

클라이언트/서버 구조의 무선 통신망을 위한 프로토콜의 구현

正會員 조원홍*, 전중남**, 김석일**

Implementation of Protocols for A Wireless Communication Network with A Client/Server Architecture

Wonhong Cho*, Joongnam Jeon**, Sukil Kim** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 이동 중에 휴대용 컴퓨터와 무선 모뎀을 이용하여 원격지 컴퓨터와 정보를 교환하는 기능을 갖는 미국의 Dataradio 사에서 제안한 클라이언트/서버 구조의 무선 통신 프로토콜인 CARMA-M (Collision Avoidance Radio Multiple Access-Mobile)과 DMP (Dataradio Multiplex Protocol)를 구현하였다. 제안된 각 프로토콜의 설명, 분석과 함께 DMP, CARMA-M 그리고 이들의 접속을 위한 LLC의 구현 방법을 자세히 설명하였다. 에러 감지와 정보의 복원 기능을 갖는 FEC 기법을 첨가하였으며, 구현한 프로토콜을 검증하기 위해 사용한, 무선 환경을 유선망 형태로 모의 실험한 방법을 보였다.

ABSTRACT

We implement the CARMA-M (Collision Avoidance Radio Multiple Access-Mobile) protocol and DMP (Dataradio Multiplex Protocol) with a client/server architecture for a wireless communication network. These protocols support a data transfer function between a remote computer and a mobile portable computer with a wireless modem which are proposed by Dataradio in U. S. A. With the review and analysis of the proposed protocols, the implementation methods of DMP, CARMA-M and LLC to interface the protocols are presented. Moreover the FEC technique is added to find and correct the errors generated in communication. The simulation method of a wireless network using wires is also shown to verify the implemented protocols.

I. 서 론

고도로 정보화된 산업 시대를 맞이하여 첨단 신기술의 급속한 개발로 인하여 통신 서비스의 이용률이 크게 성장되고 있으며, 특히 정보화 사회로의 발전 단계에서 통신 기기의 개인화에 따른 무선 통신 수요가 급증하는 추세를 보이고 있다. 이를 위한 무선 통신

*군산대학교 컴퓨터과학과
**충북대학교 컴퓨터과학과
論文番號: 96211-0718
接受日字: 1996年 7月 18日

망은 이동 중인 사용자가 언제든지 어디서든지 망이 제공하는 자원이나 서비스에 접근할 수 있음을 의미한다.[1, 2]

이전의 음성만을 전달하던 무전기에서 발전된 클라이언트/서버 구조의 무선 통신 서비스는 이동 중에도 휴대형 컴퓨터와 무선 모뎀을 이용하여 원격지 컴퓨터와 정보를 교환하는 기능을 제공한다. 특히 긴급한 처리를 필요로 하는 치안 업무, 소방 업무, 긴급 환자를 수송하는 구급 차량 운영, 교통 정보 전달 및 신원 조회 업무는 무선 통신 서비스를 활용함으로써 업무의 효율을 극대화할 수 있다. 특히, GPS(Global Positioning System) 시스템과 결합하면, 등산과 낚시와 같은 개인 레저 스포츠, 현재 자동차의 위치를 알려주는 자동차 항법 장치, 육상 운송 차량 통제, 바다 위에서 항해 경로를 파악하는 선박 운항과 해양 활동, 항공기의 위치와 위성의 위치를 알려주며, 토목 공사의 측지와 측량에도 이용 가능하다. 또한 수색, 구조, 보안 활동과 자연, 과학, 탐사 활동, 군사 작전에의 활용 등을 고려한다면 앞으로의 시장 규모 및 성장 가능성이 매우 큰 서비스 분야임이 분명하다.

현재 클라이언트/서버 구조의 무선 통신에 관한 원천 기술의 국내 연구는 데이콤, 한국 통신을 중심으로 몇몇 중소 기업에서 이루어 지고 있으나, 관련 장비의 국산화와 통신의 핵심인 프로토콜의 개발 등에 관해서는 뚜렷한 성과를 보이지 못하고 많은 부분을 수입에 의존하고 있다. 따라서 본 논문에서는 미국의 Dataradio사에서 개발한 이동 무선 데이터 통신 프로토콜인 CARMA-M(Collision Avoidance Radio Multiple Access-Mobile)과 DMP(Dataradio Multiplex Protocol)와 동일한 수준의 무선 통신망을 위한 프로토콜을 구현하였다. 구현된 프로토콜을 이용하면 현재 사용 중인 클라이언트/서버 구조의 무선 통신망과 앞으로 국

내에서 서비스될 것으로 예상되는 최첨단 고속 통신망에 접속하여 사용할 수 있는 데이터 무선 전송 관리 시스템의 개발도 가능할 것이다.

본 논문의 구성은 2장에서 먼저 Dataradio사에서 제공한 자료를 토대로 DMP 및 CARMA-M 프로토콜을 간략히 설명, 분석, 보완하고, 분석 결과를 바탕으로 3장에서는 DMP, CARMA-M, 이들 두 프로토콜을 연결하기 위한 Logical Link Control로 분리하여 각 프로토콜의 구현 방법을 자세히 설명한다. 4장에서는 개발한 프로토콜을 검증하기 위해 무선 환경을 유선망 형태로 구현한 방법을 보이고, 마지막으로 결론 내렸다.

II. 프로토콜

그림 1은 CARMA-M과 DMP 프로토콜을 이용하여 구성된 클라이언트/서버 구조를 갖는 무선 통신망의 구성도이다. DMP는 RS-232C로 연결되는 서버 또는 클라이언트(터미널)와 무선 통신 장비 간의 메시지 전송에 사용되는 프로토콜이고, CARMA-M은 서버와 클라이언트의 송수신 장치간의 통신을 담당하는 무선 통신 프로토콜이다.

1. DMP(Dataradio Multiplex Protocol)

DMP는 Dataradio사에서 제공하는 응용 계층의 프로토콜로, 응용 프로그램과 무선 네트워크 상의 통신 장비간의 데이터 전송을 위해 사용된다. 이것은 원하는 클라이언트에 메시지를 보내고, 그것을 확인할 수 있는 잘 정의된 방법을 제공해 주며, 비동기 전송을 사용하는 분자 기반의 프로토콜이다. DMP가 제공하는 주요 특징으로는 한 서버와 여러 클라이언트의 연결을 가능하게 하며, 수신 주소를 지정하고, 송신 주

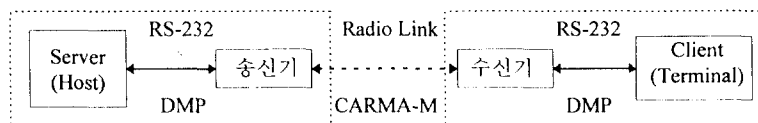


그림 1. 클라이언트/서버 구조의 무선 통신망 구성도
Fig. 1 Configuration of a wireless communication network with a client/server architecture

소를 인식할 수 있다. 메시지 전송은 여러 옵션을 사용할 수 있다. 이진 데이터를 전송할 수 있으며, 서버는 클라이언트의 상태와 경고 지시를 알 수 있다. 마지막으로 서버와 무선 통신 장비간에 소프트웨어적인 흐름 제어, 오류 탐지와 수정 기능을 제공한다.

네트워크상의 스테이션이나, 스테이션 그룹들은 각각 고유한 주소를 가지며, 메시지는 이 주소에 의해 전송된다. 주소는 AMN(Alpha-Mapped Nibble) 표기법에 의한 알파벳 문자를 사용하며, 다음과 같은 세 가지 유형의 주소가 있다.

