

이동채널 환경에서의 DAB 멀티미디어 전송 변수 최적화

이현, 박소라, 양규태, 이수인
한국전자통신연구원, 방송시스템연구부
대전광역시 유성구 가정동 161번지

Parameter Optimization for DAB Multimedia Transmission in Fading Channel

Hyun Lee, So Ra Park, Kyu Tae Yang and Soo In Lee
Electronics and Telecommunication Research Institute(ETRI)
E-mail: hlee2@etri.re.kr, silee@etri.re.kr

요약

본 논문은 현재 국내 디지털 오디오 방송의 잠정 표준으로 채택된 Eureka-147 시스템에서의 멀티미디어 전송 프로토콜 규약인 MOT(Multimedia Object Transfer) 프로토콜을 적용하여 멀티미디어 파일을 전송할 경우의 성능 분석 및 파라미터 최적화 방법을 제시하였다.

MOT 프로토콜은 멀티미디어 파일을 전송하는 세그먼트 크기, 세그먼트 반복횟수와 같은 파라미터 설정값에 따라서 FER(File Error Ratio)이 변화하므로, 성능을 최적화하기 위한 파라미터 설정이 중요하다.

세그먼트 내에서 비트 사이의 오류 사건이 독립이라는 가정하에서 MOT 파라미터 설정값을 찾는 이론적 수식을 제안하였고, 이동 채널 환경의 시뮬레이션을 통하여 이론식과 비교하였다.

1. 서론

방송은 통신과는 달리 정보의 흐름이 방송국으로부터 사용자로의 일방향으로 국한된다는 단점을 가지고 있으나, 같은 내용의 프로그램을 전국에서 동시에 시청하게 하는 광역성과 동시성 및 현장 중계와 뉴스에 의한 즉시성의 장점 때문에 통신과는 구분된 중요한 정보전달 매체의 하나로 자리잡아 왔다. 그러나 방송과 통신의 융합 추세에 따라 방송의 디지털화가 실현되어가고 있다. TV 방송의 경우 HDTV의 도입으로 디지털화가 진행되어 가고 있고, 이와 병행하여 라디오 방송 역시 DAB(Digital Audio Broadcasting)의 연구와 함께 디지털화 되어가고 있다.[1]

국내 디지털 오디오 방송의 잠정 표준으로 채택된 유럽형 DAB방식인 Eureka-147시스템은 전송 방식으로 OFDM을 채택하여 고속의 데이터 열을 저속의 다수 데이터 열로 전송하는 다중 반송파 전송의 기법을 사용하므로 이동 수신시 문제가 되는 다중 경로 왜곡이나 페이딩 환경에 강인한 성능을 보이며, 오디오 프로그램외에도 데이터 프로그램도 동일 주파수 채널 내에서 제공할 수 있다.[2]

DAB 상에서 멀티미디어 파일 전송 수단을 제공하는 방식으로는 MOT 프로토콜 규약을 제정하였다.[3] MOT 프로토콜은 멀티미디어 파일을 오류 없이 전송하기 위하여, 파일을 세그먼트로 분할하여 분할된 세그먼트를 반복하여 전송할 수 있는 수단을 제공한다. 세그먼트를 반복적으로 전송할 경우에는 데이터 전송률이 반복 횟수에 반비례하여 감소하며, 세그먼트 크기가 클수록 세그먼트의 redundancy가 증가하여 데이터 전송률을 감소시킨다.

따라서, 원하는 FER을 만족하면서, 데이터 전송률을 최소로 하는 세그먼트 반복 횟수 및 세그먼트 크기를 설정하는 것은 DAB 멀티미디어 파일전송에서 중요한 부분이다.

본 논문에서는 MOT의 효율적인 전송을 위한 세그먼트에 관한 파라미터 설정 방법의 이론적인 접근 방법을 제시하였으며, 이론식의 타당성을 검증하기 위하여 Eureka-147 시스템에 대한 시뮬레이터를 구성하였고, MOT 인코더 및 디코더를 적용하여 시뮬레이션을 수행하여, 이론식과 비교하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 MOT 프로토콜의 규약에 대해 서술하고, 3장에서는 MOT 프로토콜 전송 성능 분석에 대한 이론적 수식 모델을 제안 하고, 4장에서는 이동 채널 환경에서의 시뮬레이션을 통해 3장에서 제시한 수식 모델과 시뮬레이션 결과와 비교하고, 5장에서는 결론을 맺는다.

