

**TETRA 무선 기간망에서 Packet Data 성능 평가**

송병권<sup>1</sup>, 김새벽<sup>2</sup>, 정태의<sup>3</sup>, 김건웅<sup>4</sup>, 김진철<sup>5</sup>, 김영역<sup>6</sup>  
 서경대학교 정보통신공학과, 서경대학교 전자컴퓨터공학과, 서경대학교 컴퓨터공학과,  
 목포해양대학교 해양전자통신공학부, 한전KDN(주) 정보통신 연구그룹

**Packet Data Performance Evaluation in TETRA Wireless Back-bone Network**

Byeong-Kwon Song<sup>1</sup>, Sai-Byuck Kim<sup>2</sup>, Tae-Eui Jeong<sup>3</sup>, Gun-Woong Kim<sup>4</sup>, Jin-chul Kim<sup>5</sup>, Young-eok Kim<sup>6</sup>  
 Dept of Information Communication Engineering, Seokyeong University,  
 Dept of Electronic and Computer Engineering, Seokyeong University,  
 Dept of Computer Science, Seokyeong University,  
 Division of Marine Electronic and Communication Engineering, Mokpo National Maritime University,  
 Information and Communication Research Group, Korea Electric Power Data Network Co.,Ltd

**Abstract** - TETRA(Terrestrial Trunked Radio) is a digital trunked radio standard developed by the ETSI(European Telecommunications Standards Institute). Currently, TETRA was set Digital TRS in electric power IT wireless backbone network. In this time, we use many company's TETRA modem. So, TETRA modem performance evaluation is very important. TETRA modem use two type of Data transfer mode. One is Packet Data using UDP/IP, and the other is SDS(Short Data Service). In this paper, We generate Packet Data using Traffic Generator module. Packet Data transfer 1000 times each 10 bytes to 400 bytes. We analyze transmission delay time, success rate and standard deviation.

본 논문에서는 TETRA PEI(Peripheral Equipment Interface)중 PDCH(Packet Data Channel)을 통한 전송에 대한 TETRA 모뎀의 성능평가 방법을 제안하고 제안한 방법을 토대로 현재 (주)한전KDN에서 구축한 TETRA 네트워크에서 EADS TMR880i TETRA 모뎀의 성능평가를 한다[4]. 본 성능 평가 결과는 해당 네트워크의 현재 부하 정도와 네트워크의 구성에 따라서 달라질 수 있다. 따라서 정확한 테스트 결과를 위해 위에서 고려한 두 가지 사항을 동일하게 테스트를 진행하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 TETRA Packet Data Channel 서비스에 대한 전반적인 내용을 살펴본다. 3장은 TETRA 모뎀 성능 측정 및 분석을 위한 세부 내용을 기술 하였다. 4장에서는 성능측정 결과 및 분석한 내용을 작성하였다. 마지막으로 5장은 결론 및 향후 연구에 대한 내용이다.

**1. 서 론**

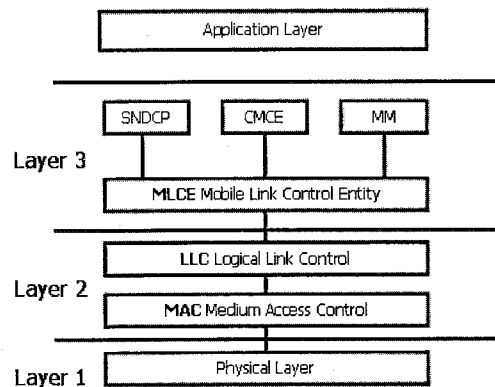
전력 무선 통신 국가기간망의 Digital TRS로 선정된 TETRA(Terrestrial Trunked Radio)는 ETSI( European Telecommunications Standards Institute)가 정한 디지털 주파수공용통신(TRS) 기술로서 공중망 및 기간망에 적용되고 있는 무선통신시스템이다.

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, 다른 무선 통신망과도 다양한 게이트웨이를 이용하여 사용 가능하다.

