

《主 題》

무선 데이터 통신 관련 논문

문 성 호 · 이 정 훈

(한국컴퓨터 통신지원팀)

■ 차 례 ■

I. 개 요

II. 서 론

III. RD-LAP

IV. Slotted-DSMA

V. Forward Error Correcting

VI. 성 능

VII. 결 론

I. 개 요

이동무선 데이터 시스템에서의 상호 통신은 많은 장애물에 의해 영향을 받게 되는데 제한된 주파수 대역, 다중경로 페이딩, 자동차의 이동 속도와 위치의 넓은 범위, 환경적인 잡음 등이 그 예이며 또한 분산된 대기 환경에서 전파와 관련된, 다른 매체에서는 발생하지 않는 여러 사건들이 무선 접속 프로토콜의 설계와 성능에 대하여 제한을 가한다.

RD-LAP(Radio Data Link Access Procedure) 무선 프로토콜은 이러한 환경을 위해 설계되었고 현재의 무선 패킷 데이터망에서 최고의 수준을 나타낸다.

이 프로토콜은 25KHz의 채널에서 19.2Kbps와 12.5KHz채널에서 9.6Kbps의 전송속도를 얻기위해서 4-레벨 FSK 변조 방식을 사용한다. 이것은 다중 경로 페이딩에 의해 야기된 군집에러에 대처하기 위하여 인터리빙, 에러검출 및 자동 재전송 기법과 3/4 Trellis 부호화 방식을 결합하여 사용한다.

역방향 채널 접속 방식은 Slotted-DSMA(Digital Sense Multiple Access) 프로토콜을 사용하여 운영된다.

몇개의 중복된 패킷제거 방식이 사용되고 다양한 종류의 채널 관리 메시지와 절차가 정의된다. 후자는 RD-LAP이 셀룰라의 다중 주파수 재사용(MFR)방식

의 시스템에서 부터 단일 주파수 재사용(SFR) 시스템에 이르기까지 다양한 무선 시스템 구조를 지원한다.

Abstract-The air interface of a mobile wireless data system represents a formidable design challenge. Limited bandwidth, multipath fading, a wide range of user speeds and locations, enviromental noise, and the many other issues associated with RF propagation in diverse terrain enviroments all place constraints on the design and performance of the air interface protocol not experienced with other media.

The RD-LAP air interface protocol has been designed for such an enviroment and represents the state of the art in current wireless packet data networks.

This Protocol uses 4-level FSK modulation to achieve bit rates of 19.2 Kbps on 25KHz channels and 9.6 Kbps on 12.5KHz channels. It employs a combination of rate 3/4 Trellis coding with interleaving, error detection and automatic retransmission to attain a high tolerance to the burst errors induced by multipath fading. Reverse channel contention is managed using the slotted

Digital Sense Multiple Access protocol.

Several duplicate packet elimination mechanisms are used, and a rich set of channel management messages and procedures are defined. The latter allows RD-LAP to be used in a wide variety of radio system configurations, from cellular multi-frequency reuse(MFR) based systems to single frequency reuse (SFR) systems.

II. 서 론

RD-LAP이란 육상 이동 환경하에서 데이터 전송을 최적화 하기 위해 모토로라사에 의해 제안된 협대역의 데이터 링크 계층 프로토콜을 말한다.

무선 단말기에서 발생하는 데이터 메시지는 전송속상 매우 짧으므로 순간적으로 전송된다. 전형적으로 Dispatch, 데이터 베이스 질의, 신속한 관리, 메시지 생성, 작업 종료의 보고를 하는 이러한 Application을 사용하는 많은 사용자들은 비록 실시간 처리는 아니더라도 빠른 응답 시간을 요구한다. 더군다나 대부분의 Application은 검출 되지 않는 에러를 그대로 허용 하지 않는다.

이것은 일반적으로 전송시 에러로 인해 전송 지연을 일으키는 휴대용 전화와는 경우와는 다르다. 데이터 서비스는 통과 지연시간이 짧은 것을 요구하는데 비해 잘못된 패킷의 검색과 재전송은 에러로 인해 전체 통신 소요 시간을 지연 시킨다.

이러한 요소의 에러에 대해 강력한 Shared Connectionless Radio Data Link가 제안되었다. 이것은 대부분 사용하지 않는 Connection을 유지함에 따른 채널의 낭비를 피할 수 있고 회선을 설정 해주는 수고를 덜어준다.

차량운영중의 터미널 사용자는 빠른 속도로 위치를 이동하게 되는데 이 경우에도 Air Interface는 차량의 사용자가 경험할 수 있는 어떤 속도에서도 신뢰성 있는 메시지를 전달해야 할 것이다. 이는 재전송을 최소화 함으로써 가능한데 그 이유는 재전송이 응답 시간을 지연 시키고 채널을 혼잡하게 만드는 데 있다. 그리고 고속으로 운행하는 차량내에서 사용시에도 기지국간의 성공적인 Hand-Off를 요구할 뿐 아니라 도로상에서의 휴대 이용과 빌딩내의 영역에서도 서

비스 제공 능력을 포함해야 한다.

이로 인해 사용자들은 어디에서나 같은 터미널을 이용해서 업무를 수행할 수 있다. 어드레싱에 관해서 보면 많은 수의 터미널 어드레스가 지원됨에 따라 넓은 영역과 상호 망들간에 원활한 Roaming이 가능해진다. 가입자들은 일반적으로 그룹으로 구성되어 질 수 있는데 이에따라 시스템은 multicasting과 Broadcasting을 지원 해야한다.

채널의 수와 분산에 있어서의 다양한 가능성으로 인해 그에따른 프로토콜은 상호 실행 가능한 구조의 다양성을 지원 해야하며 이를 위해서 여러 채널을 접속하고 관리하는 역세스 운영 처리가 필요하다.

이러한 기능을 실행화하는데 있어서 이동 무선 데이터 시스템의 환경은 시스템과 프로코토콜의 설계에 많은 제약을 준다. 여기서는 RD-LAP 설계시 제약조건들을 다음 테이블에 제시하고 설명하고자 한다.

표1. 무선환경의 제약 조건

주파수 대역	400-900MHz(현재)
채널구조	협대역 : 12.5 또는 25KHz 전 이중 전송 방식
Spectrum	Limited # of channels per operator / system
다중 경로 페이딩	도플러 주파수 범위 : 150Hz이하 평균 지연 : 2.5μsec 이하
상호 채널 간섭	From / To other system From / To same system
환경잡음	특별히 computer가 있는 실내
전력 손실	Plain earth, Terrain, Vegetation, Buildings
다중 액세스	다수의 사용자가 같은 대역을 점유

RD-LAP은 400MHz이상의 협대역 UHF에서 최적의 운용을 할 수 있도록 설계되었다. 특히 이 대역에서 채널당 대역폭은 12.5KHz와 25KHz이며 전 이중 전송방식(Full Duplex)을 위해 분리된 주파수들은 순방향(기지국에서 터미널)과 역방향(터미널에서 기지국) 채널에 할당된다.

채널의 협대역성은 많은 사용자들을 수용하며 전체 대역도 유선과 비교할 때 상대적으로 작기 때문에 Air Interface 프로토콜은 한개의 채널에 제공되는 용량뿐 아니라 망의 용량에 있어서도 효율적임에 틀림

없다.