2. MOT 프로토콜 개요

2.1 MOT 프로토콜 전송 메커니즘

MOT프로토콜은 DAB 시스템 상에서 멀티미디어 오브젝트 전송을 위한 것으로 Java, JPEG 정지영상, ASCII 텍스트, MPEG 비디오 또는 오디오 등을 전송한다. MOT 프로토콜은 멀티미디어 오브젝트의 전송을 위해 DAB 전송 시스템의 X-PAD 및 패킷모드를 사용한다. 그림 1은 MOT를 사용한 DAB 송수신 구조를 나타낸다.

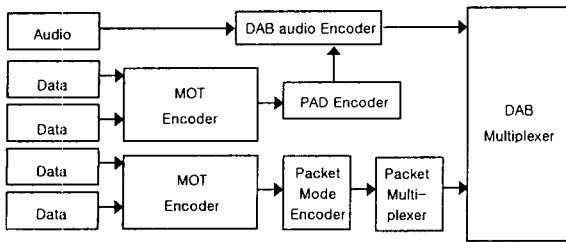


그림 1. MOT를 이용한 DAB 송신구조

MOT의 전송 메커니즘 역시 일반적인 데이터 통신 구조와 마찬가지로 계층 구조로 설명할 수 있다. 그림 2는 MOT 전송 메커니즘의 계층적 접근 방법을 도시한 것이다.

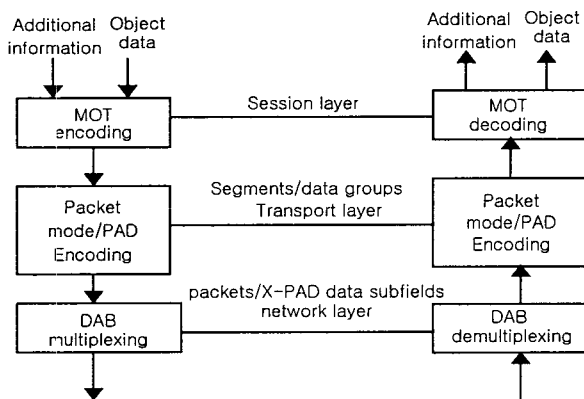


그림 2. MOT 전송 메커니즘의 계층적 접근

세션 계층의 MOT 인코딩부는 부가 정보를 포함하는 전체적인 MOT 오브젝트를 생성하고 이를 하위 계층에 적합하도록 적당한 크기의 세그먼트로 변환하는 기능을 수행하며, 전송계층의 패킷모드/PAD인코딩부는 세그먼트들을 다시 데이터 그룹으로 변환한 후에 DAB 전송에 알맞도록 패킷으로 분해하는 기능을 수행한다. 마지막으로 X-PAD 데이터 서브필드 또는 패킷모드 패킷으로 나누어진 MOT 오브젝트의 각 부분들은 DAB 다중화에 의해서 오디오 스트림이나 패킷모드 서브 채널에 실려 전송된다.[3]

2.2 MOT 오브젝트 구조

MOT에서 전송되는 오브젝트의 구조는 그림 3과 같다.

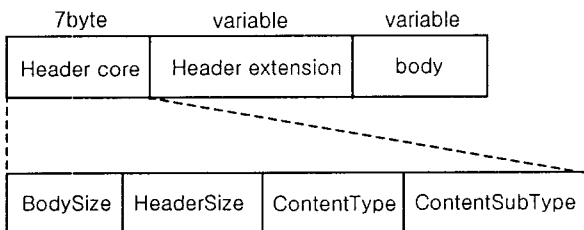


그림 3. MOT 오브젝트의 구조

Header core는 바디의 길이(BodySize), 헤더의 길이

(Header Size), 콘텐츠 종류(Content Type) 필드를 포함하는 7바이트로 구성되며, Header extension 부분은 가변 길이로 생성시간, 만기시간, 버전번호, 반복간격, 우선순위, 콘텐츠 이름 및 설명 등 여러 파라미터를 포함할 수 있다.

2.3 MOT 오브젝트 세그먼트화

다음 그림 4는 하나의 파일이 세그먼트 및 데이터 그룹으로 변환되는 과정을 보인 것이다. 헤더부 및 바디는 독자적으로 같은 세그먼트 크기로 나누어지나, 다른 종류의 데이터 그룹에 의한 독립적인 관리 기능을 부여하기 위해 양자간은 서로 다른 세그먼트 크기로 나누어 질 수 있다.

