

이동통신 환경에서 적응 변조 코딩에 따른 2 단계 ARQ 방식

김동희

한국전자통신연구원 이동통신연구소

The 2-step ARQ Scheme by Adaptive Modulation and Coding in Wireless Communication Channel

Dong-hoi Kim

Mobile Telecommunication Research Technology

Electronics and Telecommunications Research Institute

E-mail : donghk@etri.re.kr

Abstract

본 논문에서는 링크 상황에 따라서 변복조 방식과 코딩 방식을 달리하는 기술인 AMC(Adaptive Modulation and Coding)기능과 연동하는 2 단계 ARQ(Automatic Repeat Request)방식을 제안하여 한정된 무선채널을 여러 종류의 서비스와 여러 가입자가 동시에 공유하는 경우에 발생하는 QoS(Quality of Service) 문제를 해결하고자 한다. 제안한 2 단계 ARQ 방식은 MAC(Medium Access Control) 계층에 위치하여 상위 계층으로부터 IP(Internet Protocol) packet 를 수신한 후 2 단계의 ARQ 동작을 수행함으로써 물리 채널에서 전송 중에 발생하는 오류 확률을 감소시킨다. 따라서 TCP(Transmission Control Protocol)단에서의 재전송 감소에 의한 향상된 성능도 기대할 수가 있겠다.

I. 서론

무선환경에서는 높은 채널 오류 확률을 가지고 있으며 이러한 오류의 형태는 위치 의존적이며 버스트한 특징을 가지고 있다. 따라서 무선 망에서는 무선 채널이 가진 다양한 특성들로 인해 유선 망에서와 같은 QoS 를 보장하기에는 많은 어려움이 있다.

가변적 무선 링크 환경에서의 다양한 멀티미디어 트

래픽에 대한 QoS 를 만족시키기 위하여 AMC 와 ARQ 방법 등을 통해 QoS 를 보장하는 메커니즘이 제공되어야 한다. 이러한 ARQ 메커니즘에서는 채널 환경에 따라 스케줄된 패킷의 전송 방식과 코딩 방법을 선택해야 한다. 이러한 적응적 메커니즘이 효율적으로 동작하기 위해서는 채널의 상태에 대한 예측이 요구되므로 정확한 채널상태에 대한 연구가 요구된다. 또한 ARQ 메커니즘에 의해서는 순서에서 벗어난 프레임이나, 오류가 있는 프레임은 절대로 상위계층으로 보내지 않는 알고리즘을 사용하여 정보의 오류 확률을 요구되는 수준까지 만족시켜야 한다.

본 논문에서 제안하는 ARQ 방식은 MAC 계층에 위치하며 일정한 크기의 MAC PDU 단위로 재전송을 수행하는 1 차 ARQ 와 AMC 단위의 재전송을 수행하는 2 차 ARQ 를 통하여 한정된 무선채널을 여러 종류의 서비스와 여러 가입자가 동시에 공유하면서 발생하는 각 서비스별, 가입자별 QoS 를 만족시켜야 하는 문제점을 해결할 수 있는 기술로 볼 수 있다.

본 논문의 나머지 구성은 다음과 같다. 2 장과 3 장에서는 본 논문에서 사용한 2 단계 ARQ 방식을 설명하고 패킷 스케줄러와의 관계를 기술하였다. 또한 4 장에서는 본 논문에서 제안한 2 차 ARQ 방식에 대한 성능분석을 수행하였고 마지막으로 5 장에서는 본 논문의 결론을 기술한다.

II. 시스템 모델

정보의 정확한 전달을 가장 명시적으로 수행하는 것은 전송 중에 발생하는 오류를 제어하는 오류제어 기술과 송수신측간의 데이터 흐름을 제어하는 흐름제어 기술이다. 오류제어는 수신된 정보로부터 올바른 의미를 전달 받기 위해서는 수신정보 내에 포함된 오류를 찾아내어 이를 수정하는 절차, 즉 오류제어 기술이 요구되는데, 일반적으로 오류제어기술은 오류검출과 오류정정의 2가지 과정으로 나누어 생각할 수 있다.

