

멀티미디어 서비스를 위한 H-ARQ 기법 성능 분석

(Hybrid ARQ Techniques for Multimedia Services)

조성철* · 서희석

(Seong-Chul Cho · Hee-Seok Suh)

요 약

본 논문에서는 인터넷이나 멀티미디어 서비스 등 고속 패킷 전송에 있어서 전송 효율을 증대하기 위한 H-ARQ(Hybrid-Automatic Repeat reQuest) 기법에 대하여 고찰하였다. H-ARQ 기법의 성능 분석을 위하여 3GPP(3rd Generation Partnership Project) 시스템에서 WWW 트래픽 모델에 근거하여 각 타입별 성능에 대하여 고찰하였다. 또한 GPRS(General Packet Radio Service)에 대하여 링크 적응 기법과 H-ARQ Type II 방식에 대한 링크 성능을 전송 효율 및 패킷 지연 차원에서 비교 분석하였다. 분석 결과 링크 효율 측면에서 H-ARQ Type II 방식이 더 높은 효율을 나타냈으나 패킷 지연 시간은 링크 적응 기법이 조금 더 나은 것을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we present hybrid ARQ techniques to improve the throughput performance in high speed packet transmission such as Internet or multimedia services. In order to evaluate the performance of the three different types of hybrid ARQ schemes, systemized link level simulations based on WWW traffic model are considered. In this paper, we also consider the simulated performance for an average link throughput and a normalized packet delay to compare the hybrid ARQ with link adaptation scheme in GPRS.

Key Words : H-ARQ, Link adaptation, 3GPP

1. 서 론

무선 이동 채널 환경에서 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 채널 환경 및 서비스 종류에 따라 다양한 방식의 오류 검출 및 정정 기법이 요구된다. 오류 검출에 대한 가장 일반적인 기법은 ARQ

(Automatic Repeat reQuest)에 기본을 두고 있으며, 오류 정정 기법은 그 특성에 따라 터보 부호, 길쌈 부호, RS(Reed Solomon) 부호 등 다양한 방식이 존재한다. 이러한 오류 정정 방식은 시간 지연이 적고 송수신단 사이에 별도로 주고받는 정보가 필요 없다는 장점이 있지만 양호한 채널 환경 하에서 시스템 효율이 감소하는 단점이 있다. 반면 ARQ에 기반을 두고 있는 재전송 방식은 시간 지연이 발생하며, 열악한 채널 환경 하에서는 오히려 시스템 효율이 낮아지는 단점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기

* 주저자 : 한국전자통신연구원
Tel : 042-860-5682, Fax : 042-860-6789
E-mail : sccho@etri.re.kr
접수일자 : 2006년 9월 27일
1차심사 : 2006년 10월 9일
심사완료 : 2006년 10월 30일

위해 제안된 것이 ARQ 기법과 오류 정정 기법을 결합한 H-ARQ 방식이다. H-ARQ 방식에서는 패리티 체크에 의해 에러가 검출되었을 때 비로서 수신기가 추가적인 비트를 전송할 것을 송신기에 요구하게 된다. 이처럼 H-ARQ 방식에서는 채널 부호화와 재전송의 두 방식을 결합하여 보다 효율적인 오류 보상을 할 수 있도록 하였다[1-2].

본 논문에서는 멀티미디어 서비스를 위한 고속 패킷 전송 방식에 효율적으로 사용될 수 있는 다양한 H-ARQ 기법에 대하여 고찰하였다. 또한 3GPP UTRA(UMTS Terrestrial Radio Access) 시스템 모델링에 적용된 다양한 H-ARQ 기법에 대한 성능에 대하여 고찰하였다.

2. H-ARQ 기법

H-ARQ 기법은 재전송되고 결합되는 형태에 따라 H-ARQ Type I, H-ARQ Type II, H-ARQ Type III 의 세가지 방식으로 구분할 수 있으며, 여기에서 변형된 형태의 몇 가지 ARQ방식이 현재 논의되고 있다. 본 절에서는 기본적인 H-ARQ Type I, H-ARQ Type II, H-ARQ Type III에 대하여 고찰하고, 현재 주로 관심의 대상이 되고 있는 체이스 결합, IR(Incremental Redundancy) 방식에 대하여 기술하고자 한다.

