

FM무전기를 통한 디지털 메시지 전송장비에 R-NAD 적용 연구

노해환* · 김영길*

*아주대학교

A Study of Digital Message Transfer System based on R-NAD for FM Radios

Hai-hwan Rho* · Young-kil Kim**

*Ajou University

E-mail : icerink@ajou.ac.kr

요 약

FM 무전기는 반이중통신(Half-duplex)방식을 사용한다, FM 무전기를 DCE(Data Circuit-terminating Equipment)로 사용하고 다수의 가입자가 정보교환을 수행하는 통신망에서 데이터 전송이 일어나고 있는지를 검출하고 데이터 전송 시 충돌을 방지하기 위해 Network Access Control을 사용한다. 본 논문에서는 현재 우리 군에서 운용하고 있는 FM무전기를 사용하는 통신망에서 MIL-STD-188-220C의 Network Access Control 방법 중 R-NAD(Random Network Access Delay)를 적용한 MPC8260 Power QUICC 기반의 디지털 메시지 전송장비에 대하여 연구한다.

ABSTRACT

FM Radio communication operating mode is half-duplex mode. FM radio network access control shall be used to detect the presence of active transmissions on a multiple-subscriber-access communications network and shall provide a means to preclude data transmissions from conflicting on the network. In this study, we implemented R-NAD(Random Network Access Delay) that is one of network access control method

키워드

Network Access Control, R-NAD, MPC8260, FM Radio

I. 서 론

정보통신 기술의 발전과 더불어 현대 전쟁의 양상은 네트워크 중심으로 급격히 변화하였으며, 신속하고 정확한 지휘통제를 위해 전장상황의 디지털화와 근 실시간 전송정보 교환이 필수적인 요소로 자리 잡고 있다. 음성통신 위주에서 디지털 데이터 통신 중심으로 변화하였으며 전송데이터 정보 전송을 위한 표준메시지 포맷 사용이 필요하게 되었다. 이를 위해 ad-hoc네트워크 구성이 가능한 디지털무전기의 개발이 진행되고 있다. 그러나 기존의 음성 통신을 주로 하고 부차적으로 제한된 디지털 메시지 전송을 하던 FM무전기를 통신장비로 사용하여, 여러 세대가 위치보고 및 디지털 데이터 교환과 전장상황 공유를 하는 것도 전력공백을 줄이기 위해 필요하다. FM무전기를 이용한 통신은 공기를 매개체로 이용하며 송신과 수신 주파수가 동일한 반이중통신(Half-duplex)방식을 사용한다. 현재는 다수의 망 가입자가 디지털 데이터 통신을 하기 위하여 데이터 전송이

일어나고 있는지를 검출하는 방식을 사용한다. 이 방식은 망에 참가하는 가입자의 수가 증가 할수록 망에서 충돌이 일어나는 경우가 많다. 또한 디지털 메시지의 포맷 형태는 Byte단위로 의미를 할당하여 사용하는 경우가 대부분이어서 Bit 단위로 의미 할당을 하는 경우보다 더 많은 전송시간을 요구한다. 본 논문에서는 기존의 FM 무전기를 이용하여 물리 계층(Physical Layer), 데이터 링크 계층(Datalink Layer), 네트워크 계층(Network Layer)까지의 구성이 가능한 미 군사표준 MIL-STD-188-220C와 데이터 전송 시 충돌을 방지하기 위한 수단을 제공하는 Random-Network Access Delay를 적용한 디지털 메시지 전송장비를 연구한다.

II. 본 론

2.1 MIL-STD-188-220C

MIL-STD-188-220C는 VHF 무선 통신망에서 디지털

단말과 C4I 시스템 간, 또는 디지털 단말과 디지털 단말 간의 정보교환 절차와 통신 프로토콜을 규정한 문서로 OSI 7계층의 물리계층부터 데이터링크 계층 및 네트워크 계층의 하위 일부까지를 포함하고 있다. 물리계층의 기본적 PDU(Protocol Data Unit)는 그림 1과 같다.

