노드의 주소	Target Node Address
Length	UINT8	2	0x00~0xff	Payload length	
CmdStatus	UINT8	1	-	요청에 대한 결과	0 : Success 1 ~ : Status
ETX	UINT8	1	-	End Of Text	0x2a

- 센싱 정보 수집 중단 요청은 Stop_Deliv_Data_Req이며 Command ID=0x02이다. 싱크노드가 센서 노드에게 센싱 데이터의 주기적인 전송을 중지하도록 요청하는 명령 프레임이다.



Field Name	Format	Size(byte)	Range	Description	Value
SYN	UINT8	2	-	Frame 동기화 사용	SNMS->SINK : 0xaa SINK->SNMS : 0x55
STX	UINT8	1	-	Start Of Text	0x24
CmdSeq	UINT16	2	0x0000~0xffff	명령 요청 순차번호	
CmdId	UINT8	1	0x00~0xff	명령 프레임의 ID	0x02
NodeAdr	UINT16	2	0x0000~0xffff	타겟 노드의 주소	Target Node Address
Length	UINT8	2	0x00~0xff	Payload length	
ETX	UINT8	1	-	End Of Text	0x2a

- 센싱 정보 수집 중단 응답은 Stop_Deliv_Data_Rsp이며 Command ID=0x03이다. 센서 노드가 싱크 노드에게 주기적인 센싱 데이터 전송을 중지하라는 요청 명령에 대한 응답 프레임이다.

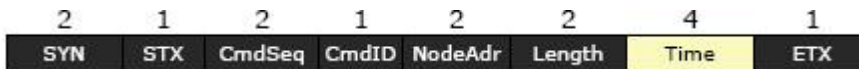
다.



Field Name	Format	Size(byte)	Range	Description	Value
SYN	UINT8	2	-	Frame 동기화 사용	SNMS->SINK : 0xaa SINK->SNMS : 0x55
STX	UINT8	1	-	Start Of Text	0x24
CmdSeq	UINT16	2	0x0000~0xffff	명령 요청 순차번호	
CmdId	UINT8	1	0x00~0xff	명령 프레임의 ID	0x03
NodeAdr	UINT16	2	0x0000~0xffff	타겟 노드의 주소	Target Node Address
Length	UINT8	2	0x00~0xff	Payload length	
CmdStatus	UINT8	1	-	요청에 대한 결과	0 : Success 1 ~ : Status
ETX	UINT8	1	-	End Of Text	0x2a

□ 센싱 데이터 전송 주기 변경

- 센싱 데이터 전송 주기 변경 요청은 Dtx_Req이며 Command ID=0x04이다. 싱크 노드가 센서 노드에게 센싱 데이터 전송 주기를 변경하도록 요청하는 명령 프레임이다.



Field Name	Format	Size(byte)	Range	Description	Value
SYN	UINT8	2	-	Frame 동기화 사용	SNMS->SINK : 0xaa SINK->SNMS : 0x55
STX	UINT8	1	-	Start Of Text	0x24
CmdSeq	UINT16	2	0x0000~0xffff	명령 요청 순차번호	
CmdId	UINT8	1	0x00~0xff	명령 프레임의 ID	0x04
NodeAdr	UINT16	2	0x0000~0xffff	타겟 노드의 주소	Target Node Address
Length	UINT8	2	0x00~0xff	Payload length	
Time	UINT32	4	0~4294967	요청된 시간 값(millisecond)	4294967 msec(약71분)
ETX	UINT8	1	-	End Of Text	0x2a

- 응답은 Dtx_Rsp이며 Command ID=0x05이다. 센서 노드가 싱크 노드에게 보낸 센싱 데이터 전송 주기 변경 요청에 대한 응답 프레임이다.



