

# D-TRS 무선망 환경에서의 SD(Short Data) 성능 측정

## SD(Short Data) Performance Measurement in D-TRS Wireless Network Environment

송 병 권\*, 김 건 응\*\*  
ByungKwen Song \*, Geonung Kim\*\*

### Abstract

TETRA is the standard of Digital Trunked Radio System developed by the ETSI(European Telecommunications Standards Institute). It is adopted as Electric Power IT Wireless Backbone Network in Korea. To use TETRA wireless network, TETRA modem is very necessary. In this paper, the performance measurements of modem and its results are analyzed according to traffics in TETRA network.

In this paper, SDS type-4 transmission method is used in the transmission standards suggested by PEI(Peripheral Equipment Interface) of ETSI. Performance measurements are done by varying the data size and transmission interval. The data size is increased by 10 bytes from 10-byte to 140-byte, and it is measured 1,000 times for each transmission interval of 0.5, 1.0, and 1.5 seconds. MU-1000MD of Unimo is used for TETRA modem, and SwMI(Switching and Management Infrastructure) of Teltronic is used for switching system in this paper.

### 요 약

TETRA는 유럽 전기 통신 표준협회(ETSI)에서 Digital Trunked Radio기반의 표준이다. 우리나라 국가전력IT 무선 기간망으로 TETRA가 채택되었다. 이와같은 상황에서 TETRA 무선망을 사용하기 위해서는 TETRA 모뎀이 필요하게 된다. 본 논문에서는 TETRA 네트워크에서의 트래픽에 따른 모뎀의 성능평가와 그 결과를 분석하였다. 본 논문에서는 ETSI에서 제안한 PEI(Peripheral Equipment Interface)에서 제시하는 전송 규격 중 SDS type - 4 전송방식을 사용하였다. 성능 측정은 SDS로 전송하는 데이터의 크기와 전송간격을 조절하면서 실시하였다. 데이터 크기의 범위는 10바이트에서 140바이트까지 10바이트씩 증가하도록 하였다. 또한 각 전송 데이터 크기마다 전송 전송간격을 0.5초, 1초, 1.5초로 주어 각각 1000번씩 측정하였다. 본 논문에서 사용된 TETRA모뎀은 유니모에서 만든 MU-1000MD이고, 교환기는 Teltronic 사의 SwMI(Switching and Management Infrastructure)를 사용하였다.

Key words : SDS, Short Data Service, Performance Test, TETRA

## 1. 서론

Terrestrial Trunked Radio(TETRA)란 European Telecommunications Standards Institute (ETSI)에서 지정한 고급 사설 무선 통신이나 국가 이용 무선 통신 네트워크의 표준이다.

그림 1은 한전KDN(주)에서 구축한 TETRA 네트워크 구성도이다. 본 TETRA 네트워크는 PEI(Peripheral Equipment Interface)를 이용한 AI(Air Interface)를 통해 다른 종류의 터미널 간 호환성을 확보하였다[2]. 그리고 TE(Terminal Equipment)에서 PEI를 이용한 MS(Mobile Station)제어가 가능하여 독자적인 데이터 모바일 응용프로그램 개발이 용이하다.

성능 평가에서는 TE의 응용프로그램에서 임의의 데이터를 만들어 전송하는 방식으로 트래픽을 발생시

---

★ 서경대학교 전자공학과  
\*\* 교신저자(Corresponding author)  
목포해양대학교 해양전자통신공학부  
接受日:2009年 8月 27日, 修正完了日: 2009年 9月 26日

했다. 이는 PEI를 통해 MS를 거쳐 무선인 AI를 통해 기지국으로 전송된다. 전달된 데이터는 다시 교환기를 통해 목적지가 연결된 기지국을 거쳐 MS로 전송, PEI를 통해 최종 목적지 TE에 도착한다. 이를 TMO(Trunked Mode Operation)라고 한다. 이와는 다른 방식으로 터미널 간 기지국이나 교환기를 거치지 않고 직접 통신하는 DMO(Direct Mode Operation) 방식도 있다[1][2].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 TETRA PEI(TETRA Peripheral Equipment Interface)에 대해서 알아보고, 3장에서는 성능측정의 개요, 4장에서는 성능측정의 결과를 분석해보고, 마지막으로 결론을 도출하였다.

