

# 이동통신 시스템에 적용된 안정화 적응변조방식의 전송효율 성능분석

정희원 오 의 교\*, 차 균 현\*\*

## The performance evaluation of the throughput increasement according to the stable adaptive modulation to the mobile communication system

Euy-Kyo Oh\*, Kyun-Hyon Tchah\*\* *Regular Members*

### 요 약

적응변조방식은 이동통신 시스템의 설계 전력 여유분을 이용하여 기존 시스템의 구성을 가능한 변경하지 않고 시스템의 전반적인 전송효율을 증진시킬 수 있는 방식으로 대두되고 있다. 일반적으로 적응변조방식의 성능을 다루기 위한 논리에 중점을 두고, 귀환 경로에 대한 것을 제시하지 않고 가정하여 왔으나 본 논문에서는 양방향성의 성능을 모색하여 시스템의 성능을 개선하는 것 뿐만 아니라, 시스템의 안정성을 고려하기 위해 수시로 변조방식이 바뀌는 경우에는 시스템의 안정성이 떨어지고, 이에 따라 전체적인 시스템 성능이 약화되므로 귀환 경로를 이용하여 시스템의 안정성을 기하기 위해 단말기의 이동성을 측정하므로써 변경의 조건을 확실하게 한 후 변경하여, 시스템의 안정성을 향상하고 전체적인 성능을 향상 시키는 방식을 제시한다. 제안된 방식은 기지국에서 이동국의 거리를 전력제어를 통해 파악하며, 적응변조방식으로 MPSK를 적용하고, 이동국의 순시 변화치를 적용함으로써 이동성에 따른 변화를 감지하여 적용시점을 결정하는 변수를 적용하여, 전체적인 시스템의 안정성을 확보하면서 전송효율을 증진시킬 수 있다.

Key word : Adaptive Modulation, MPSK, SDR

### ABSTRACT

Adaptive modulation is the method to increase the throughput of the mobile system using the power margin of the system design. In this paper, we propose the method to change adaptive modulation parameters for the stable system operation by monitoring the mobility of the mobile station. The proposed method measures the instantaneous mobility of the mobile station monitoring the closed power control data. The MPSK modulation method is used for the basic modulation method because of the hardware implementation. Using the proposed method we can get the more powerful throughput. By the system simulation to verify the evaluation of the proposed algorithm, we can notice the algorithm is more efficient than the typical method

\* 호남대학교 전기통신공학과 (ekoh@mail.honam.ac.kr) \*\* 고려대학교 전자공학과 (tchah@korea.ac.kr)

(논문번호 : 020423-1004, 접수일자: 2002년 11월 8일)

## I. 서론

상호간의 정보를 교환하기 위한 통신시스템이 언제, 어디서나, 누구든지 통신할 수 있는 이동통신의 사용으로 보편화되면서, 사용자 간에 전송하고자 하는 데이터의 형태가 변화되고 있다. 즉, 제1세대 통신이라는 아날로그 휴대폰 시대에는 음성으로 통신하는 것이 가장 일반적이었다. 하지만, 디지털 방식이 도입되면서 멀티미디어 서비스가 가능해지기 시작했고, 이에 따라 새로운 서비스에 대한 욕구가 생기기 시작하면서 데이터전송의 형태가 부가적인 서비스로 자리 잡게 된다. 이러한 무선멀티미디어 통신을 수용하기 위해서는 기존의 무선전송 방식으로는 멀티미디어의 특징인 가변 트래픽, 서비스에 따른 다양한 서비스 품질 요구를 만족하기가 어렵다. 따라서 이러한 요구를 만족하기 위해서는 무선전송방식 및 네트워크 설계가 좀 더 복잡하고, 지능적으로 발전해야만 한다. 기존의 시스템에서는 어느 시점에서 규정한 성능을 만족하도록 변조 파라미터가 고정되어 선택되어야 한다. 하지만 멀티미디어 서비스가 요구되는 경우에는 트래픽, 요구 서비스품질 등이 시간, 장소, 그리고 정보의 종류에 따라 유동적으로 변경되어야 하므로 기존의 설계방식으로는 설계가 불가능하며, 이에 좀 더 지능적인 기능, 즉 적응 전파자원관리, 적응 전파 전송기술 및 전파통신 시스템에 대한 지능망 관리기능 등이 필요하게 되었다. 이러한 경우에 수행해야 하는 기능으로는 트래픽의 다이내믹 변화를 완화하기 위한 기능, 정보종류에 따른 서비스 품질을 제어하기 위한 기능, 페이딩에 따른 채널변화를 완화하기 위한 기능, 시스템 용량을 증대하기 위한 기능 등이 요구된다. 한편, 제 3세대 통신이 도입되는 시점에서 가장 중요하게 나타나는 특징은 영상 서비스 등의 대용량, 고품질 서비스에 대한 욕구와 이를 수용하기 위한 기술의 진보라고 할 수 있다. 이에 따라 이동통신 선로의 특성을 연구하여 기존의 설계 시스템을 변경하지 않고, 사용 환경에 따라 사용자에게 대단위 데이터를 전송할 수 있도록 설계되는 시스템 기술이 필요한 것은 자명하다.