Field Name	Format	Size(byte)	Range	Description	Value
SYN	UINT8	2	-	Frame 동기화 사용	SNMS->SINK : 0xaa SINK->SNMS : 0x55
STX	UINT8	1	-	Start Of Text	0x24
CmdSeq	UINT16	2	0x0000~0xffff	명령 요청 순차번호	
CmdId	UINT8	1	0x00~0xff	명령 프레임의 ID	0x05
NodeAdr	UINT16	2	0x0000~0xffff	타겟 노드의 주소	Target Node Address
Length	UINT8	2	0x00~0xff	Payload length	
CmdStatus	UINT8	1	-	요청에 대한 결과	0 : Success 1 ~ : Status
Time	UINT32	4	0~4294967	요청된 시간 값(millisecond)	4294967 msec(약71분)
ETX	UINT8	1	-	End Of Text	0x2a

□ 테이블 전송

- 테이블 전송 요청은 Tbl_Req이며 Command ID=0x24이다. 센서 노드가 관리하는 네트워크 관련 테이블을 전송하도록 요청하는 명령 프레임이다. 특정 노드의 라우팅/경로 탐색/이웃 노드 테이블 정보를 얻기 위함이다.

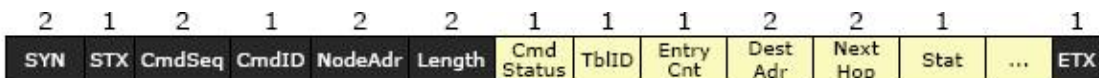


Field Name	Format	Size(byte)	Range	Description	Value
SYN	UINT8	2	-	Frame 동기화 사용	SNMS->SINK : 0xaa SINK->SNMS : 0x55
STX	UINT8	1	-	Start Of Text	0x24
CmdSeq	UINT16	2	0x0000~0xffff	명령 요청 순차번호	
CmdId	UINT8	1	0x00~0xff	명령 프레임의 ID	0x24
NodeAdr	UINT16	2	0x0000~0xffff	타겟 노드의 주소	Target Node Address
Length	UINT8	2	0x00~0xff	Payload length	
Tbl ID	UINT8	1	0x00	Table ID	Table ID 참조
ETX	UINT8	1	-	End Of Text	0x2a

[Table ID]

Table Name	Table ID
Routing table	0x00

- 테이블 응답은 Tbl_Rsp이며 Command ID=0x25이다. 센서 노드의 네트워크 관련 테이블을 싱크 노드가 센서 네트워크 관리자에게 보내는 응답 프레임이다. 각 테이블 엔트리를 payload에 삽입하여 보낸다.



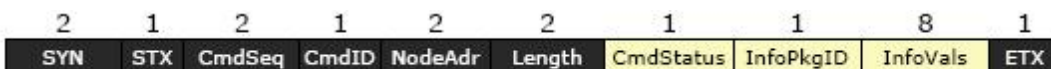
Field Name	Format	Size(byte)	Range	Description	Value
SYN	UINT8	2	-	Frame 동기화 사용	SNMS->SINK : 0xaa SINK->SNMS : 0x55
STX	UINT8	1	-	Start Of Text	0x24
CmdSeq	UINT16	2	0x0000~0xffff	명령 요청 순차번호	
CmdId	UINT8	1	0x00~0xff	명령 프레임의 ID	0x25
NodeAdr	UINT16	2	0x0000~0xffff	타겟 노드의 주소	Target Node Address
Length	UINT8	2	0x00~0xff	Payload length	
CmdStatus	UINT8	1	-	요청에 대한 결과	0 : Success 1 ~ : Status
TblID	UINT8	1	-	테이블 아이디	
EntryCnt	UINT8	1	1, 2, 3, 4, 5	보고하는 TableEntry 개수	
Dest Adr	UINT8	2	0x0000~0xff7	목적지 주소	
Next Hop	UINT8	2	0x0000~0xff7	다음 홉 노드의 주소	
Stat	UINT8	1	0x00~0xff	Route Entry 상태	0x00:Active 0x03:Inactive
ETX	UINT8	1	-	End Of Text	0x2a

- 노드 속성 획득 요청은 Get_NInfo_Req이며 Command ID=0x28이다. 싱크 노드가 센서 노드에게 네트워크 정보를 요청하고자 하는 명령 프레임이다.