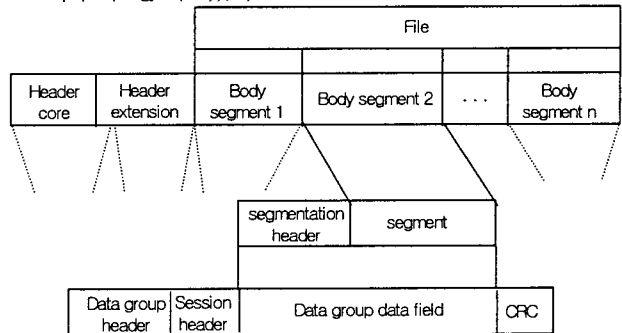


그림 4. 오브젝트의 세그먼트화

MOT 헤더의 세그먼트는 데이터 그룹 타입 3으로 전송된다. MOT 바디의 세그먼트는 만약 이 세그먼트가 스크램블을 하지 않는다면 MSC 데이터 그룹 4로 전송되고 이 세그먼트가 스크램블을 하면 MSC 데이터 그룹 5로 전송된다.[4] 적절하고 정확한 세그먼트를 위해서는 다음 사항이 고려되어야 한다.

- 최소의 오버헤드
- 전송의 견고성 향상
- 원활한 MOT 데이터 디코더에서의 세그먼트 관리

한편, MOT 프로토콜은 오브젝트들을 유연하게 처리하고 전송하기 위해 다음과 같은 수단을 제공한다.

○ 오브젝트의 반복

수신기가 전송 에러에 의해 유실된 오브젝트 또는 오브젝트 세그먼트를 교체할 수 있도록 하나의 오브젝트를 수 차례 걸쳐 반복 전송할 수 있다.

○ 부가 헤더 정보의 삽입

크기가 큰 오브젝트 바디 세그먼트의 경우 데이터 디코더가 오브젝트의 시작부분을 수신하지 않아도 해당 오브젝트를 인식할 수 있도록 바디 세그먼트 전송 중에 헤더의 전체 또는 일부를 삽입하여 전송할 수 있다. 이 경우 데이터 디코더는 오브젝트 재 전송 시 빠진 부분만을 완성하면 된다.

한 MOT 스트림 내에서의 오브젝트 인터리빙 단일 데이터 채널로 여러 개의 오브젝트를 병렬로 전송할 수 있다. 이때, 각 오브젝트는 서로 다른 Transport-ID로써 구별된다.

○ 데이터 그룹/세그먼트의 반복
전송 에러를 극복하기 위해 오브젝트는 데이터 그룹 또는 세그먼트 단위로도 반복 전송될 수 있다.

따라서, MOT 프로토콜을 사용하여 데이터를 전송할 때, 세그먼트 크기, 세그먼트 반복 횟수 등에 따라 성능이 변화할 수 있지만 아직 적정 파라미터 값들이 정해져 있지 않기 때문에 이러한 사항들은 사용자가 결정할 수 있다.

다음 장에서는 이론적 수식을 토대로 MOT 프로토콜의 성능을 최적화시키기 위한 적정 파라미터 설정값을 찾을 수 있는 방법론을 제시한다.

3. MOT 파라미터 분석

3.1 제안한 MOT 프로토콜 분석 모델

2장의 MOT 전송 메커니즘을 간략화한 모델로 나타내면, 그림 5와 같이 표현할 수 있다. 그림 5는 전송 세그먼트 크기를 L비트, 세그먼트 개수를 K개, 세그먼트 반복 횟수를 N회로 하였을 경우, 전체적인 전송 세그먼트를 도시한 것이다.

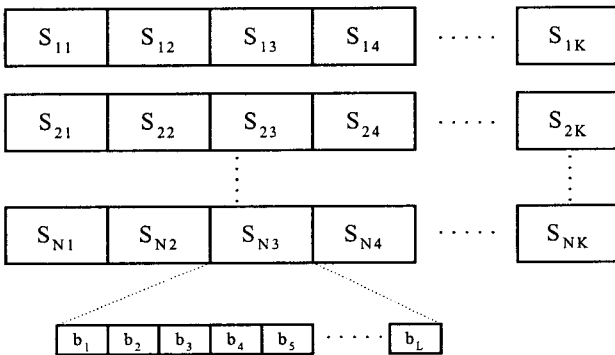


그림 5. MOT 프로토콜 전송 모델링

하나의 세그먼트를 전송할 경우 세그먼트 전송 오류가 발생할 확률은 다음 식 1과 같이 표현할 수 있다.

$$P_s = \sum_{i=1}^L \binom{L}{i} P_b^i (1-P_b)^{L-i} = 1 - (1-P_b)^L \quad (1)$$

여기서, 세그먼트내의 각각의 비트 오류 발생 사건은 독립으로 가정한다. \$P_b\$는 BER(Bit Error Ratio), \$L\$은 세그먼트 크기, \$P_s\$는 하나의 세그먼트의 오류확률이다.