오류 검출 방식인 CRC(Cyclic Redundancy Check) 방식에는 오류 검출 코드인 FCS(Frame Check Sequence) 방식과 패리티 검사 방식이 널리 사용되는 오류 검출 기법이다. 위와 같은 기법으로 오류를 검출한 경우에는 다음 단계로서 이 오류를 정정하기 위하여 사용한 방식이 ARQ 기법이다. ARQ 방식은 수신측이 송신측에게 손상된 데이터를 재송신해줄 것을 요구하는 오류 통제 프로토콜이다.

그림 1에서는 제안한 2 단계 ARQ 방식에 관한 시스템 모델이다. 송신측 무선 MAC 계층에서는 상위 계층에서 입력되는 IP packet 을 물리채널로 전송하기 위하여 일정 단위의 MAC PDU(Protocol Data Unit)로 분할하여 전송하게 된다. 그런데 이렇게 분할된 MAC PDU 들은 무선 채널 환경에 따라서 데이터를 전송하는 변조방식과 코딩율을 달리하는 AMC 기능을 추가함에 따라 물리채널 환경에 따라서 여러 개의 MAC PDU 들을 묶어서 전송하는 것이 효율적인 방법이 되고 있다.

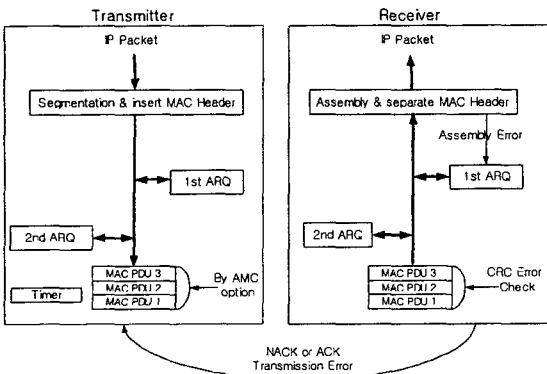


그림 1. 제안된 ARQ 방법을 위한 시스템 모델

따라서 MAC 계층에서는 상위 단에서 입력된 IP packet 를 MAC PDU 로 분할하여 MAC PDU 단위로 재전송을 수행하는 부분과 물리채널환경에 따라서 여러 개의 MAC PDU 를 묶어서 전송하는 부분으로 2 단계의 ARQ 기능이 필요하게 된다. 본 논문에서는 MAC PDU 단위로 재전송 동작을 수행하는 블록을 1 차 ARQ, AMC 옵션에 따라서 여러 개의 MAC PDU 를 묶어서 재전송 동작을 수행하는 블록을 2 차 ARQ 로 명명하였다.

무선 MAC 계층의 ARQ 단에서 수행할 수 있는 오류 검출 방법의 종류는 크게 3 가지로 구분된다. 첫 번째는 수신 단에서 CRC 체크에 의한 오류 검출이고 두 번째는 수신 단에서 MAC PDU 의 어셈블링시 발생하는 순서 검출 오류 그리고 마지막으로 발생하는 오류는 수신 단에서 송신 단으로 전송되는 ACK 또는 NACK 정보 수신 오류이다.

첫번째로 발생하는 CRC 체크시 검출되는 오류는 제안한 2 차 ARQ 에 의한 재전송을 수행함으로써 극복되고 두 번째로 발생하는 어셈블링에 의한 순서오류는 제안한 1 차 ARQ 에 의한 재전송에 의해 오류를 정정한다. 또한 세 번째 오류인 ACK(Acknowledgement) 또는 NACK(Negative Acknowledgement)에 대한 수신 오류는 송신 단에 설치한 타이머를 통하여 해결 될 수가 있다.

III. 제안한 방식과 패킷 스케줄러와의 관계

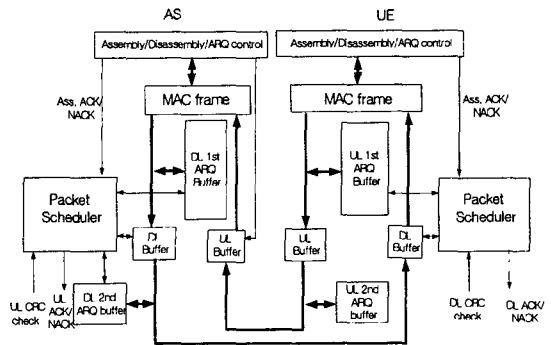


그림 2 제안한 방식과 패킷 스케줄러의 관계

그림 2는 제안한 ARQ 방식과 패킷 스케줄러와의 상호 연관 관계를 보여주고 있다. ARQ 동작에 관한 제어는 패킷 스케줄러에서 수행하고 있다. 송신 단에서 전송된 MAC PDU 를 수신 단에서 조립하는 과정에서 순서 오류가 발생하는 경우에 Ass. NACK 신호가 패킷 스케줄

