

# 무선 ATM에서의 트래픽 형태 및 채널 오류에 기반한 적응 오류 제어

준회원 김 영 웅\*, 정회원 조 동 호\*

## Adaptive Error Control Based on Traffic Type and Channel Error Rate in Wireless ATM

Young-Woong Kim\* Associate Member and Dong-Ho Cho\* Regular Member

### 요 약

일반적으로 무선 환경은 유선환경에 비하여 높은 오류율을 가지기 때문에, 낮은 오류율을 가지는 유선망의 DLC(Data Link Control)계층 프로토콜을 무선망에 그대로 적용하는 것은 적합하지 않다. 또한 기존의 무선망을 위한 DLC계층 프로토콜 역시 저속의 데이터 서비스에 최적화 되어 있으므로, 고속화 및 멀티미디어화 되고 있는 현재의 무선 환경에는 적합하지 않다. 따라서, 오늘날의 이동통신 환경에 부합되는 새로운 DLC계층 프로토콜이 요구된다. 본 논문에서는 다양한 트래픽 속성을 지원하고, 고속 및 멀티미디어 데이터 서비스에 적합한 WATM(Wireless Asynchronous Transfer Mode)에서의 오류 제어 방안을 제시한다. 본 논문에서 제시하는 오류 제어 방안은 실시간 트래픽에 대해서 ASR ARQ(Adaptive Selective Repeat Automatic Repeat Request)프로토콜의 ACK(acknowledgement)를 삭제하여 성능을 개선하고 오류율이 클 때 FEC를 사용하여 손실율을 줄였다. 비실시간 트래픽에 대해서는 ACK를 삭제한 ASR ARQ를 사용하여 성능을 개선하고 오류율이 클 때 FEC를 적용하여 지연시간을 줄였다. 시뮬레이션에 의한 성능 분석 결과, 본 논문에서 제안한 방안은 기존의 ASR ARQ 프로토콜에 비하여 지연과 처리율 측면에서 개선된 성능을 나타내었다.

### ABSTRACT

In general, because error rate of wireless link is higher than that of wired link, DLC layer protocol for wired network with low error rate is not proper for wireless environments. In addition, the conventional DLC layer protocol for wireless network is optimized for the low-speed data service, so it is difficult to use conventional DLC protocol in the current mobile communication environments handling high-speed and multimedia services. Therefore, a DLC layer protocol that is suitable to current wireless communication environments is required. In this paper, we propose a novel error control scheme that supports a variety of traffic attribute and is applicable to high-speed and multimedia data service in WATM. The proposed scheme provides enhanced throughput performance for real-time traffic by using modified ASR ARQ without ACK and reduces loss rate by using FEC in the case of high error condition. Also, for non real-time traffic, the use of ASR ARQ without ACK enhances throughput performance and delay time is decreased by using FEC in the case of high error rate channel. As a result of simulation, the proposed scheme has better performance than conventional ASR ARQ protocol in view of delay and throughput.

\* 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 통신정보 시스템 연구실 (ywkim@comis.kaist.ac.kr, dhcho@ee.kaist.ac.kr)  
논문번호 : 99121-0328 접수일자 : 1999년 3월 28일