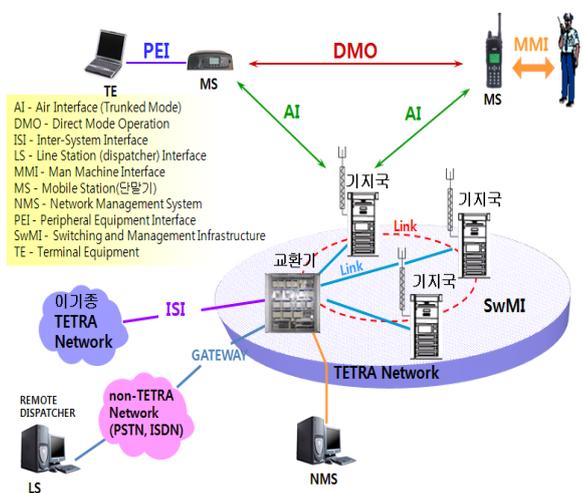


그림 1. 한전KDN(주)에서 구축한 TETRA 네트워크 구성도

## II. TETRA Peripheral Equipment Interface

ETSI에서는 TETRA에서 TE(Terminal Equipment)과 MS(Mobile Station), 즉 TETRA 모뎀과 연결할 수 있는 PEI라는 링크를 제공한다. 이 PEI에서 제공하는 서비스로는 크게 SDS(Short Data Service), PDS(Packet Data Service), Circuit Data, Speech Call Setup 및 Control 기능이 있다. ETSI에서 정한 표준안에 따르면, PEI의 물리 계층으로 V.24와 V.28 계열의 시리얼 인터페이스를 사용한다. 이 규격은 RS-232C 신호 규격과 유사한 규격으로 검용으로 사용이 가능하다.

### 1. PEI Component

TETRA PEI는 크게 AT Command를 이용하여 전

송을 하는 SD(Short Data)와 IP(Internet Protocol)를 이용하는 PD(Packet Data) 그리고 TNPI(TETRA Network Protocol 1)로 나뉘게 된다.

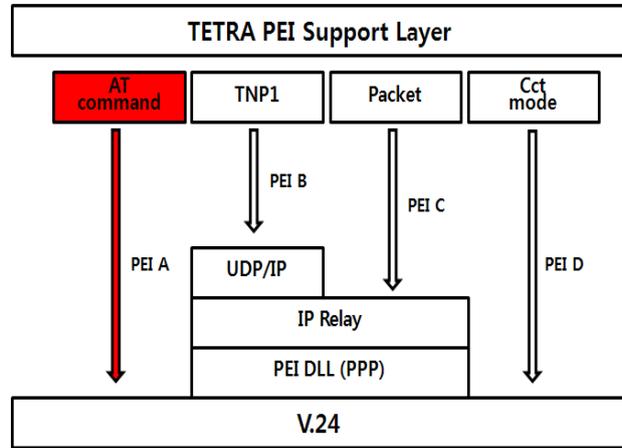


그림 2 TETRA PEI Support Layer

AT Command는 모뎀을 제어하는 명령어들의 집합으로써, TETRA에서는 Mobility Management 기능과, Speech Call Control 기능, Short Data Service 기능, Circuit Mode Data 기능, Radio Status & Configuration 기능을 제공한다. 본 논문에서 사용하는 서비스는 모두 AT Command를 이용한 SD가 되었다.

PD 및 TNP1은 Data Link Layer로 PPP(Point to Point Protocol)을 이용하여 IP를 획득한 후 이용한다.