적응변조방식 (Adaptive Modulation)은 기존의 시스템에서 전력이나 대역폭등의 추가 자원을 요구하지 않고, 환경에 따라 적응변조 방식을 취함으로써 사용하는 채널 환경에서 발생하는 간섭을 최소화하며, 시스템 확장성을 넓힐 수 있는 적절한 변조 방식을 사

용함으로써, 서비스의 품질 및 처리량을 효과적으로 향상시킬 수 있는 전송방식으로 지속적인 연구가 진행 중이다.<sup>[1]</sup> 다만, 이러한 방식을 적용하는 경우에 하드웨어의 구현이 까다로운 점이 현실적인 어려움이었으나, 디지털신호처리(DSP) 기술의 발전으로 이를 해결 할 수 있다고 보여 진다.

본 논문에서는 기존의 이동통신 시스템에 SDR(Software Defined Radio) 기술을 이용한 최소한의 하드웨어 변경으로 적응변조방식을 적용하는 경우에 시스템 전송효율의 향상을 이룰 수 있음을 살펴보고, 적응변조기술의 조건으로 주어지는 채널환경 조사를 페루프 전력제어 기능을 통해 수행하는 방안을 제시한다. 이러한 방식은 시스템의 전송효율을 높일 수 있을 뿐만 아니라, 기존의 적응변조방식이 이론적인 접근에 따라 적응변조시 발생하는 순시적인 데이터손실을 막을 수 있다는 장점이 있다. 또한 역방향으로 입력되는 환경을 모니터링하여 순시적인 이동국의 변화량을 감지함으로써 불필요한 변조방식 변경을 방지하여 보다 효율적인 전송효율을 얻을 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 다음 장에서는 적응변조방식의 원리에 대해 살펴보고 적용하고자 하는 기본 변조방식으로 선정된 MPSK의 특징에 대해 설명한다. 3장에서는 적응변조방식을 사용할 때의 제한점을 제시하고, 이를 극복하는 방안으로 페루프 전력제어를 이용한 변조방식변환을 제시하며, 4장에서는 기술된 알고리즘을 모의실험 하기 위한 시스템 모형을 제시하였고 모의실험 결과를 도시하여 제안된 알고리즘의 성능을 비교하고 분석한다. 마지막으로 이를 토대로 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 적응변조방식의 전송효율 성능

### 2.1 적응변조방식

대부분의 시스템은 설계 시에 전송전력의 여유분(link margin)을 가지게 된다. 이는 전송 환경의 약화에 따른 급속한 시스템 다운을 막기 위한 것이지만, 현실적으로 적용하는 경우, 극히 악조건이 아닌 경우에는 제한선 부분까지 내려가는 경우는 거의 없다. 따라서 정상적인 조건에서 시스템이 가지는 전력여유분을 이용하여 높은 변조율로 데이터를 전송하는 경우 추가적인 트래픽 성능의 향상을 얻을 수 있을 것으로 예상되어 이를 이용한 것이 적응변조방식이다. 적응변조방식은 동일한 하드웨어로 구성된 시스템에