## I. 서론

무선 링크는 유선 링크에 비해 채널 환경에 많은 영향을 받으므로 유선망에서 사용하던 AAL (ATM Adaptation Layer) 프로토콜이 무선 링크에서는 신뢰성을 보장할 수 없다. 즉, 무선 링크에서의 오류 제어와 흐름 제어를 위한 새로운 무선 데이터 링크 계층이 요구된다. 무선 링크에 대하여 ARQ 프로토콜을 사용하는 방안과 FEC를 사용하는 방안 그리고 ARQ와 FEC를 조합한 hybrid 방안들이 고려되고 있다. ARQ 프로토콜은 신뢰성 있는 데이터 전송을 위해 사용되며, 이를 사용하는 경우에 셀의 손실률(CLR : Cell Loss Rate)은 줄일 수 있으나 재전송으로 인한 지연이 증가하게 된다. 따라서, 협상된 QoS(Quality of Service)를 만족시킬 수 있는 수준에서, 지연 한계를 넘어선 셀은 폐기할 수 있어야 한다. 셀을 폐기한 경우에는 폐기된 셀의 순서번호를 수신측에 알려 주어야 한다. 또한, 무선 링크의 효율과 전송 지연 측면에서 불필요한 셀의 재전송으로 인하여 무선 링크의 효율이 낮아지고 동시에 지연이 증가하게 되므로 오류가 발생한 셀에 대해서는 선택적으로 재전송할 수 있어야 한다. FEC는 수신된 데이터에서 발생한 오류를 정정하여 완벽한 데이터 전송을 수행하도록 하는 것으로 FEC를 사용하는 경우에는 오류 복구를 위해 많은 양의 오버헤드가 존재한다.<sup>[1]</sup> 본 논문에서는 기존의 오류 제어 방안을 바탕으로 하여 다양한 서비스 클래스에 대하여 협상된 QoS를 만족시킬 수 있는 오류 제어 방안을 제시한다.

서론에 이어 2장에서는 기존의 WATM 테스트 베드들의 DLC계층 프로토콜에 대한 간단한 소개와 함께 문제점을 제시한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 새로운 오류 제어 방안의 동작 절차 및 특징을 기술한다. 4장에서는 제안된 방안에 대하여 시뮬레이션을 통해 성능을 분석하고, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 무선 ATM DLC 계층 관련 기존 연구

### 2.1 MBS의 DLC계층

ABR(Available Bit Rate) 트래픽의 경우 GBN(Go-back-N) 또는 SR(Selective Repeat) ARQ를 이용하며, rt-VBR(Real Time Variable Bit Rate)은

ASR ARQ를 사용하며, CBR(Constant Bit Rate)은 downlink상에 셀을 전송한 후 poll을 통해 NAK를 수신하거나 지연 한계를 초과하여 폐기될 때까지 반복적으로 응답을 요구한다. 여기서 ASR ARQ는 QoS의 최대 지연 한도 내에서 재전송을 수행하고, 초과시에는 셀을 폐기한다.<sup>[2][3][4]</sup> MBS (Mobile Broadband System)의 ASR ARQ 프로토콜은 셀 지연을 개선할 수 있으나, 셀의 손실률에 대해서는 효율적이지 못하다. 또한 CBR을 위하여 poll을 이용하는 것은 지연 한계 내에서 재전송을 가능하게 하지만, 셀 지연의 증가로 폐기되는 경우에는 해결책을 제시하지 못한다. 또한, CBR의 재전송 시 재전송을 위한 대역폭 문제에 대해서는 언급하지 않고 있다.

### 2.2 ACTS Magic WAND의 DLC계층

WAND(Wireless ATM Network Demonstrator)의 WDLC(Wireless DLC)에서는 CBR, rt-VBR 트래픽은 폴리계층의 FEC를 이용하여 전송하고, nrt-VBR, ABR에 대해서는 GBN ARQ를 사용한다.<sup>[5]</sup> Magic WAND의 DLC는 CBR, rt-VBR의 경우 FEC를 이용한 오류 복구를 이용하고, 재전송하지 않기 때문에 재전송에 따른 부가적인 지연은 발생하지 않으나, FEC의 오버헤드로 인해 채널 효율이 저하된다.

### 2.3 NEC WATMnet의 DLC계층

WATMnet의 WDLC는 현재 UBR(Undefined Bit Rate)과 CBR 트래픽만을 지원하고 있기 때문에 VBR과 ABR트래픽에 대한 고려가 필요하다. 또한, 지연이 누적되어 지연 한계에 도달하는 경우에 대한 구체적인 방안이 제시되어 있지 않으며, CBR에 대하여 BER(Bit Error Rate)이 큰 경우에는 손상된 프레임은 재전송하는 것보다 FEC를 이용하여 오류를 복구하는 것이 오히려 이점을 가질 수 있다. 이밖에 트래픽 타입에 대하여 CBR과 UBR로 구분하고 있지만, CBR 트래픽을 위한 구체적인 방안을 제시하지 못하고 있다.<sup>[1][6][7]</sup>

위에서 고찰한 결과를 정리해서 나타내면 다음 표 1과 같다.