다중경로에 의한 Fading은 무선 데이터 시스템에서 가장 다루기 어려운 부분 일지도 모른다. 전송시 나타나는 다수의 반사된 전파는 신호의 강도가 깊게 Fade가 되어서 안테나에 수신된다. 이로인해 받아들인 데이터 열에 결함이 생기는데 이것은 FEC, 에러 검출, 재전송 그리고 안테나의 방향을 이용해 수정 되어야 한다. 그러므로 도플러 주파수는 150Hz까지 허용 되어야 한다.

채널의 협대역성으로 인해 상대적으로 낮은 전송속도가 주어지므로 전형적인 무선 환경에서 발생하는 지연(평균 도시에서 2.5ms)은 문제를 발생 시킬 정도로 심각 하지 않다.

그리고 인접한 채널간의 방해는 프로토콜에 또 다른 제약 조건, 즉 변조 속도를 제한 하는 것인데 이것은 4레벨 FSK와 같은 고 수준의 변조 방식에 의해 높은 비트처리율을 가질 수 있다. 그러나 이것을 실행화 시킬 때 같은 에러율을 유지하기 위해서는 높은 신호대 잡음비가 요구된다. 이것은 주파수 재사용의 경우에 더욱더 요구 되어진다.

그밖에 지구의 평면과, 빌딩과 지형에 의한 신호 강도의 손실이 발생하며 컴퓨터의 전자파등이 새로운 간섭의 원인이 되고 있다.

위에서 제시된 제약들을 RD-LAP 프로토콜이 어떠한 기술로서 극복 하는지를 본문에서 고찰 할것이다.

III. RD-LAP(Radio Data Link Access Procedure)

이 프로토콜은 터미널들과 기지국 사이에 적용되며 양방향 통신으로 이루어진다. 각 채널은 두개의 분리된 주파수로 이루어지며 하나는 호스트에서 단말기로 향하는 순방향 통신에 따른 하나는 단말기에서 호스트로 향하는 역방향 전송에 사용된다.

OSI 계층에서 RD-LAP은 Primary-Secondary multipoint data link로 표현할 수 있는데 이것은 한개의 Primary node(기지국)가 다수의 Secondary node(터미널)들의 주소를 알기 위해서는 단지 한개의 계층에 해당되는 주소만 패킷에 포함되는 것을 의미한다.

또한 채널은 전이중 방식으로 구성 되어 있더라도 프로토콜은 반 이중방식으로 되어 있어 한개의 터미널에서 역방향 전송이 수행되는 동안 순방향 채널은 다른 터미널들에게만 패킷을 전송한다.

RD-LAP은 사용자 측면과 제어 측면으로 나뉘 지는데 여기서 사용자 측면을 패킷 전송, Media Access, 에러 검정 및 수정, ARQ, 메세지 분할 및 Reassemble을 담당하며 제어측면은 고정된 호스트쪽의 시스템

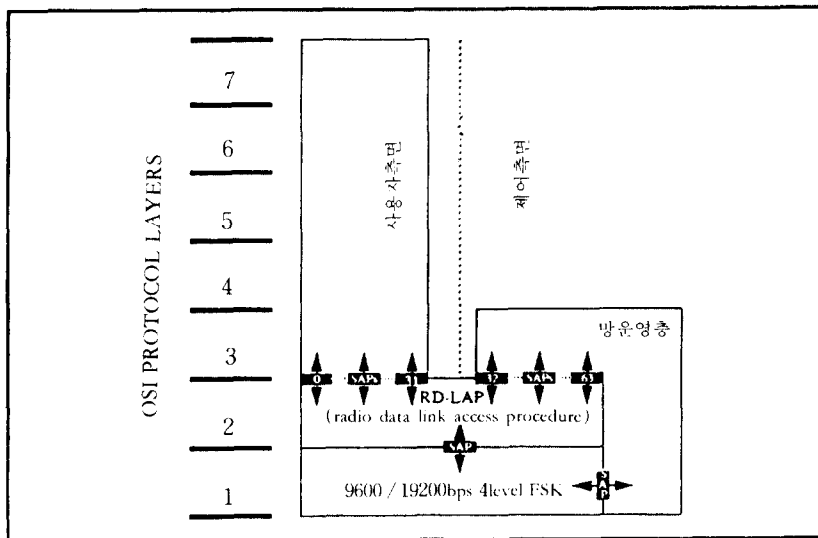


그림 1. RD-LAP 프로토콜의 위치

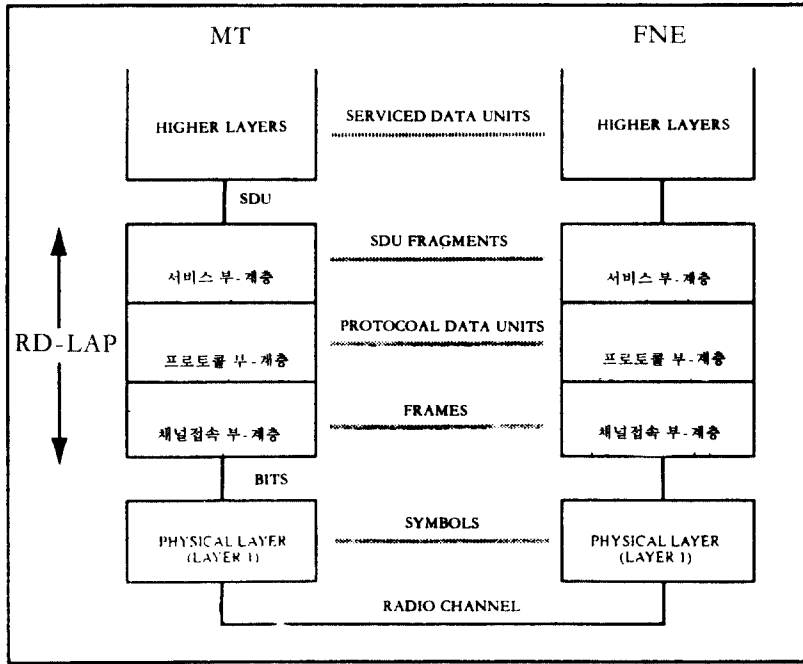


그림 2. RD-LAP 프로토콜의 구조

과 이동단말기 사이에 PLL(Permanent Logical Link) 연결을 담당한다.

그리고 계층간의 연결을 담당하는 SAP(Service Access Point)중에 망 운영층과 물리계층을 연결 하는 것은 주파수 합성 프로그래밍을 지원한다.

또 RD-LAP은 서비스, 프로토콜, 채널 접속등의 부-계층 들과 망 운영층으로 구성되어 있으며 각각의 부-계층은 다음과 같은 역할을 한다.

3-1. 망운영층(Connection Management Layer)

RD-LAP에서는 32개의 SAP들이 다음과 같이 서비스를 위해 지원된다.

- 터미널의 등록과 입증에 대한 처리
- 위치 변화에 대한 처리
- 채널 검색에 대한 처리
- 부하 조절을 위한 처리
- 송수신된 데이터 수집

1) 등록

각 터미널은 그것이 공중을 통하여 송·수신 되기 이전에 기지국에 등록절차를 수행함으로써 고정된 망시스템이 하지 않은 사용자나 채널과 부하를 제어 할 수가 있다.