- ① 송신기 주소: A부터 GO까지의 문자로 지정되며, 사용자가 정할 수 있다.
- ② 수신기 주소: 3에서 8자까지의 AMN문자로 지정된다.
- ③ 방송 수신 주소: 2 AMN 문자(예, HA, HB등)를 사용한다.

메시지의 길이는 1024자까지 가능하며, 이것은 하나 이상의 CARMA-M 패킷으로 나뉘어 전송된다. DMP 메시지 패킷은 헤더와 메시지 자체로 구성되며, 헤더에는 주소와 기능 코드가 들어간다. 서버로부터 메시지가 무선 송신 장치로 전송되면 지역적인 자동적인 응답에 의해, 송신 장치가 잘 받았는지를 알 수 있다. 송신 장치는 받은 메시지를 CARMA-M 패킷으로 변환하여 무선 망으로 전송한다. 만일, 전달 확인의 요구가 있었다면, CARMA-M의 ACK 패킷에 의하여 전달 확인 패킷을 서버로 전송한다.

DMP는 문자 단위로 통신을 하며, ASCII 코드 중에서 다음을 통신 제어 문자로 사용한다.

- ① [DLE]: 이진 데이터의 전송 시 사용.
- ② [SOH]: 기능 헤더의 시작을 알림.
- ③ [STX]: DMP 메시지의 텍스트 시작을 알림.
- ④ [EOT]: DMP 메시지의 텍스트 끝을 알림.
- ⑤ [ACK], [NAK], [WAK]
- ⑥ [ENQ]: Enquery
- ⑦ [BCC]: 메시지의 checksum으로서 [EOT]뒤에 따라오며, 메시지의 첫 문자부터 [EOT]까지 XOR 연산하여 만든다.

DMP의 메시지 형식은 이들을 이용하여 다음 4가지 중 하나가 된다.

- ① [SOH] function header [STX] data [EOT][BCC]
- ② [SOH] function header [EOT][BCC]

③ [STX] data [EOT][BCC]

④ [SOH] function header [DLE][STX] transparent data [DLE][EOT][BCC]

①번 형식은 클라이언트까지 전송되는 메시지 형식이고, ②, ③번 형식은 서버와 송신기 간에 통신제어를 위하여 주고받는 메시지 형식이다. 만일 이진 데이터인 경우에는 ④번 형식을 따르며, 데이터 내에 [DLE]가 포함되어 있으면, [DLE]를 두 번 사용한다.

전송한 메시지에 대한 지역 장치간의 응답은 [ACK], [NAK] 또는 [WAK] 중의 하나이다. 이것으로 서버와 송신기 간, 혹은 클라이언트와 수신기 간의 메시지 전송 상태를 알 수 있다. 각 지역 장치간 응답은 다음 3가지 형식을 갖는다.

- ① [ACK]: 메시지 포맷과, [BCC] 검사는 이상 없다.
- ② [WAK]: 메시지 포맷과 [BCC] 검사는 이상 없으나, 송신기나 수신기의 버퍼가 차서 다음 메시지를 받을 수 없다. 서버나 클라이언트는 지역적인 질문 형태의 메시지를 전송하여, 버퍼의 상태를 확인하여야 한다. [WAK]는 송신기나 수신기에서 만 보낸다.
- ③ [NAK]: [BCC]에 이상이 있거나, 포맷에 이상이 있다. 송신기가 [NAK]를 보내면, 받은 메시지는 무시되고 전송되지 않는다. 서버는 송신기에 같은 메시지를 다시 보낸다. 송신기가 서버로부터 [NAK]를 받는다면, [ACK]를 받을 때까지 서버에 메시지를 재전송하게 된다.

기능 코드는 단일 영문 소문자이며 기능 헤더에 들어간다. 기능 코드 다음에 바로 [EOT]나 [STX]가 이어진다. DMP에서 정의된 기능 코드들은 다음과 같다.

- q(query select): 전송 메시지에 대한 전달 전송 확인을 요구할 경우 'q'를 실어 보냄.
- s(select): 전송 확인을 요구하지 않음.
- t(broadcast select): 터미널 그룹에 broadcasting 할 경우 사용.
- l(local query): 호스트가 [WAK]를 받은 경우, 버퍼 상태를 확인하기 위하여 사용.
- b(base station busy tone enable/disable): 두대 이상의 DMP를 운영하는 경우에 DMP의 상태를 변경하기 위하여 사용.
- a: 전송 확인 ACK.
- n: 전송 확인 NAK, 링크 고장.

- w: 전송 확인 대기 ACK(WAK)

2. CARMA(Collision Avoidance Radio Multiple Access) 및 CARMA-M(Mobile)

Dataradio사에서 개발한 CARMA-M 프로토콜은 CSMA(Carrier Sense Multiple Access) 프로토콜을 기본으로 하는 자사의 CARMA 프로토콜을 무선 통신용으로 변형한 것이다. CARMA 및 CARMA-M 프로토콜에 관한 자료에는 이들에 관한 자세한 내용이 없고, 동작 방법만 간략히 소개되어 있다. 이 절은 공개된 CARMA-M 프로토콜을 분석, 정리하였다.

CARMA-M은 패킷 전송을 기본으로 하는 프로토콜이다. 데이터는 256 문자의 블록으로 분할되고, 각 블록은 한 패킷으로 전송된다. FEC(Forward Error Correction)를 이용하여 에러 감지와 정보를 복원하고, 잘못 전송된 패킷들이 FEC에 의해 복원될 수 없다면 자동적으로 재전송된다. CSMA에 기본을 두고 모든 스테이션들이 패킷을 수신하지만, 주소가 일치하는 한 스테이션만이 패킷을 출력 포트에 전달한다. 사용된 FEC는 무선 환경에서 재전송률을 최소화하기 위하여 사용되었다. 각 CARMA-M 패킷은 32byte 길이의 FEC 블록들로 분할되며, CARMA-M 패킷은 크게 헤더, 데이터, 에러 확인의 필드로 나뉘어 진다. 먼저 헤더 필드는 255 스테이션들 중 하나를 위한 목적지와 송신 주소, 패킷의 형태(데이터 패킷, ACK, 서비스 메시지 등)를 나타내는 제어 정보, 중복된 패킷의 전달을 막기 위해 사용되는 일련번호, 각 무선 모델에서 여러 사용자 포트를 규정하는 송, 수신 포트 번호를 가진다. 패킷으로 분할되기 전의 데이터는 최대 1024 문자를 가질 수 있다. 에러 확인을 위해 CRC-16을 이용한다.

정상적인 환경하에서, 수신 중인 스테이션은 패킷의 타당성을 확인하고, 수신 측에 보낸 패킷이 올바르게 수신되었음을 알리기 위해 CARMA-ACK 패킷을 보낸다. 만약 CARMA-ACK가 정의된 시간 내에 도착하지 않으면, 재전송 된다. 재전송은 ACK가 수신될 때까지 또는 제한 시간에 도달할 때까지 그리고 송신을 포기할 때까지 계속된다.

결국 CARMA-M 프로토콜의 송수신 과정은 다음과 같이 정리된다.

- ① 전송되는 데이터는 한 패킷이 전송될 수 있을 때

까지 송신 버퍼에 저장된다. 이것은 한 패킷의 데이터 필드의 길이(256 문자)를 채우거나, 특수 문자(예. RETURN)가 입력되거나 또는 현재의 설정된 지연 시간을 넘었을 때까지 계속된다.