기존의 WATM 테스트 베드들의 DLC계층 고찰에서 알아본 것과 같이 현재 WATM을 위한 DLC계층에 대한 연구는 각 트래픽의 속성 혹은 QoS를 만족시킬 수 있는 효율적인 방안이 정립되어 있지

표 1. 서비스 클래스별 ARQ 적용방안

	MBS	WAND	WATimer
CBR	poll 반복	-	SR ARQ
rt-VBR	ASR ARQ	-	-
nrt-VBR	SR ARQ	GBN ARQ	-
ABR	SR ARQ	GBN ARQ	-
UBR	-	-	SR ARQ

앞으로 전체 ATM 서비스 클래스를 지원하고 QoS를 만족시킬 수 있는 방안의 도출이 필요하다.

### III. 무선 ATM을 위한 트래픽 형태 및 채널을 기반한 적응 오류 제어 방안

트래픽 특성에 따라 크게 두 가지로 나누어 오류를 제어한다. CBR과 rt-VBR과 같이 지연에 민감한 실시간 트래픽과, nrt-VBR, ABR과 같은 지연에는 민감하지 않지만 낮은 손실률을 요구하는 비실시간 트래픽으로 클래스를 나누어 적용한다.

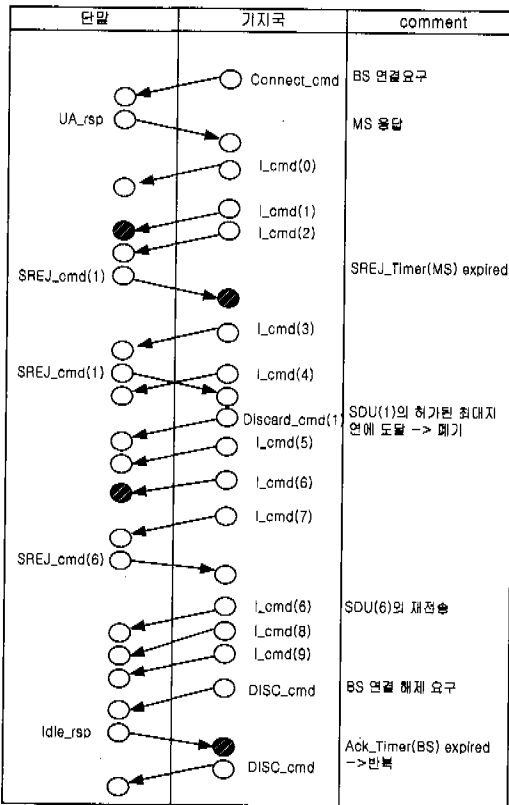


그림 1. 제안한 ARQ 프로토콜의 동작 예

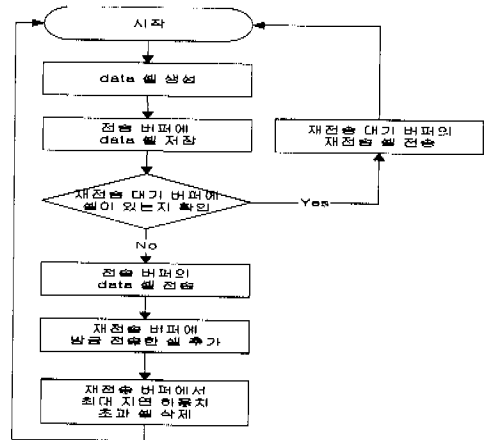
### 3.1 실시간 트래픽

CBR과 rt-VBR에 대해서는 지연을 최소화 하기 위해 지연시간 최대 허용 범위 안에서 손상된 셀을 재전송하고 허용치를 넘어설 때에는 해당 셀을 폐기하는 ASR ARQ 방안의 변형된 형태를 새롭게 제안하여 보다 정확한 셀 전송을 할 수 있도록 하며 오류가 클 때는 FEC를 사용한다. 또한, MBS의 ASR ARQ과 비교할 때, 제안한 방식은 셀 전송에 대해 수신단의 ACK를 없애고 오직 손실된 셀에 대한 NAK만을 필요로 한다. 동작의 예를 그림 1에 나타내었다.