### 2. TETRA Protocol Stack

TETRA PEI를 통해 전송받은 데이터는 서비스의 성격에 따라 PD 서비스는 SNDPCP (SubNetwork - Dependent Convergent Protocol)로 전달되고, SD의 경우는 CMCE(Circuit Mode Control Entity)로 전달되게 된다. 3계층의 MLCE(Mobile Link Control Entity)로 전달된 데이터는 2계층의 LLC(Logical Link Control), MAC(Medium Access Control)을 거쳐 물리 매체를 통해 무선 네트워크로 송신한다.

	Application Layer		
Layer 3	SNDP	CMCE	MM
	Mobile Link Control Entity (MLCE)		
Layer 2	Logical Link Control (LLC)		
	Medium Access Control (MAC)		
Layer 1	Physical Layer		

그림 3. TETRA Protocol Stack

### 3. SD Service

SD는 한 번에 전송 가능한 데이터의 크기를 기준으로 4가지 종류로 나눌 수 있다. 첫 번째로 16비트의 데이터 전송이 가능한 SDS Type 1, 두 번째로는 32비트의 데이터 전송이 가능한 SDS Type 2, 세 번째로는 64비트의 데이터 전송이 가능한 SDS Type 3, 네 번째로는 2039비트의 데이터 전송이 가능한 SDS Type 4가 되겠다. 마지막으로 SDS Type 4에서만 사용하는 SDS - TL(Transport Layer)가 있다. SDS-TL은 중단 간 확인 응답 기능 및 네트워크 관리 기능을 첨가한 것으로 본 논문에서 사용한 데이터 전송방식이 되겠다.

SDS-TL SAP(Service Access Point)를 통해 전달된 데이터에서 SDS-TL Header를 분석하고 TNSDS-SAP(TETRA Network Short Data Service - Service Access Point)를 통하여 CMCE로 전달하여 처리한다.

## III. TETRA Modem 성능 측정 세부사항

### 1. 성능 측정 개요

SD의 성능 측정은 Traffic Generator에서 발생한 Traffic을 TETRA 모뎀을 통해 반대쪽 Traffic Analyzer로 송신하여, 도착할 때 까지 걸린 시간을 측정하여 실시하였다. 측정된 데이터를 Traffic Analyzer에서 수집하여 MER(Message Error Rate), 평균 전송 지연 시간, 표준편차를 구하였다.

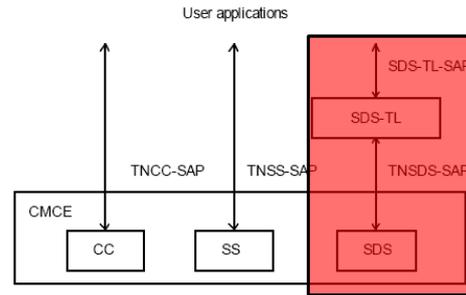


그림 4. TETRA Protocol Stack에서 SDS-TL의 위치

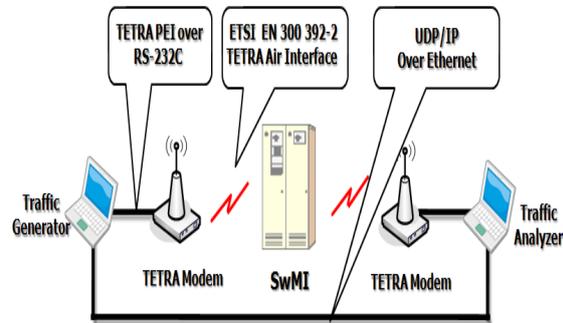


그림 5. 성능측정을 위해 구축한 TEST BED

성능 측정을 위한 Test Bed는 그림 5와 같이 구성하였다. 각 구성 요소들은 다음과 같다.

