

D-TRS 무선망 환경에서의 패킷 데이터 성능 측정

Packet Data Performance Measurement in D-TRS Wireless Network Environment

송병권[†] · 진명숙*

Byung-Kwen Song · Myung-Suk Jin

Abstract TETRA is the standard of Digital Trunked Radio System developed by the ETSI (European Telecommunications Standards Institute). It is currently adopted as Electric Power IT Wireless Backbone Network in Korea, and a national enterprise is going on for versatile utilization of TETRA. To use TETRA wireless network, TETRA modem is very necessary such that performance measurements are very crucial for each TETRA modem by various manufacturers. In this paper, PED (Protocol Evaluation Data) is suggested for PD performance measurement in D-TRS wireless network environment. The performance measurements for different data lengths and transmission intervals are done using TG (Traffic Generator) on Test Bed. The data size is increased by 10 bytes from 10-byte to 400-byte, and it is measured 1,000 times for each transmission interval of 0.5, 1.0, and 1.5 seconds. Based on the transmission time measured, average transmission speed and MER (Message Error Rate) are derived for TETRA Modem performance measurement. Two TMR880i's of EADS are used for TETRA modem, and SwMI (Switching and Management Infrastructure) of EADS is used for switching system in this paper.

Keywords : TETRA PDS, Performance Measurement

요 지 TETRA는 유럽 전기 통신 표준협회에서 제안한 D-TRS 서비스의 표준이다. 현재 국가전력IT무선 기간망으로 TETRA가 채택되어, 다양한 활용을 위한 국가사업이 진행되고 있는 실정이다. 이와 같은 경우 TETRA 무선망을 이용하기 위해서는 TETRA 모뎀이 필요하게 된다. 따라서 각 제조사별로 존재하는 다양한 TETRA 모뎀의 성능 평가가 절실한 상황이다. 본 논문에서는 D-TRS 무선망 환경에서의 패킷 데이터 성능 평가를 위해 PED(Protocol Evaluation Data)를 제안하였다. 또한 Test Bed 상에서 TG(Traffic Generator)와 TA(Traffic Analyzer)를 이용하여 데이터 길이 및 전송 인터벌에 따른 성능 측정을 실시하여 모뎀의 성능을 알아보았다. 데이터 크기는 최초 10바이트에서 400바이트까지 10바이트씩 증가시키면서 측정하였고, 0.5초, 1초, 1.5초간격으로 각각 1000번 씩 전송하여 전송시간을 측정하였다. 측정된 전송시간을 바탕으로 평균전송속도, MER(Message Error Rate)을 도출하여 TETRA 모뎀 성능을 측정하였다. 본 논문에서 사용한 TETRA 모뎀은 EADS 사의 TMR880i 2대를 사용하였고, 교환기로는 EADS 사의 SwMI (Switching and Management Infrastructure)를 이용하였다.

주 요 어 : TETRA 패킷 데이터 서비스, 성능 측정

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

전력IT무선 기간망으로 선정된 TETRA(Terrestrial Trunked

Radio)는 ETSI(European Telecommunications Standards Institute)가 정한 디지털 주파수공용통신 무선통신시스템이다.

TETRA는 음성과 데이터를 보내는 V+D(Voice Plus Data) Air Interface 방식과 두 단말기 간에 직접 통신하는 DMO(Direct Mode Operation) Air Interface 방식을 지원하며, 게이트웨이를 이용한 기존의 CDMA 통신망 혹은 WiMAX 망등 다양한 통신망과의 연동도 가능하다. TETRA

[†] 책임저자 : 서경대학교 전자공학과 부교수
E-mail : bksong@skuniv.ac.kr
TEL : (02)940-7293 FAX : (02)919-5075
^{*} 교신저자 : 명지전문대학 정보통신과 부교수

는 Trunked 모드, Non-Trunked 모드 그리고 Direct Mobile to Mobile 모드 통신을 지원한다. 각각의 지원하는 서비스는 음성통신, 패킷 데이터 서비스, Short data 서비스 그리고 Circuit switched data 서비스가 있다.