Field Name	Format	Size(byte)	Range	Description	Value
SYN	UINT8	2	-	Frame 동기화 사용	SNMS->SINK : 0xaa SINK->SNMS : 0x55
STX	UINT8	1	-	Start Of Text	0x24
CmdSeq	UINT16	2	0x0000~0xffff	명령 요청 순차번호	
CmdId	UINT8	1	0x00~0xff	명령 프레임의 ID	0x28
NodeAdr	UINT16	2	0x0000~0xffff	타겟 노드의 주소	Target Node Address
Length	UINT8	2	0x00~0xff	Payload length	
InfoPkgID	UINT8	1	0x01	노드 InfoPkgID	노드 정보 패키지 참조
ETX	UINT8	1	-	End Of Text	0x2a

- 응답은 Get_NInfo_Rsp이며 Command ID=0x29이다. 센서 노드가 자신의 노드 정보 패키지에 대한 값을 전송하는 응답 프레임이다.

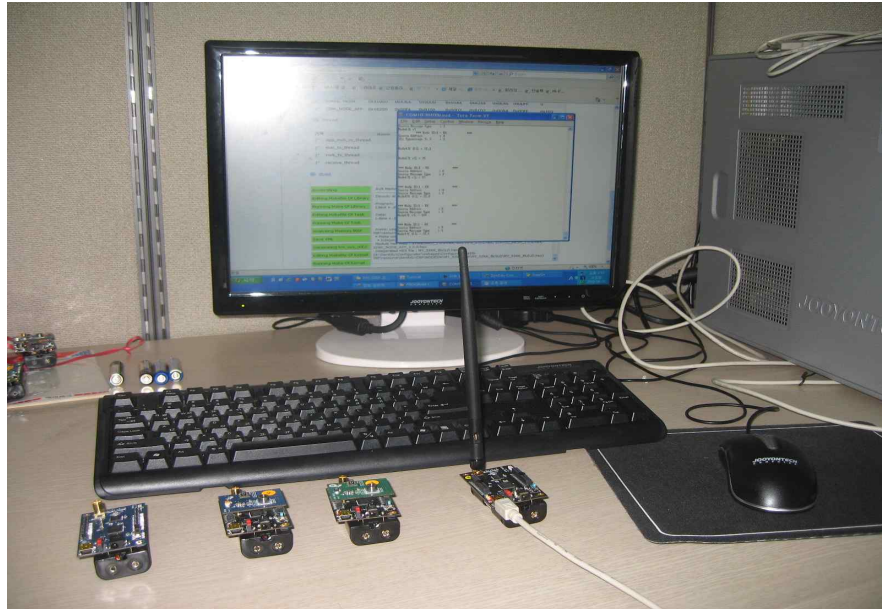


Field Name	Format	Size(byte)	Range	Description	Value
SYN	UINT8	2	-	Frame 동기화 사용	SNMS->SINK : 0xaa SINK->SNMS : 0x55
STX	UINT8	1	-	Start Of Text	0x24
CmdSeq	UINT16	2	0x0000~0xffff	명령 요청 순차번호	
CmdId	UINT8	1	0x00~0xff	명령 프레임의 ID	0x29
NodeAdr	UINT16	2	0x0000~0xffff	타겟 노드의 주소	Target Node Address
Length	UINT8	2	0x00~0xff	Payload length	
CmdStatus	UINT8	1	-	요청에 대한 결과	0 : Success 1 ~ : Status
InfoPkgID	UINT8	1	0x00~0x07	노드 InfoPkgID	노드 정보 패키지 참조
InfoVals	UINT8	8	-	요청된 노드 정보값 설정되는 순서는 '노드정보패 키'표에 기술된 순서대로 MSB부터 설정	-
ETX	UINT8	1	-	End Of Text	0x2a

사용자에 의한 라우팅 경로 입력을 통해 스타(Star), 메쉬(Mesh), 트리(Tree) 등 다양한 형태의 네트워크 토폴로지를 구성할 수 있다. 트리 기반 라우팅(Tree-based routing) 스택은 최적 경로 및 우회 경로 선택이 가능하기 때문에 네트워크 토폴로지 변화에 강하다. 또한, 센서 노드의 경로 탐색을 통해 스스로 라우팅 경로를 설정함으로써 사용자가 라우팅 테이블의 경로를 입력할 필요가 없다. 반면, 경로 탐색 및 라우팅 테이블 갱신에 따른 센서 노드의 부하가 크며 스택이 정적 메쉬 라우팅 보다 복잡하고 프로그램 및 데이터 메모리 요구량이 크다. 트리 기반 라우팅(Tree-based routing)에서는 각 센서노드가 부모노드와 자식노드관계의 수직적 계층 구조를 가진다. 각 센서노드의 주소는 트리 라우팅의 주소 분산 할당 알고리즘에 의해 CSkip으로 자동할당 된다.