TETRA는 Trunked 모드, Non-Trunked 모드 그리고 Direct Mobile to mobile 모드 통신을 지원한다. 각각의 지원하는 서비스는 음성통신, packet switched data, SMS(Short Message Service) 메시지와 비슷한 Short data 서비스 그리고 Circuit switched data 서비스가 있다.

TETRA에서 Packet data mode는 UDP/IP를 이용하여 전송하므로, IP layer 위에서 작동하는 UDP 응용프로그램들은 TETRA 네트워크의 Packet Data 모드에 바로 적용할 수 있다. 또한 공공안전, 교통, 경찰 등 공공기관을 위해서만 사용하는 것이 아닌 건설현장 또는 무선 통신 기술을 요하는 민간의 상업 용도로도 곳에서 사용이 확대되고 있는 추세이다. 이러한 사용 증가는 궁극적으로 TETRA 모뎀을 탑재한 단말기 판매의 증가로 이어질 것이며, TETRA 모뎀의 성능 평가 작업은 중요해질 것이다.

**2. TETRA Packet Data Channel**



(그림 1) TETRA Protocol Stack

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].

TETRA 프로토콜 스택은 3개의 Layer로 구성되며, 각각의 Layer는 Physical layer인 Layer 1과 LLC와 MAC로 구성된 Layer 2, MLCE와 SNDCP

\* 본 연구는 한전KDN(주) 및 중소기업청 산학협력지원 사업 연구비 일부로 수행되었음.

(SubNetwork-Dependent Convergence Protocol), MM(Mobility Management)[2], CMCE(Circuit Mode Control Entity)으로 나뉘어 구성된 Layer 3 이다[3]. 각각의 Packet Data는 3계층의 SNDPC에 의해 전송되고, 2계층인 LLC & MAC 계층에 의해서 자동으로 분할되어 맵핑된 Slot을 통해 전송 된다[1][2].

ETSI의 표준안에 따르면 SDS type 4의 경우 최대 2048bit를 전송가능하다[1]. 이에 반해 TETRA PDS(Packet Data Service)의 경우에 IP(Internet Protocol)을 이용한 UDP 통신을 함으로 일반적인 UDP/IP 통신 환경을 구성하여 데이터 전송가능하며, ICMP(Internet Control Message Protocol)을 이용한 데이터그램 분실에 대한 추적이 가능하다. 본 논문은 TETRA Packet Data에만 중점을 두고 있기 때문에 세부적인 사항은 TETRA 표준문서에서 습득할 것을 요한다.

### 3. PDS 성능 측정

#### 2.1 성능 측정 개요

PDS 성능측정을 통해 MER(Message Error Rate)을 산출하고, 평균 Transmission delay 값을 통한, 평균 전송 속도를 구할 수 있다. 평균 전송 속도 값으로 최고의 전송 속도를 나타내는 상태를 알아낼 수 있다. 성능 평가간의 정확한 결과 값을 위해 SwMI에 테스트에 사용되는 모뎀만을 등록하여 테스트를 진행하였고, 각 테스트는 동일한 장소에서 실시하여 최대한 비슷한 전파환경을 유지하였다. 본 측정에 사용된 장비는 다음과 같다.

- EADS 사의 TMR880i 2EA
- Windows XP SP2, Intel core2duo 2.4G 노트북 2EA
- Traffic Generator, Traffic Analyzer 각각 1EA
- EADS SwMI 1EA

PDS는 TG(Traffic Generator)에서 생성한 각종 테스트 데이터그램을 Windows XP에서 제공하는 전화접속 네트워크를 이용해 획득한 IP를 이용하여 TA(Traffic Analyzer)로 전송한다. TA는 수신 받은 데이터그램을 확인하여 지연시간 및 성공여부를 판별한다.

#### 2.2 성능 측정 방법

성능 측정을 위한 네트워크는 TG와 연결된 TETRA 모뎀 그리고 TA와 연결된 또 다른 TETRA 모뎀과 두 모뎀과의 통신에 사용되는 SwMI의 구조로 구성하였다. 또한 TA와 TG의 시간 동기화를 위한 NTP 서버와의 연결이 되어 있다.