TETRA PEI(Peripheral Equipment Interface)에 따르면 패킷 데이터는 UDP/IP(User Datagram Protocol/Internet Protocol)를 이용하여 전송하므로, IP(Internet Protocol) layer 위에서 작동하는 UDP 응용프로그램들은 TETRA 네트워크의 패킷 데이터 서비스에 바로 적용할 수 있다. 또한 공공안전, 교통, 경찰 등 공공기관을 위해서만 사용하는 것이 아닌 건설현장 또는 무선 통신 기술을 요하는 민간의 상업 용도로도 사용이 확대되고 있는 추세이다. 이러한 사용증가는 궁극적으로 TETRA 모뎀사용 증가로 이어질 것이며, TETRA 모뎀의 성능 평가 작업은 중요하다.

본 논문에서는 TETRA PEI 중 PDCH(Packet Data Channel)을 통한 전송에 대한 TETRA 모뎀의 성능평가 방법을 제안하고 구축한 TEST BED에서 EADS사의 TMR880i 모뎀의 패킷 데이터 전송 시간을 측정하여 평균 전송 속도 및 MER(Message Error Rate)를 도출하여 해당 TETRA 모뎀의 성능을 평가를 한다[4].

본 성능 평가 결과는 해당 네트워크의 현재 부하 정도와 네트워크의 구성에 따라서 달라질 수 있다. 따라서 정확한 테스트 결과를 위해 위에서 네트워크의 현재 부하 정도와 네트워크 구성 사항을 동일하게 유지하여 테스트를 진행하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 TETRA 패킷 데이터 채널에 관련하여 TETRA 전송 규격 및 프로토콜 스택을 알아보고, 3장에서는 TETRA 모뎀의 성능 측정의 방법 및 테스트 환경 그리고 테스트 결과를 나타내었고 마지막으로 4장에서 결론을 내었다.

2. TETRA 패킷 데이터 채널

TETRA는 Data Terminal과 TETRA 모뎀과 연결 할 수 있는 Fig. 1에서 나타난 PEI라는 링크를 제공한다. 이 PEI에서 제공하는 서비스로는 AT(ATtention) Command를 이용하는 SDS(Short Data Service), IP를 이용하는 PDS(Packet Data Service) 및 TNP1(TETRA Network Protocol 1) 그리고 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 RS-232C 인터페이스를 이용하여 사용이 가능하다.

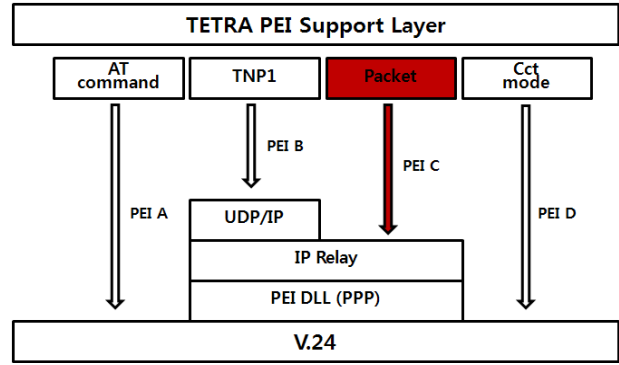


Fig. 1. TETRA PEI Support Layer

2.1 TETRA 프로토콜 스택

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

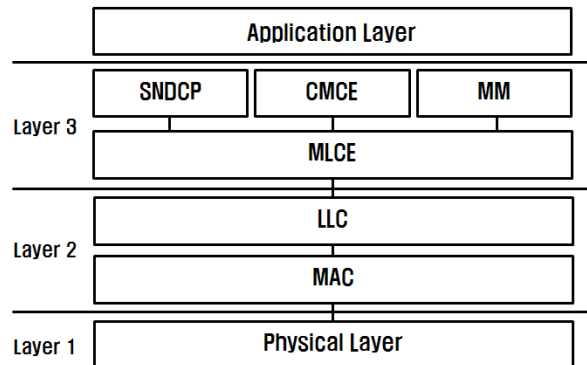


Fig. 2. TETRA Protocol Stack

2.2 패킷 데이터 서비스

Packet Data SCCH(secondary control channel) 통해 전송되는데 이 채널이 PDCH(Packet Data Channel)로 할당된다. 할당된 PDCH는 연결설정 및 실제 데이터 통신에 사용되게 된다. 또한 여러 TETRA 모뎀이 한 개의 PDCH를 공유하여 사용하기도 한다[1].