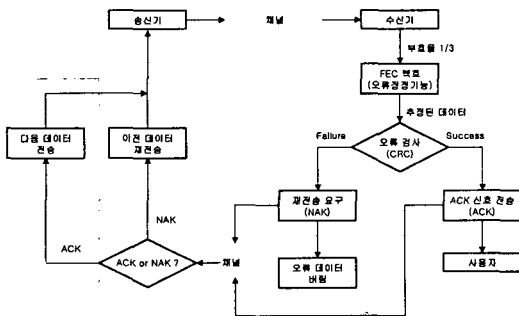


그림 1. H-ARQ type I 방식의 블록 다이어그램
Fig. 1. Block diagram of H-ARQ type I

H-ARQ Type I 은 ACR(Adaptive Coding Rate) 기법이다[3]. 각각의 기본 전송 패킷은 그 자체가 하나의 완전한 전송 단위이며, 일정한 채널 부호율을

갖는다. 만약 기본 전송 패킷에 오류가 검출되었다면, 그 전송 패킷과 동일한 패킷이 송신단으로부터 재전송된다. 수신단에서는 오류가 있는 이전 기본 전송 패킷은 제거되고, 그것과 동일하게 복사된 재전송 패킷이 독립적으로 복호된다. 그림 1에 H-ARQ Type I의 블록 다이어그램을 나타내었다.

무선 이동 채널을 통과하여 수신된 신호는 복조기를 거쳐 가우시안 잡음이나 페이딩의 영향을 반영한 값의 형태로 복호기로 전달된다. 복호기는 오류 정정 과정을 실행하고 추정된 데이터를 출력하여 주며, 추정된 데이터에 오류 존재 여부를 판단하여 오류가 포함되어 있지 않을 경우 사용자에게 전달한다. 만일 오류가 포함되어 있다고 판단된 경우에는 ARQ에 따라 재전송 과정이 시작되며, 이전에 수신된 데이터는 모두 버린다. 재전송을 통해 새로운 데이터가 수신되면 위의 과정을 반복하게 된다. H-ARQ Type I 방식은 채널 부호화된 단순-ARQ 방식이라고 할 수 있다. H-ARQ Type I의 변형된 방식으로 오류가 포함되었다고 판정된 데이터를 버리지 않고 저장하였다가 재전송된 데이터와 결합하는 기법이 있는데 이를 체이스 결합 기법이라 한다.

H-ARQ Type I 방식에서 FEC(Forward Error Correction)에 사용되는 부호는 오류 정정 기능과 동시에 오류 검출 기능을 가져야 한다. 이는 ARQ를 사용하는 시스템에 있어서 필수적이며 오류 정정을 위한 채널 부호 이외에 패리티 체크 비트(parity check bit)나 CRC(Cyclic Redundancy Check)와 같은 오류 검출 부호가 필요하다. 오류 정정 부호를 사용하게 되면 각 전송과 재 전송에 있어서 오버헤드 부담을 증가시키게 되며, 그 결과로 채널 환경이 양호한 상황에서는 오류 정정 부호가 없는 단순-ARQ 방식을 사용할 때보다 전송효율이 떨어진다. 그러나 채널 환경이 열악해져 가면서 H-ARQ Type I 방식은 채널 부호가 가지는 오류 정정 능력에 의해 단순-ARQ 방식 보다 전송효율이 높아지게 된다.

H-ARQ Type II는 AIR(Adaptive Incremental Redundancy) 기법에 속한다. Type II 기법에서는 재전송 되어야 하는 에러가 있는 기본 패킷이 버려지는 것이 아니라, 송신측에서 제공되는 다소 증가된 추가 비트들과 결합된다[4]. 또한 재전송되는 블

록도 정보 비트 혹은 패리티 비트를 반복하는 것이 아니라 복호가 충분히 될 수 있을 때까지 더 낮은 부호율의 추가적인 비트를 전송하는 것이다.