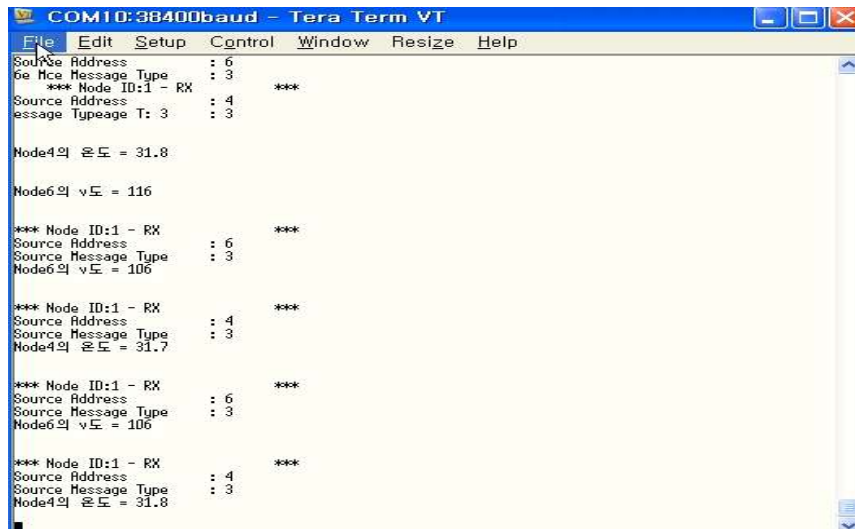
2-3 TETRA 연동용 USN Node 구현 및 실험

TETRS망에 적용하기 위한 USN 센서 모듈로는 먼저 산불 등 화재 감지 장치에 적합한 온도/습도/조도 센서 보드 그리고 전력량 정보 표시에 적합한 전력량 감지 센서 모듈 및 원격 시설물에 대한 위치 관리/제어를 위한 GPS 센서 모듈 등이 설계 및 제작 하였다. USN 센서 모듈 시스템의 동작 테스트는 다양한 방법으로 실험하였다.