Fig. 2에서 나타난 그림을 살펴보면, TETRA 프로토콜 스택은 3개의 Layer로 구성되며, 각각의 Layer는 Physical layer인 Layer 1과 LLC와 MAC로 구성된 Layer 2, MLCE와 SNDCP(SubNetwork-Dependent Convergence Protocol), MM(Mobility Management)[2], CMCE(Circuit Mode Control Entity)으로 나뉘어 구성된 Layer 3 이다[3].

패킷 데이터는 Layer 3의 SNDCP에 의해 전송되고, Layer 2인 LLC & MAC Layer에 의해서 자동으로 분할되어 맵핑된 Slot을 통해 전송 된다[1,2].

ETSI의 표준안에 따르면 SDS type 4의 경우 최대 140byte를 전송가능하다[1]. 이에 반해 TETRA PDS(Packet Data Service)의 경우에 IP을 이용한 UDP 통신을 함으로 일반적인 UDP/IP 통신 환경을 구성하여 데이터 전송가능하다.

또한 ICMP(Internet Control Message Protocol)을 이용한 데이터그램 분실에 대한 추적이 가능하다.

3. TETRA 모뎀 성능 측정

3.1 성능 측정 개요

TETRA 무선망 환경에서 패킷 데이터 성능 측정을 위한 교환기에 연결된 두대의 TETRA 모뎀을 두고 한쪽 끝 TETRA 모뎀에서 반대쪽 TETRA 모뎀으로 패킷 데이터를 생성 및 전송 하여, 그에 걸리는 전송 시간 및 전송 실패를 확인하여 이를 통해 현재 사용하는 TETRA 무선망의 패킷 성능을 측정하였다.

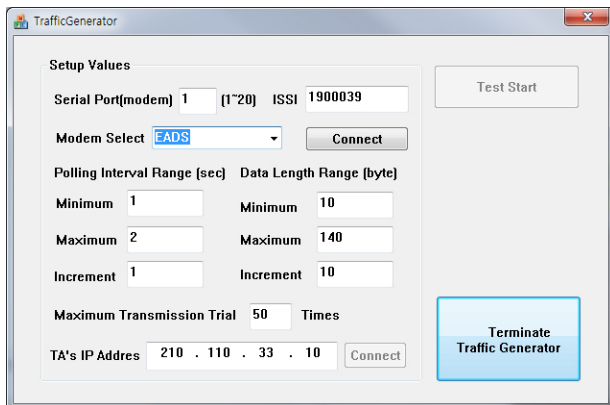


Fig. 3. Traffic Generator program

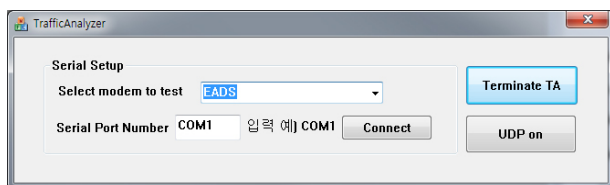


Fig. 4. Traffic Analyzer program

패킷 데이터의 성능 측정은 Fig. 3에서 나타낸 PED를 생성 할 수 있는 TG(Traffic Generator)와 Fig. 4에서 나타낸 발생한 PED를 수신하여 전송시간을 측정할 수 있는 TA(Traffic Analyzer)를 개발하여 사용하였다. TG와 TA는 Visual Studio 6.0을 이용하여 개발하였다. TG와 TA 프

그램의 기능은 다음과 같다.