첫번째 기본 전송 패킷은 높은 부호율, 전형적으로 7/8, 8/10 또는 1에 가까운 부호율로 전송하므로 이때는 패리티 비트가 거의 없다고 하겠다. 만약 패리티 체크가 실패한다면 그 기본 전송 패킷에 관계되는 추가적인 정보가 전송된다. 두번째 전송은 더 낮은 부호율, 1/3 또는 1/2 정도로 추가적인 패리티 비트를 포함해서 전송하며 이들은 기본 전송 패킷의 첫번째 버전과 결합된다. 만약 모든 기본 전송 패킷 버전이 전송되어 결합된 후에도 여전히 패리티 체크가 실패한다면 그때는 첫번째 버전이 재전송되고, 결합시 이전에 전송된 자리를 대신하게 된다[4]. 이처럼 H-ARQ Type II 기법은 정보 비트와 패리티를 함께 전송하는 것을 피하고 대신 메시지를 복호할 수 있을 만한 부호화 블록을 만들기 위해 패리티 블록만을 전송하는 것이다.

Type I에 비하여 Type II의 장점은 간섭에 의한 영향을 받더라도 기본 전송 패킷의 충분한 부분을 초기 높은 부호율에도 불구하고 오류 없이 전송 받는다면 더 높은 용량을 얻을 수 있게 된다. 또한 재전송된 블록은 소프트 결합될 수 있으므로 해당 패킷을 오류 없이 복호할 확률이 증가하게 된다. 그림 2에 H-ARQ Type II의 블록 다이어그램을 나타내었다[1].

H-ARQ Type II 방식에서 재전송 시 전송되는 부가적인 정보는 일반적으로 그 자체만으로는 복호가 가능하지 않다. 따라서 복호기는 재전송된 부가 정보 이외에 처음 전송되었던 패킷에 의존해야만 한다. 만일 첫번째 전송된 패킷이 손실되었거나 간섭 등에 의해 심하게 손상되었을 경우 H-ARQ Type II 방식은 커다란 성능 열화를 가져온다. 따라서 이러한 경우 전송된 첫번째 패킷에 의존하지 않고 재전송된 정보만으로 복호가 가능하다면 좀 더 향상된 성능을 획득할 수 있게 된다. 이러한 특성을 가지는 H-ARQ 방식을 H-ARQ Type III라고 하며 그림 3에 H-ARQ Type III 방식의 블록 다이어그램을 나타내었다.

H-ARQ Type III 방식의 구현을 위하여 재전송되는 부가 정보가 그 자체로 복호 가능한 특성을 가지는 부호들을 도입해야 한다. 예를 들면 길쭉 부호

를 기반으로 한 시스템에서 CPC(Complementary Punctured Convolutional) 코드라는 개념의 부호를 도입하여 H-ARQ Type III 방식을 구현할 수 있다 [5]. CPC 코드는 재전송 시 전송되는 각 부호들이 동일한 에러 정정 능력을 가지도록 천공되었으며 천공된 각각의 부호를 결합하게 되면 천공 이전의 원 부호 특성을 나타낼 수 있도록 설계되었다.