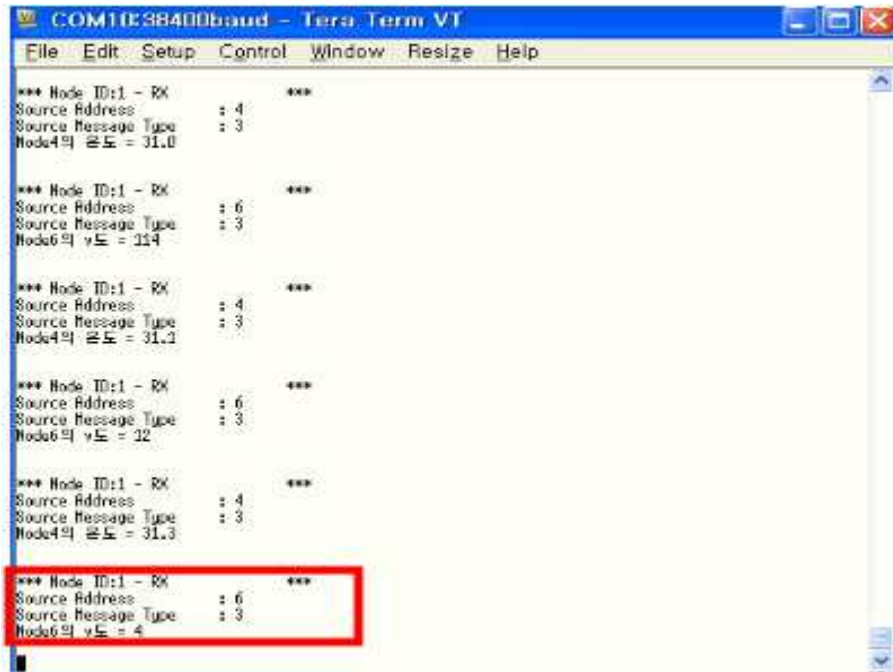


[그림 4] USN 센서 Module 호스트 송/수신

먼저 설계한 망 관리 프로토콜에 기반한 온도/습도/조도 USN 센싱 노드 Node 4에서 온도 데이터를 송신하고, Node 6에서 조도 데이터를 송신하는 어플리케이션 프로그램을 작성하여 Hyper Terminal로 수신하였다. 그림.5은 정상적인 데이터 출력을 보여 주고 있으며 그림.6은 조도 센서에 물체를 접근하였을 때 조도 센싱값이 현저히 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