TG의 기능 :

- 최대 전송 횟수 설정 기능
- 최대 전송 데이터 크기 설정 기능
- NTP 프로토콜을 이용한 시간 동기화 기능
- 제안한 PED 규격에 따른 데이터 생성 기능

TA의 기능 :

- NTP 서버기능
- 수신받은 PED 분석을 통해 전송시간 측정 기능
- NTP 프로토콜을 이용한 시간 동기화 기능
- 측정된 기록 저장 기능

본 성능 측정은 TG에서 생성한 PED(Protocol Evaluation Data)를 TETRA 모뎀을 통해 TA가 수신하여, 전송 간 걸린 시간을 측정하는 것으로 실시하였다. PED는 3.2성능 측정 데이터 구조에서 자세히 다루었다. TA에서 측정된 데이터를 분석하여 평균 전송 딜레이, 평균 전송 속도, MER를 측정하였다.

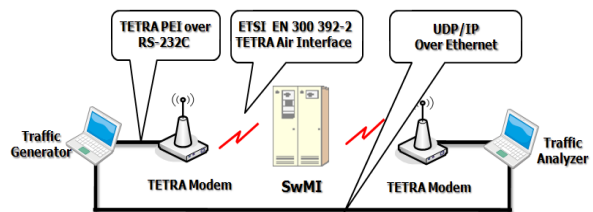


Fig. 5. TEST BED for Performance measurement

Fig. 5은 본 논문에서 성능 측정을 위해 한전 KDN에서 구축한 TEST BED로써 양 종단간 TA와 TG가 탑재된 노트북에 각각 TETRA 모뎀이 장착되어있고, 중간에 SwMI는 EADS사의 TETRA교환기가 사용되었다. 또한 TA와 TG사이의 시간 동기화를 위한 크로스케이블을 이용한 다이렉트 연결을 하였다.

본 TEST BED에서 실시한 테스트의 특징은 다음과 같다.

- 현재 구축된 네트워크는 한전KDN에서 상용망으로 사용되고 있는 네트워크로 동일한 네트워크 부침 상태를 유지하기 위하여 23시부터 06시까지 야간 시간을 이용하여 테스트를 진행
- 테스트 진행시 TA와 TG의 정확한 시간 동기화를 위해 연결한 다이렉트연결을 이용하여 0.001ms 미만의 Latency를 유지

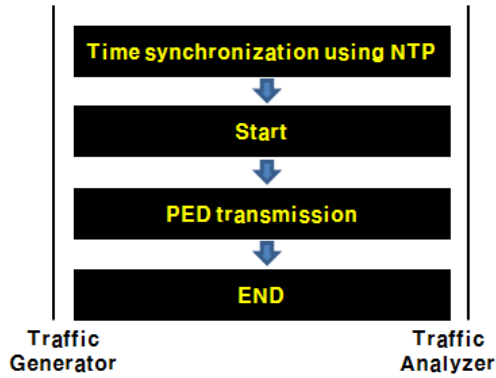


Fig. 6. Flow chart for Performance measurement

Fig. 6은 성능 측정의 흐름을 나타낸 그림으로 TG와 TA 간에 전송 시간을 측정하기 위해 하는 사전 작업으로 최초 TG에서 NTP(Network Time Protocol)을 이용하여 TA측에 구축한 NTP server로 시간을 질의하여 TG측의 시간을 TA 측 시간과 동일하게 유지시켰다. 이때 TG와 TA사이의 최소한의 지연시간을 유지하기 위해 Fig. 5에서 나타난 TA와 TG를 크로스스케이블을 이용한 직접연결을 하여 0.001ms 미만의 지연시간으로 유지하였다. 이와 같은 TG와 TA간의 시간을 똑같이 동기화한 이후 성능 평가 사양 교환을 하게 되는데 그 내용은 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 성능 측정을 실시하고, 성능 평가 사양 상에 교환해야할 전송이 모두 완료 되면, TA에서 결과를 추출하는 과정으로 성능 측정이 마무리 된다.