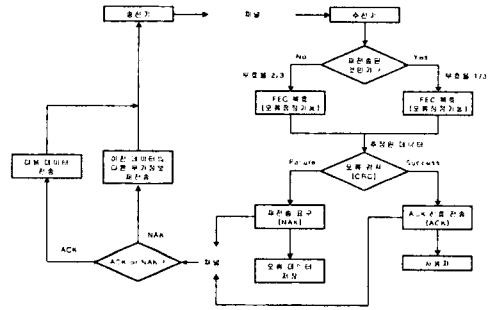


그림 2. H-ARQ type II 방식의 블록 다이어그램
Fig. 2. Block diagram of H-ARQ type II

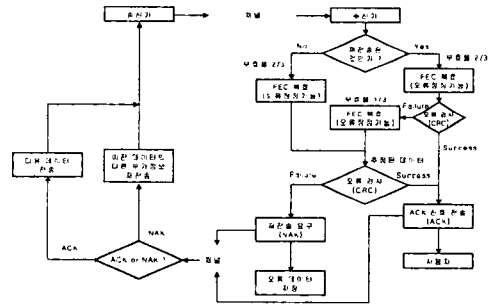


그림 3. H-ARQ type III 방식의 블록 다이어그램
Fig. 3. Block diagram of H-ARQ type III

H-ARQ Type III는 H-ARQ Type II와 마찬가지로 처음 송신시의 부호율을 채널 상황에 맞게 설정한 뒤 전송하게 되며 복호 후에 오류가 검출되었다면 오류가 검출된 패킷을 버리지 않고 저장한 뒤 재전송을 요구한다. 재전송된 신호를 수신하게 되면 H-ARQ Type II와 달리 재전송된 부가 정보만으로 복호를 수행하므로 처음 수신된 오류 패킷에 의존하지 않고 복호할 수 있게 된다. 만일 재전송된 패킷만으로 복호를 수행하였으나 오류가 발생하였다면 처음 전송된 패킷과 결합하여 낮은 부호율을 가지는 부호를 생성한 후 복호 과정을 다시 한번 거치게 되

멀티미디어 서비스를 위한 H-ARQ 기법 성능 분석

므로 여러 정정 능력이 향상되게 된다[4]. 따라서 H-ARQ Type III 방식은 다중 사용자에게 의한 순간적인 간섭의 증가, 급격한 페이딩 상황의 변화에 따른 패킷의 심한 손상이나 손실에 따른 성능 열화에 좀더 효과적인 H-ARQ 방식이라 할 수 있다.

Full IR(Incremental Redundancy)은 H-ARQ Type II 방식을 HSDPA에서 부르는 이름으로써, IR이라는 뜻에 맞게 기본적으로 재전송되는 데이터는 계속하여 증가되는 부가 정보이다. Partial IR은 H-ARQ Type III 방식을 HSDPA에서 부르는 이름으로, 재전송될 데이터는 스스로 복호 가능한 특성을 지니고 있다. 터보 부호를 사용하는 시스템에서 복호시에 시스터메틱 정보가 매우 중요한 역할을 하기 때문에 스스로 복호 가능하기 위해서는 재전송되는 부호에 시스터메틱 부호가 반드시 포함되어야 한다. 따라서 Full IR과는 달리 시스터메틱 정보는 반복해서 전송하게 되고 일부의 패리티 정보만을 부가적으로 보내주는 방식으로 Partial IR을 구현한다.

체이스 결합은 H-ARQ Type I 방식의 변형으로 재전송 시 이전에 오류 발생 패킷을 버리지 않고 저장하였다가 재전송된 패킷과 결합하는 방식이다. 다른 관점에서 보면 H-ARQ Type III 방식에서 재전송되는 부가 정보가 동일한 특수한 경우라고 볼 수 있다.

3. 모의실험

각 타입의 H-ARQ의 성능에 대하여 알아보기 위하여 3GPP의 UTRA FDD 또는 TDD 모드를 기반으로 수행된 두 가지 모의실험 및 그 결과에 대하여 고찰하였다. 우선 첫번째 모의실험은 UTRA FDD 하향링크에 대해서 UDD-480[kbps]의 패킷 서비스를 기반으로 수행되었다. 본 모의실험에서는 H-ARQ Type I 방식과 Type III 방식의 기본적인 용량 측면의 성능 비교가 이루어졌다. 모의실험에서 부호율은 1/2이 고려되었으며, H-ARQ Type I 방식에서는 두 가지 부호어인(cw1, cw2)가 함께 전송됨을 가정하였다. H-ARQ Type III 방식에서는 부호율 1로 전송을 시작하며 이때 전송되는 부호어는 cw1을 가정하였다. 수신된 cw1에 대한 복호를 실패하는 경우에 cw2가 전송되며, 이 cw2는 독립적으로 복호된다. 두

번째로 전송된 cw2 역시 오류가 있는 경우에 이 두 부호어는 결합되어 복호된다. 만약 결합된 블록이 복호에 실패하면 부호어 cw1이 재전송되어 독립적으로 복호를 수행하고, 나중에 기존의 cw2와 결합된다. 이에 대한 용량 측면에서의 시뮬레이션 결과가 다음 그림 4에 제시되었다[6].