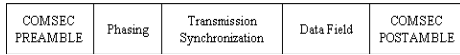


그림 1. 물리계층 전송 프레임 구조

물리계층은 통신 단말간의 접속을 유지하기 위한 제어 기능을 포함하며 COMSEC Preamble과 Postamble은 비화기를 사용할 경우 암호 동기화를 위해 사용하며, Phasing과 Transmission synchronization은 단말과의 동기를 위해 사용한다.

데이터 링크 계층은 물리적 경로를 통한 신뢰성 있는 데이터전송을 위한 제어기능과 데이터 프레임을 포함한다. 데이터링크 계층의 PDU는 그림 2와 같다.



그림 2. 데이터링크 계층 프레임 구조

네트워크 계층은 동일한 무선망 내에서 발신지와 목적지까지 경로와 토폴로지, 접속정보를 포함한다.

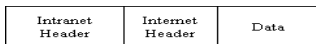
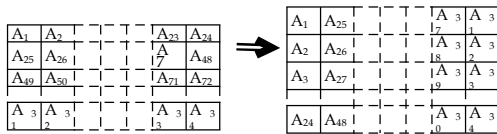


그림 3. 네트워크 계층 PDU

2.2 Forward Error Correction 및 TDC

FEC는 코딩방법에 따라 수신측에서 수신된 데이터 중 일정한 비트의 오류를 검출 및 자동으로 정정할 수 있게 한다. 오류 검출 및 정정을 위해 코드가 부가되는 단점이 있다. VHF 주파수 대역에서는 Golay Code가 효율적이며 이는 12개 비트 중의 3개 비트까지 오류 정정을 가능하게 한다. Golay(23,12) Code의 polynomial $g(x) = x^{11} + x^{10} + x^6 + x^5 + x^4 + x^2 + 1$ 이다. TDC(Time Dispersive Coding)는 Interleaving을 근간으로 한다.



Interleaving과 FEC가 함께 사용됨으로 오류정정 능력을 확장할 수 있게 한다.

III. 디지털 메시지 전송장비 구현

디지털 메시지 전송장비에 MIL-STD-188-220C 구현을

위해 물리 계층, 데이터링크 계층, 네트워크 계층에서 필요한 기능을 갖추어야 한다.

물리 계층에서는 Phasing이 가능해야 하며, Net activity(net clear, net busy, busy with/data, busy with/voice)를 탐지할 수 있어야 하고 전송상태 (transmit complete/idle, in-progress, transmit aborted)를 알 수 있어야 한다. 데이터링크 계층에서는 bit 단위의 데이터 프레임 구성 및 처리를 할 수 있어야 하며, zero bit insertion, FEC, TDC가 가능해야 한다. 네트워크 계층에서는 UDP또는 TCP 기능을 갖추어야 한다.

3.1 디지털 메시지 전송장비 사양

FM무전기를 통한 디지털 메시지 전송장비 구현을 위해 사용한 프로세서는 Motorola 사의 PowerQUICC (QUad Integrated Circuit Controller)인 MPC8260이다. 이는 PowerPC603 CPU Core와 다양한 주변 통신 장치 controller를 내장하고 있으며 통신과 네트워크용으로 널리 사용되고 있다. 운영체제는 Realtime O.S인 VxWorks를 탑재 하였다. 상세 사양은 다음과 같다.

- 프로세서 : MPC8260ACZUMHBB, 266MHz
- Flash : 8MBytes
- SDRAM : 64MBytes
- Boot Rom : 512KBytes
- 무전기 I/F : RS-232, Discrete(PTT, A/D) 2Ch
- Ethernet : 100Base-Tx
- 정비포트 : RS-232 Asynchronous
- Board Size : VME 6U, IEEE-1101.2
- 기타 : Pre/Postamble 발생,Carrier Detect
- 운영체제 : VxWorks5.5

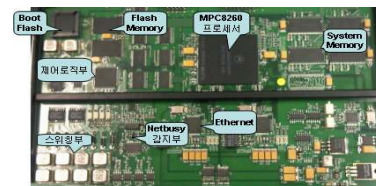


그림 4. 디지털 메시지 전송장비

FM 무전기 인터페이스를 위해 MPC8260의 SCC(Serial Communication Controller)과 Discrete 신호를 사용하고, 네트워크 계층을 위해 Ethernet 100Base-Tx 채널을 구성하였다. 그림 5는 구현한 디지털 메시지 전송장비 블록도이다.