성능 평가는 TA와 TG의 Transmission delay를 측정으로 이루어진다. Transmission delay는 (그림 2)에서 나타난 NTP(Network Time Protocol)을 이용한 TA와 TG간의 시간을 동기화 후에 PED(Packet Evaluation Data)에 기록된 송신 시각, TA가 해당 데이터를 수신했을 때의 수신 시각을 이용하여 계산한다. 계산된 Transmission delay를 통해 평균값과 평균 전송속도를 구한다.

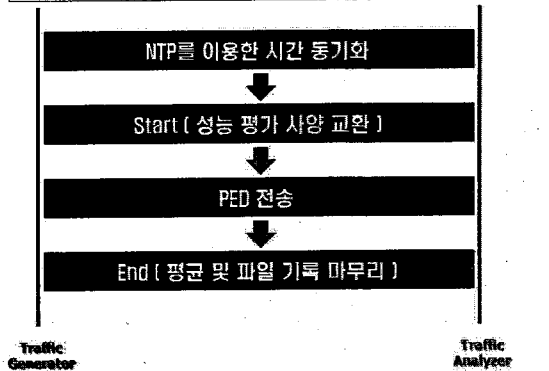
성능평가 흐름은 (그림 2)에 나타내었다. 최초 TG에서 입력한 성능 평가 사양을 TA측으로 전달하여 전송하고 자하는 PED의 규격을 알려준다. 구현한 PED의 규격을 ASN.1의 형태로 나타내면 다음과 같다.

```

PED_Header ::= SEQUENCE
{
    N_S          INTEGER
    S_Time       INTEGER
    PED          OCTET STRING
}
    
```

```

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

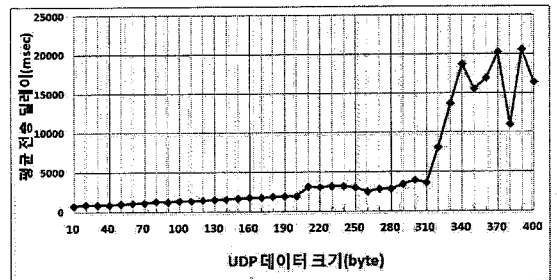


(그림 2) 성능평가 흐름도

PED의 구성을 보면 메시지의 Type을 나타내는 Type 필드로 테스트용 PED 패킷임을 알려준다. 송신 순서번호를 나타내는 N\_S 필드로 현재 전송중인 데이터가 몇 번째 전송중인 데이터인지 알려준다. 이 필드를 이용하여 TA에서 예측한 순서번호와 전송 받은 데이터에서 추출한 순서번호를 비교하여 분실한 데이터가 있는지 알아낼 수 있다. 전송 시간을 나타내는 S\_Time 필드로 전송 시간을 시, 분, 초, ms 단위까지 기록하여 전송한다. 그리고 한 개의 단위 데이터를 표현하기 위한 Dummy 데이터로 구성되어 있다.

### 4. PDS 성능측정 결과 및 분석

(그림 3)은 10바이트부터 400바이트까지 1초 간격으로 500회 전송 후 측정된 평균 Transmission delay를 그래프로 나타내었다. 10바이트에서 310바이트까지 미세한 평균값 증가를 이루다가 310바이트 이후에 평균값이 급격하게 증가하였다



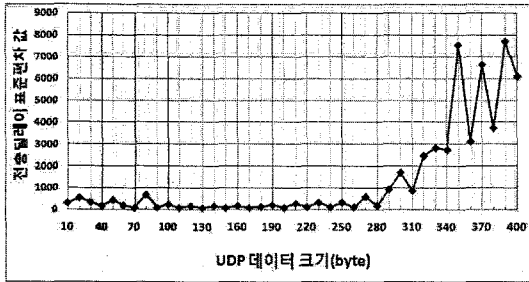
(그림 3) 데이터 당 평균 Transmission Delay

(그림 4)는 PED 단위별 Transmission delay 표준 편차 그래프이다. 역시 310바이트를 기준으로 표준 편차가 급격히 증가하였다.

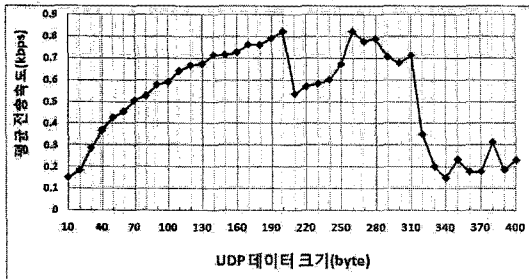