\$N\$회 반복전송을 할 경우에, 세그먼트 오류 발생 확률은 식 2로 나타낼 수 있다.

$$P_{SN} = \sum_{i=1}^N \binom{N}{i} P_s^i (1-P_s)^{N-i} = 1 - (1-P_s)^N \quad (2)$$

여기서, 반복전송에 대한 세그먼트 오류 발생 사건은 독립으로 가정한다.

식 1과 식 2를 결합하여, 파일에 대하여 분할된 세그먼트 개수가 \$K\$개이고 각각의 세그먼트의 오류 사건은 독립으로 가정하면, FER는 식 3.3과 같다.

$$FER = \sum_{i=1}^K \binom{K}{i} P_{SN}^i (1-P_{SN})^{K-i} \quad (3.1)$$

$$= 1 - (1-P_{SN})^K \quad (3.2)$$

$$= 1 - (1 - (1 - (1 - P_b)^L)^N)^K \quad (3.3)$$

식 3.3에서 비트오류확률 \$P_b\$가 결정되면, \$L, N, K\$ 파라미터 값에 따라 FER을 계산할 수 있다. 따라서, 목표값 FER을 결정하고, 목표 FER값을 만족하는 최대 세그먼트 크기(\$L\$), 최소 세그먼트 반복횟수(\$N\$)의 MOT 파라미터 값을 찾아낼 수 있다.

3.2 MOT 파라미터 설정 방법

식 3.2를 적용하면, MOT 파라미터 설정값을 다음의 방법으로 체계적으로 구할 수 있다.

- 1 단계 : 목표 FER를 정한다.
- 2 단계 : DAB 방송망의 최소 요구 BER를 정한다.
- 3 단계 : 식 3. 3을 적용하여 목표 FER를 만족하는 최소 세그먼트 반복 횟수를 정한다.
- 4 단계 : 식 3. 3을 적용하여 목표 FER를 만족하는 최대 세그먼트 크기를 정한다.

그림 6은 식 3.3을 적용하여, 세그먼트 크기 및 반복 횟수에 대한 FER을 도시한 것이다.

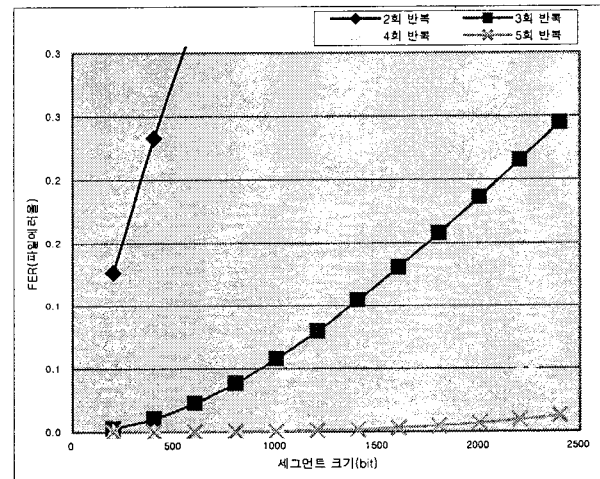


그림 6. 반복 전송에 대한 FER 그래프(BER=10⁻⁴)

그림 6에서 파라미터 설정 방법은 다음과 같이 정할 수 있다.

- 1 단계 : 목표 FER= 10⁻²

- 2 단계 : DAB 방송망의 최소 요구 BER = 10^{-4}
- 3 단계 : 세그먼트 반복 횟수(N) = 3
- 4 단계 : 세그먼트 크기(L) = 500 bits

4. 실험 결과 및 분석

4.1 시뮬레이션 구성

그림 7은 Eureka 147 DAB 시스템의 송수신 시뮬레이션 프로그램의 개념적인 구성도를 나타낸다. 각 모듈별 기능은 ETS 300 401을 기반으로 구현되었으며, Eureka-147 DAB 표준에서 다중화 부분을 제외하여, 하나의 Service Component에 관한 기본 모듈을 포함하고 있다.