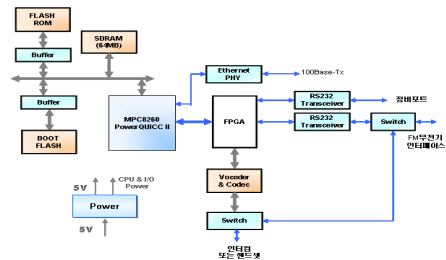


그림 5. 디지털 메시지 전송장비 블록도

FM무전기와 인터페이스는 디지털 데이터 송수신시 FM무전기에서 클럭을 제공하는 동기(synchronous) 방식으로 사용하며, baudrate는 1200/2400/4800/9600 bps로 설정이 가능하도록 하였다. 그리고 MIL-STD-188-220C의 프로토콜 처리 및 Bit 단위의 동작이 가능하도록 SCC는 Transparent Mode로 설정을 하였다.

3.2 FM무선망의 timing 모델

FM무전기를 사용하는 통신망에서 데이터 전송이 일어나고 있는지를 검출하고 데이터 전송 시 충돌을 방지하기 위한 Network Access Control 방법은 모든 가입자에게 망에 데이터를 전송하기 전에 일정 주기의 시간 동안 기다리게 하는 NAD(Network Access Delay)를 적용하는 것이다. FM무전기를 사용하는 network timing 모델은 아래 그림6과 같다.

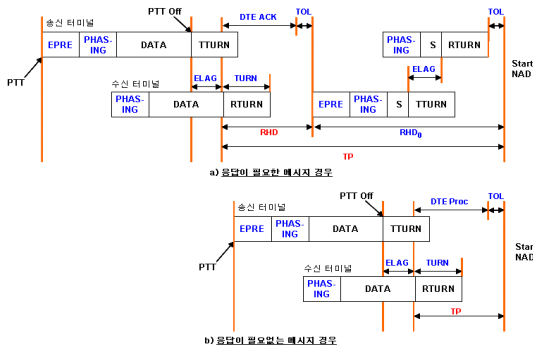


그림 6. FM무전기를 통한 Network Timing 모델

EPRE(Equipment Preamble Time)는 데이터 단말이 데이터 전송을 위해 PTT(Push To Talk)하는 시점부터 FM무전기가 단말로 송신 클럭을 제공할 때 까지 시간이다. Phasing은 EPRE후에 단말이 송신하고자 하는 데이터를 보내기 전에 FM무전기로 0과 1을 반복해서 보내는 시간이며, 이는 FM무전기가 단말로부터 데이터를 바로 수신하지 못하기 때문에 필요한 시간이다.

DATA는 단말이 송신하고자 하는 정보가 담겨있는 데이터를 보내는 동안의 시간이다. 이는 데이터의 길이에 따라 다르다.

ELAG(Equipment lag time)는 송신측 단말이 전송하고자 하는 DATA의 마지막 비트를 보낸 시점부터 그 마지막 비트가 수신측 단말에 도달한 시점까지의 시간이다.

TURN(Turnaround time)은 ELAG가 끝나는 시점부터 TTURN 또는 RTURN이 끝나는 시점까지의 시간이며 둘 중에 큰 값을 사용한다.

TTURN은 송신측 단말이 DATA의 마지막 비트가 전송완료 된 것을 인지하는 시점부터 송신측 FM무전기가 새로운 송신준비가 완료되는 시점 또는 수신준비가 완료된 시점까지의 시간이다.

RTURN은 송신측 단말이 DATA의 마지막 비트가 전송완료 된 것을 인지하는 시점부터 수신측 FM무전기가 새로운 송신준비가 완료되는 시점 또는 수신준비가 완료된 시점까지의 시간이다.

DTEACK(DTE Ack Preparation Time)는 수신측 단말이 응답을 요하는 메시지 수신 후 응답을 처리할 수 있을 때 까지 시간으로 ELAG가 끝나는 시점부터의 시간이다.