평균 전송 속도 (그림 5)에 나타난 그래프와 같다. 310바이트를 기준으로 평균 전송속도가 급감하고 있다. (그림 5)에서 200바이트를 기준으로 갑자기 낮아진 평균 속도 구간은 TETRA 네트워크에 생긴 붐뮴 현상이 발생한 것으로 추측된다.

(그림 6)은 MER을 나타낸 것으로 총 3만 번 전송 시

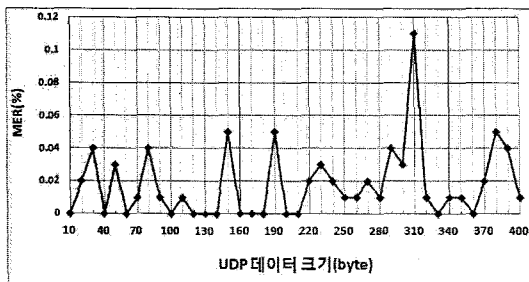
도에 성공 29929번으로 MER 값은 0.24로 나왔다. MER 값을 통해 10바이트에서 400바이트까지 총 3만 번 전송에서 도출된 성공률은 99.76퍼센트이다.



(그림 4) PED 크기별 Transmission Delay 표준편차 값



(그림 5) UDP 데이터 크기별 전송속도 평균



(그림 6) UDP 데이터 크기별 MER

### 5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 TETRA 모뎀의 성능 평가를 위해 TETRA 데이터 전송 방식중 하나인 Packet 서비스의 성능 평가를 위해 평균 Transmission Delay 및 평균 Transmission Delay 표준편차값, 평균 전송 속도, 그리고 에러율을 측정하여, 최적의 성능을 나타내는 데이터의 크기를 도출해 내었다. 본 논문에서 사용된 네트워크 및 TETRA 모뎀의 측정 결과를 통한 최적의 성능을 나타내는 상태는 130바이트에서 200바이트 사이의 데이터 전송으로 평균 전송속도가 0.745kbps이고 고른 Transmission delay 표준편차, 그리고 평균 0.012퍼센트의 에러율을 나타내고 있다.

이번 논문에서의 테스트는 TMR880i 모뎀을 사용하여 EADS SwMI를 이용하는 경우의 결과이고, 이와 같은 동일한 조건에서 각각 다른 기종의 TETRA 모뎀을 동일한 EADS SwMI에서 테스트하여 최상의 성능을 나타내는 모뎀을 찾아낼 수 있고, 또한 동일한 모뎀을 이용하여 다른 기종의 SwMI를 이용하여 SwMI간의 성능을 간접적으로 비교해 볼 수도 있을 것이다.

향후 과제로는 UDP 패킷의 경우 목적지로 보내지 못

하거나 전송이 불가능 할 때, 발생하는 ICMP 메시지를 분석할 수 있는 모듈을 추가하는 것이다. 이러한 작업은 현재 발생한 에러가 왜 발생한 것인지에 대한 최소한의 단서를 제공할 것이다. 또한 또 다른 TETRA 전송 방식 중 하나인 SDS 전송방식의 성능 평가를 통하여 두 방식간의 특성 및 해당 구간에서의 효율성이 좋은지 알아 볼 수 있을 것이다.

### [참 고 문 헌]

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