채널 모델에서는 COST 207을 기반으로 한 DAB 채널 모델을 적용할 수 있다. 최종단에서 MOT디코더단의 CRC를 통하여 MOT 세그먼트의 오류 발생 여부를 판단할 수 있고, 소스 신호와 수신 신호의 BER을 계산할 수 있는 구성을 가진다.

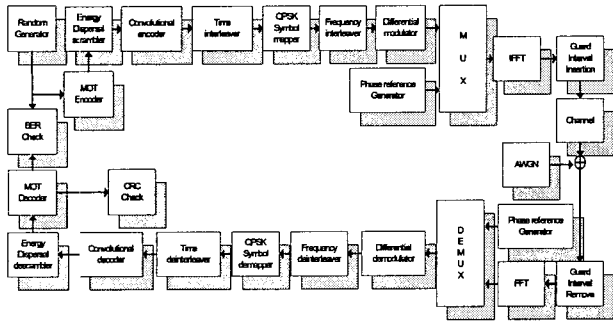


그림 7. 시뮬레이션 구성도

4.2 채널 모델

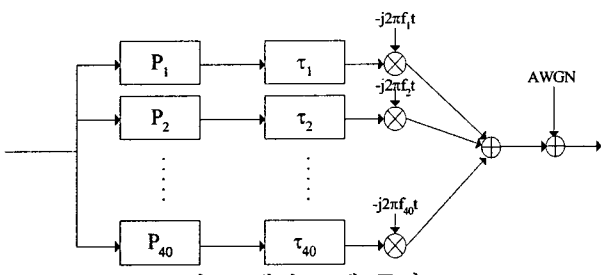


그림 8. 채널 모델 구성도

지상파 DAB이동통신 채널 모델은 COST-207 모델을 기반으로 한다.[5] 그림 8은 채널모델을 도시화한 것이며, 고정된 지연값, 도플러 주파수 편이 및 동등 진폭 감쇄를 가지는 40개의 다중경로로 구성된다. 각 경로에 대한 지연값은 다음 수식과 같은 확률밀도함수로부터 발생된다.

$$P(\tau) = Ke^{-\tau/\sigma}, \quad 0 < \tau < \tau_{\max} \quad (4.1)$$

$$= 0, \quad \text{elsewhere} \quad (4.2)$$

여기서, σ 는 지연값의 표준편차를 의미하며, τ_{\max} 는 최대 지연값, K는 상수를 의미한다. RA(Rural Area), TU(Typical Urban area), TH(Typical Hilly terrain)에 대한 전력지연 프로파일은 그림 9에 나타내었다. 각 경로에 대한 고정 도플러 주파수 편이는 수식 5로 결정된다.

$$f_i = f_{\max} \cos(\theta_i) \quad (5)$$

여기서, f_{\max} 는 v/λ (차량속도/RF 반송파 파장)에 의하여 결정되며, θ_i 는 0과 2π 사이에서 균일하게 분포되어지는 확률변수이다.

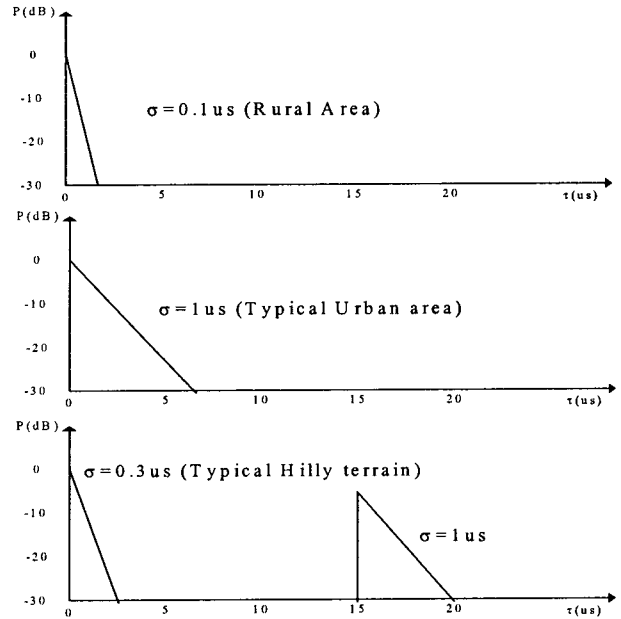


그림 9. 채널 프로 파일

4.3 시뮬레이션 결과

그림 10에는 하나의 세그먼트에 대한 세그먼트 오류확률을 이동채널과 AWGN 채널에서의 성능을 식 3.3의 이론치와 비교하였다. 제안한 이론식과 시뮬레이션 결과 값은 상당한 차이를 보였다. 이론치에 대하여 시뮬레이션 결과치의 세그먼트 오류확률은 많이 낮은 결과를 보였다.