TOL(Tolerance time)은 송신측 단말과 수신측 단말이 lag 시점을 인지하는 시간의 보상을 위한 시간이다.

DTEProc(DTE Processing Time)은 응답이 필요없는 메시지의 경우 단말이 메시지 수신 후 메시지 전송을 시작할 수 있을 때까지의 시간이다.

3.3 망 접근제어 소요 기능 구현

FM무선망에서 망 접근제어를 위해 필요한 네 가지 소요기능은 Network busy 감지, Response Hold Delay(RHD), Timeout Period(TP), NAD (Network Access Delay)이다.

Network busy 감지는 망에서 데이터 혹은 음성의 전송이 일어나고 있는지를 판단하기 위해 사용한다. 데이터가 수신되고 있는지를 판단하기 위하여 구성된 회로는 그림 7과 같으며, 무전기로 부터의 Clock 입력신호를 TTL Level로 변환을 한 후 적분회로와 슈미트 트리거를 통과시켜서 입력신호가 있으면 Logic '0', 없으면 Logic '1'인 디지털 신호로 변환하여 CPU의 I/O 포트를 통해서 확인을 할 수 있도록 구성하였다.

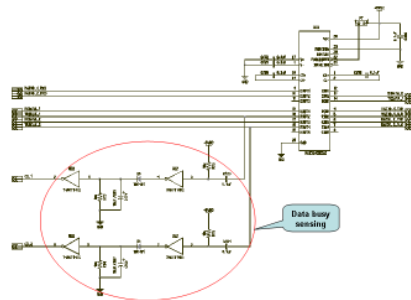


그림 7. Data Busy 감지 회로

FM무전기를 통한 음성의 수신 여부 판단을 위하여 구성된 회로는 그림 8과 같으며, 아날로그 음성신호를 증폭 및 과형을 정형화 한 후 Multivibrator를 통과 시켜 CPU의 I/O 포트를 통해서 확인을 할 수 있도록 구성하였다.

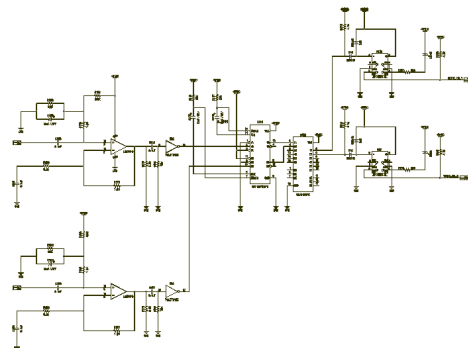


그림 8. 음성 Busy 감지 회로

Network busy 감지 시간은 망의 모든 단말에게 동일한 시간이 주어져야 하며, 망의 속도와 효율에 영향을 좌우하는 요소 중 하나이다.

Response hold delay는 응답을 요구하는 프레임을 수신한 단말이 응답을 보내기 전에 대기해야하는 시간인 RHD에 응답이 전송되어 처리되기까지 더한 시간이다. $RHD_0 = EPRE + PHASING + S + ELAG + TURN + TOL$ 이며, RHD_0 의 단위는 msec이다.

Timeout Period는 망의 모든 단말이 망에 전송하기 전에 기다려야만 하는 시간주기이다. 만약 a라고 하는 단말 측에서 망에 전송하고자 하는 프레임이 있는 경우, 그전에 다른 b라고 하는 단말이 c라고 하는 단말의 응답을 요구하는 프레임이 있었다면, c라고 하는 단말이 a라고 하는 단말에게 응답을 보내는 것이 완료 될 때까지는 기다려야 한다. TP 계산에 사용되는 값은 망의 모든 단말이 동일한 값을 사용해야 한다. 망의 어떤 단말이 응답이 필요 없는 프레임을 전송한 경우는 $TP = \text{Maximum}(DTEPROC, TURN) + TOL$ 이고, 응답이 필요한 프레임을 수신한 경우 수신측 단말은 그 수신된 응답이 필요한 프레임의 마지막 비트가 수신된 시점에서 TP를 계산해야 하며 $TP = (\text{응답이 필요한 수신자 수} * RHD_0) + TOL + \text{Max}(DTEACK, TURN)$ 이다. TP의 계산된 값은 msec 단위이며 가장 근접한 msec 값으로 한다. TP는 ELAG가 끝나는 시점에서 시작되어야 한다.