러에 전달되고 그 결과로 패킷 스케줄러는 1 차 ARQ 버퍼에 저장되어 있던 NACK 가 발생한 해당 MAC PDU 를 재전송하게 된다. 또한 AMC 단위로 전송되었던 패킷에 대한 CRC 체크를 수행한 후에 해당 패킷에 대해 NACK 가 발생한 경우에 패킷 스케줄러는 2 차 ARQ 버퍼에 저장되었던 해당 패킷을 재전송하게 된다.

IV. 성능 분석

본 장에서는 AMC 옵션에 따라서 정해지는 여러 개의 MAC PDU 단위로 재전송을 수행하는 2 차 ARQ 에 대한 성능분석을 수행하였다.

본 논문에서 성능 분석을 위하여 사용한 시스템은 1xDV-DO 시스템으로 1 slot 시간은 1.67 ms 이다. 표 1 은 1xDV-DO 시스템에 적용된 전송 방식을 보여주고 있다. 또한 단말이 기지국으로 하향 링크 파일럿 채널로부터 얻어지는 측정된 C/I 값에 따라서 단말은 기지국에 요구하는 데이터량을 전송 방식 표에 의해서 결정하게 된다. 따라서 전송 데이터량은 단말에서 수신된 C/I 값 또는 그에 따른 요구 데이터량에 따라서 전송 비트 수가 달라지게 된다. 표 1에서 각각의 C/I 값은 1% PER(Packet Error Rate)를 보장하도록 계산된 값이다 [1].

표 1. 1xDV-DO 시스템에 적용된 전송 방식

| Class ID | Data Rate (kbps) | C/I (dB) | Slot | Packet Size (bit) | Code Rate | Data Size (bits) |
|----------|------------------|----------|------|-------------------|-----------|------------------|
| 1 | 38.4 | -12.5 | 16 | 1024 | 1/5 | 205 |
| 2 | 76.8 | -9.5 | 8 | 1024 | 1/5 | 205 |
| 3 | 153.6 | -6.5 | 4 | 1024 | 1/5 | 205 |
| 4 | 307.2 | -4.0 | 2 | 1024 | 1/5 | 205 |
| 5 | 614.4 | -1.0 | 1 | 1024 | 1/3 | 341 |
| 6 | 921.6 | 1.3 | 2 | 3072 | 1/3 | 1024 |
| 7 | 1228.8 | 3.0 | 1 | 2048 | 1/3 | 683 |
| 8 | 1843.2 | 7.2 | 1 | 3072 | 1/3 | 1024 |
| 9 | 2457.7 | 9.5 | 1 | 4096 | 1/3 | 1365 |

4.1 평균 재전송 시간

재전송 확률 (P_r)은 일단의 전송 비트 단위의 패킷이 전송 된 후에 재전송 요구가 발생할 확률이고 평균 재전송 시간 (T_a)는 일단의 전송 비트 단위의 패킷이 승인되기 전에 전송될 시간의 평균값으로 정의 했을 때 평균 재전송 시간은 다음과 같이 표현된다 [2].

$$T_a = T(1 - P_r) + 2T \cdot P_r \cdot (1 - P_r) + 3T \cdot P_r^2 \cdot (1 - P_r) + \dots$$

$$= T \left(\frac{1 - P_r^{k+1}}{1 - P_r} \right) \quad (1)$$

여기에서 k 는 재전송 횟수이고 T 는 재전송을 수행하는데 걸리는 시간이다.

그림 3은 재전송 확률의 증가에 따른 재전송 횟수 ($=k$)대 평균 재전송 시간 ($=T_a$)와의 관계를 보여주고 있다.

그림 3에서 재전송 확률이 0.1 인 경우에는 재전송 횟수가 증가함에 따라서 재전송 평균 시간은 증가하지만 재전송 확률이 0.01 이상인 경우에는 재전송 평균 시간은 변화하지 않기 때문에 재전송 횟수는 증가 시킬 필요가 없음을 알 수가 있다. 또한 채널이 우수할수록 재전송 평균 시간은 짧아짐도 알 수가 있다.