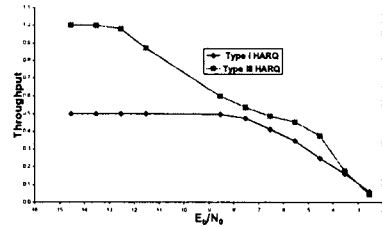


그림 4. H-ARQ type I과 type III 방식의 용량 분석
Fig. 4. Throughput of H-ARQ type I and III

그림에서 알 수 있는 것처럼, 큰 E_b/N_0 에서 type III는 첫번째 패킷이 부호율 1로 전송되기 때문에 성능은 거의 두 배가 된다. 이 성능은 E_b/N_0 가 작아질수록 급속히 감소하게 되는데, 이는 오류가 난 비트들을 포함한 패킷이 재전송을 요구하기 때문이다. 따라서 Type III 기법은 Type I 기법에 비하여 좋은 채널 환경에서 나온 성능을 발휘한다고 할 수 있다.

다음 모의실험에서는 GPRS에 대하여 링크 적응 기법과 H-ARQ Type II 방식에 대한 링크 성능을 비교 분석한 자료에 대하여 고찰하였다. 링크 적응 기법은 규칙적으로 링크 품질을 측정하여 가장 적절한 변조 방법과 코딩 기법을 선택하는 것이다. 이 방법은 링크상에서 사용자의 전송율을 최대화 할 수 있다. 링크 적응 알고리즘은 예측형(predictive) 또는 증가형(Incremental) 두 가지 알고리즘이 사용된다[7]. 예측형 알고리즘은 현재 사용되는 기법의 성능뿐만 아니라, 모든 다른 사용 가능한 기법의 성능까지 추정해서 가장 좋은 성능을 발휘할 것으로 기대되는 하나를 선택하는 방식이다. 증가형 알고리즘 경우에는 단지 현재 사용되는 기법의 성능만을 추정하여 성능이 여의치 않는 경우 더 막강한 기법으로 스위칭 시킨다. 증가형 링크 적응 알고리즘의 단점은 스위칭 후에 성능이 어떻게 될 것인가에 대한 아무런 추정이 없다는 것이다. 해당 모의실험에서는 예측형 링크 적응 알고리즘을 사용하였다[8].

H-ARQ 시뮬레이션을 위하여 LLC 프레임은 고정된 1384비트의 사이즈 블록으로 나누고, 이러한 블록은 1/3의 부호율로 부호화 된다. 부호화 후, 천공에 의하여 IR 동작에 사용되는 3개 혹은 6개의 서브 블록을 만든다. 이러한 서브 블록 중 하나가 최초로 전송되는데, 만약 복호를 실패하게 되면 다른 서브 블록이 전송된다. 다른 RLC 블록에 속하는 서브 블록들은 동일한 4개의 버스트로 다중화될 수 있다. 헤더는 4개의 GSM 버스트로 인터리빙 되기 전에 각각의 블록들에 더해진다. 이때 헤더는 성능 평가에 포함되지 않는다. 다음 그림 5와 그림 6에 H-ARQ 기법에 대한 LLC 프레임의 구성도를 도시하였다[8].