Network Access Delay는 보내야 할 어떤 메시지가 있는 단말이 그 메시지를 보내기 위해 TP timer가 종료되기를 기다리는 시간이다. NAD는 TP timer가 종료되는 시점에서 시작하는 slot이 계속적으로 반복되는 것을 기본으로 한다. 각 슬롯의 주기는 $\text{Net_Busy_Detect_Time}$ 이며 $EPRE + ELAG + B + TOL$ 만큼의 시간이다. 응답을 요구하는 메시지를 수신한 후 그에 대한 응답을 위한 전송을 제외하고 모든 전송은 NAD가 시작할 때 이루어진다. R-NAD(Random Network Access Delay)는 망의 모든 단말들에게 망 접근 기회를 동일하게 준다. 난수 발생기로 NAD를 계산하여 망에 접근을 시도 할 때마다 다른 값이 사용되도록 하며, 그 값의 범위는 망에 참가한 단말의 수에 따라 정해지게 한다. 그리고 그 값은 정수 값으로 사용하며 범위는 $0 \sim (3/4)$ □ 망에 참가한 단말수이다.

$$NAD = F \square \text{Net_Busy_Detect_Time} + \text{Max}(0, F-1) \square DTETURN$$

여기서 $F = (3/4) \square \text{망에 참가한 단말수} + 1$

FM무전기를 통한 동일한 망에 참여하는 모든 단말은 다른 단말들이 데이터 혹은 음성 전송을 하고 있는지 계속 감지하고 있어야 하며, 전송할 메시지가 있으면 NAD 주기가 끝날 때 까지 전송을 보류하고 있다가 그 다음 NAD가 시작될 때 전송하도록 한다.

V. 결 론

시험을 위한 소요 시험장비는 1 Set 기준으로 다음과 같으며 그림 10과 같이 최소 3set을 구성하여

실시하였다.

시뮬레이터 : Notebook, Network Parameter 및 메시지 송수신 프로그램 탑재
 통신지구 : 디지털 메시지 전송장비
 FM무전기 : 군용 FM무전기(RT-314)

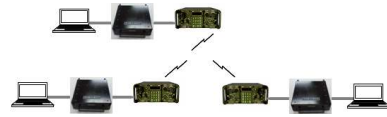


그림 9. 시험구성

측정된 Network parameter는 시뮬레이터에서 디지털메시지 전송장비로 전송하여 저장될 수 있게 하였고, FM무전기를 통하여 송수신 할 메시지는 PC에서 TCP/IP로 디지털 메시지 전송장비로 보내면 FM무전기를 통하여 송수신 가능하도록 하였다.

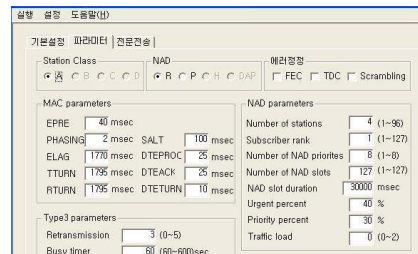


그림 10. Network Parameter 설정화면

FM무전기와 디지털 메시지 전송장비와의 통신속도(baudrate)에 따라 Parameter를 측정하고 그 측정된 파라미터를 설정을 하며 시험을 실시하였고, 각 단말에서 망에 메시지를 전송하기 전에 Random NAD를 계산하고 계산된 Random NAD에 따라 메시지 전송을 하는 것과 충돌이 일어나더라도 다음 NAD에는 충돌을 회피함을 확인 하였다. 여러 단말이 FM무전기를 통하여 위치정보를 주고받거나 지속적으로 메시지 전송을 요하는 시스템에 적용 될 경우 망의 효율을 증가시킬 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] MIL-STD-188-220C "Digital message transfer device subsystems, May 22 2002
- [2] Motorola社 "MPC8260 PowerQUICC II™ Family Reference Manual"