2) 위치 변화

다수의 기지국에 의해 제공되는 무선 채널에서 동작하는 터미널은 고정된 망시스템이 터미널의 현재 위치를 파악하고 질이 좋은 경로를 선택하도록 주기적으로 자신의 위치를 통보한다.

3) 채널 검색

각 기지국은 주기적으로 근접 채널들의 내역을 모든 터미널들에게 동시에 방송함으로써 터미널이 신속하게 가장 질이 좋은 신호를 가진 채널을 선택할 수 있도록 한다. 여기서 프로토콜 부-계층에서 제공 되는 신호 강도 측정은 라디오의 주파수 동조를 담당 하는 망 운영 계층에 의해 평가되어진다.

4) 부하조절

만약 한채널에 많은 양의 데이터전송이 밀집되었다면 고정 망 시스템은 특정한 터미널이나 어떤 부분 그룹에 대해 다른 채널을 검색할 것을 명령한다.그러면 터미널들은 채널 검색과 등록절차를 다시 초기화시킨다.

5) 데이터 수집

송수신 되어진 PDU의 수와 바이트의 수 그리고 김출된 에러들의 수를 저장 함으로써 고정 망시스템이 운영상의 필요한 데이터를 요구할 수 있고 관동 할 수 있도록 한다.

연결 운영중의 처리 절차는 터미널이 고정 망 시스템과 매끄러운 연결을 위해 다음과 같이 상태 변화를 한다.

• INACTIVE 상태

터미널이 이 상태일때는 무선 채널을 통해 데이터

를 받지 않거나 전송하지 않는다. 터미널은 다른 운영 상태를 불활성화함에 따라 복원된다.

ACTIVE상태에서의 터미널이 이 상태로 복원 하고자 할때는 그 전에 Out of Service SDU를 전송해야만 한다. 전원이 꺼졌을 경우는 이 상태로 간주되며 활성화 될때 무선 채널의 갯수를 고정 채널 테이블에서 스캔 리스트로 옮김으로써 내부 채널 리스트를 생성 한다.

• SCAN 상태

이 상태에서의 터미널은 무선 채널을 통해서 데이터를 전송하지는 않지만 채널의 평가를 위해서 데이터를 수신한다.

그러나 수신된 데이터는 서비스 부개충을 통하여 상위 레벨까지 전송되지는 않는다.

• REGISTER 상태

이 상태가 되면 터미널의 전송기는 만족스러운 신

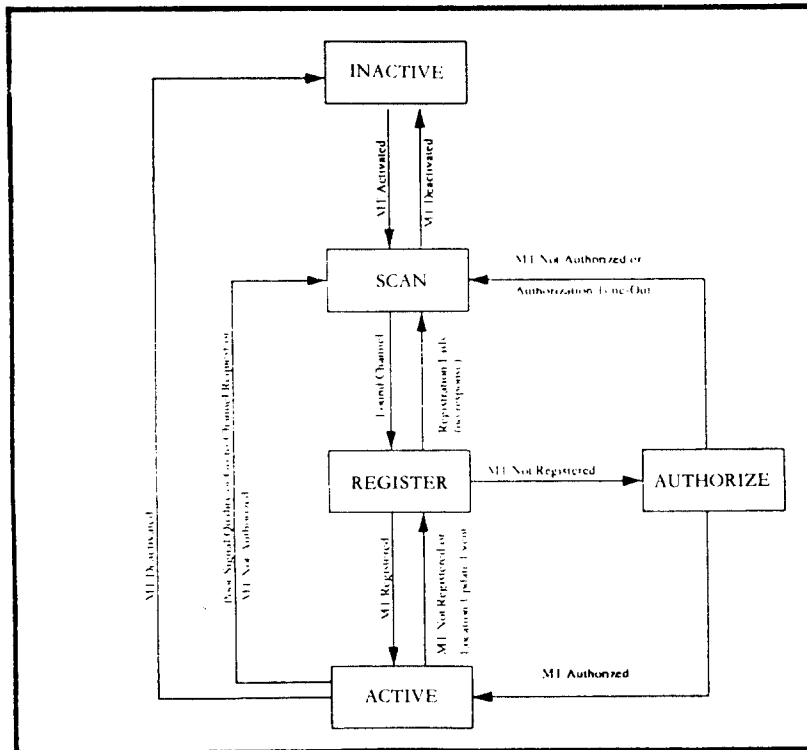


그림 3. 망운영중의 상태 다이어그램

호를 제공하는 채널과 동기가 이루어져 있어야 한다.

채널의 ID는 프레임 전문(Preamble)에 있는 기지국 ID 블록의 검색과 주기적으로 전송 되는 Idle 데이터로부터 알 수 있다.

이때 터미널은 고정 망시스템에 등록을 할 수 있는데 고정망 시스템이나 기지국이 원할하지 않으면 계속해서 다른 채널을 검색하게 된다. 만약 원할하다면 등록 요구 SDU를 전송하고 허락응답이 오면 ACTIVE 상태로 "Not Register"란 응답이 오면 AUTHORIZE상태로 옮겨간다. 그 밖의 부정응답이나 무응답의 경우에는 SCAN상태로 전이된다.

• AUTHORIZE 상태

이 상태에 있는 터미널은 아직 망에서의 Operation을 위해 등록 되지 않은 것이다. 이것은 인증을 받기 전에는 어떠한 SDU도 전송 하지 않는다.

여기서 터미널은 Service Authorization Timer를 작동 시키고 다음 중 어느한 사건을 기다린다.

- 터미널의 고정 망시스템으로부터 인증 허락을 받는다.

- 터미널이 고정 망시스템으로부터 인증 거절을 받는다. 터미널은 데이터 베이스에 이것을 기록하고 SCAN상태로 돌아와서 다른 채널을 검색한다.

허락이나 거절을 받기전에 Timer-Out 된다면 SCAN상태로 돌아간다.

• ACTIVE 상태

여기서 터미널은 제어와 사용자 데이터 모두를 전송한다. 터미널은 기지국으로부터 주기적으로 오는 CM(Channel Maker) SDU를 검색하는데 CM은 현재의 지리적 범위에서 사용되고 있는 모든 채널의 리스트와 각 채널에 대한 속성을 포함하고 있다.

이와 같이 CM은 그 특정 기지국에 국한된 것이기 때문에 각 터미널은 현재 그 지역에서 어느 기지국이 최적의 신호를 제공 하는지 알아야 하고 선택된 기지국에서 보내어진 CM에만 응답해야 한다.

터미널은 이것을 가지고 Dynamic Scan Table을 만들어야 한다.

3-2. 서비스 부계층(Service Sub-Layer)

이 계층은 RD-LAP 프로토콜과 윗층의 통신 프로토콜, 사용자 응용 프로그램등과의 연결을 담당하며 32개의 SAP(Service Access Points)이 데이터 서비스의 다중화를 구현하도록 한다.

각각의 SAP은 다음의 4가지 서비스를 실행한다.