- ② 패킷이 구성되고, 헤더가 완성되면 송신 스테이션은 채널을 감시한다.
- ③ 만약 채널이 비어 있으면, 그 패킷은 송신된다.
- ④ 만약 채널이 사용 중이면, 스테이션은 임의의 시간 만큼을 기다렸다가 재시도 한다. 임의의 시간 만큼의 기다림은 데이터를 가진 여러 스테이션들이 채널이 비자마자 동시에 같이 전송되는 것을 막고자 함이다.
- ⑤ 이제 송신한 스테이션은 ACK를 기다린다. 만약 설정된 시간 내에 ACK가 수신되지 못하면, 다른 임의 시간의 기다림이 있게 되고, 패킷은 재전송된다. 이러한 과정은 ACK가 수신되거나 한계에 도달할 때까지 반복된다.
- ⑥ 모든 다른 스테이션들은 패킷을 수신하며, FEC를 이용하여 에러를 고치고, CRC를 이용하여 패킷의 타당성을 확인한다. 다음으로 각 스테이션은 목적 주소를 확인하고, 지정된 수신자 이외의 다른 스테이션은 패킷을 버린다. 수신한 스테이션은 ACK를 채널의 확인이나 기다림 없이 바로 보낸다(다른 스테이션들은 전송전에 ACK를 충분히 기다린다.).
- ⑦ 수신 중인 스테이션은 데이터를 자신의 RS-232 포트로 전달하고, 미래의 참조를 위해 패킷의 일련번호를 기록한다.
- ⑧ 이러한 과정은 메시지가 완성될 때까지 필요한 만큼 여러 번 반복된다. 여러 스테이션에서 전송된 패킷들은 채널에서 상호 구별되고, 이러한 이유로 인해 여러 대화가 동시에 이루어 질 수 있다.
- ⑨ 한 패킷이 정확하게 수신되고, 전달되었으나, (잡음, 감쇄, 간섭에 의해) ACK가 망가지면 송신 스테이션은 재전송할 것이다. 수신 스테이션은 일단 ACK를 전송하였어도, 중복된 일련번호로 인해 데이터를 RS-232 포트로 전달하지 않는다.
- ⑩ 패킷과 ACK의 흐름은 양 방향으로 이루어 질 수 있다.
- ⑪ 만약 한 패킷이 여러 스테이션으로 전송되길 원하면, ACK는 자동적으로 발생되지 않는다. 이

러한 모드는 NAR(No ACK Required) 모드라 불리어진다.

Ⅲ. 프로토콜 구현

그림 2는 구현한 각 프로토콜간의 데이터 흐름도이다. 서버로부터 전송되고자 하는 메시지는 응용 계층에 해당하는 DMP 프로토콜에 의해 입력된다. 이 메시지는 LLC(Logical Link Control)로 전송되기 위하여 버퍼인 DMPLLC에 저장된다. LLC 계층의 송신부는 DMPLLC에 메시지가 들어 있으면 동작한다. LLC의 송신부는 DMPLLC에 있는 메시지를 길이에 따라 최대 4개의 패킷으로 나누어 패킷 버퍼인 LLCTransmitFrame을 통하여 MAC과 물리 계층에 해당하는 CARMA-M 프로토콜로 패킷을 전달한다. 그리고, LLC 계층은 메시지가 완전히 전송될 때까지 링크 제어를 담당한다. 마지막으로, CARMA-M 프로토콜은 LLCTransmitFrame에 들어 있는 패킷을 채널로 전송하는 일을 담당한다. 수신 단은 송신 단과 반대로 동작한다. 상세한 설명은 각 계층의 프로토콜의 구현부에서 보였다.

1. DMP

A. 수 신

DMP 프로토콜의 수신 과정은 문자를 한 개씩 수신하여, DMP 메시지를 구성한다. 수신부의 흐름도는 그림 3에 보였다. 수신된 문자가 DMP 메시지의 첫번째 문자인 경우에는 그 문자를 해석하여 DMP 메시지의 종류를 구분한다. 연속된 문자가 입력되면, 마지막 문자가 도달할 때까지 문자들을 저장한다. 그리고, 일단 메시지 수신시 시작되면, 문자가 입력될

때마다 입력된 시간을 측정하여, 다음 문자가 일정한 시간 내에 입력되지 않으면, 시간 초과 오류(Time out error)로 처리한다.

그림 4 처럼 첫번째 문자의 해석은 다음과 같은 두 가지 경우로 구분할 수 있다.

- ① [SOH] 또는 [STX]로 시작하는 경우: 메시지가 여러 개의 문자로 구성되어 있는 경우이다. 처음으로 문자가 입력되었음을 표시하며, 다음에 수신되는 문자들은 [EOT]가 수신될 때까지 문자 처리부에서 처리된다.
- ② [ACK] 또는 [NAK]인 경우: 서버가 지역 응답(local response)을 요구한 경우이다. 수신된 문자는 저장되고, 지역 응답이 도착하였음을 표시한다. 이 신호는 DMP 송신 루틴에서 송신 상태의 흐름 제어에 사용된다.

첫번째 문자 이후에 수신되는 문자들을 처리하는 과정을 설명한 것이 그림 5이다. [EOT]는 DMP 메시지의 마지막을 의미하므로 [EOT]가 수신될 때까지 문자들은 버퍼에 저장되며, 이때 [BCC] 계산도 수행한다. [EOT]가 수신되면 다음에는 송신 측에서 전송한 [BCC] 코드가 수신되므로 이 문자까지 수신한 후에 메시지 처리 루틴을 호출한다. 메시지 처리가 종료되면 DMP 수신부에 관련된 변수들을 초기화하여 다음에 전송될 DMP 메시지에 대비한다.

그림 6에 나타난 것 처럼, 메시지를 처리하는 과정은 다음과 같다.

- ① [BCC]가 일치하는 지 확인한다. [BCC]가 일치하면 메시지 처리를 계속하고, [BCC]가 틀리면 [NAK] 신호를 종료하고 메시지를 무시한 후 종료한다.
- ② 첫번째 문자가 [SOH]이면 헤더를 분석하여 기능

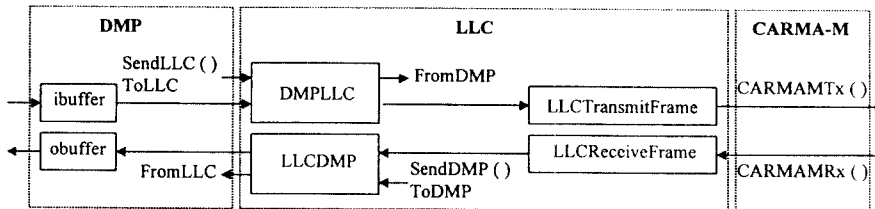


그림 2. 각 프로토콜간의 데이터 흐름도
Fig. 2 Data flows of each protocols

- 코드, 메시지가 도달할 수신 측의 주소를 분리한다.
- ③ [STX]부터 [EOT]까지를 데이터로 저장한다.
 - ④ 현재 내부 큐의 상태가 가득 차 있으며, 기능 코드가 't', 's', 'q'인 경우에는 메시지를 버퍼에 저장할 수 없으므로 [NAK]를 전송한다.
 - ⑤ 기능 코드에 따라 다음과 같이 처리한다.
 - 'b': [ACK]를 전송하고 Busy Tone의 상태를 전송한다.