서 시스템의 변조방식을 사용 환경에 적절하게 변경함으로써 최대한의 처리량을 확보하기 위한 방식으로 기본적으로 새로운 시스템을 구성하는 것이 아니라 기존의 방식을 이용하여 성능의 향상을 꾀하는 것이므로 시스템 설계의 부담을 줄일 수 있으며, 추후 개발되는 SDR 시스템의 기본 조건이 될 수 있다.<sup>[2]</sup>

2.2 MPSK 적응변조방식

본 논문에서 적용하고자 하는 변조방식으로는 MPSK(M-ary Phase Shift Keying)방식을 사용한다. MPSK 변조방식은 크기가 일정한 시스템으로 잡음의 크기에 관련이 없으며, M의 변수 변경 시에 하드웨어의 구현상 타이밍만 고려하면 시스템의 구성이 쉽다는 장점이 있기 때문이다. 일반적으로 사용되는 MPSK 방식은 전체 영역을 M에 따라 균등하게 분할하여 위상을 결정하는 Uniform MPSK 방식이다. 이러한 MPSK는 크기가 일정한 변조방식으로 그림 1, 2와 같이 한 가지 구성의 하드웨어 구조로 구현할 수 있다는 장점이 있다.<sup>[3][4]</sup>

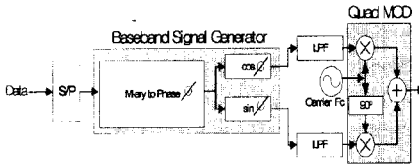


그림 1. M-ary PSK 변조기의 구성도  
Fig 1. The Configuration for M-ary PSK Modulator

이러한 구성의 변조기에 대한 복조기의 구성은 그림 2와 같이 구성된다.

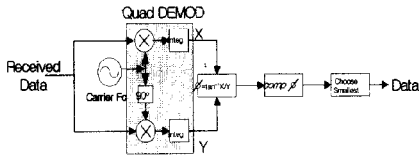


그림 2. M-ary PSK 복조기의 구성도  
Fig 2. The Configuration for M-ary PSK Demodulator

적응변조는 이러한 MPSK의 하드웨어 구조를 이용하여 채널 환경을 예측한 후에 그에 맞게 M을 조정함으로써 시스템의 처리량을 높이고자 한다. 비트 수  $n = \log_2 M$  으로 정의되는 코히어런트 MPSK의 심볼에러 확률은 식 (1)과 같이 근사된다.<sup>[4]</sup>

$$P_E(M) = \text{erfc} \left( \sqrt{\frac{nE_b}{N_0}} \sin\left(\frac{\pi}{M}\right) \right) \quad (1)$$

그림3은 M에 따른 심볼오류율을 나타낸 것이다.

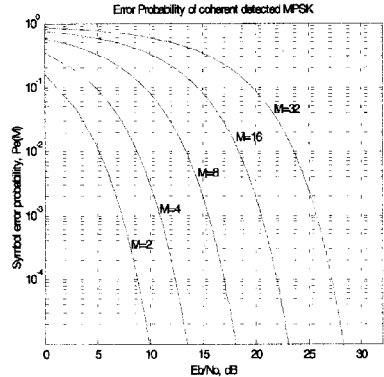


그림 3. MPSK의 M에 대한 심볼오류율  
Fig 3. The Symbol Error rate for MPSK

그림3에서 만일 일정한 심볼오류율  $10^{-5}$ 을 기준으로 한다면  $E_b/N_0$ 가 높아질 수록 M을 증가시킬 수 있다. 즉10dB 이하에서는 성능을 얻기 어려우며, 10~13 dB까지는 M=2가 선택되며, 13~18 dB에서는 M=4, 18~23 dB까지는 M=8, 23~28 dB의 범위에서는 M=16, 28dB 이상에서는 M=32를 선정해도 오류율을 유지할 수 있다. 이러한 M의 값에 대한 MPSK의 대체적인 처리량은

$$n \times (1 - P_E(M)) \quad (2)$$

으로 볼 수 있다.<sup>[5]</sup> 따라서 M의 증가에 따라 처리량은 상당한 증가를 할 수 있다는 것을 알 수 있다. 이처럼 적응변조 방식을 고려하면, 같은 전력 및 대역폭으로 효과적인 처리량을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