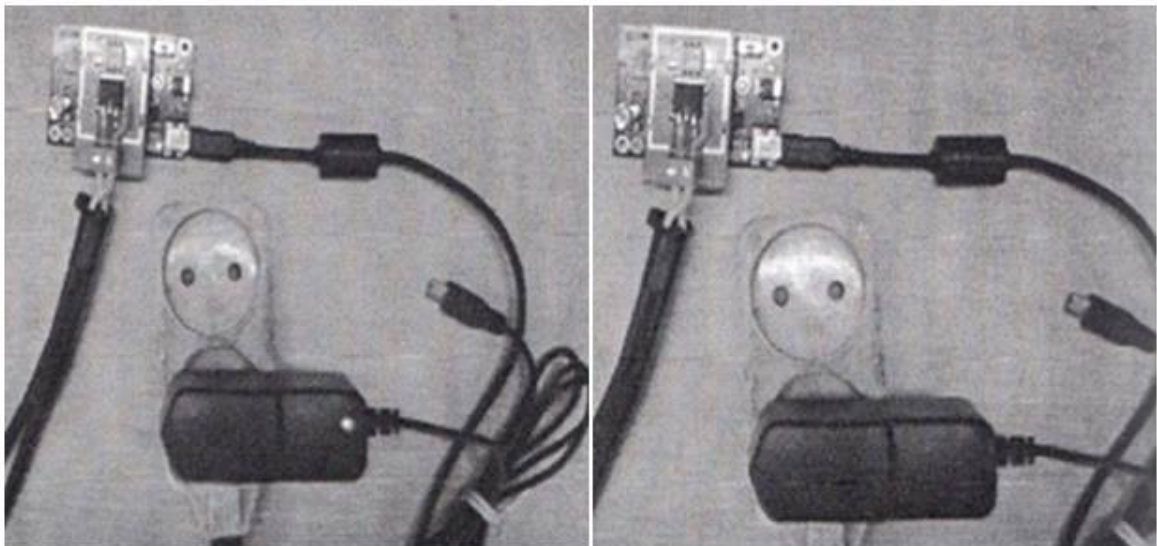


[그림 5] Node=4(Temp)/Node=6(조도) 정상적인 데이터 출력

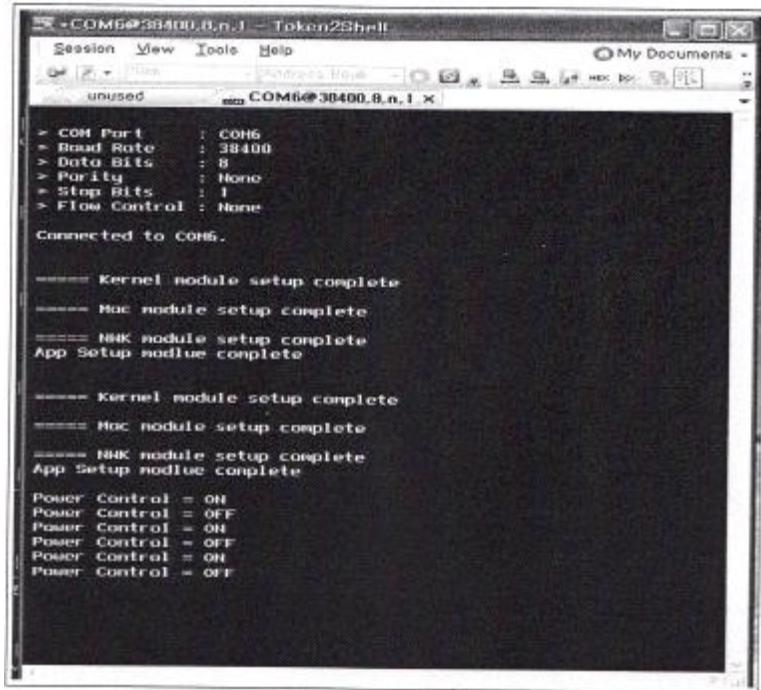


[그림 6] Node=4(Temp)/Node=6(조도)에서 조도 변화 데이터 출력

그리고 USN 센싱 노드 Node 3에서 전력제어를 송신하고, Node 7에서 전력제어를 수신하여 제어하는 실험을 수행하였다. 그림.7은 전력제어 On/Off 상태를 보이고 그림.8은 전력제어 데이터 출력이 정상적으로 이루어짐을 알 수 있었다.



[그림 7] 전력제어 ON상태/OFF상태



[그림 8] 전력제어 데이터 출력

또한, USN 센싱 Node 8에서 GPS를 통한 위치 정보를 수신하여 보여주는 실험을 진행하였으며 그림.9는 구현된 GPS에서 정상적인 위치정보 데이터를 수신하고 있음을 보여 준다.



[그림 9] GPS 위치정보 데이터 수신

3. 결론

급변하는 ICT산업의 발달에 따른 정보통신과의 융합화, 고품질 산업기기, 설비 등 증대에 따른 인류가 당면한 문제해결 즉, 전력, 가스, 산불 등에 의한 국가 재난 및 환경감시, 감지에 대한 실시간 원격 검침, 제어 등 핵심 기술 분야의 발전으로 보다 장기적이고 체계적인 TETRA의 연구가 필요하다. 특히 시장 전개측면에서 국내 무전기 시장의 2/3가 국내 TETRA방식으로 되고 정부의 통합지휘망 사업 외에 민간 기업들의 TETRA 자가통신망 사업, TRS 사업자의 TETRA 전환 등 향후 디지털 TRS 장비 시장의 대부분을 TETRA가 점유할 것으로 예상되면서 Motorola, EADS 등 이미 진출한 TETRA 장비업체들 외에도 유럽을 중심으로 한 해외 장비 업체들의 국내 시장 진출이 활발히 진행되는 시점에서 이에 대한 신속한 대처로 한국형 MSPD TETRA를 구현 하였다. 또한 TETRA의 활용 분야로서 USN을 사용하는 무선 센서 네트워크와의 망 연동은 기존의 시장을 확대하고 제품을 다양화하는데 기여를 하고 있다. 또한 TETRA와 USN망간 연동시 다양한 센서들을 종합적으로 관리할 수 있는 관리 프로토콜과 이에 기반한 어플리케이션이 필요한데, 이에 대한 Manager 및 Agent 기반의 관리 프로토콜을 제안하고 이를 구현한다. 또한, TETRA와 USN Node들간의 통신 인터페이스는 9,600bps의 직렬통신을 기반으로 설계되었고, 다양한 센서의 확장성을 위해 센서 비트 맵 형태로 제공한다. 향후 연구로는 TETRA와 USN Node들 간의 통신 보안 문제들이 적용되어질 것이다.

참고문헌

- (1) 정남모, 장문기, 정근열. "TETRA 디지털 TRS 시스템",오성미디어 2008.
- (2) 박광로, "TETRA 시스템 전송기술 현황 보고서" ETRI Journal, 2006.
- (3) 지식정보산업원, "RFID/USN/NFC 특허 분석 정보 및 표준화 동향 연구",2010.
- (4) 황희산,이용태 "무선 홈 네트워크 기술-USN Zigbee" ETRI Journal, 2009.
- (5) Van Jacobson,Michael J. Karels, "Congestion Avoidance and Control", SIGCOMM 88.
- (6) W.R. Stevens, TCP/IP Illustrated Vol. 1 Addison Wesley, Nov.1994
- (7) H.Balakrishnam "A Comparison of Mechanism For Improving TCP Performance Over Wireless Links" IEEE/ACM Transactions on Networking Vol 5, NO 6 1997.
- (8) Chander Dhawan, "Mobile Computing", MacGraw-Hill, 1997.