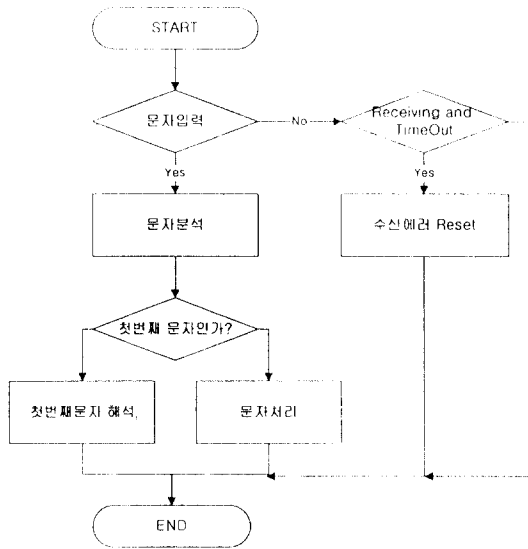


그림 3. DMP 수신부
Fig. 3 DMP receiver

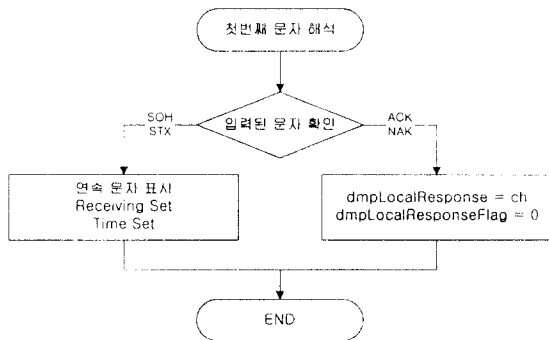


그림 4. DMP 수신부의 첫번째 문자 처리
Fig. 4 Process receiving the first character at DMP

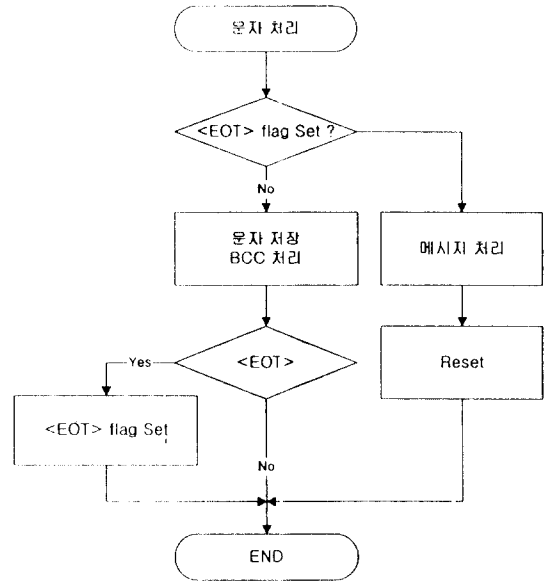


그림 5. DMP 수신부의 수신 문자 처리
Fig. 5 Process receiving a character at DMP

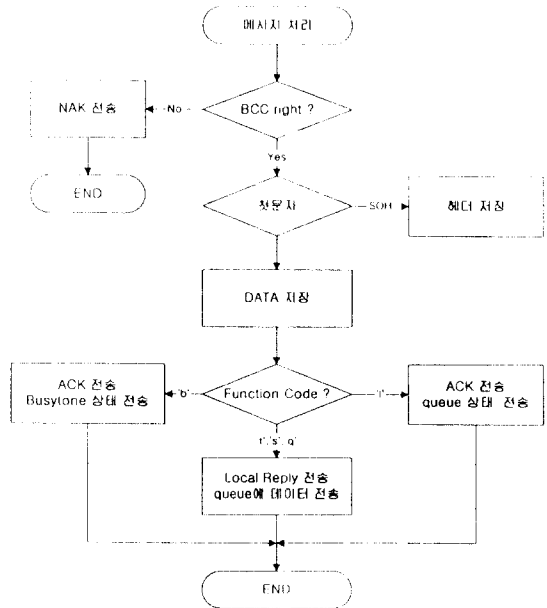


그림 6. DMP 수신 메시지 처리
Fig. 6 Process receiving a message at the DMP receiver

- 't': [ACK]을 전송하고 내부 큐의 상태를 검사하여 큐의 상태를 버퍼 LLC에 넣는다. 이것은 DMP 송신 측에서 서버로 전송한다.
- 't', 's', 'q': 메시지를 내부 큐에 저장하고 내부 큐의 상태에 따라 [ACK] 또는 [WAK]을 전송한다. 여기에 저장된 메시지는 LLC 전송부에서 처리하게 된다.

B. 송신

DMP 송신부는 LLC 계층에서 발생한 메시지를 서버 또는 클라이언트로 전송한다. 한 개의 메시지를 전송하고, 지역 응답을 기다리며, 제한된 시간 이내에 ACK가 수신되면 한 개의 메시지에 대한 전송 과정이 종료된다. 그림 7은 DMP 송신부의 상태도이다.

RS-232 라인을 통하여 서버 또는 터미널로 전송되는 메시지는 DMP 메시지 형식에 따라 [SOH], 주소, 기능 코드, [STX], 데이터, [EOT], 그리고 [BCC]의 순서로 전송된다. 이 때 데이터가 없는 경우는 [STX]와 데이터가 제외될 수 있으며, 주소는 BDLC 자체의 주소가 아니라 원격지의 주소이고, [BCC]는 [SOH]부터 [EOT]까지 XOR한 값이다. 메시지 전송이 끝나면 시간을 설정한 후에 지역 응답 대기상태로 이동한다. 만약 DMP 수신부가 수신 중일 때는 수신이 종료될 때까지 기다린 후에 시간을 설정한다. 지역 응답 신호는 DMP 수신부에서 수신하여 그 결과를 DMP 송신부로 넘겨 준다. 지역 응답 신호를 기다리는 상태에서는 정상적으로 [ACK] 신호가 수신되면 LLC 계층의 큐를 하나 감소시키고 전송을 종료한다. 하지만 [NAK] 신호가 수신되면 처음 상태로 되돌아 가서 메시지를 재전송한다. 만약 제한된 시간 내에 응답 메시지 [ACK] 또는 [NAK] 신호를 받지 못한다면 시간

초과로 처리하여 [ENQ]를 전송한 후 시계를 초기화한다.

제한 시간의 동작은 서버에서 송신기로 메시지를 전송하는 경우, 중간에 전송이 끊기고 120ms 이내에 문자가 들어오지 않으면, 송신기는 받은 메시지는 무시하고 휴지(idle) 상태로 돌아간다. 서버와 송신기 간의 지역적인 ACK를 받지 못한 서버는 [ENQ]를 보내고, 송신기로부터 [NAK]를 받을 것이다. 서버는 메시지를 다시 전송한다. 송신기는 서버에 메시지를 전송한 후, 지역 ACK를 최대 3초 동안 기다린다. 3초가 지나도 지역 ACK를 받지 못하면 응답 없음으로 간주하여, 3초 주기로 서버에 [ENQ]를 보낸다. 만일 서버로부터 [NAK]를 받는다면, 송신기는 [ACK]를 받을 때까지 재전송을 시도한다. 서버에서 같은 경우가 발생하면 지정된 수만큼 재전송을 시도한다.