이론치와 실험치는 같은 BER을 적용하였고, 실험치의 결과가 세그먼트 오류확률이 낮게 보여준 점은 비트오류가 특정 세그먼트에 집중되어 있음을 알 수 있다. 이 점은 시뮬레이션상에서의 비트 오류는 제안한 이론식의 가정인 비트간의 오류 사건은 독립이 적용될 수 없음을 나타낸다.

이동 채널에서의 비트 오류의 형태는 다중 경로에 따르는 deep fading의 발생으로 인하여, 오류 비트들이 시간적으로 집중되는 현상이 발생하며, 이것은 하나의 비트 오류가 발생할 경우, 다음 비트 오류 발생 확률은 증가한다는 것이다. 다중경로 페이딩 채널이 아닌 AWGN만 존재하는 채널에서는 김삼 부호 디

코더의 오류 정정 성능에 따라서, 비트 오류가 시간적으로 집중된다는 점은 다중경로 페이딩 채널과 유사하지만, 집중 정도는 다중경로 채널에 비하여 낮다는 것을 볼 수 있었다.

따라서, 제안한 이론식의 비트오류가 독립이라는 가정은 이동 채널 환경 및 오류정정 디코더의 특성에 따라서 독립이 될 수 없음을 보여준다.

향후 수행되어야 할 연구 방향은 비트오류에 대한 확률적 분포 연구가 수행되어야 하며, 이 결과에 따라서 MOT 프로토콜 성능 최적화에 적용할 수 있을 것이다.

COFDM for Digital Audio Broadcasting Part I: Parametric Study," *IEEE Trans. On Broadcasting*, vol. 43, no 1 pp. 64-75, Mar. 1997.

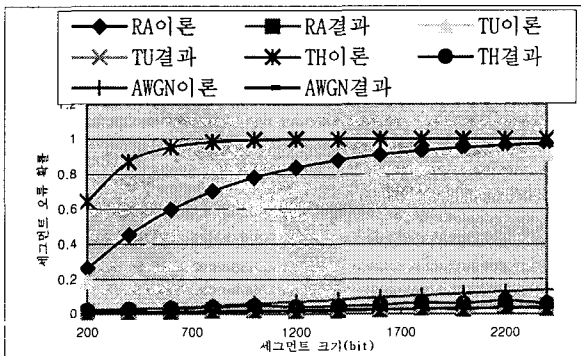


그림 10. 세그먼트 오류에 대한 시뮬레이션 결과

5. 결론

본 논문에서는 Eureka-147 시스템에서의 멀티미디어 전송 규격인 MOT 프로토콜에 대한 이론적 성능분석 방법론을 제시하였다. 이동채널 환경에서의 시뮬레이션을 통하여 제안한 성능분석 방법과의 비교 실험을 하였다. 결과로는 이론치와 시뮬레이션 결과치는 많은 차이를 보였으며, 이는 이론 해석의 비트열 간의 오류 발생 사건이 독립이라는 가정이 실제 시뮬레이션 환경에서는 비트열 간의 correlation이 있기 때문에 독립 가정이 적합하지 않는 점에서 기인한다고 볼 수 있다. 따라서, 본 논문에서 향후 진행되어야 할 연구 방향은 MOT 프로토콜의 성능 분석을 실제 환경과 유사하게 분석하기 위하여 이동 채널에 대한 오류확률 분포에 대한 분석이 있어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] 박재홍, 오길남, "디지털 방송 표준화현황 및 방식 개요," *전자공학회지*, pp. 577, Jun. 1999.
- [2] "EN 300 401 Radio Broadcasting System; Digital Audio Broadcasting(DAB) to mobile, portable and fixed receivers," ETSI, Aug. 2000.
- [3] "EN 301 234 - Digital Audio Broadcasting(DAB); Multimedia Object Transfer(MOT) protocol," ETSI, 1992.
- [4] "TR 101 497 Digital Audio Broadcasting System Rules of Operation for the Multimedia Object Transfer Protocol(RO MOT)," ETSI, 1999.
- [5] L. Thibanh and M. ThienLe, "Performance Evaluation of