III. 적응변조방식의 변환조건

3.1 시스템 동기 획득시간

적응변조를 하는 경우에는 시스템의 동기 획득시간이 고려되어야 하며, 전송하는 데이터의 양도 척도로 작용한다. Coherent PSK를 사용하는 이동통신을

고려할 때 채널이 flat fading channel인 경우의 위상 동기수신시간은 다음 식으로 알려져 있다.<sup>[5][6]</sup>

$$T_c = \sqrt{\frac{9}{16\pi} \frac{c}{vf_c}} \quad (3)$$

여기서  $c$ 는 빛의 속도,  $v$ 는 이동 수신체의 속도,  $f_c$ 는 캐리어 주파수이다. 900 MHz 셀룰라통신(19.2 ksymbols/s)의 경우를 가정하여 이동체의 이동 속도에 대한 요구 동기획득시간은 그림4와 같다.

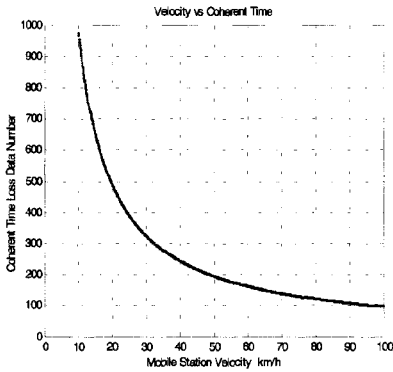


그림 4. 이동국의 이동 속도에 대한 동기요구시간  
Fig 4. The coherence time of mobile station according to the mobility

그림에서 10 km/h 의 속도로 보행하는 경우는 약 1000 심볼의 적응시간이 허용되지만, 80 km/h로 주행하는 경우는 약 100 심볼의 허용시간만에 동기가 이루어져야 함을 알 수 있다.

즉, 이동국의 속도가 낮은 경우에는 상대적으로 많은 시간이 허용되지만, 속도가 높아질수록 적은 동기 시간이 요구된다. 이처럼 채널 환경이 좋다고 해도, 전송할 데이터의 양이 동기 획득 시간에 미치지 못한다면, 트랙백의 용량 증대를 기대할 수 없다. 또한 기존 시스템의 변조방식을 변경하기 위해서는 환경에 대한 측정, 변경요청, 질체시간, 그리고 데이터 전송 후 복원까지의 시간  $t_c$ 가 필요하며, 이러한 시간의 합보다 많은 데이터의 전송이 요구되는 시스템에 대해 적용되도록 전송할 데이터의 양이 충분히 많은 경우에 적응변조방식이 필요함을 알 수 있다.

### 3.2 채널예측 알고리즘

적응변조는 개루프 상태에서의 저속적응변조(Slow adaptive modulation)방식과 폐루프 상태의 고속적응

변조방식(Fast adaptive modulation)으로 분류된다.<sup>[1]</sup>

저속적응변조 방식은 단말국이 기지국에서 멀어질 수록 성능이 약화되므로, 거리에 따른 범위를 지정하여 이동국의 위치에 따라 변조방식을 변경하는 전통적인 방식이다. 반면에 고속적응변조방식은 순시 채널조건에 따라 변조 파라미터가 적절하게 제어되어야 하며, 이 시스템은 채널 환경을 예측하여 결정하여야 한다. 이러한 고속 적응변조방식은 시스템의 전송효율을 높이기 위한 매우 효율적인 방식이지만, 적응변조를 위한 상태를 결정하기 위해서는 채널환경의 상태를 모니터링 하는 것이 필요하다. 일반적인 모니터링 시스템은 다음과 같다.