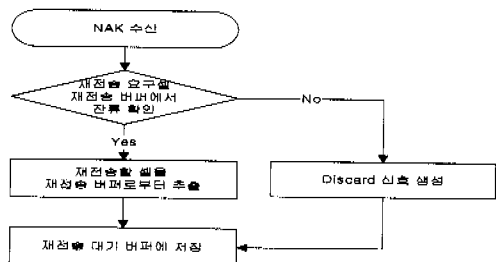
### 3.2 비실시간 트래픽

nrt-VBR이나 ABR은 낮은 셀 손실률을 요구하는 반면 지연에는 민감하지 않으므로 FEC를 사용하지 않고, ASR ARQ만을 사용한다. 단, 오류율이 높은 환경에서는 약간의 FEC를 첨가할 수 있다.

제안한 방안의 송신단과 수신단에서의 동작 절차는 각각 그림 2와 그림 3에 나타내었다.



(a)



(b)

그림 2. 송신단 동작절차

표 2. 시뮬레이션에서 사용한 파라미터

평균 셀 크기	53 byte		
트래픽 밀도	Uniform ( 0.1 ~ 1.0 )		
Round Trip Delay	10 msec		
슬롯 크기	5 msec		
시뮬레이션 시간	500 sec		
FEC	2 byte		
BER	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>
최대 허용지연	실시간	50 msec	
	비실시간	10 sec	

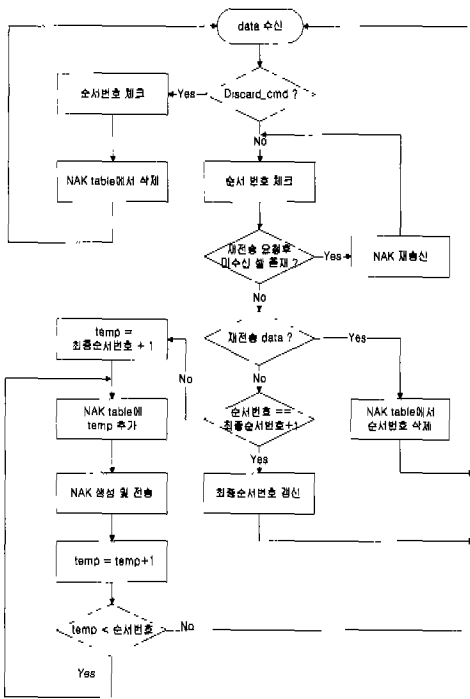


그림 3. 수신단 동작절차

#### IV. 제안 방안의 성능 분석 및 고찰

본 장에서는 새롭게 제안한 무선 DLC계층의 성능을 시뮬레이션을 통해 분석한다. 실시간 트래픽에 대한 시뮬레이션은 최대 허용 지연시간을 50msec로 설정하고 ASR ARQ에서 ACK를 제외하고 FEC를 추가한 방안에 대해서 수행하였고, 비실시간 트래픽의 경우에는 최대 허용 지연시간을 10sec로 설정하고 같은 방식으로 시뮬레이션을 수행한 후, 단일 링크에 대한 성능을 ASR ARQ와 비교 분석하였다.

평균 셀 크기는 ATM 데이터 셀이 52 byte이고 제어정보가 1 byte임을 이용해 53 byte로 설정하였고, 트래픽 분포는 uniform distribution을 가정하였다. BER은 10<sup>-5</sup>에서 10<sup>-3</sup>까지 변화시켰다. Round Trip Delay의 경우 응답이 하나의 슬롯을 점유하도록 하여 송신과 수신에 의한 지연인 10 msec로 하였다.