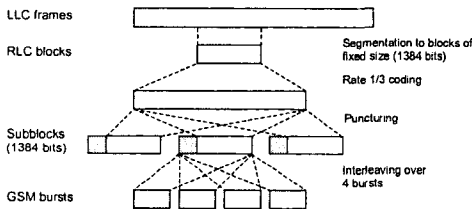


그림 5. H-ARQ type II 기법 a에 대한 LLC 프레임 구성도
Fig. 5. Segmentation of LLC frames for hybrid ARQ type II scheme a

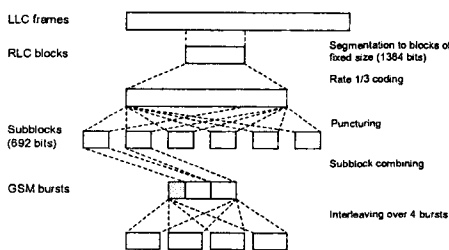


그림 6. H-ARQ type II 기법 b에 대한 LLC 프레임 구성도
Fig. 6. Segmentation of LLC frames for hybrid ARQ type II scheme b

폭 넓은 범위의 평균 링크 품질에 대하여 두 기법을 비교하기 위하여 간섭 인자에 대한 경로 손실은 서로 다른 평균 C/I에 대응하는 것으로 설정할 수 있다. 표 1에 제시된 모의 실험 파라미터에 입각하여 링크 적응 기법과 H-ARQ Type II 기법이 적용되었다. 모의실험 구성도는 그림 7에서 보는 것처럼 패킷

전송을 기반으로 하고 있으며, WWW 트래픽 모델에 근거하여 모의 실험이 수행되었다[7-8].

표 1. 모의실험용 파라미터
Table 1. Parameters for simulation

파라미터	파라미터 값
거리 감쇠	r3.5
로그노말 페이딩	6[dB]
표준편차	
리포트 주기	10블럭(200[ms]); 고정
프로토콜 가정	헤더 에러 없음 헤더 오버헤드 없음
모의실험당 패킷수	1000
주파수 호핑	없음
소프트 결합	없음

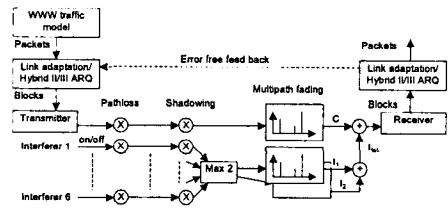


그림 7. 모의실험 구성도
Fig. 7. Schematic view of the simulator

모의 실험 수행 결과, 평균 링크 효율은 H-ARQ Type II 기법이 링크 적응 기법보다 평균 C/I 5[dB]인 경우를 제외하고는 더 높은 것으로 나타났다. 반면에 정규화된 패킷 지연은 링크 적응 기법이 H-ARQ Type II 기법에 비하여 같거나 조금 더 나은 것으로 나타났다. 이것은 10블럭의 주기로 응답하는 고정된 ACK/NACK를 갖는 H-ARQ Type II 기법에 대한 부호율 수렴 시간에 기인하는 것으로 추정된다. 그리고 패킷 사이즈가 감소할수록 모든 기법에 대한 링크 용량의 성능이 감소함을 보여준다. 다음 표 2와 표 3에 C/I에 대한 평균 링크 용량과 패킷 사이즈에 대한 평균 링크 용량에 대하여 각각 결과를 제시하였다[8].

아래의 두 가지 기법을 비교한 결과 전체적으로 H-ARQ Type II 기법이 링크 적응 기법보다 더 높은 링크 효율을 나타냈는데 여기에는 더 높은 정규화 패킷 지연을 감수해야 했다. 두 가지 경우의 H-ARQ Type II 기법을 비교한 결과도 위와 비슷하

멀티미디어 서비스를 위한 H-ARQ 기법 성능 분석

게 나타났다. 더 좋은 부호율을 사용하는 것이 더 높은 링크 효율의 결과를 가져왔으나 역시 정규화 패킷 지연은 더 높게 나타났다.