- Traffic Analyzer(TA) : Intel Core2Duo 2.4G, Windows XP, 2G byte main memory
- Traffic Generator(TG) : Intel Core2Duo 2.4G, Windows XP, 2G byte main memory
- SwMI : Teltronic TETRA SwMI(Switching and Management Infrastructure)[5] 1EA
- TETRA Modem : Unimo(MU-1000MD)[4] 2EA

TG는 성능 측정에 사용될 데이터를 생성하는 역할을 한다. TA는 TG에서 보낸 데이터를 분석하여 데이터 전송 성공 여부 및 전송시간을 계산하는 역할을 한다.

최초 TG는 연결된 TETRA 모뎀과 PEI를 통해 생성한 데이터를 전송한다. 무선 네트워크를 거쳐 SwMI에 도착하게 되고 SwMI는 목적지 주소를 통해 TA에 연결된 TETRA 모뎀으로 전송하여 TA가 수신하게 된다.

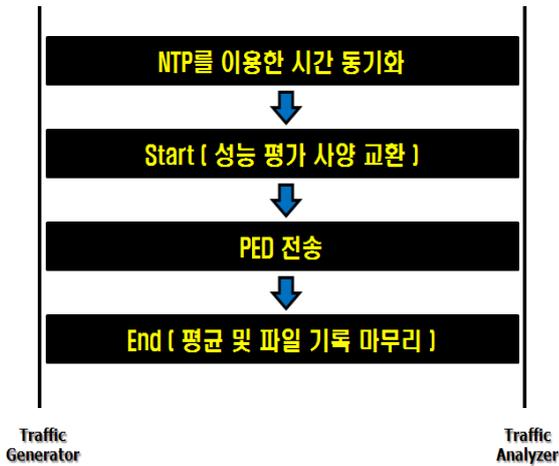


그림 6 성능 측정 흐름도

2. 성능 측정 흐름도

성능 측정의 전체 흐름은 다음 그림 6과 같다. TG와 TA간에 전송 시간을 측정하기 위해 하는 사전 작업으로 최초 TG에서 NTP(Network Time Protocol)을 이용하여 TG와 TA간의 시간을 똑같이 동기화한다. 이후 성능 평가 사양 교환 후, 실제 PED(Protocol Evaluation Data)가 전송될 때 송신 시각을 인코딩하여 전송한다. TA에서 PED 수신시 수신 시각을 체크하여 전송 시간을 계산하였다. NTP를 이용한 동기화를 마치고, TG측에서 사용자에게 입력받은 성능 평가 사양을 TA측으로 알려준다. 성능 평가 사양으로는 다음과 같다.

- 최대전송횟수
- 전송간격 시간 설정을 위한 시작 값
- 전송 간격 증가 값
- 최대 전송 데이터 크기
- PED 증가폭

성능 평가 사양을 교환 후 PED를 전송하여 본격적인 성능 측정을 시작하고, 성능 평가 사양 상에서 교환한 모든 전송이 완료가 되면, TA 측에서 결과를 추출하는 과정으로 마무리 하고, 본 성능 측정이 마무리 된다.

3. 성능 측정 데이터 구조

PED의 세부 규격을 ASN.1형태로 나타내면 아래와 같다.

```

PED_Header ::= SEQUENCE
{
    N_S      INTEGER
    S_Time   INTEGER
    PED      OCTET STRING
}
Test_SDS ::= SEQUENCE
{
    Type     OCTET STRING
    COMPONENTS OF _PED_Header
    Dummy    OCTET STRING
}
  