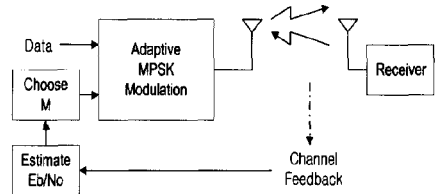


그림 5. 채널 예측 알고리즘 구성도  
Fig 5. The configuration for the channel estimation

수신기는 수신된 신호레벨을 관측하여 채널의 상태를 예측한 다음 이를 귀환 경로를 통해 송신측에 알려준다. 송신기는 이를 이용하여 채널의 현  $E_b/N_0$ 를 예측한 다음 그에 맞는 M을 선정하여 제어함으로써 MPSK 적응변조방식을 수행할 수 있도록 한다.<sup>[3][5]</sup>

기존 논문에서는 적응변조방식의 성능을 다루기 위한 논리에 중점을 두고, 귀환 경로에 대한 것을 제시하지 않고, 가정하여 왔다. 본 논문에서는 이러한 점을 현재 사용하고 있는 시스템에 적용하기 위해 새롭게 전력제어방식을 도입하여 제안하고자 한다. SDR 에서는 이러한 귀환을 위하여 새로운 채널, 혹은 기존의 채널에 부가기능을 도입하는 방안이 고려되고 있지만 기존의 시스템에 적용되고 있는 방식은 아직 없다. 다만 적응변조방식을 사용하는 경우는 대체로 단말기의 위치에 따라 그 방식을 결정하도록 하는 개루프방식을 사용하거나, 혹은 귀환경로를 추후에 결정하는 것으로 미리 가정하고 있다. 본 논문에서 제안하는 것은 이러한 귀환경로를 새롭게 제안하고자 하는 것이다.

이러한 경로가 제안되는 경우에는 타 논문에서 제시된 가정과 다르게, 양방향성의 성능을

모색하게 된다. 이에 시스템의 성능을 개선하는 것 뿐만 아니라, 시스템의 안정성을 고려해야 한다. 본 논문에서는 시스템의 적응변조방식을 적용하는 경우, 수시로 변조방식이 바뀌는 경우에는 시스템의 안정성이 떨어지고, 이에 따라 전체적인 시스템 성능이 약화되므로 기존의 이동통신 시스템에 적용할 수 있는 적응변조방식의 귀환 경로를 페루프전력제어를 위한 단말기의 송신신호로 규정하고, 이를 바탕으로 변조방식을 변경하는 과정에서, 시스템의 안정성을 기하기 위해 단말기의 이동성을 측정하므로써 변경의 조건을 확실하게 한 후 변경하여, 시스템의 안정성을 향상하고 전체적인 성능을 향상 시키고자 하는 것이다.

이동통신 시스템의 이동국의 외부루프제어 (outer loop control)는  $E_b/N_0$ 를 특정한 값에 고정하지 않고 FER (Frame Error Rate)이 목표 값을 유지하도록 한다. 이러한 외부루프제어에 의해 결정되는  $E_b/N_0$  기준값에 대하여, 기지국 수신 복조부가 일정시간마다 수신 측정된  $E_b/N_0$  값을 비교한다. 이때 측정값이 기준값보다 크면 이동국에 출력을 1 dB 내리라고 지시하고, 측정값이 기준값보다 작으면 이동국에 출력을 1 dB 올리라고 명령하게 된다.

따라서 이와 같은 전력조절 요구가 급속하게 발생한다면 이는 이동국의 이동성(mobility)의 증가를 의미한다. 이처럼 이동성이 커지는 경우에 적응변조를 적용한다면 절체 시간이 이동성에 대해 충분히 대응하지 못하고, 따라서 절체로 인해 전체 처리량이 떨어지게 된다. 따라서 고속적응변조의 경우는 이동국의 이동성을 고려하여 적응변조시점을 결정하여야 한다. 이동국의 이동성은 단위 시간에 대한 이동국의 이동 거리로 볼 수 있으며 측정된 데이터로 단위시간의 전력제어변화량을 측정함으로써 알 수 있다.