3.2 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_PDS ::= SEQUENCE
    {
        Type          OCTET STRING
        COMPONENTS OF _PED_Header
        Dummy         OCTET STRING
    }
    
```

PED의 구성은 Test_PDS로 구현하였으며, Test_PDS는 각각 Type과, PED_Header 그리고 Test_PDS의 크기를 맞추기 위한 Dummy로 구성된다. Type 필드는 현재 전송중인 Test_PDS의 종류를 나타내어 준다. 종류로는 시간동기화 과정을 위한 패킷, 성능 평가 사양 교환을 위한 패킷, PED 전송 시 사용하는 패킷, 그리고 최종 기록 추출 및 마무리를 위한 패킷인 END패킷을 구분하기 위해서 사용한다. Type 필드 다음인 PED_Header는 송신 순서번호를 나타내는 N_S 필드, 송신시각을 알려주는 S_Time 그리고 성능 평가 사양 교환시 최대 전송 횟수 및 최대 전송데이터 크기를 알려주는 PED 필드로 구성되어있다. 각 필드는 다음과 같은 역할을 한다. N_S 필드는 TA에서 예측하고 있는 받을 순서번호와 전송 받은 PED에서 추출한 N_S 필드 값을 비교하여 분실한 데이터가 있는지를 확인한다. S_Time 필드는 TA에서 수신시 기록한 시간과 비교하여 송수신시 걸린 전송시간을 계산하는데 사용한다. S_Time 필드는 시, 분 초, ms 단위까지 기록하여 전송한다. 그리고 남은 나머지 데이터 크기를 맞추주기 위하여 Octet String 형태의 Dummy 데이터로 구성하였다.

3.3 UDP데이터 크기에 따른 성능 측정 및 결과 분석

Fig. 7은 10바이트부터 400바이트까지 1000회씩 전송 후 측정된 평균 전송 시간을 그래프로 나타내었다. 10바이트에서 310바이트까지 일정하게 평균값 증가를 이루다가 310바이트에서 갑자기 평균값이 늘어남을 볼 수 있다.

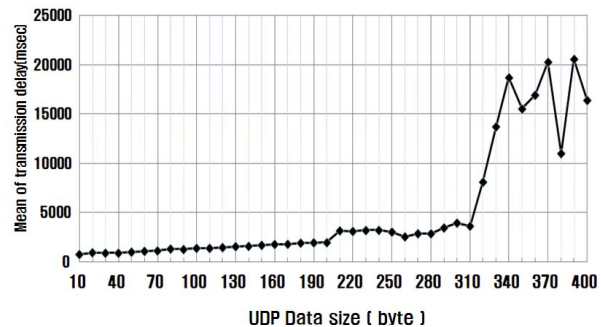


Fig. 7. Mean of transmission delay according to UDP size

Fig. 8은 10바이트에서 400바이트까지 1000회씩 전송 후 측정된 평균 전송 시간 표준 편차 값을 그래프로 나타내었다. 300바이트를 기준으로 증가하였다가 310바이트에서 감소하였고 340바이트를 기준으로 급격하게 증가한 후 크게 요동치는 그래프를 보여주고 있다. 전송 시간의 표준편차는 전송 시간이 평균에서 얼마나 고르게 퍼져있는가를 알아볼 수 있는 수치로 표준편차값이 작을수록 좋은 성능을 나타내는 모범이다.

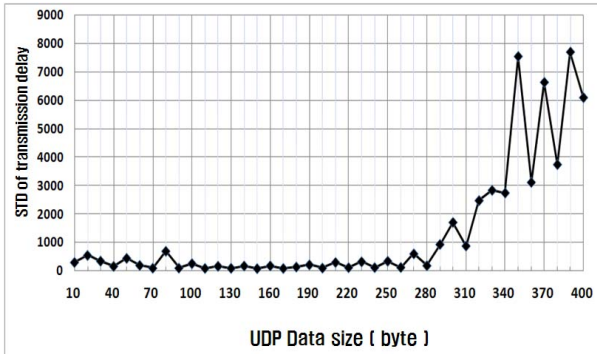