```

PED의 구성은 PED Header와 Test\_SDS로 나뉘게 된다. Test\_SDS 구조에서 메시지의 Type을 나타내는 Type 필드로 그림5에서 나타난 시간동기화 과정을 위한 패킷, 성능 평가 사양교환을 위한 패킷, PED 전송 시 사용하는 패킷, 그리고 최종 기록 및 마무리를 위한 패킷인 END패킷을 구분하기 위해서 사용한다. 그 다음으로 송신 순서번호를 나타내는 N\_S 필드가 있다. 현재 전송중인 PED가 몇 번째 전송중인 데이터인지 알려준다. 이 필드의 순서 번호를 이용하여 TA에서 받을 순서번호와 전송 받은 PED에서 추출한 순서번호를 비교하여 분실한 데이터를 확인한다. S\_Time 필드는 TG에서 전송시각을 기록하는 필드로 전송 시각을 시, 분 초, ms 단위까지 기록하여 전송한다. 그리고 지금까지 나타난 정보 필드 크기로 남은 나머지 데이터 크기를 맞춰주기 위하여 Octet String 형태의 Dummy 데이터로 구성하였다.

IV. TETRA Modem 성능측정 결과 및 분석

1. 데이터 길이에 따른 성능 측정 결과 및 분석

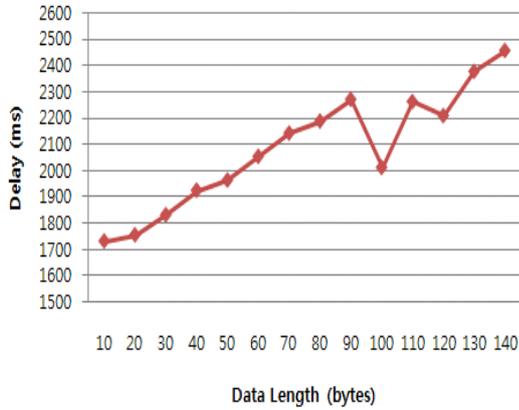


그림 7. SDS전송 데이터 길이에 따른 전송 시간(전송 간격 0.5초)

그림 7은 10바이트부터 140바이트까지 0.5초 간격으로 1000회씩 전송 후 측정된 평균 전송지연시간을 그래프로 나타내었다. 10바이트에서 90바이트까지 일정하게 평균값 증가를 이루다가 100바이트에서 갑자기 평균값이 줄어들었다 이후 다시 110바이트에서부터 증가하였다.

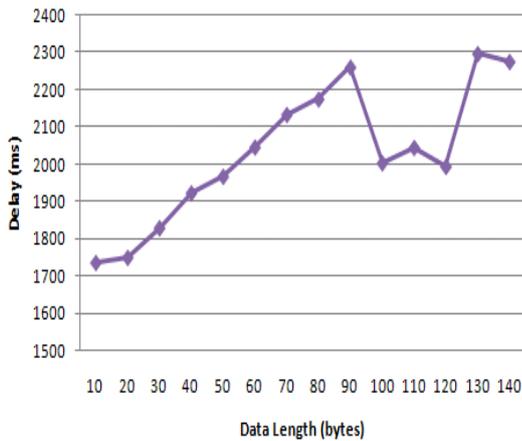


그림 8. SDS전송 데이터 길이에 따른 전송 시간(전송 간격 1.0초)

그림 8은 10바이트부터 140바이트까지 1초 간격으로 1000회씩 전송 후 측정된 평균 전송지연시간을 그래프로 나타내었다. 10바이트에서 90바이트까지 일정하게 평균값 증가를 이루다가 100바이트에서 갑자기 평균값이 줄어들었고, 120바이트까지 일정수준을 유지하다가 이후 다시 130바이트에서 갑자기 증가하였고, 140바이트에서 약간 감소하였다.