시뮬레이션 시 이용한 파라미터는 다음 표 2와 같다.

#### 4.1 실시간 트래픽

BER이 커짐에 따라 트래픽 밀도가 클수록 오류 발생에 의한 재전송 증가로 인해 지연은 더욱 증가하게 됨을 그림 4에서 알 수 있다. 한편, 트래픽 밀도의 증가에 따라서 오율이 클 때 ASR ARQ의 경우 지연이 급격히 증가함을 볼 수 있으나 제안 방안의 경우, FEC를 사용하고 있으므로 지연시간이 ASR ARQ에 비해 작은 값을 가짐을 알 수 있다.

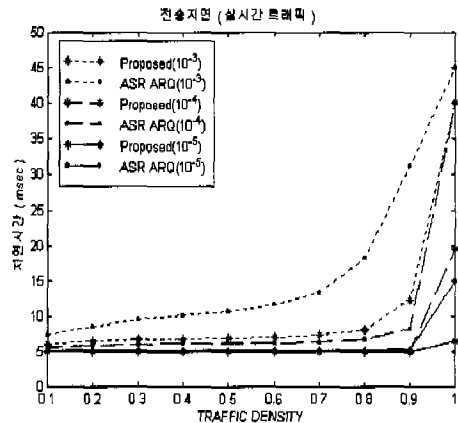


그림 4. 실시간 트래픽의 전송지연

처리율의 경우 그림 5에서 BER이 낮을 때는 FEC에 의한 오버헤드로 인해 오히려 ASR ARQ가 보다 좋은 성능을 보이지만, 채널환경이 나빠지게 되면, ASR ARQ의 경우 급격히 처리율이 떨어지게 된다. 이는 최대 허용 지연이 작기 때문에 그만큼 재전송 횟수가 줄어들게 되어 셀이 손실될 경우 폐기되는 경우가 빈번히 발생하기 때문이다. 또한 제안한 방안의 경우 트래픽 밀도에 상관없이 거의 일정한 처리율을 유지하지만, ASR ARQ의 경우

트래픽 밀도가 증가할 경우 급격히 처리율이 낮아 지는 것을 알 수 있다. 즉 제한한 방안이 훨씬 오류 및 트래픽 양에 강인한 성질을 가지고 있다.

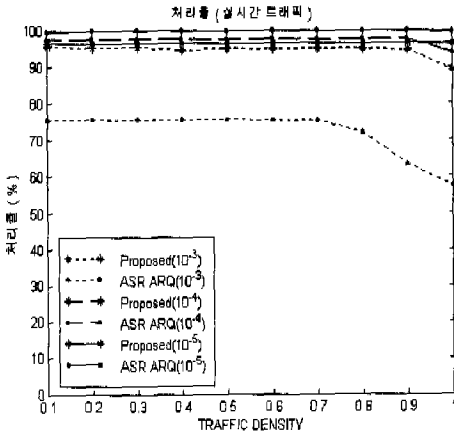


그림 5. 실시간 트래픽의 처리율

전송 지연과 처리율을 분석해본 결과 불안정한 채널 환경에서는 제안 방안이 ASR ARQ에 비해 뚜렷한 성능 향상을 나타낸다. 이것은 재전송으로 인한 지연이 급격히 줄어들고 폐기되는 셀이 적기 때문이다. 오류가 작을 때는 약간의 오버헤드로 인한 처리율의 감소는 있으나 오류가 큰 상황에서는 전송 지연 측면이나 처리율 측면에서도 현저한 성능향상을 보임을 시뮬레이션을 통해 확인할 수 있다.

4.2 비실시간 트래픽

전송지연의 경우 그림 6에서 알 수 있듯이 제안 방안은 거의 0에 가깝고 BER이  $10^{-3}$ 일 때 트래픽 양이 많아지면 눈에 띄게 증가하는 것을 볼 수 있다. 반면, ASR ARQ의 경우 오류가 증가함에 따라 재전송으로 인한 전송지연이 급격하게 증가한다. 이는 재전송 횟수가 그만큼 증가하기 때문이다. 이로써 전송 지연 측면에서는 역시 제안 방안이 훨씬 우수함을 알 수 있다.