1) 기본 무확인 서비스(Basic Unconfirmed Service)

한개의 SDU(Service Data Unit)안에 512바이트까지의 데이터를 전송하며 단지 전송만 할 뿐 신뢰성에 대한 보장이 없고 수신시 중복된 데이터를 검출하지

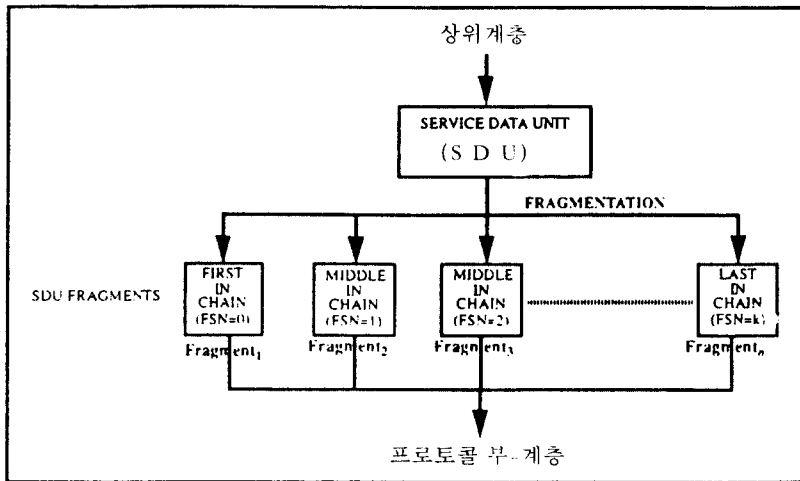


그림 4. 서비스 부-계층의 역할

나 제거하지 않는다.

2) 강화 무확인 서비스(Enhanced Unconfirmed Service)

한개의 SDU안에 512바이트까지의 데이터를 수용하며 신뢰성을 위해 재전송은 하지 않으나 수신시 중복된 데이터를 CRC를 비교해서 검출,제거한다.

3) 기본 확인 서비스(Basic Confirmed Service)

이 서비스에서 사용자는 4K바이트에 이르는 SDU를 신뢰성있게 전송하는데 서비스 계층은 SDU를 자동적으로 512바이트의 세그먼트로 분할, 재합성한다. 각 세그먼트는 독립적인 PDU(Protocol Data Unit)로 전송이 되며 이것은 전송에 대한 응답과 여러번의 재전송으로 데이터의 신뢰성을 실현한다.

4) 강화 확인서비스(Enhanced Confirmed Service)

이 서비스는 기본 확인 서비스가 하는 역할외에 수신시 중복된 데이터를 검출하고 제거한다.

또한 이 계층에서는 4096바이트 이하의 SDU(Service Data Unit)를 512바이트 크기의 프래그먼트로 나눈다. 이 데이터의 길이는 가변적이다.

3.3. 프로토콜 부-계층(Protocol Sub-layer)

이 층은 채널접속 부계층의 위에 있으며 터미널과 기지국 사이에 peer to peer 데이터 전송을 담당한다. 또한 전송 단위는 PDU(Protocol Data Unit)인데 각 PDU는 고정된 길이의 헤더와 가변적인 데이터 부분으로 구성된다.

이 PDU는 분할된 SDU에 PAD와 CRC Code를 붙이

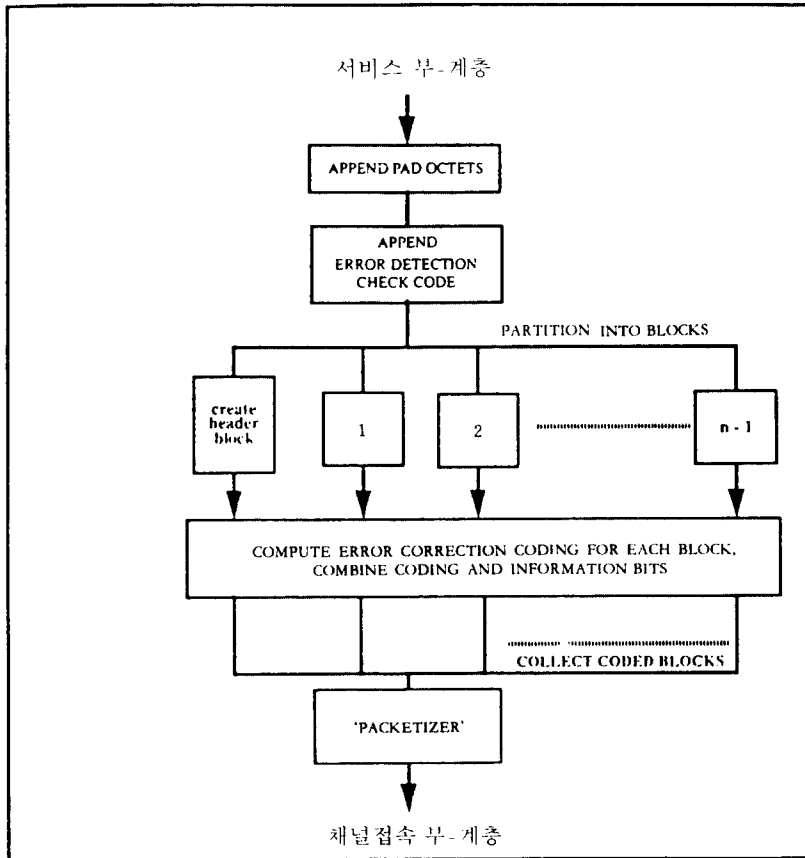


그림 5. 프로토콜 부-계층의 역할.

고 12바이트씩의 블록들로 나뉘져 생성된다.

송신시는 서비스 부계층으로부터 데이터를 받아들인 다음 그것을 PDU로 포맷한다. 그렇게 포맷된 데이터는 RF채널에 전송하기 위하여 채널 접속 부계층으로 보내진다. 한편 수신시는 아래 계층으로부터 송신된 PDU를 가능한 에러에 대해 CRC 체크를 하고 시퀀싱을 해서 유효한 데이터를 윗계층으로 보낸다.

이 계층으로 주요 역할은 다음과 같다.

1) 터미널 어드레싱

31비트로 구성된 LLI(Link Layer Identifier)를 통해 터미널의 주소를 20억개까지 지정할 수 있고 개개의 터미널은 제조될때부터 지정되어 임의로 바꿀 수 없으나 그룹 LLI는 사용자가 더하거나 제거할 수 있다.

2) PDU

헤더는 10바이트와 2바이트의 CRC로 구성되며 송신지와 목적지의 LLI, 패킷의 길이 그리고 시퀀싱에 대한 정보가 실려있다.

RD-LAP은 데이터 PDU, 응답 PDU, 그리고 휴지 PDU의 3가지 포맷 형식을 갖춘다. 데이터 PDU는 512바이트의 데이터와 32비트의 CRC를 포함하며 응답PDU는 송신지에서 보내어진 데이터가 CRC에러나 데이터의 비유효성인것을 통보한다. 또한 휴지 PDU는 기지국이 데이터나 응답PDU를 전송하지 않을때만 순방향으로 기지국의 주소를 실어 보냄으로써 채널의 점유를 제어한다.

3) PDU의 전송처리

PDU는 확인 또는 무확인 모드로 전송 되이는데 무확인 모드는 일단 송신만 할뿐 응답을 기다리지 않으며 확인 모드는 정해진 시간(2초)내에 응답이 없으면 4번까지 재전송을 한다.

또한 헤더 블록에 대한 2바이트의 CRC와 데이터에 대한 4바이트의 CRC가 다음과 같이 에러를 검출하게 된다.

-헤더 블록에 대한 CRC

헤더 블록의 마지막 2바이트는 주소와 제어정보를 가진 앞의 10바이트로 CRC-CCITT를 이용해 계산되어진다.