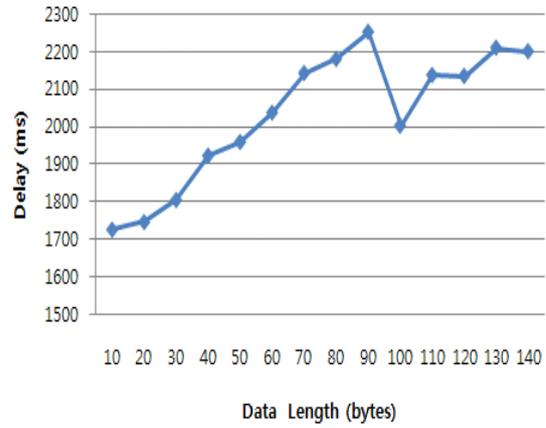


그림 9. SDS전송 데이터 길이에 따른 전송 시간(전송 간격 1.5초)

그림 9는 10바이트부터 140바이트까지 1.5초 간격으로 1000회씩 전송 후 측정된 평균 전송지연시간을 그래프로 나타내었다. 10바이트에서 90바이트까지 일정하게 평균값 증가를 이루다가 100바이트에서 갑자기 평균값이 줄어들었고, 줄어든 평균값에서 140바이트까지 서서히 증가하였다.

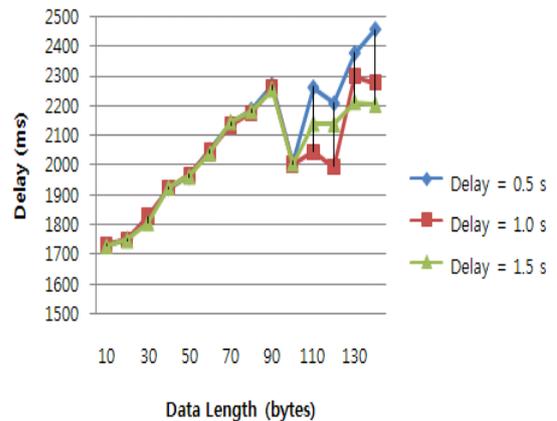


그림 10. SDS전송 데이터 길이와 전송 시간 간격의 상관관계

그림 10 전송 간격에 따른 상관관계를 보기 위해 그림 7,8,9를 겹쳐 놓은 그래프이다. 0.5초, 1초, 1.5초 모두 90바이트까지의 일정하게 증가하고, 100바이트에서 갑자기 감소하는 구역까지 거의 일치하고 있다. 100바이트 이후에 약간의 차이를 보이고 있는데, 0.5초일 때는 100바이트 이후 다시 약 260ms, 1초의 경우, 50ms, 1.5초의 경우 150ms, 증가하였다. 100바이트 이후 전송간격에 따라 약간의 차이를 보이지만 120바이트

트를 기준으로 평균값이 약간 감소했다가 다시 증가함을 그래프를 통하여 알 수 있다. 본 그래프를 통하여 100바이트의 전송이 가장 높은 전송속도를 나타내고 있다.

그림 7에서 9까지 공통적인 특징은 데이터의 길이가 증가할수록 전송시간 역시 증가하고 있다는 점이다. 예외사항으로 전송 간격에 따른 상관관계를 보기 위해 그림 10번의 그래프에서 보면 알 수 있듯이 100바이트를 기준으로 전송시간이 갑자기 감소했다는 점이다. 90바이트에서의 전송 시간과 100바이트에서의 전송시간의 차이가 0.5초의 경우일 때의 증가량은 약 260ms, 1초의 경우 50ms, 1.5초의 경우 150ms로 전송간격에 따른 일정함을 보여주지 않고 있다. 또한 최소 전송 크기로 정한 10바이트에서의 각각 전송간격에 따른 차이는 20ms이하로 매우 작다. 최대 전송 크기로 정한 140바이트의 경우 최저 100ms에서 최대 250ms로 발생하고 있음을 알 수 있다.

**2. 데이터 전송간격에 따른 성능 측정결과 및 분석**

10바이트에서 140바이트까지의 테스트 중에서 50바이트의 경우를 추출한 데이터이다.