#### IV. 모의실험

이러한 적응변조방식의 성능을 평가하기 위해 가상의 채널 환경을 실제와 유사하게 구성하여 모의실험 하였다. 그림6은 전체적인 채널환경모형을 나타낸다.

먼저 적응변조방식에 의한 성능분석을 위해 기존 시스템에 대해 적응변조방식을 사용한 경우의 처리량 개선을 이상적인 조건에서 검토하기 위하여 이상적인 조건을 고려한다.

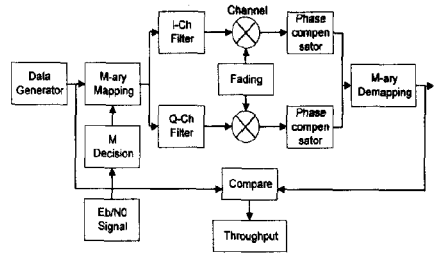


그림 6. 채널환경 시뮬레이션 모델  
Fig 6. The simulation model for the channel estimation

다음으로 데이터의 전송량 및 절체시간의 지체로 인한 시간의 소모로 인한 전체적인 시간을 고려한 처리량을 검토한다.

채널환경에 대한 데이터는 귀환된 전력제어 비트에 의해 수행되어야 하나, 모의실험 특성상 가상 귀환 데이터를 입력부에 주도록 구성한다.

실험에 사용되는 변환 값은 대부분의 논문에서 사용하고 있는 방식으로 그림3에 나타난 데이터를 기준으로  $10^{-5}$ 의 SER를 기준으로 하여 기준 값을 초과하는 경우에 따라 변조방식을 변경하는 전통적인 방식을 사용한다.

표 1. 적응변조방식의 변환조건

변조방식	변환조건 (dB)
BPSK	$10 < SER$
QPSK	$10 < SER \leq 13$
8PSK	$13 < SER < 18$
16PSK	$18 < SER < 23$
32PSK	$23 < SER < 28$

그림 7은  $E_b/N_0$ 의 변화량을 무시하고, 그 값만으로 구성되는 이상적인 적응변조의 경우에 일반적인 BPSK를 사용한 경우의 처리량을 1로 잡을 때, 상대적인 처리량을 알아본 것이다.

이상적인 경우에 일정한 레벨 이상의  $E_b/N_0$ 가 확보 된다면 M을 높임으로써 기존 시스템의 전송효율을 높일 수 있음을 알 수 있다. 본 모의실험의 M 변경은 이상적인 경우의 그림 3을 기준으로  $10^{-5}$ 의 오류율을 기준으로한  $E_b/N_0$ 를 전환점으로 하여 모의실험 한 결과이다.

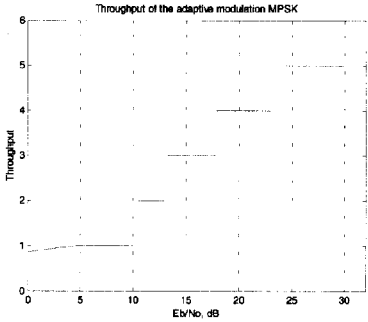


그림 7. 신호레벨에 따른 이상적인 적응변조  
Fig 7. The ideal adaptive modulation to the signal level

하지만 시스템의 M이 변경되기 위해서는 시스템 동기를 획득하기 위한 최소 coherence time 및 순시적인 절체시간이 필요하며, 이는 그림8 과 같은 방식으로 진행된다.