Fig. 8. Standard deviation of transmission delay according to UDP size

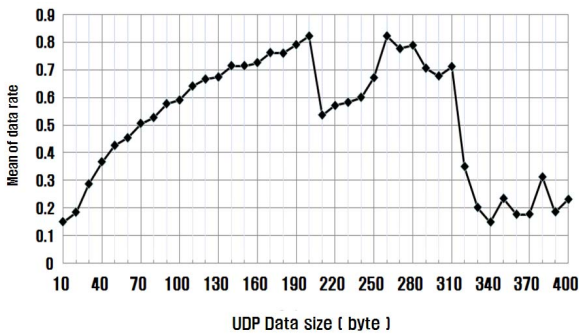


Fig. 9. Mean of data rate according to UDP size

Fig. 9는 10바이트부터 400바이트까지 1000회씩 전송 후 측정된 평균 전송 속도(kbps)를 그래프로 나타내었다. 10바이트에서 200바이트까지 일정하게 전송속도가 증가하다가 210바이트를 기준으로 갑자기 감소하였다가 260바이트까지 다시 증가를 이루다가 310바이트를 기준으로 평균값이 급격하게 줄어들었고, 340바이트를 기준으로 일정수준을 유지하고 있음을 알 수 있다.

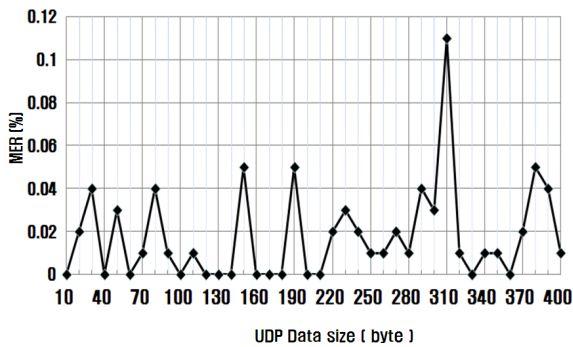


Fig. 10. MER according to UDP size

Fig. 10은 10바이트부터 400바이트까지 1000회씩 전송 후 측정된 MER를 그래프로 나타내었다. 전체 4만 번 전송에 39929회 전송 성공으로 최종 MER 값은 0.18을 나타내었다. 따라서 최종 성공률은 99.82%로 나왔다. 본 그래프

에서 전체적으로 최소 0에서 최대 0.05로 고른 분포를 보이고 있지만, 310바이트에서 MER값이 약 0.11을 나타냄으로써 가장 높은 MER값을 나타내었다.

측정 결과를 종합하면 다음과 같다.

- 290바이트를 기준으로 일정하게 유지되던 표준편차값이 급격하게 증가함
- 310바이트를 기준으로 평균 전송 시간이 급격하게 증가함
- 전송 속도는 200바이트에서 250바이트 구간에서 감소하였지만, 이는 네트워크 붐빔으로 나타난 현상으로 보임

3.4 UDP데이터 전송 간격에 따른 성능 측정 및 분석

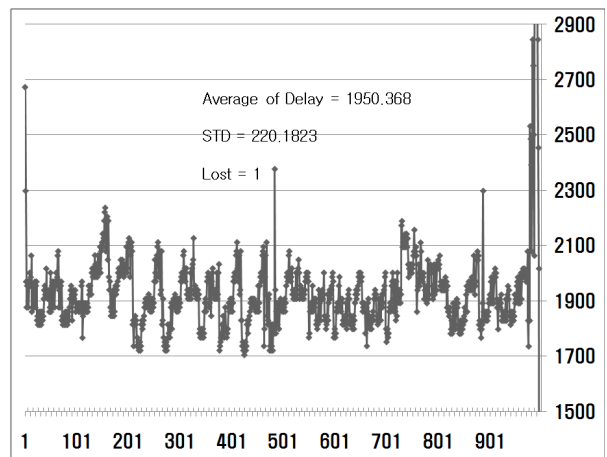


Fig. 11. Transmission delay of 200 bytes UDP data transmission (0.5 sec interval)

Fig. 11은 200바이트 데이터를 0.5초 간격으로 전송하였을 때의 그림이다. 평균 전송 시간은 1950.36ms이고, 표준편차 값은 220.18, 그리고 전송 실패는 1회이다.

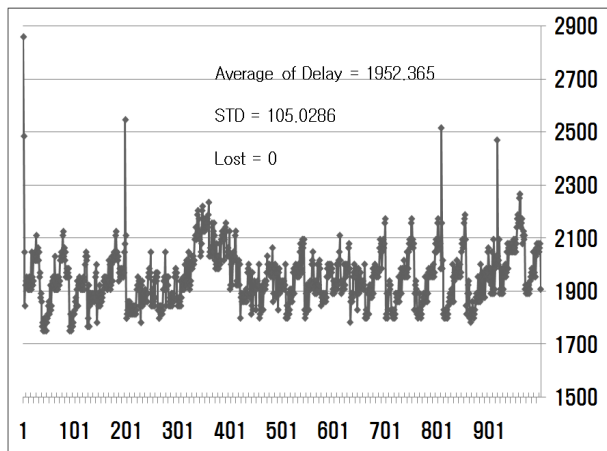


Fig. 12. Transmission delay of 200 bytes UDP data transmission (1 sec interval)

Fig. 12는 200바이트 데이터를 1초간격으로 전송하였을 때의 그림이다. 평균 전송 시간은 1952.36ms이고, 표준 편차 값은 105.02, 그리고 전송 실패는 0회이다.

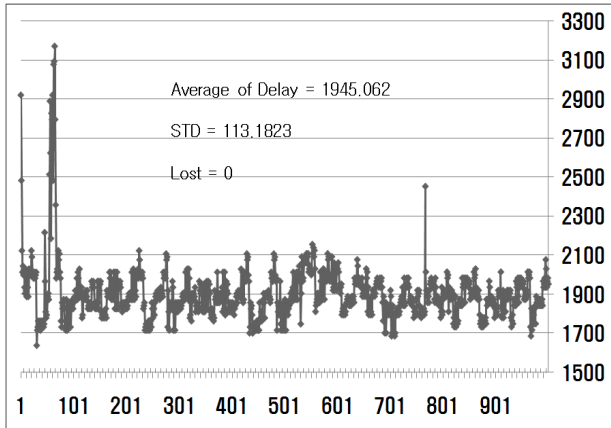