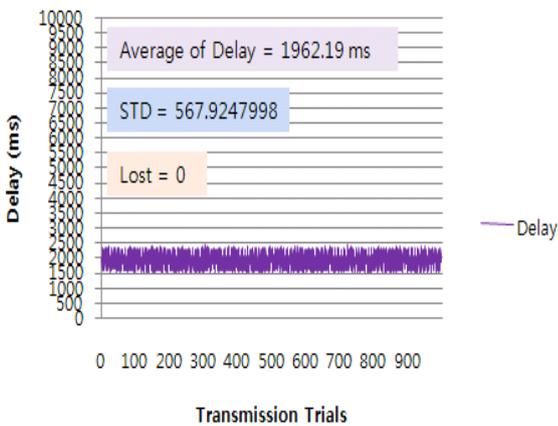


그림 11. 전송간격 0.5초에서의 50 bytes SDS 전송 테스트

그림 11은 전송간격이 0.5초일 경우, 50바이트 전송 간 테스트 데이터 그래프이다. 평균 전송시간은 1962.19ms이고, 표준편차 값은 567.92이다. 1000회의 전송 간 전송 실패는 없었다.

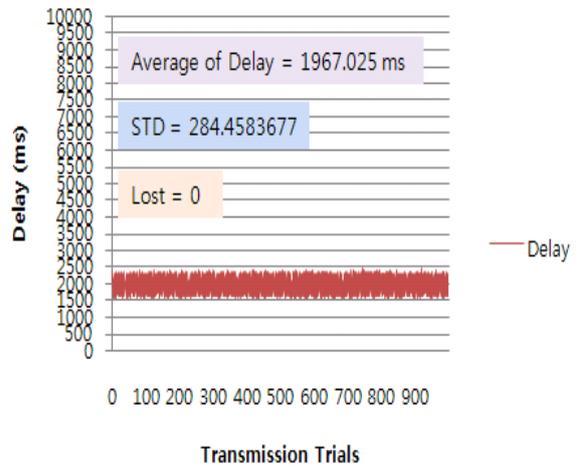


그림 12. 전송간격 1초에서의 50 bytes SDS전송 테스트

그림 12는 전송간격이 1초일 경우, 50바이트 전송 간 테스트 데이터 그래프이다. 평균 전송시간은 1967.02ms이고, 표준편차 값은 284.45이다. 1000회의 전송 간 전송 실패는 없었다.

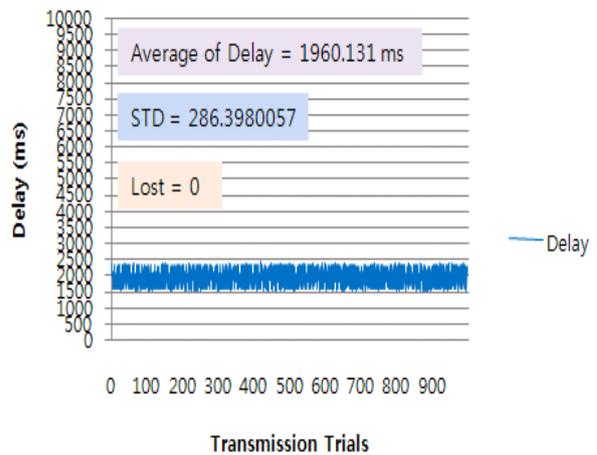


그림 13. 전송간격 1.5초에서의 50 bytes SDS전송테스트

그림 13은 전송간격이 1.5초일 경우, 50바이트 전송 간 테스트 데이터 그래프이다. 평균 전송시간은 1960.13ms이고, 표준편차 값은 286.39이다. 1000회의 전송 간 전송 실패는 없었다.

그림 11, 12, 13을 보면 평균 전송 시간의 차이가 1.5초에서의 1960.13, 1초에서의 1967.02로 그 차이가 6.894ms로 매우 작음을 알 수 있다. 각각의 표준편차는 전송 간격이 0.5초일 때는 약 567이고, 1.0초에서는 284, 1.5초일 때는 286이다. 1.0초와 1.5초일 때는 평균 285로 거의 차이가 없지만, 0.5초일 때는 1.0초와 1.5

초의 거의 두 배인 567에 이른다. 이는 전송 간격이 0.5초일 때의 데이터 전송은 1.0초 이상의 데이터 전송보다 전송 시간이 불안정하다는 것을 의미한다. 0.5초일 경, 1초일경우, 1.5초일 경우 모두 전송 실패는 0으로 MER(Message Error Rate) 값은 3가지 경우 0임을 알 수 있다.