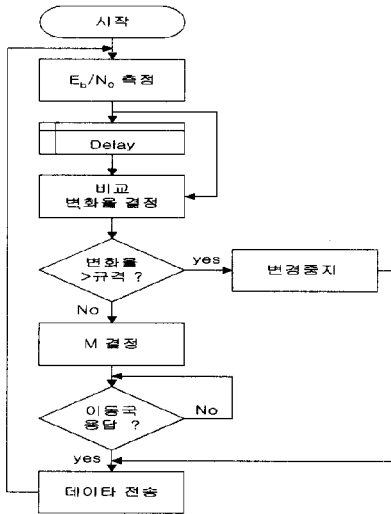


그림 8. 시스템 적응변조결정 알고리즘  
Fig 8. The algorithm for the decision of the system adaptation

그림 8의 과정을 설명하기 위해 임의의 상황에서 시간에 따라  $E_b/N_0$ 가 변화하는 경우를 산정해 본다. 그림9는 가정한 임의의 입력신호를 나타낸 것이다. 시험패턴의 발생은 단말기의 움직임에 기준으로 발생하였다. 시간의 변화에 따라 서서히 중심극에 다가오는 경우부터 빠른 접근성, 정체, 그리고 빠른 이동성을 가정하여 선정한다.

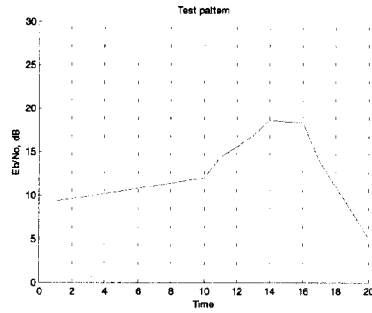


그림 9. 시간에 따른 모니터링 패턴환경  
Fig 9. The Channel Monitoring example to time variation

그림10은 그림9의  $E_b/N_0$  변화에 대해 기존의 방식에 따른 처리량을 이상적으로 표현한 것이다.

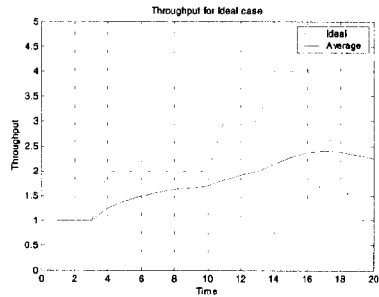


그림 10. 이상적인 적응변조의 처리량  
Fig 10. The throughput of the ideal adaptive modulation

평균 처리량은 전송된 시간에 대한 처리량의 누적 값을 해당 시간으로 나누어 평균치를 산출한다.

그림11은 그림10처럼 이상적인 경우를 기준으로 하여 최소한의 동기 시간을 갖지 못한 변경시의 처리량을 0으로 산정한 경우이다.

그림11에서는 순시 처리량이 변조방식의 변경으로 인해 일시적으로 손실됨을 보이고 있으며, 이러한 일부 시간의 지체로 인해 전체적인 처리량은 기존 방식보다는 효율적이다. 효율의 안정성을 잃고 있음을 알 수 있다. 따라서 본 논문에서 제안된 페루프 전력 제어회로를 이용한 안정화 기법을 적용한 경우를 적용하여 본다. 즉 측정된 채널 상태에 따라 변조방식을 결정하나, 순시의 급격한 변화를 실시간으로 계산하여 변조방식을 적절하게 변경하므로써 전체적인 처리량의 저하를 막을 수 있다.

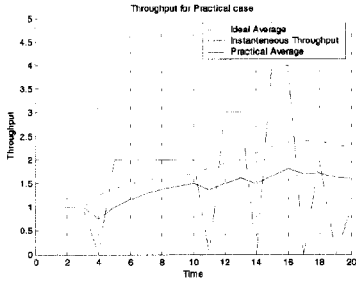


그림 11. 실제 경우의 변조변경으로 인한 손실  
Fig 11. The Loss to the changing parameters

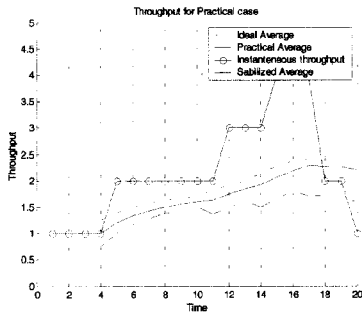


그림 12. 제안된 안정화 방식에 의한 성능향상  
Fig 12. The result to the suggested stable method

이 경우에 효율보다 안정화를 유지하기 위해 급변하는 시기에는 변조방식의 변경을 수행하지 않도록 조정함으로써 시스템의 처리량 누락이 발생하지 않음을 알 수 있다. 즉 안정화 알고리즘의 도입으로 인해 시스템의 안정성을 높이면서, 전체적인 처리량 증진을 가져올 수 있음을 알 수 있다.