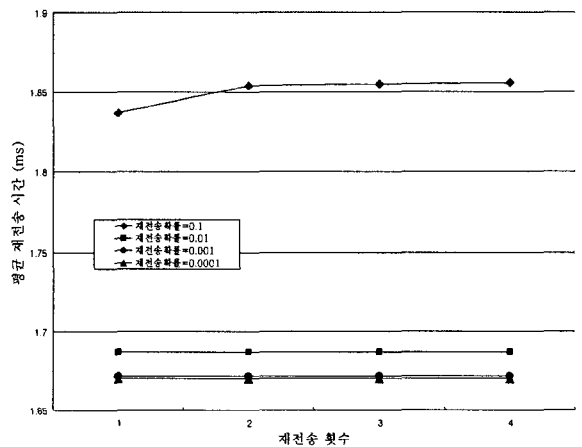


그림 3. 재전송 횟수 ($=k$)대 평균 재전송 시간 ($=T_a$)

4.1 평균 데이터량

표 1과 같은 전송 방법을 적용했을 때는 채널 정보인 C/I 는 매 슬롯마다 변하게 되고 따라서 전송되는 비트수가 달라지므로 무선 채널에서 얻어지는 C/I로부터 발생 비트열을 통하여 평균 산출량을 계산할 수가 있다. 평균 데이터량 ($=R_{av}$)을 다음과 같이 정의할 수

가 있다.

$$R_{av} = \frac{Th_{av}}{T_a} \quad (2)$$

여기에서 T_a 는 4.1장에서 얻어진 평균 재전송 시간이고 Th_{av} 는 표 1에서 1000 slot 동안 C/I 값을 발생시키면서 얻을 수 있는 데이터의 평균 비트값이다. 그림 4는 재전송 횟수를 변화시키는 경우에 재전송 확률과 평균 데이터율과의 관계를 보여주고 있다. 그림 4의 결과는 C/I 값을 시뮬레이션을 용이하게 수행하기 위하여 실제 무선 채널 조건을 통해 발생되지 않고 uniform distribution으로 발생하였다.

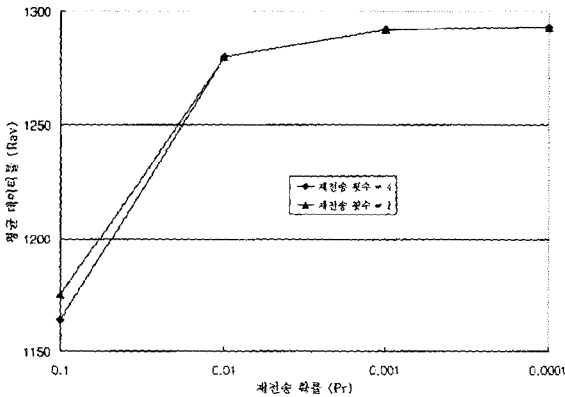


그림 4. 재전송 확률 (= P_r)와 평균 데이터율 (= R_{av})의 관계

그림 4의 결과로 볼 때 채널환경이 우수할수록 평균 데이터율이 증가함을 알 수가 있다. 또한 재전송 확률이 0.01 이상인 채널에서는 재전송 횟수에 관계없이 동일한 평균 데이터율을 얻음으로써 재전송 횟수가 중요하지 않음을 알 수가 있다.

V. 결론

향후에는 제안한 무선 MAC 계층의 1 차 ARQ 기능과 타이머 기능을 포함하는 MAC 전체 블록에 대한 ARQ 성능 분석이 필요하다. 또한 무선 MAC 계층에서의 ARQ 기능과 TCP 단에서의 ARQ 기능의 연동을 통한 분석을 통하여 유선 TCP 단에 최적인 무선 MAC에서의 ARQ 기법을

제안 할 수도 있겠다. 또 다른 연구 방향으로는 MAC 계층의 ARQ 동작을 위하여 송수신 단에 사용될 수 있는 무선채널에 적합한 재전송 프로토콜에 대한 연구도 필요하다.

참고문헌

- [1] Jong Hun Rhee, Tae Hyung Kim and Dong Ku Kim, "A Wireless Fair Scheduling Algorithm for 1xEV-DO System", Vehicular Technology Conference, 2001, VTC Fall, Volume 2, 2001.
- [2] Stephen B. Wicker, Error Control Systems for Digital Communication and Storage, Prentice Hall PTR, 1995.