그림 11, 12, 13에서 알 수 있는 표준편차 값으로 미루어 보아 약 280ms정도의 차이를 보이며 0.5초보다는 1초일 경우 좀 더 안정적인 데이터 전송이 가능함을 알 수 있다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 국가전력IT 무선기반망으로 선정된 TETRA 네트워크에서 사용되는 TETRA 무선 데이터 모뎀의 성능 평가를 위해 성능 측정 모델을 제안하고, 그에 따라 국산 TETRA 모뎀인 유니모 테크놀로지사의 MU-1000MD 및 SwMI로 Teltronic 사의 교환기를 이용하여 테스트 하였다.

TETRA PEI 규격인 SDS-Type 4 방식의 최대 전송 규격인 140바이트까지 데이터 크기에 따른 전송시간 측정 및 전송 간격을 0.5초, 1초, 1.5초로 주어, 데이터 크기와 전송간격 2가지의 변수에 따라 총 42000번의 프레임을 전송하였다.

평균전송시간의 신뢰도를 위해 TG와 TA간의 시간 동기화는 매번 테스트가 시작될 때마다 실시하였다. 또한 TG측과 시간 동기화는 TA와 크로스케이블로 직접 연결하여 지연시간을 최소화하였다. 시간 동기화시 지연시간은 0ms로 측정되었다.

테스트는 1000번씩, 10바이트부터 140바이트까지 10바이트씩 증가하면서 14번, 그리고 0.5초, 1초, 1.5초로 3회, 총 42,000(1000\*14\*3)번의 프레임을 전송하였고, 42,000번 모두 송수신에 성공하였다. 전송간의 모든 프레임은 앞에서 제시한 PED의 형식에 따라 송수신하였다.

테스트의 결과 데이터 길이에 따른 측정결과는 다음과 같다. 전송 성공률은 모두 100퍼센트 성공하였고, 100바이트의 경우에서 가장 짧은 전송시간을 나타내었다. 전송간격에 따른 측정결과는 표준편차의 값이 1.5초, 1초일 경우보다 0.5초일 경우가 2배가 됨을 보아 1초일경우가 가장 안전함을 알 수 있다.

향후 수행할 연구내용으로는 TETRA PEI 또 다른 전송 방식인 PD(Packet Data)전송 방식을 테스트하여 전송 방식간의 성능차이를 비교한다면 다양한 TETRA 모뎀 성능평가에 좋을 것이다. 따라서 PD전송방식의 성능측정을 병행하는 성능평가가 필요하다.

#### 참고문헌

- [1] ETSI , EN 300 392-5 "Terrestrial Trunked Radio(TETRA); Voice plus Data(V+D); Part 5:Peripheral Equipment Interface(PEI) , ETSI , 2003년 1월
- [2] ETSI , EN 300 392-1 "Terrestrial Trunked Radio(TETRA); Layer 3 Air Interface; Part 6 : Mobile Management Service , ETSI , 2003년 1월
- [3] ETSI , EN 300 392-2 "Terrestrial Trunked Radio(TETRA); Voice plus Data(V+D); Part 14 : CMCE Protocol , ETSI , 2004년 1월
- [4] Unimo 유니모 테크놀로지(주), <http://unimo.co.kr>
- [5] Teltronic, <http://teltronic.com/>

#### 저 자 소 개

송 병 권 (정회원)

한국전기전자학회 논문지 제12권 3호 참조

김 건 응 (정회원)

한국전기전자학회 논문지 제12권 3호 참조