표 2. C/I에 대한 평균 링크 용량
Table 2. Average link throughputs for different average C/Is

파라미터	파라미터 값			
평균 C/I[dB]	5	15	25	35
링크적용 기법	5.2	14.3	38.6	61.4
H-ARQ type II-a	3.8	15.2	44.5	63.0
H-ARQ type II-b	3.6	15.6	47.2	64.3

표 3. 패킷 사이즈에 대한 평균 링크 용량
Table 3. Average link throughputs for different packet sizes

파라미터	파라미터 값	
평균 패킷 길이	1.0	4.1
링크적용 기법	13.3	14.3
H-ARQ type II-a	13.1	15.2
H-ARQ type II-b	14.2	15.6

4. 결 론

본 논문에서는 무선 이동 채널 환경에서 멀티미디어 서비스를 위한 고속 패킷 전송 방식에 효율적으로 사용될 수 있는 H-ARQ 기법의 다양한 방식에 대하여 고찰하였다. 또한 각각의 기법에 대한 용량 분석 모의실험 및 링크 적응 기법과 H-ARQ 기법의 비교를 통한 링크 용량 실험에 대하여 고찰하였다.

H-ARQ Type I 방식과 H-ARQ Type III 방식의 용량 실험에서는 E_b/N_0 에 따라 최초 부호율 만큼의 전송 효율 차이가 남을 확인하였다. 즉 높은 E_b/N_0 에서는 최초 부호율이 높은 H-ARQ Type III 방식이 H-ARQ Type I 방식에 비하여 상대적으로 유리하였으며, 이 성능은 E_b/N_0 가 작아질수록 급속히 감소함을 확인할 수 있었다. 링크 적응 기법과 H-ARQ Type II의 비교에서는 평균 링크 효율 측면에서 H-ARQ Type II 방식이 전반적으로 더 높은 효율을 나타냈으나 정규화된 패킷 지연 시간은 링크 적응 기법이 조금 더 나은 것을 확인하였다.

본 논문에서 고찰된 H-ARQ 기법은 링크 적응 기법과 더불어 고속의 멀티미디어 서비스를 제공하기

위한 통신 시스템에서 면밀히 검토되고 있다. 이러한 각 기법을 실제 시스템에 적용하여 그 효율을 검토하고 타입별 장단점을 파악하여 효과적인 H-ARQ 기법을 선정하는 것이 중요한 과제로 남아있다.

References

- [1] S. Lin and D. Costello, Jr., Error Control Coding : Fundamentals and Applications, Prentice Hall, 1983.
- [2] J. Hagenauer, Rate-Compatible Punctured Convolutional Codes(RCPC Codes) and their Applications, IEEE Trans. Commun., vol. 36, pp. 389-400, Apr. 1988.
- [3] S. Kallel, "Efficient Hybrid ARQ Protocols with Adaptive Forward Error Correction," IEEE Transactions on Communications, Vol 42, Issue 234, Part 1, pp. 281-289. Feb.-Apr., 1994.
- [4] Siemens AG, "ARQ Error Control Techniques," SGR1#(99)178, Nynäshamn, March, 1999.
- [5] TTA/BA1S-2000.2(Ballot Version).
- [6] Panasonic, "Hybrid ARQ Techniques for Efficient Support of Packet Data," Tdoc TSG/RAN/WG1#2, Yokohama, Feb., 1999.
- [7] ETSI Joint SMG 1, 2, 3, and 4 EDGE Workshop "Link Adaptation Quality Measures for Enhanced GPRS," Tdoc 013/98, 1998.
- [8] Ericsson, "Refined Link Performance Comparison of Link Adaptation and Hybrid II ARQ for Enhanced GPRS," Tdoc SMG2 WPB255/98, Høje Taastrup, Aug., 1998.

◆ 저자소개 ◆

조성철 (曹城喆)

1971년 8월 2일생. 2000년 8월 전남대학교 일반대학원 졸업(석사). 2005년 8월 충북대학교 대학원 졸업(박사). 2000년 9월~현재 한국전자통신연구원 선임연구원.

서희석 (徐熙錫)

1961년 6월 26일생. 1987년 성균관대학교 전기공학과 졸업. 1989년 2월 성균관대학교 일반대학원 졸업(석사). 1996년 9월 성균관대학교 대학원 졸업(박사). 1989~1991년 2월 LG산전연구소 연구원. 1991년 3월 ~1994년 2월 성균관대학교, 동양공전 강사. 1995년 3월 ~현재 두원공과대학 메카트로닉스과 부교수.