2. LLC(Logival Link Control)

A. LLC 자료 구조

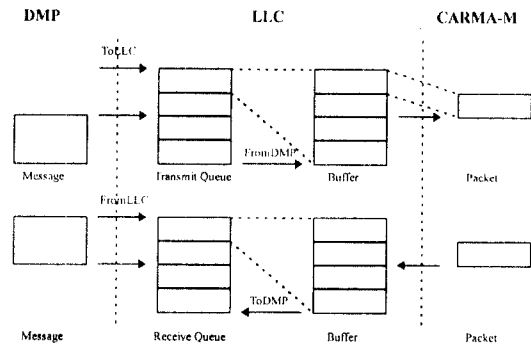


그림 8. LLC 내부 자료 구조
Fig. 8 Internal structure of LLC

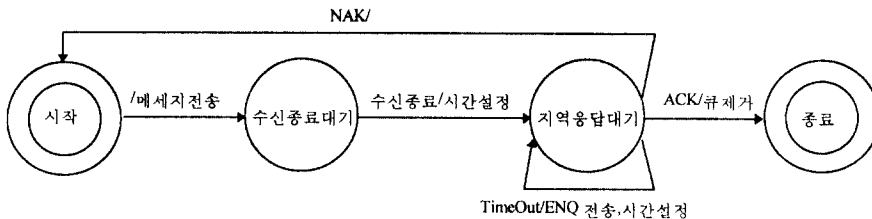


그림 7. DMP 송신부의 상태도
Fig. 7 State diagram of the DMP transmitter

그림 8은 DMP와 외부 무선 장치와의 인터페이스를 담당하는 장치인 LLC의 내부 구조이다. 먼저 서버의 입력이 있을 경우 인터럽트 서비스 루틴에 의해 DMP 처리기가 입력을 받아 임시 버퍼에 메시지를 저장한다. 이 메시지 버퍼의 크기는 4Kbyte로 되어 있어 메시지 즉 데이터와 (최대 1kbyte까지 가능) 제어 정보 및 기능 헤더 등을 포함할 수 있도록 되어 있다.

DMP프로세서는 저장된 메시지를 처리 즉 BCC계산, 제어 정보 제거([SOH], [STX], [EOT]) 등을 수행한 후, 전송 큐(Transmit Queue)에 저장하게 된다. 전송 큐는 대략 4Kbyte의 크기를 가지며 DMPLLC라는 이름을 가진다. 그리고 큐 구조는 환형 큐로 되어 있고 최대 DMP 메시지 4개를 저장할 수 있다. 이 큐를 가르키는 시작과 끝을 ToLLC와 FromDMP라고 명명한다. 이 메시지 큐에 자료가 저장되면 LLC 계층에서 이 큐를 검색하여 LLC 송신부가 작동을 시작하게 된다. 맨 먼저 메시지를 256byte씩 분할하여 버퍼에 저장한다. 버퍼는 각각 LLCTransmitFrame과 LLCReceiveFrame이다. 또한 DMP 메시지의 경우에는 최대 1Kbyte를 넘을 수 없으므로 분할된 패킷의 최대 개수는 4가 된다. 따라서 분할된 패킷들을 저장하는 버퍼의 크기는 256byte의 데이터와 기타 정보를 포함하는 크기가 된다. 이 분할된 패킷들은 LLC가 CARMA-M을 호출하여 전송을 완료하게 된다. 패킷의 수신 측에서는 패킷을 먼저 연결 목록(Linked list)에 연결한다. 만일 연결 목록에 연결된 패킷 중 완료된 것이 있으면 이를 버퍼에 가져와 다시 이를 조합하여 수신 큐에 저장하게 된다. 이 수신 큐의 이름은 LLC DMP이다. 이 수신 큐에 저장된 수신된 메시지의 처리는 DMP가 담당하게 된다.

B. 수신

LLC의 수신부 흐름도는 그림 9와 같다. CARMA-M을 통해서 수신된 패킷은 각종 검색(주소 확인, 에러 유무)을 마친 후 정상적인 패킷인 경우 LLC 계층으로 넘겨지게 된다. LLC 수신 측은 이 수신된 패킷을 분석하여 ACK 프레임 인가를 확인한다. 만일 ACK 프레임인 경우에는 이 프레임을 임시 버퍼에 저장하고 송신 측에 이를 알림으로써 수행은 종료된다. 수신한 패킷이 ACK 신호가 아닌 정상적인 데이터라면 LLC수신부는 이를 연결 목록에 연결한다. 연결 목록

에 연결할 때 수신한 패킷과 동일한 패킷이 있는 경우에는 새로 수신된 패킷을 제거한다. 다음으로 연결 목록을 검사하여 완성된 패킷들 즉 완전한 조합이 가능한 메시지가 있는가 검사한다. 만일 수신이 완료된 패킷들이 있으면 이를 조합하여, 수신 큐에 넣어 주게 된다. 그리고 앞서 기술했던 완성된 메시지의 기능 코드를 확인하여 방송 모드가 아닐 경우 ACK신호를 전송한다. 방송 모드일 경우에 ACK 프레임 전송하지 않는 이유는 모든 스테이션들이 데이터를 수신하고 수신한 모든 스테이션에서 ACK 프레임을 전송하려

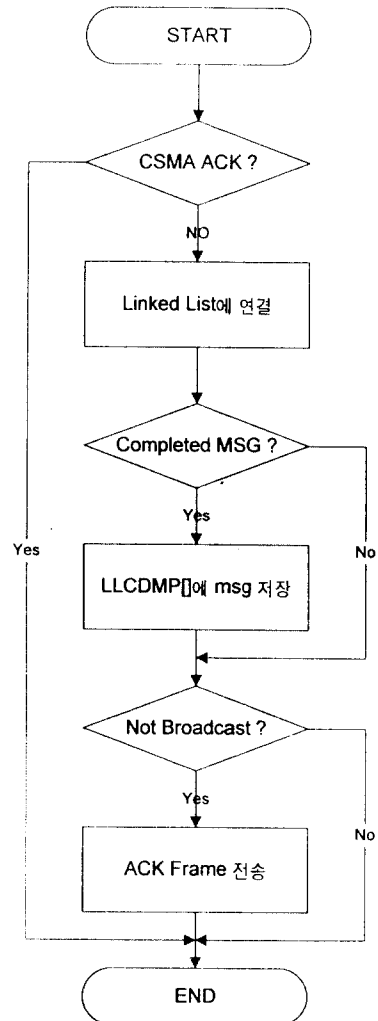


그림 9. LLC 수신부
Fig. 9 LLC receiver part

고 시도하므로 채널 용량이 상당히 증가할 뿐만 아니라 패킷 충돌 가능성도 매우 증가하게 된다. 이것을 방지하기 위해 ACK 프레임 전송을 못하도록 조치한다. 이때 모든 스테이션이 데이터 수신을 못할 가능성도 있으므로 방송 모드일 경우 전송 횟수를 2~3회 반복하여 전송하는 방법도 있다.