### V. 결론

본 논문에서는 기존 시스템에 비해 월등한 전송효율의 증가를 가져오는 적응변조방식을 이동통신 시스템에 도입하여 안정적으로 전송효율을 높일 수 있는 방안을 제시하고 모의실험 하였다. 이동통신시스템에 알려진 적응변조방식을 도입할 때 시스템의 안정성에 영향을 끼치는 이동국의 이동성 및 전송 데이터 양을 고려하지 않는 경우 심각한 피해를 입을 가능성이 존재한다. 본 논문에서는 이러한 가능성을 줄이기 위해 이동통신의 페루프 전력제어 기능을 이용한 시스템 안정성에 바탕을 둔 방식을 제안 하였으며, 모의실험

결과 좋은 성능을 얻을 수 있음을 보였다. 본 논문의 결과를 구현하기 위해서는 DSP를 기반으로 하는 시스템 특성 다운로드 방식의 SDR 구조를 바탕으로 하는 단말기로의 진화가 요청되며, 가능한 기존 시스템의 구성을 건드리지 않는 방향으로 가능하기 때문에 쉬운 접근이 가능할 것으로 예측된다. 실제 적용 모형의 환경에서 발생할 수 있는 많은 문제점은 추후 과제로 계속 연구해 갈 계획이다.

### 참고 문헌

- [1] Sampei, "Application of digital wireless technologies to global wireless communications", prentice-hall, pp.505-542, 1997.
- [2] Hiroshi Harada, "Simulation and software radio", Harada Prasad, 2002.
- [3] M.B.Pursley, "Phase shift key modulation for multimedia multicast transmission in mobile wireless networks", Proc. 1996 IEEE Military communications conference, vol. 1, Oct. 1996
- [4] Sklar, "Digital communications", Prentice-hall, pp.219-235, 2001.
- [5] Pursley, "Adaptive Nonuniform Phase Shift Key Modulation for multimedia traffic in wireless networks", IEEE SAC vol18, No.8, Aug. 2000
- [6] 오의교, "채널성능 예측에 따른 적응변조방식의 성능분석" 정보통신연구, 2001.
- [7] T.S Rappaport, "Wireless Communications: principles and practice", Englewood Cliffs, Prentice-hall, 1996.
- [8] Mohamed-Slim Alouini, "An Adaptive Modulation Schemes for Simultaneous Voice and Data Transmission over Fading Channels", IEEE SAC Vol.17, No.5, May. 1999.
- [9] Insoo Koo, "Performance Analysis of CDMA with Adaptive Modulation Scheme.", IEICE Trans. Communication, Vol. E86-B, No.1, Jan.2003



오 의 교(Euy-Kyo Oh)

정회원



1982년 2월: 고려대학교 전자공  
학과 졸업

1984년 2월: 고려대학교 전자공  
학과 석사

1984년 3월 ~ 1996년 2월: 한국  
전자통신연구원 선임연구원

1996년 3월 ~ 현재: 호남대학교

전파통신공학과 부교수

<주관심분야> SDR, 이동통신, 적응변복조, 채널부호화

차 균 현(Kyun-Hyon Tchah)

정회원



1965년 2월 : 서울대학교 전기공  
학과 학사

1967년 6월: 미국 일리노이 공과  
대학 석사

1976년 6월: 서울대학교 전자공  
학과 박사

1977년 3월~현재: 고려대학교 전

자공학과 교수

1998년 1월~1998년 12월: 한국통신학회 회장

1998년 4월~현재: 한국전자통신연구원 부이사장

<주관심분야>통신이론, 이동통신, 위성통신, 이동멀  
티미디어시스템