처리율의 경우 그림 7에서 알 수 있듯이 BER이 낮을 때는 ASR ARQ가 꾸준히 좋은 성능을 유지하며, BER이 증가하면, 처리율이 점점 감소하게 된다. 한편, 비실시간 트래픽의 경우 최대 허용 지연이 크기 때문에 재전송이 많이 발생하게 되어 실시간 트래픽의 경우보다는 처리율이 훨씬 좋다. 즉, 이 경우에는 낮은 BER에서는 FEC의 오버헤드로

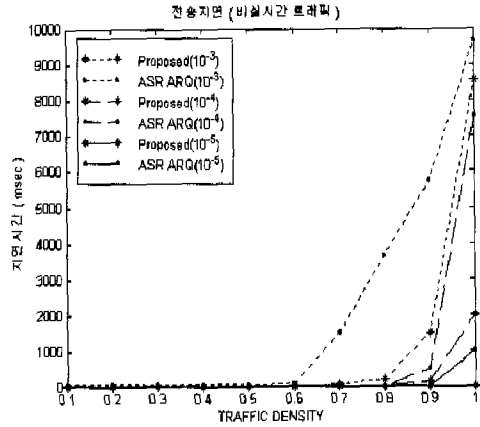


그림 6. 비실시간 트래픽의 전송지연

인해 ASR ARQ가 더 좋고, 채널 환경이 나쁜 경우에도 트래픽 양이 적은 곳에서는 ASR ARQ가 좋은 처리율을 보이고 있다. 그러나 채널환경이 나쁘고 트래픽 양이 많으면 제한한 방식의 처리율이 훨씬 좋아진다.

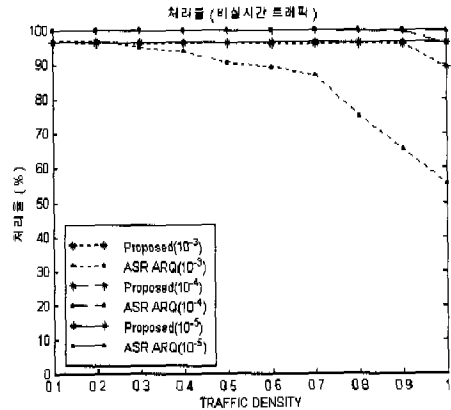


그림 7. 비실시간 트래픽의 처리율

실시간 트래픽의 경우 ASR ARQ를 사용하면 전송 지연이 크기 때문에 부적절하며, 또한 처리율 면에서도 낮은 BER에서는 유리하지만, 채널환경이 나빠지면, 오히려 FEC를 사용하는 것이 좋다. 비실시간 트래픽의 경우는 약간의 전송 지연이 허용되므로 전송 지연이 큰 재전송 방식만으로도 충분히 좋은 성능을 가질 수 있다. 즉, 트래픽 양이 적다면 ASR ARQ만을 사용해도 비실시간 트래픽 처리에는 무리가 없으며, 트래픽 양이 많아지거나 채널환

경이 급격히 나빠지면, 비실시간 트래픽의 경우에도 약간의 FEC를 첨가함으로써 성능향상을 꾀할 수 있다.

결론적으로 제안 방안은 채널환경이 급변하는 상황에서도 처리율의 차이가 거의 없이 일정하며, 전송 지연 역시 좋다. 또한 ASR ARQ에 비해 ACK 신호를 받지 않으므로 역방향 트래픽을 줄일 수 있다는 측면에서 성능향상을 가져온다. 한편, 채널환경이 좋을 때에는 제안한 방식은 FEC로 인한 오버헤드 때문에 약간의 처리율 손실이 있지만 전송 지연 시간은 줄어든다. 따라서, 좋지 않은 채널환경에서 과부하가 걸릴 경우, 실시간 및 비실시간 트래픽의 QoS를 만족시키기 위해서는 FEC를 사용하는 것이 바람직하다.