C. 송신

서버 측에서 DMP를 통해 메시지의 전송을 요구해 오면 다음과 같은 동작이 이루어진다. 먼저 DMP 프로세서가 서버로부터 입력을 받아 처리한 후 목적지 주소, 기능 코드, 데이터 등을 메시지 큐에 저장한다. 이 메시지 큐에 자료가 저장되면 LLC 계층에서 이 큐를 검색하여 LLC 송신부가 작동을 시작하게 된다. 처음 수행하는 일은 큐에 저장된 메시지의 길이를 검색하는 것이다. 이때 메시지의 길이가 256byte보다 큰 경우에는 이를 256byte단위로 잘라 패킷으로 분할하여 저장하게 된다. 그리고 분할된 패킷 각각에 대해 목적지 주소, 수신지 주소, 기능 코드, 패킷 번호, 데이터 길이 등을 기록하여 메시지를 수신하는 다른 상대방 스테이션에서 다시 조합이 가능하도록 해준다. 다음으로 분할된 패킷들을 순서대로 전송하게 되는데 이때 각 패킷 하나 하나를 전송할 때마다 ACK 프레임을 수신하게 된다. 하지만 DMP 메시지에 기능 코드가 '1'일 경우 이는 방송 모드를 뜻하므로 ACK 프레임을 기다리는 것 없이 모든 패킷들을 순서대로 전송하고 끝마치게 된다. 정상적으로 ACK 신호를 수신한 경우에는 연속된 패킷이 최대 4개까지 있을 수 있으므로, 또 다른 패킷이 있는가 검사하여 또 다른 패킷들이 있다면 이 패킷들이 모두 전송될 때까지 계속 이 과정을 반복하게 된다. 만약 일정한 시간 내에 ACK신호가 오지 않으면 수신 측에서 제대로 수신을 하지 못한 경우이므로, 시간 초과로 처리한다. 패킷 재전송 한계(Packet Retry Limit)를 넘지 않았다면, 패킷을 재 전송하고, 재전송 한계를 넘었으면, 서버쪽으로 전송이 실패했음을 알리는 D-NAK 신호를 만들어 보내고, 메시지 큐에서 메시지를 제거한 다음 수행을 종료하게 된다. 그렇지 않고 하나의 메시지를 패킷들로 분할하여 모두 성공적으로 전송을 마친 경우에는, 서버 쪽으로 D-ACK 신호를 보내고 메시지 큐에서 메시지를 제거하고 수행을 종료하

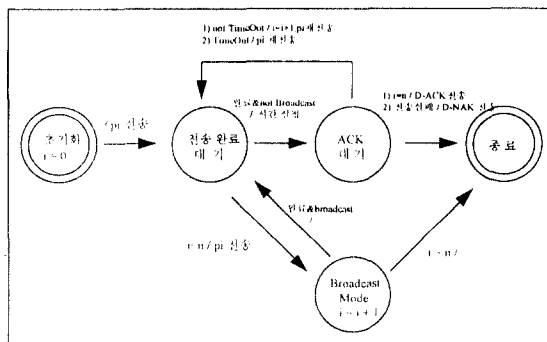


그림 10. LLC 송신부
Fig. 10 LLC transmitter part

게 된다. 그림 10은 송신부의 흐름도이다.

3. CARMA-M

A. 수신

그림 11은 CARMA-M 수신부의 상태도이다. 3가지 상태가 존재하며, 각 상태의 전이는 캐리어(carrier)가 On, Off됨에 따라 변하게 된다. 먼저 시작 상태에서 CARMA-M 송신부가 데이터를 전송 중인가를 살핀다. 만약 전송 중이라면 이것은 채널이 반이중이라는 점을 고려할 때 CARMA-M 수신부가 수행되는 것을 막는다. 전송 중이 아니고 캐리어가 On이 되면 다른 스테이션에서 전송을 수행하고 있다는 것이므로 수신을 시작하게 된다.

캐리어가 On이 되면 수신 플래그(flag)를 1로 세트시킨다. 이렇게 함으로써 CARMA-M 송신부가 작동이 되지 못하도록 한다. 데이터의 수신은 캐리어가 Off될 때까지 계속된다. 데이터의 수신 시 가장 먼저 하는 것은 데이터에 헤더 즉 sfd(Start Frame Delimiter)가 있는지 확인하는 것이다. 이것은 패킷의 시작임을 알려 주는 역할을 하므로 수신 측에서는 sfd이후에 넘어온 자료만을 데이터로 간주하여 저장하게 된다. 만약 이때 실제 전송된 데이터가 패킷의 정해진 길이보다 크면 패킷의 나머지 부분은 모두 유실된다. 수신이 완료되면, 수신된 패킷을 검색한다. 수행 순서는 다음과 같으며, 흐름도는 그림 12에 보였다.

- ① 먼저 목적지 주소를 검사하여 자신의 주소 또는 그룹 주소 또는 방송 주소 중의 하나와 일치하는

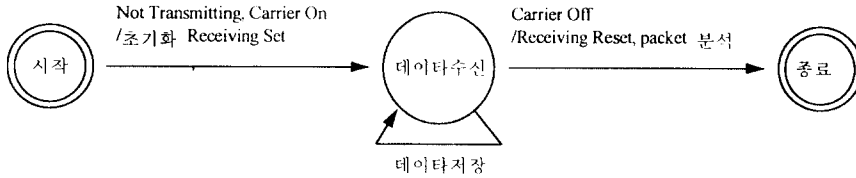


그림 11. CARMA-M 수신부의 상태 다이어그램
Fig. 11 State diagram of the CARMA-M receiver part

지 확인한다. 주소가 틀리면 이것은 자신에게 보내진 패킷이 아니므로 수신된 패킷을 버린다.

- ② 주소가 확인되면 다음으로 데이터 길이를 검사하여 수신된 데이터의 길이와 같은지 확인한다.

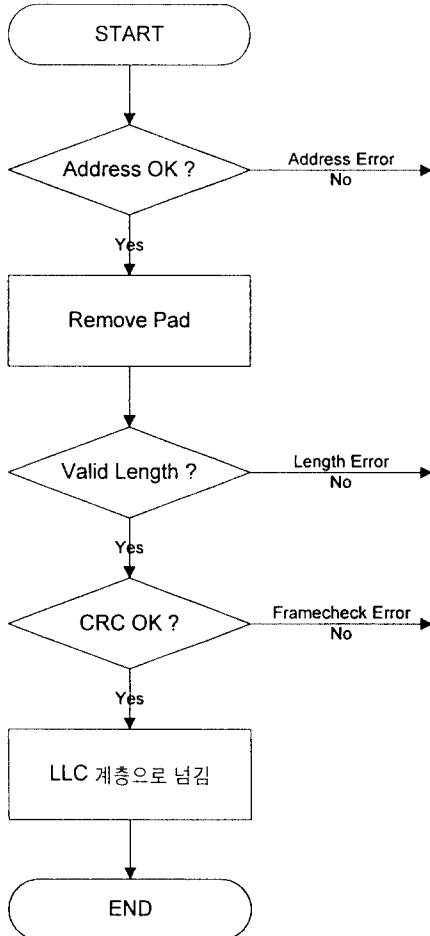


그림 12. 수신된 패킷 분석
Fig. 12 Analysis of the received packet

만약 이때 수신된 데이터의 길이가 틀리면 이것은 데이터가 유실되었거나 페이딩(fading) 현상이 발생한 것이므로 이 패킷도 역시 제거한다.

- ③ 마지막으로 CRC를 검사한다. 계산된 CRC 값과 수신된 CRC 값이 틀리면 수신된 패킷에 에러가 발생했다는 의미이므로 이 패킷도 역시 제거한다. 위의 3가지를 검색한 후 발견된 에러가 없으면, 이를 LLC 계층으로 넘겨준다.

B. 송신

LLC계층에서 자료 전송 요구가 있으면, 그림 13의 CARMA-M 송신부에 나타낸 것과 같은 작업을 수행하게 된다. 총 8가지의 상태가 있다. 먼저 시작 상태에서는 LLC계층에서 넘어온 패킷을 캡슐화(encapsulation) 하여 완전한 프레임의 구성한다. 패킷의 형식은 그림 14와 같으며 다음의 과정을 따른다.