80개의 헤더 비트를 79승 수 Polynomial M(x)의 상

수로 간주하면 MSB는 이고 LSB는 이 된다.

$$\text{Genalator polynomial } G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$$

$$\text{또한 } I(x) = x^{15} + x^{14} + x^{13} + \dots + x^2 + x^1 + x^0$$

로 정의 한다면

$$F(x) = \text{Remainder} [x^{16} M(x) / G(x)] + I(x)$$

F(x)는 15의 승수를 갖고 Modulo는 2이며 상수부는 CRC 영역에 위치된다.

-마지막 블록에서의 에러 검출

전체 데이터와 PAD의 비트 수가 k라면 Ploynomial M(x)의 승수는 k-1이다.

그리고 4바이트의 CRC는 CRC32에 의해 계산되어진다.

4) 중복된 PDU처리

수신기가 정확한 데이터를 받고 그에 대한 응답메세지를 보내는 도중 데이터가 여러환경으로 인하여 송신지에 전달되지 못하면 송신지는 재전송을 하게 되는데 이렇게 중복된 패킷을 방지하기 위해 각 PDU의 헤더는 순차적인 번호를 가지고 있어 중복된 것을 제거할 수가 있다.

5) 신호 강도 측정

프로토콜 부계층은 BER(Bit Error Rate)와 수신된 신호의 강도를 측정하여 단말기 위치가 둘이상의 기지국 경계면에 있을 때 효율이 좋은 기지국을 선택하도록 한다.

3.4. 채널 접속 부계층(Channel Access Sub-layer)

가장 일반적으로 RD-LAP에서 쓰이는 무선 다중 액세스 방식은 FDMA이다. 이것은 채널이 협대역인 것에 기인하는데 이 채널들은 Roaming과 Load balancing 때문에 가끔 바뀔 수가 있다. 그러나 일반적으로는 오랫동안 주어진 채널에 머무른다.

하나의 주어진 채널안에서는 s-DSMA라는 역방향 채널 경쟁방식으로써 다중 접속방식을 제어한다. 그리고 각 채널은 하나의 기지국에 할당되어 순 방향으로

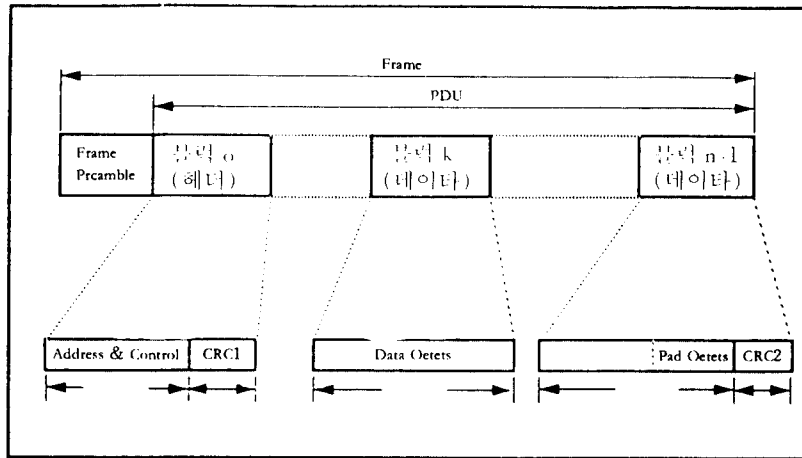


그림 6. 프로토콜 부-계층의 구조

로의 동 채널 간섭을 일으키지 않는데 이것은 셀룰라 라디오 시스템과 같이 다중 주파수 재사용을 가능케 한다.

또한 재사용을 위한 채널이 충분치 않을때는 단일 주파수 재사용에서 시스템이 운용될수 있는데 이때는 오직 선택되어진 기지국만이 동시에 전송할 수가 있다.

이 계층에서는 각각의 PDU의 블록들을 다음과 같이 심벌화시킴으로써 해서 무선환경에 적합한 패킷을 생성한다.

<Frame preamble → 3 grouping → Flush → 3/4 Coding → Micro slot>

fs : 33bits

si : 30bits

여기서 3/4 Coding은 FEC를, Micro Slot은 Slotted-DSMA를 위해 운영된다.

IV. Slotted-DSMA(Digital Sense Multiple Access)

기지국에서 이동 단말기로 송신되는 신호 즉 순방향 신호에서는 데이터가 FIFO(First In First Out)형식으로 송출되나 역방향 신호에서는 다중 접근 방식이 요구되는데 이것은 단말기가 순방향신호의 슬롯에

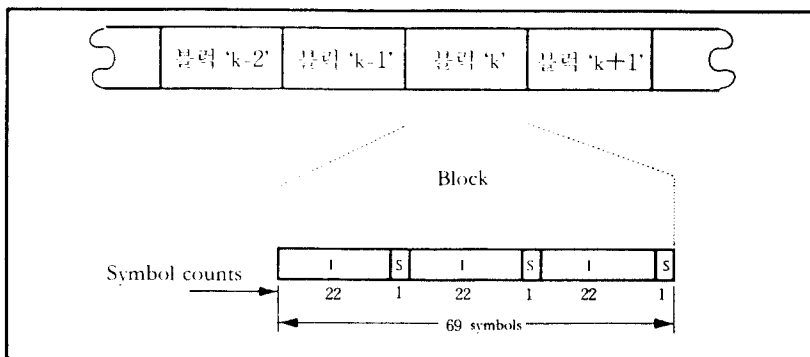


그림 7. 심벌화된 블록의 구조

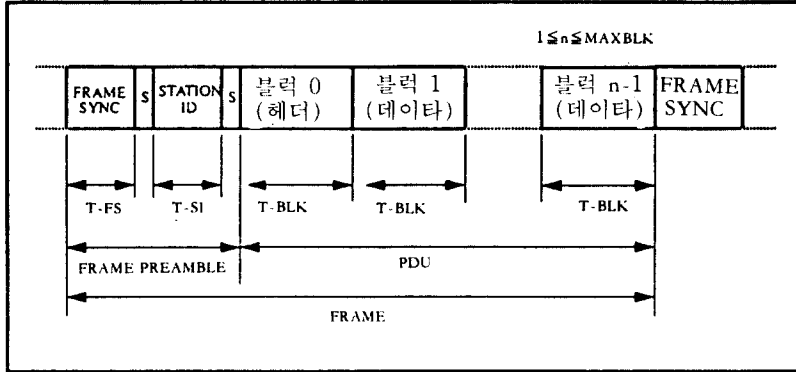


그림 8. 순방향 전송 프레임의 구조

기워져 오는 채널 상태 정보를 주기적으로 판독함으로써 운영된다. 이 상태 정보는 Idle 또는 Busy로 표현되며 여기서 Idle이란 역방향 채널이 휴지 상태인것을 뜻하며 단말기는 이때만 다른 단말기들과 Aloha 방식으로 경쟁할 수 있다. 이것을 Slotted-DSMA라 한다.

4.1 순방향 전송

기지국의 전송기는 그 상태가 Active 또는 Inactive 일 수가 있는데 이것은 그것들이 데이터를 전송하고 있는가 아닌가에 달려있다. 모든 프레임은 주기적으로 일정한 장소에 슬롯형식으로 배치된 채널 상태 정보를 가지고 있다.