### V. 결론

오율이 낮은 유선환경의 표준 ATM과는 달리 무선환경에서는 높은 오율을 가지기 때문에 더욱 신뢰성 있고 효율적인 DLC계층을 필요로 한다. 기존의 WATM 테스트 베드들의 프로토콜은 일부 서비스 클래스의 QoS를 보장하기 위한 방안만을 제시하고 있으며, 유선망에서 사용하던 GBN ARQ와 SR ARQ를 개선하여 사용하므로 모든 종류의 서비스 클래스를 지원하기에는 부적합한 상태이다. 본 논문에서 제안한 오류 제어 방안은 실시간 트래픽의 경우, 재전송에 의해 발생하는 지연 시간의 증가를 최대한 억제하기 위해 최대 전송 지연을 초과한 셀에 대해서는 송신단에서 폐기시킬 수 있는 ASR ARQ 방안과 셀 손실률을 줄이기 위한 FEC를 사용하였으며, 특히 ASR ARQ 방안에서 ACK를 삭제하여 트래픽 오버헤드를 줄였다. 또한, 비실시간 트래픽의 경우에도 실시간 트래픽과 마찬가지로 ASR ARQ를 이용하여 재전송을 수행하고, 경우에 따라서 오류가 급격히 증가할 경우 역시 FEC를 붙여서 사용할 수 있도록 하였다. 시뮬레이션을 통한 성능 분석 결과, 제안 방안은 기존의 ASR ARQ 만을 쓰는 경우보다 오버헤드로 인한 약간의 처리율의 손실은 있지만, BER이 높은 환경에서 지연 측면과 채널환경에 대한 강인성 측면 및 처리율 측면에서 성능향상을 꾀할 수 있었다. 즉, 제안한 방안은 오율이 높고 채널이 불안정한 무선 환경에 적합한 방안이라 할 수 있다.

### 참고 문헌

- [1] Dipankar Raychaudhuri et al., WATMnet: A Prototype Wireless ATM System for Multimedia Personal Communication, IEEE Journal of Selected Areas in Communications, Vol.15, No.1, pp.83-94, January 1997.
- [2] Dietmar Petras, Andreas Hettich and Andreas Kramling, Performance Evaluation of a Logical Link Control Protocol for an ATM air interface, Proceeding of IEEE PIMRC 96, October 1996.
- [3] Dietmar Petras and Andreas Hettich, Performance Evaluation of the ASR ARQ Protocol for Wireless ATM, IEEE Wireless Communication Systems Symposium, November 1995.
- [4] Dietmar Petras, Functionality of the ASR ARQ Protocol for MBS, RACE Mobile Telecommunications Summit, November 1995.
- [5] Juerg Meierhofer, Sarantis Paskalis, Nikos Passas and Dimitra Vali, Wireless ATM MAC Performance results, ACTS PROJECT AC083 Wireless ATM Network Demonstrator, December 1997.
- [6] P.Narasimhan, S. K. Biswas, C. A. Johnston and H. Kim, Design and Performance of Radio Access Protocols in WATMnet, a Prototype Wireless ATM Network, Proceeding of IEEE ICUPC 97, pp.421-428, 1997.
- [7] C. A. Johnston, P. Narasimhan and J. Kokudo, Architecture and Implementation of Radio Access Protocols in Wireless ATM Networks, Proceeding of IEEE ICC 98, pp.1081-1088, 1998.
- [8] Ender Ayanoglu, Kai Y. Eng and Mark J. Karol, Wireless ATM: Limits, Challenges and Proposals, IEEE Personal Communications, Vol.3, No.4, pp.18-34, August 1996.
- [9] D.Raychaudhuri and N.D.Wilson, ATM-based transport architecture for multi-service wireless personal communication networks, IEEE Journal of Selected Areas in Communications, Vol.12, No.8, pp.1401-1414, October 1994.