- ① LLC계층에서 넘어온 자료를 실제 전송되어질 자료 구조에 저장한다. 목적지 주소, 소스 주소, 기능 코드, 패킷 길이, 패킷 번호의 순서로 저장된다. 이때 길이가 256byte가 되지 못할 때는 데이터 저장 시 데이터의 나머지 부분을 패드로 채운다.
- ② 위에 저장된 모든 자료를 가지고 CRC의 값을 계산한다. 이때 사용되는 CRC는 CRC-32를 사용한다. 따라서 패킷에 덧붙여지는 Size는 4byte가 된다.
- ③ CRC를 덧붙인 후 패킷의 맨 앞부분에 헤더를 붙인다. 이는 다른 모든 수신 측의 스테이션들이 데이터의 시작임을 인지하여 이 헤더 뒷부분부터 저장할 수 있도록 하여 준다.

패킷 구성을 끝낸 후, 지연(deferring) 시간 동안 대기한다. 이것은 패킷 전송 후에 바로 이어서 또 다른 패킷이 전송되는 것을 막기 위한 조치이다. 지연 시

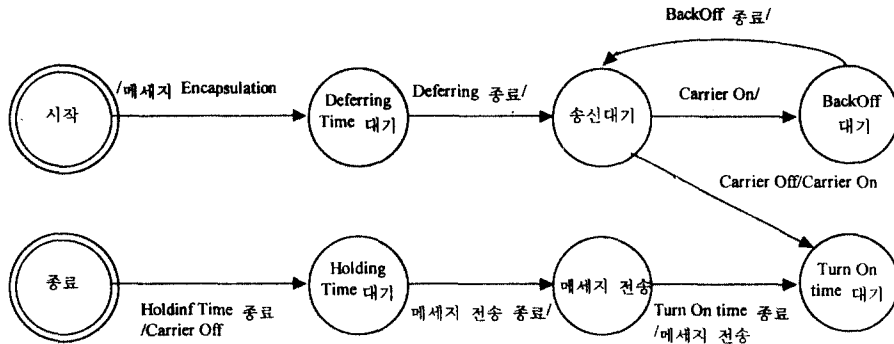


그림 13. CARMA-M 송신부의 상태 다이어그램
Fig. 13 State diagram of the CARMA-M transmitter

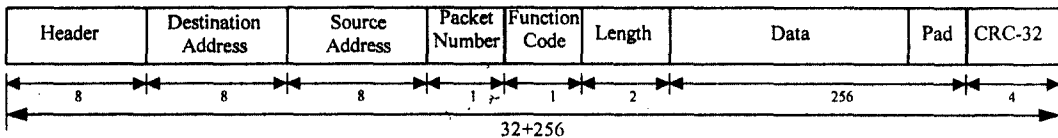


그림 14. CARMA-M 패킷 구조
Fig. 14 CARMA-M packet structure

간이 끝나면 캐리어를 감지하여 데이터가 수신 중인 가를 살핀다. 데이터가 수신 중이면 랜덤 시간만큼 지연 후 다시 처음 상태로 되돌아온다. 이때 다시 이 상태로 되돌아 왔어도, 채널이 사용 중(busy)이면 Back-Off 시간을 증가시켜 채널 용량이 증가하는 것을 막아 준다. 또한 BackOff 반복 횟수를 한정하여 무한정 반복 되는 것을 막아 준다. 따라서 BackOff 한계를 넘게 되면 전송 에러를 발생시켜 LLC계층으로 전송이 실패했음을 알려 준다. 랜덤 시간은 ((0~전송 지연) + 전파 지연)값 안에서 발생시킨다. 채널이 비어있고(idle), 데이터 수신이 없으면 전송 중임을 알리는 플래그를 1로 설정하여 CARMA-M 수신부에서 수신을 하지 못하도록 한다. 다음으로 시작 시간(Turn On Time)을 설정하여 송수신기가 활성화되는 시간 만큼을 더 지연시킨다. 송수신기가 실제 데이터를 전송하기 위해서 활성화되는 시간은 대략 120ms~200ms 사이이다. 시작 시간만큼 지연이 끝나면 실제로 전송을 시작한다. 패킷의 전송이 끝나면 송수신기가 다시 안정화되는 시간을 기다린 후 전송을 끝내게 된다.

IV. 프로토콜 검증을 위한 모의 실험

1. 무선 환경을 모델링하는 유선망 구현

프로토콜을 개발한 다음, 무선 환경을 구축하여 이를 실험하는 데는 장비 및 경비 문제 등 상당한 어려움이 따른다. 이런 점을 해결하기 위해 무선과 유사한 환경을 만들어 실험할 필요성이 대두된다. 본 논문에서는 이를 위해 IC-485S를 사용하였다. IC-485S 변환기(converter)는 RS-232를 통해 전송되는 데이터를 RS-485 라인으로 전송 가능하도록 변환하는 장치이다. 우리는 이를 통해 멀티드롭(multidrop)이 가능하도록 만들어 줌으로써 무선 환경을 모의 실험(simulation)하는 시스템 구축을 가능하게 하였다. IC-485S 변환기는 두개의 기능 스위치가 있어 무선 환경에 적합한 여러 가지 모드로 작동 가능하게 한다.

① SW 1. 기기 모드 선택(device mode selection): 이 스위치는 RS-485 변환기가 PC와 연결될 때 DTE, DCE, Monitor 등 세가지 모드로 동작할 수 있도록 해 준다.

②SW 2. 전송, 수신 모드 선택(transmitting and receiving mode selection): 이 스위치는 통신 방법과 송·수신 모드를 설정하기 위해 구성되어져 있다. 통신 방법은 심플렉스 (simplex), 반이중 방식, 전이중 방식 등이 있다.

그림 15는 IC-485S가 RS-232와 RS-485라인을 인터페이스하는 시스템을 나타낸 것이다. 한 스테이션 구축을 위해 사용되는 IC-485S는 하나면 충분하지만 여기서 사용된 IC-485S(이하 RS-485 변환기)는 2개로 캐리어 감지를 위해 1개가 더 추가되었다. PC와 RS-485 변환기 사이는 DTE와 DCE간의 연결이므로 보통의 RS-232 케이블이 쓰인다. 사용되는 라인은 입력 단(Rx), 출력 단(Tx), RTS단자, DSR 단자, GND단자 등이다. Tx는 데이터가 송신되는 라인이고 Rx는 데이터를 수신하는 라인이다. 또 RTS는 데이터가 전송되고 있음을 RS-485 변환기에게 알려 주는 역할을 한다. 특이할 점은 RS-232의 RTS가 캐리어 감지를 위해 또 다른 RS-485의 입력 단과 RTS단으로 연결된다. 또 DSR단자는 다른 RS-485변환기의 출력 단자에 연결되어 있다. 작동 원리를 살펴보면 먼저 송신 측에서 데이터를 전송하기 전에 캐리어 감지를 하게 되는데 이는 RS-232 라인의 DSR(Data Send Ready) 단자를 살펴봄으로써 알 수 있다. 이 DSR단자는 다른

스테이션의 RTS단자와 연결되어 있어 다른 스테이션이 전송을 수행하면 RTS가 ON되어 있음을 전송을 수행하려는 스테이션에게 알려 주어 채널이 사용 중(busy)임을 알 수 있게 한다. RTS 단자를 ON 시켜 주는 것은 부전기의 PTT(Push To Talk)를 잡는 것과 같은 효과를 발생시킨다.