프레임 동기 신호(Frame Sync)는 프레임의 시작을 정의하며 Station ID는 전송 중인 기지국을 정의한다.

- Micro slot : Time duration으로 정의되며 24개 또는 22개의 심볼의 길이를 갖고 있다.
- Slot : Time interval이며 정수개의 Micro Slot를 포함한다. 이 Micro Slot뒤에는 채널 상태를 나타내는 1개의 심볼이 오며 Idle, Busy, Unknown으로 표현된다.

4.2 역방향의 채널 검출

프레임에 슬롯된 채널 상태를 판독하며 Symbol Sync는 기지국이 시간을 동기화하고 데이터를 검출하도록 한다.

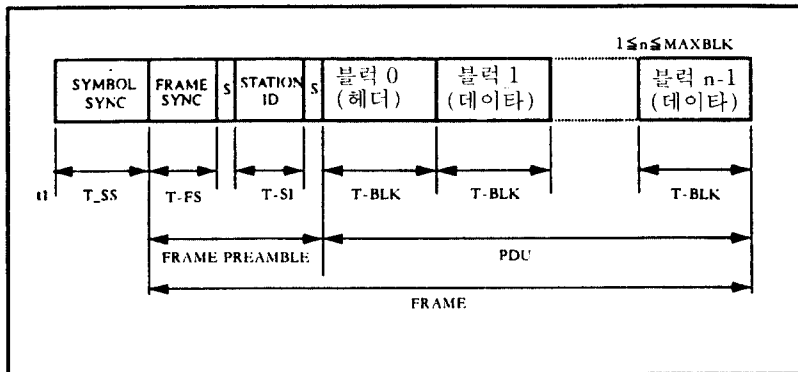


그림 9. 역방향 전송 프레임의 구조

표 2. 프레임의 처리시간

Acronym	Name of Parameter	at 9600 bps	at 19,200bps
T-SS	Minimum duration of Symbol Sync Preamble(24 symbols)	5mSec	2.5mSec
T-FS	Duration of Frame Syne Preamble (24 symbols)	5mSec	2.5mSec
T-SI	Duration of Station Identifier Block (22 symbols)	4.5833mSec	2.2917mSec
T-BLK	Length of Block (69 symbols)	14.375mSec	7.1875mSec

4.3. 단말기의 전송 절차

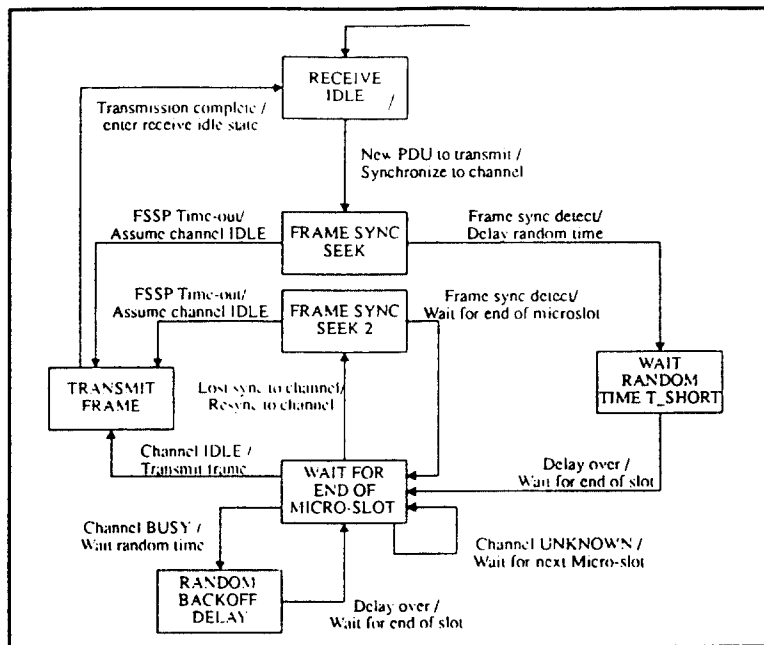


그림 10. 단말기의 상태변환 DIAGRAM

단말기의 전송 절차는 서로간의 역방향 전송시 일어나는 충돌을 줄이고 처리시 데이터 전송의 신속한 완결을 위해 실현된다.

1) 단말기가 "RECEIVE IDLE" 상태에 있고 전송을 하지 않는다면 그것은 계속적으로 순방향 채널을 감시할 필요가 없지만 그 자신의 주소를 인지하기 위해서는 PDU의 헤더 블록을 디코딩 해야 한다. 단말기가 전송할 프레임을 갖고 있다면 그것은 "FRAME SYNC SEEK"상태로 변한다.

2) "FRAME SYNC SEEK" 상태에서 단말기는 우선으로 Frame Sync Sequence를 순방향 채널 전송에서 찾아낸다. 그래서 그것은 채널 상태를 나타내는 Symbol들의 위치를 결정할 수 있다.

Frame Sync Sequence를 검출한 후 단말기는 랜덤한 Delay time을 기다려야 하는데 그 시간은 0에서 T-SHORT초 사이에 분포된다. 이 Delay time은 다른 단말기와의 충돌 현상을 줄여준다.

3) "WAIT FOR END OF MICROSLOT"상태로 들

어가면 단말기는 현재의 Microslot이 끝날때까지 기다려야 한다. 이 경계에는 채널 상태가 따라오며 IDLE 일 때는 "TRANSMIT FRAME" 상태로, BUSY이면 "RANDOM BACKOFF DELAY" 상태로, 그리고 UNKNOWN이면 다시 되돌아간다.

만약에 순방향의 전송이 다음 슬롯이 오기전에 끝난다거나 단말기가 어떤 다른 이유 때문에 동기화를 못했다면 "FRAME SYNC SEEK2" 상태로 옮기게 된다.

4) "RANDOM BACKOFF DELAY"는 단말기들간의 충돌을 줄이기 위하여 0에서 T-LONG초 또는 0에서 T-ACK초 동안에 고르게 분포 되어있다.

최대 Delay time은 데이터 전송에서보다 ACK 신호에서 짧으며 이것은 역방향 채널에 대한 접근에서 응답 신호에게 우선권을 주게된다.

5) 기지국이 데이터를 전송하지 않아서 결과적으로 Frame Sync Sequence가 전송되지 않으면 단말기는 "FRAME SYNC SEEK" 또는 "FRAME SYNC SEEK2" 상태에서 Frame Sync Sequence를 찾지 못하게 된다.

이때에는 FSSP초 동안 기다리다가 Time Out되며 시스템이 Busy가 아니라고 판단하여 곧바로 "TRANSMIT FRAME"상태로 넘어가게 된다.