Fig. 13. Transmission delay of 200 bytes UDP data transmission (1.5 sec interval)

Fig. 13은 200바이트 데이터를 1.5초 간격으로 전송하였을 때의 그림이다. 평균 전송 시간은 1945.06ms이고, 표준 편차 값은 113.18, 그리고 전송 실패는 0회이다.

Fig. 11~13을 비교해 보면 평균 전송 시간은 1.5초 간격으로 전송하였을 때가 최소 1945.06ms, 1초 간격으로 전송하였을 때가 최대 1952.36ms이고, 표준 편차 값의 최댓값은 0.5초 간격으로 전송할 때로 220.18, 최솟값은 1초 간격으로 전송하였을 때의 105.02임을 알 수 있다.

- 평균전송속도는 최대와 최소의 차이가 7.3ms임
- 표준편차는 0.5초 전송일 경우가 다른 두 경우에 비해 두 배를 나타냄

3.5. UDP데이터 크기 및 전송 간격에 따른 성능 측정 결과 종합

- 290바이트를 기준으로 일정하게 유지되던 표준편차값이 급격하게 증가함
- 310바이트를 기준으로 평균 전송 시간이 급격하게 증가함
- 전송 속도는 200바이트에서 250바이트 구간에서 감소하였지만, 이는 네트워크 붐빔으로 나타난 현상으로 보임
- 평균전송속도는 최대와 최소의 차이가 7.3ms로 미세한 차이를 보임
- 표준편차는 0.5초 전송일 경우가 다른 두 경우에 비해 두 배를 나타냄

위와 같은 결과를 종합하여 볼 때, EADS TMR880i 모델

의 경우 약 300바이트의 데이터 크기의 데이터를 1초 간격으로 전송 할 때 PDS는 최적의 성능을 나타냄을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 TETRA 무선망에서의 패킷 데이터 서비스의 성능 측정을 위하여 PED를 제안하고, 제안한 PED를 기반으로 Test Bed에서 성능측정 테스트를 진행하였다. Test Bed에서 측정된 성능 측정 결과를 바탕으로 평균 전송 시간 및 평균 전송 시간 표준편차값, 평균 전송 속도, 그리고 MER을 측정하였고, 최적의 성능을 나타내는 데이터의 크기를 도출해 내었다.

측정 결과를 놓고 볼 때 TMR880i모델을 사용하고, 교환기로 EADS SwMI를 이용하는 경우, 3.5절에서 도출해 냈듯이, 300바이트의 데이터 전송이 최적의 데이터 크기임을 알 수 있다. 이와 동일한 Test Bed에서 동일한 조건으로 다른 기종이나 다른 회사의 TETRA 모델을 테스트하여 그 결과를 비교함으로써 최상의 성능을 나타내는 모델을 찾아낼 수 있다.