2. 유선망에서의 프로토콜 실험

구현된 시스템의 성능 평가 및 분석을 위해 실시한 모의 실험에 환경은 그림 16과 같다. 먼저 BDLC를 대체하기 위한 PC와 RS-232를 통해 BDLC와 연결된 서버의 기능을 수행하는 PC, 그리고 RS-485를 통해 연결된 MRM에 해당하는 PC 2대와 MRM에 RS-232로 연결되어 클라이언트의 기능을 하는 휴대용 컴퓨터로 구성된다. 데이터의 전송은 MRM과 BDLC 어디서나 가능하며 주소가 일치하는 스테이션만 수신이 가능하다. 각 BDLC와 MRM에는 동일한 프로그램이 동작하도록 했는데 이는 BDLC와 MRM이 아주 적은 차이만을 보일 뿐 주요 기능은 같기 때문이다. 유선망에서는 무선 망에서 나타나는 똑같은 오류를 만들기 어렵기 때문인데 오류의 발생은 CARMA의 데이터 부분에 또는 CRC 부분에 임의의 오류 비트를 소프트웨어적으로 난수를 발생하여 삽입하여 만들었다. 많은 양의

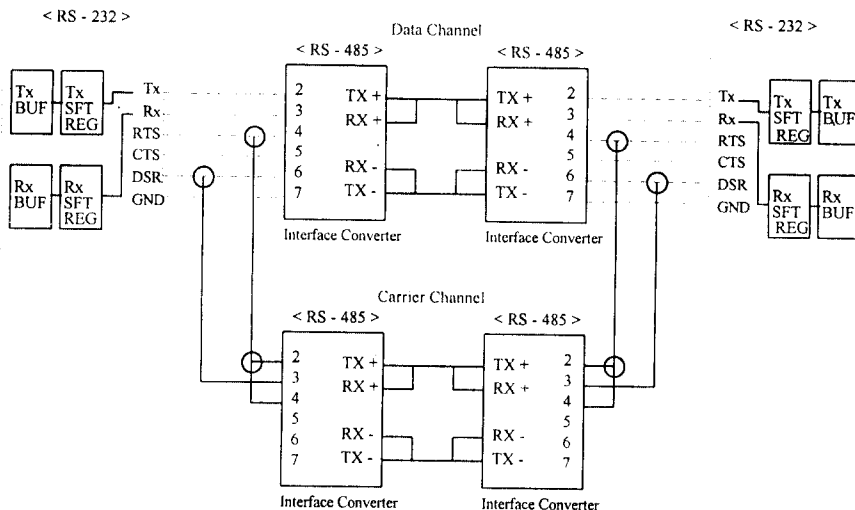


그림 15. 시스템 하드웨어 구성도
Fig. 15 Configuration of a system hardware

RS-485

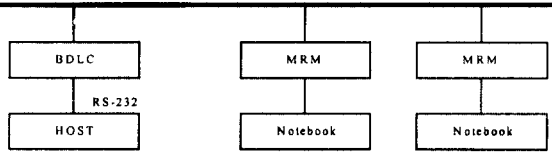


그림 16. 프로토콜 실험 환경
Fig. 16 Environment of a protocol experiment

오류를 가지는 경우에는 재전송의 횟수가 증가하였으며 오류의 양이 적은 경우에는 FEC에 의해 본래의 데이터를 구해낼 수 있었다. 이에 따른 정확한 실험 결과는 유도하지 않았다. 이는 오류에 따른 결과가 기본적인 통신 이론과 크게 다르지 않았기 때문이다.

V. 결 론

본 논문에서는 서버/클라이언트 무선 통신에 적합한 프로토콜을 개발하고, RS-485를 이용하여 만든 시스템을 통해 모의 실험하였다. 모의 실험을 통해 개발한 프로토콜의 일대일, 일대다중 통신 동작을 검증할 수 있었다. 개발된 프로토콜은 Dataradio사에서 제안한 서버와 클라이언트 간의 송수신 장치간의 통신을 담당하는 무선 통신용 프로토콜인 CARMA-M과 응용 계층을 관리하며, RS-232C로 연결되는 서버 또는 터미널과 무선 통신 장비 간의 메시지 전송에 사용되는 프로토콜인 DMP, DMP와 CARMA-M 프로토콜을 연결시켜 주는 LLC계층의 프로토콜을 정의하고 구현하였다. 또한 수렴 코드에 의한 FEC기법을 개발하여, 무선 통신망에서의 에러를 보정할 수 있는 기능을 추가하였다. 물론 이에 따르는 지연 시간이나 패킷의 오버 헤드는 크나 FEC의 적용 시 얻을 수 있는 오류의 정정 능력은 크므로 무시할 수 있다고 생각된다.

앞으로는 개발된 무선 통신 프로토콜의 보완 및 성능 개선을 위하여 1)통신을 제어하는 변수들의 관리 2)무선 통신 시간을 감소시키기 위한 패킷의 구조 변경, 3)프로토콜의 성능 분석 그리고 4)보다 효율적인 FEC 알고리즘의 개발 등에 관한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

1. T.S. Rappaport, Wireless communications Principles & Practice, IEEE Press, 1996.
2. D.J. Goodman, "Cellular Packet Communications," IEEE Trans. Commun. Vol. 38, No. 8, Aug. 1990.
3. Dataradio, "An Introductory Guide To Communications Systems rev.2.2", Dataradio, 1993.
4. Dataradio, "BDLC Base Station Controller Technical Manual rev.3.1", Dataradio, 1993.
5. "ANSI/IEEE Std 802.2-1985", IEEE.
6. "ANSI/IEEE Std 802.3-1985", IEEE.



趙元弘(Wonhon Cho) 정희원

1985년 2월: 연세대학교 전자공학과 졸업
1987년 2월: 연세대학교 전자공학과 석사
1994년 2월: 연세대학교 전자공학과 박사
1988년 7월~1991년 3월: 공군사관학교 전자공학과 전임강사

1994년 3월~1996년 3월: 군산대학교 컴퓨터과학과 전임강사

1996년 4월~현재: 군산대학교 컴퓨터과학과 조교수
※주관심분야: WDM 네트워크 프로토콜, 이동통신 채널 할당, 시스템 모델링 및 시뮬레이션 등.

全重滿(Joongnam Jeon)

정희원

1981년 2월: 연세대학교 전자공학과 졸업
1985년 8월: 연세대학교 전자공학과 석사
1990년 2월: 연세대학교 전자공학과 박사
1990년 9월~1992년 8월: 충북대학교 컴퓨터과학과 전임강사
1992년 9월~1996년 8월: 충북대학교 컴퓨터과학과 조교수

1996년 9월~현재: 충북대학교 컴퓨터과학과 부교수
※주관심분야: 컴퓨터 구조, 병렬 처리, 공장 자동화 등.



金 石 日(Sukil Kim) 정회원

1975년: 서울대학교 전기공학과
학사

1975년~1990년: 국방과학연구소
선임연구원

1985년~1989년: 미국 North Carolina State University 공학
박사

1990년~현재: 충북대학교 컴퓨터과학과 부교수

※주관심분야: 병렬처리 컴퓨터 구조, 슈퍼 컴퓨팅,
병렬처리언어, 이기종 분산처리, 시각
장애인 사용자 인터페이스 등