4.4 ALOHA와 CSMA와의 효율 비교

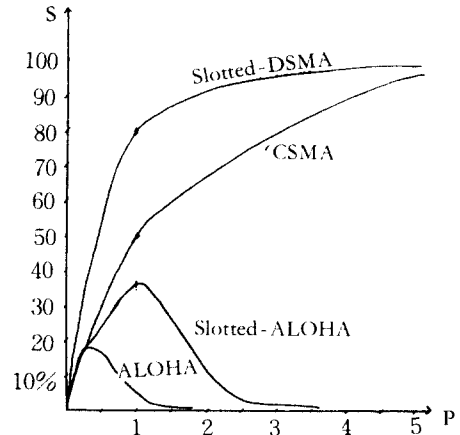


그림 11. 타 경쟁알로리즘과의 Throughput 비교

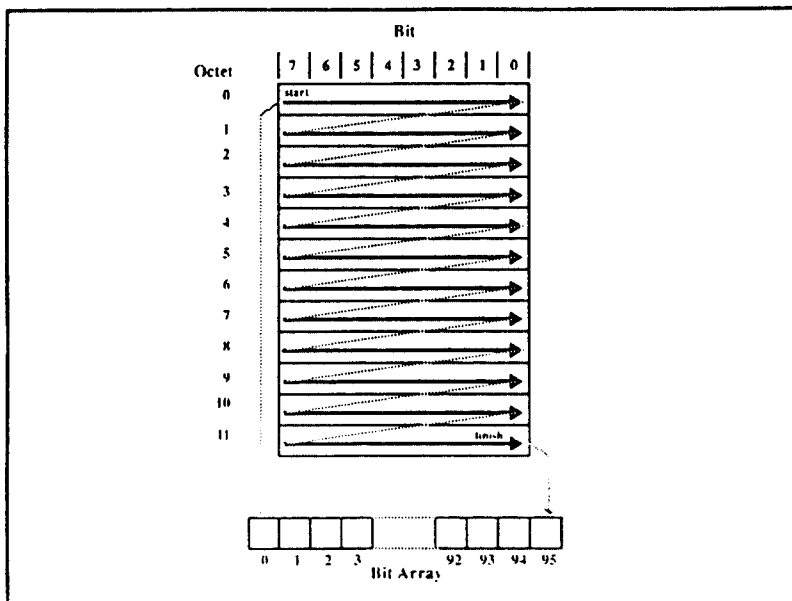


그림 12. 직렬화(Serializing)

V. Forward Error Correcting

RD-LAP은 3/4 FEC을 사용하며 이 알고리즘은 PDU의 블록들안에서 적용되는데 헤더와 데이터 영역 모두 포함된다.

모든 블록들은 FEC 코딩이 되기전에는 12바이트이고 코딩이 된후에는 66심볼의 길이를 갖게된다.

5.1 직렬화(Serializing)

알고리즘의 첫번째 단계는 12개의 Octet들을 96Bit들로 직렬화 시키는 것이다.

윗 그림에서 보는 바와 같이 블록들은 윗쪽의 왼쪽편부터 밑 바닥의 오른쪽 끝까지 스캔이 된다. 그렇게 스캔된 Bit들은 순차적으로 배열이 된다.

5.2 3비트 Grouping

배열된 96개의 Bit들을 3개씩 32개의 그룹으로 나누는 후 000의 bit를 붙여서 33개의 tri-bit를 생성한다.

이 tri-bit들은 0에서 7까지의 Decimal값을 갖게 된다.

5.3 트렐리스 코딩

이 코너는 33개의 tri-bit들을 입력하여 66개의 4 level 심볼을 다음과 같은 Rule과 알고리즘에 의해 출력한다.

심볼은 2비트로 구성되므로 결과적으로 3비트의 입력은 4비트의 출력을 생산하게 된다. 한개의 심볼은 3.0, -1.0, 1.0, 3.0의 4개 레벨 중에 하나를 나타내며 이 레벨을 2개씩 조합하여 16개의 새로운 심볼로 표현할 수가 있다.

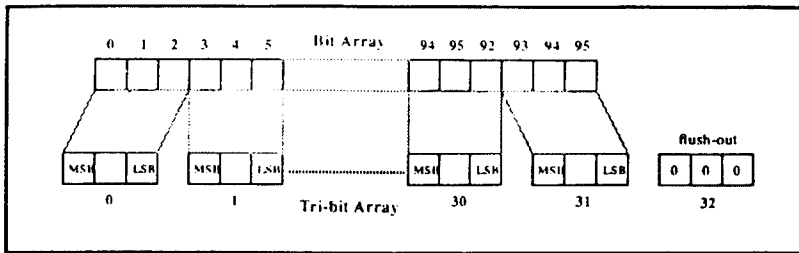


그림 13. 3비트 Grouping

/ * 이 배열은 데이터의 현 위치와 3비트의 십진 입력 값에 의한 함수로 다음 위치를 정의한다. * /

```
static int nextSte[8][8] =
{
    0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,
    0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,
    0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,
    0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,
    0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,
    0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,
    0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,
    0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,
};
```

/* 다음 배열은 데이터의 현 위치와 3비트의 십진 입력 값에 의한 함수로 출력 신호를 정의한다 */

```
static int sigIndx[8][8]=
{
    0,  8, 4, 12, 2, 10, 6, 14,
    4, 12, 2, 10, 6, 13, 0,  8,
    1,  9, 5, 18, 8, 11, 7, 15,
    5, 13, 3, 11, 7, 15, 1,  9,
    3, 11, 7, 15, 1,  9,  5, 13,
    7, 15, 1,  9,  5, 13, 3, 11,
    2, 10, 6, 14, 0,  8,  4, 12,
    6, 14, 0,  8,  4, 12, 2, 10,
};
```

/*

다음 배열은 출력 신호의 값을 정의한다. */

```
static double signalP[16][2]=
{
    1.0,   -1.0,           /*S0*/
    -1.0,  -1.0,           /*S1*/
    3.0,   -3.0,           /*S2*/
    -3.0,  -3.0,           /*S3*/
    -3.0,  -1.0,           /*S4*/
    3.0,   -1.0,           /*S5*/
    -1.0,  -3.0,           /*S6*/
    1.0,   -3.0,           /*S7*/
    -3.0,   3.0,           /*S8*/

    3.0,   3.0,           /*S9*/
    -1.0,  1.0,           /*S10*/
    1.0,   - .0,          /*S11*/
    1.0,   3.0,           /*S12*/
    -1.0,  3.0,           /*S13*/
    3.0,   1.0,           /*S14*/
    -3.0,  1.0,           /*S15*/
};
```

void TrellisCoder (inBlock, outBlock)

```
int inBlock[33]:           /* 33개의 3비트 입력 배열 */
double outBlock[66] :     /* 66개의 4level 심볼 */
{
    int state ;
    int k ;
```

```

int tb ;
int sig ;

state=0 ;
for(k=0;k<33;k++)
{
    tb=inBlock[k];          /* k번째의 입력값을 10진수로 표시 */
    sig=sigIndx[state][tb];

    outBlock[2*k]=signalP[sig][0];
    outBlock[2*k+1]=signalP[sig][1];

    state=nextSte[state][tb];
}
}
    
```

그림 14. 3/4 trellis 코딩의 알고리즘

여기서 -3.0은 00, -1.0은 01, 1.0은 10, 3.0은 11과 같이 2진수로 표시되고 입력 값이 101100001110이라고 가정 한다면 위의 알고리즘을 이용하여 다음과 같은 결과를 산출할 수 있다.

k	3비트 입력	tb	state	출력심볼	출력비트
0	101	5	0	-1.0, 1.0	0110
1	100	4	5	-3.0, 1.0	0010
2	001	1	4	1.0, 1.0	1010
3	110	6	1	1.0, -1.0	1001

그러므로 출력 비트 Stream은 0110001010101001이 된다.