향후 과제로는 4만 번 패킷 전송에서 발생한 71번의 전송 실패에 대한 이유를 찾는 것이 필요하다. 현재 TETRA PEI상의 PDS는 UDP/IP를 이용하여 신뢰성 없는 데이터를 전송하고 있어서 전송 실패에 대한 이유를 알 수가 없다. 이에 따라 SwMI가 UDP 패킷을 목적지로 보내지 못하거나 특정한 이유로 전송이 불가능 할 때, 전송하게 되는 ICMP 메시지를 분석하는 루틴을 추가하여 TG와 TA에서 수신되는 ICMP 메시지를 분석하면 해당 에러에 대한 진단을 할 수 있을 것이다. 이 작업은 SwMI에서 발생한 ICMP 에러 메시지에 대한 정확한 분석이 가능하다. 또한 TETRA PEI상의 또 다른 데이터 전송방식인 SDS 테스트를 수행하여 동일한 데이터 크기를 전송할 때 어떤 서비스가 효율적인지 알 수 있는 연구과제가 남아있다.

TETRA는 국가전력IT무선 기간망으로 채택되어 앞으로 다양한 산업에서 활발하게 사용되어지게 될 무선 자원이다. 현재 TETRA는 국가 공공안전기관인 경찰 및 소방에서 사용되고 있다. 철도에서도 TETRA를 이용한 단일화된 통신망을 이용한다면, 재난 사태 발생 시 즉각적인 정보전파가 가능하다. 또한 국가 전력IT 무선 기간망과 연계성을 고려하여, 철도 산업에서 널리 사용되고 있는 센서를 이용한 다양한 관리 시스템에 접목시켜 사용할 때 그 이용가능성은 무궁무진하다. 예를 들어, 선로 유지관리 시스템의 센서에서 측정되는 선로의 상태정보 및 지진 감시 시스템의 센서와 중앙 감시 통제 시스템과의 통신 및 이러한 핵심 정보를 바탕으로 재난 발생시 국가 공공안전기관에 신속하게

전파할 수 있다. 이러한 TETRA 무선망의 접속을 위해서는 TETRA 모뎀이 필수적으로 사용되게 된다. 이러한 TETRA 모뎀의 각 제조사들 간의 성능 차이를 알아보는 것은 서비스 품질 향상 및 제조사간의 경쟁력 강화에도 큰 도움이 될 것이다. 또한 본 연구결과를 통해 도출한 TETRA 무선망에서의 패킷 데이터 전송 효율을 또다른 전송방식인 SDS 방식과의 전송 효율과 비교하여 TETRA 무선망 환경에서 데이터 크기에 따른 전송 방식을 결정할 수 있다. 이와 같은 결과를 도출하기 위하여 D-TRS 무선망환경에서 SDS 성능 측정 연구도 수행할 예정에 있다.

참고 문헌

1. ETSI EN 300 392-5, Terrestrial Trunked Radio(TETRA); Voice plus Data(V+D); Part 5 : Peripheral Equipment Interface(PEI).
2. ETSI EN 300 392-1, Terrestrial Trunked Radio(TETRA); Layer 3 Air Interface; Part 6 : Mobile Management Service.
3. ETSI EN 300 392-2, Terrestrial Trunked Radio(TETRA); Voice plus Data(V+D); Part 14 : CMCE Protocol.
4. EADS TMR880i, <http://www.eads.net/>

접수일(2009년 8월 5일), 수정일(2009년 9월 7일),
게재확정일(2009년 11월 12일)