5.4. 디코딩

디코딩은 비터비 알고리즘에 의해 한개의 심볼 에러를 다음과 같이 4개의 심볼이 처리되는 동안에 수정할 수 있다.

5.5 인터리빙

마지막 단계로 66개의 4level 심볼을 다음과 같이 Interleaving 한다. 입력은 세로의 순서로 되나 시스템은 가로로 데이터를 추출하므로 군집 에러에 대한 영향을 극복하게 된다.

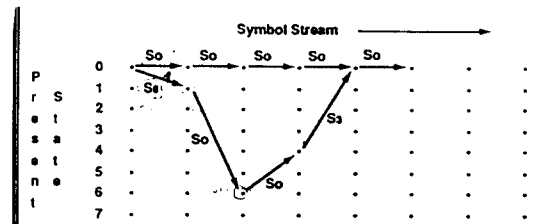


그림 15. 디코딩에서의 에러 수정절차

```

/* this array specifies the interleave rule */
static int intlvRule100 =
{
    0,1, 8,9, 16,17, 24,25, 32,33, 40,41, 48,49, 56,57, 64,65,
    2,3, 10,11, 18,19, 26,27, 34,35, 42,43, 50,51, 58,59,
    4,5, 12,13, 20,21, 28,29, 36,37, 44,45, 52,53, 60,61,
    6,7, 14,15, 22,23, 30,31, 38,39, 46,47, 54,55, 62,63
};

void Interleave(inBlock,outBlock)
double inBlock[66];
double outBlock[66];
{
    int i;
    for ( i = 0; i < 66; i++)
        outBlock[i] = inBlock[ intlvRule[i] ];
}
    
```

그림 16. Interleaving 알고리즘

VI. 성 능

수신 감도, 에러율, 용량과 응답시간은 일반적으로 무선 환경의 프로토콜과 그와 관련된 시스템에서의 성능평가의 대상이 된다.

6.1. 수신감도 상호 채널 간섭 비율(CIR)

무선 시스템의 수신감도는 RF전송 출력과 관계되며 그 출력은 신호대 잡음비인 SNR로 표시할 수 있다. 이 SNR은 시스템 처리속도, 전송 속도, 한패킷당 비트 에러율 그리고 주파수와 연관이 된다.

상호 채널 간섭 비율(CIR)은 무선 시스템의 설계시 매우 중요하며 주파수 재사용을 위한 채널을 결정하는데 도움을 준다.

다음 테이블에서 제시된 SNR은 전송 속도와 특정한 잡음을 무시할 수 있는 수준이다.

표 3. RD-LAP의 수신감도

Performance Parameter	Channel Type ^a	Value
Eb / No at 1% Bit Error Rate (BER)	Static	9.0dB
	Fading	17.6dB
Eb / No at 5% Packet Error Rate (PER)	Static	8.4dB
	Fading	19.8dB
Co-Channel Interference Ration (CCIR) at 5% PER ^b	Static	9dB

a. 모든 페이딩의 결과는 79.6Hz의 도플러 현상에 기인하며 860MHz 일때 100kph와 같이 주파수와 차량 속도의 다양한 조합에 따른다.

b. RD-LAP의 19.2Kbps에 해당.

6-2. 검출되지 않는 에러율

3/4 Trellis Codong은 Fading현상에 대해 강력하고 효율적인 전송을 하며 132비트당 32비트 또는 24%의 에러 수정 능력을 가진다.

각 데이터 메시지의 끝 부분에 붙는 32비트 CRC는 검출 되지 않는 에러율을 $2.3 \times 10 \text{EXP}(-10)$, 즉 43억 개의 메시지 중에 1개로 한다.

VII. 결 론

일반적으로 Connectionless Random Access는 짧은 데이터 전송에서 더욱 효과적이다. 설정된 연결을 초기화하거나 매듭지어야 하는 대역이 필요없고 라디오 채널은 동시에 다수의 사용자를 지원 할 수 있기 때문이다.

RD-LAP 프로토콜은 협대역의 채널을 통한 무선 데이터의 효율적인 전송을 제공하며 19.2Kbps의 높은 전송속도를 지원한다.

또한 3/4 Trellis coding과 자동 재전송을 통하여 다중경로의 Fading현상을 극복하며 역방향 전송에서의 S-DSMA는 Aloha, Slotted Aloha 그리고 CSMA를 능가하는 성능을 제시한다.

몇몇 서비스들은 가장 신뢰성 있는 Application이 지원 되도록 하는데 이것은 채널 운영층이 MFR부터 SFR에 이르기까지 범위가 넓고 다양한 서비스를 제공하는 것에 기인한다.

이와같이 RD-LAP 프로토콜은 표준화되지 않은 특정회사의 제품으로 그 사용 범위는 아직 제한되어 있지만 첨단 무선 통신 기기 제작회사가 꾸준히 개발 보장하고 있고 특히 무선을 통한 데이터전송을 위하여 전용 개발된 프로토콜로 비루어 볼때 이에 대한 지속적인 기술 발전을 지켜 봐야 할 것이다.

제한된 주파수 자원과 급격히 늘어나는 통신량을 수용할 수 있는 첨단 기술에 대한 이해와 접근을 통하여 국내 관련 산업 기술의 발전을 촉진 시킬 수 있으며 앞으로 독자적인 연구개발을 위해 RD-LAP프로토콜에 관한 이론적 검토를 기술하였다.

참고문헌

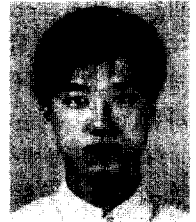
1. Motorola Mobile Data Division, "The RD-LAP Air Interface Protocol", February 1993
2. Motorola Mobile Data Division, "Advanced Data System Training Manual" June 1992.
3. Motorola Mobile Data Division, "Data TAC Manual" June 1992.
4. William T.Webb, "Modulation Methods for PCNs", IEEE Communications Magazine, December 1992, pp.

90-95.

5. Ungerboeck, Gottfried, "Trellis-Coded Modulation with Redundant Signal Sets", IEEE Communications Magazine, February 1987, pp.5-21.
6. Nambi Seshadri, Carl-Erik W, "Multilevel Trellis Coded Modulations for the Rayleigh Fading Channel, IEEE Transactions on Communications, vol. 41, NO.9, September 1993.
7. Martin S. Roden, "Digital Communication Systems Design", Prentice-Hall International Editions, 1988, pp.184-192.
8. William Stallings, "Data Computer Communications", Maxwell Macmillan International Editions, 1989, pp.107-113.
9. William C.Y.Lee, "Mobile Communications Engineering", McGraw-Hill Book Company, 1982, pp.40-44.



李廷勳



文性皓

- 1976. 8. 서울대학교 자연대학 물리학과 졸업
- 1989. 2. 연세대학교 산업대학원 전산학과 졸업
- 1992. 2. 연세대학교 경영대학원 경영학과 졸업
- 1981. 8. 국방관리 연구소 입사
- 1983. 1. 한국 컴퓨터 입사
- 1987 ~ 기획부 이사 역임(신사업 기획 및 홍보 업무담당)
- 주관심분야 : NETWORK, 무선통신, CATV

- 1992. 2. 광운대학교 전자통신공학과 졸업
- 1991. 1. 한국 컴퓨터 입사
- 1993. 1 ~ 통신지원팀 근무(무선 데이터 통신 담당)