

# 천리안 위성을 이용한 위성통신 공공 테스트베드 포워드링크 ACM 구축을 위한 예측기법 연구

류준규\*, 홍성용\*\* 정회원

## A Study on Prediction method for Forward link ACM of Satellite Communication Public Testbed via COMS

Joon-Gyu Ryu\*, Sung-Yong Hong\*\* Regular Members

### 요약

본 논문은 천리안 위성을 이용하여 운용중인 공공 테스트베드의 가용율 및 시스템 throughput 향상을 위해 포워드 링크 ACM(Adaptive Coding & Modulation) 방안에 대해 소개하고, 포워드링크에 ACM 기능을 구현하기 위한 채널 상태를 예측하기 위한 알고리즘으로 기울기를 이용한 예측 기법과 LMS(Least Mean Square)를 이용한 예측 기법의 성능을 비교하였다. 시뮬레이션 결과 LMS 기법을 이용한 예측기법은 99%가 3dB 이내의 예측 오차를 보였고, 기울기를 이용한 예측 기법은 99%가 4.5dB 이내의 예측 오차를 갖음을 알 수 있다.

**Key Words :** ACM, LMS, Adaptive filter, Satellite communication, VSAT

### ABSTRACT

In this paper, we present the forward link ACM method to improve the link availability and system throughput. Also, we compare the prediction algorithm between slope based prediction and LMS algorithm. The simulation results show that the 99% of predicted values in LMS algorithm is within 3dB and that of predicted values in the slope based prediction method is within 4.5dB.

## I. 서론

천리안 위성을 이용한 위성통신용 공공 테스트베드가 2011년에 구축되었고, 공공기관을 대상으로 위성통신 시범 서비스를 제공하고 있다. 현재 구축된 공공 테스트베드 전송 규격은 DVB-S2/DVB-RCS 규격을 기반으로 하며, DVB-S2는 CCM(Constant Coding & Modulation) 모드로 운용하고 있다. 우리나라 최초로 개발된 Ka 대역 위성인 천리안 위성을 이용하여 위성통신망을 운용하기 위해서는 강우감쇠를 고려하여 적응형 전송 기법에 대한 연구가 필요하다.

DVB-S2의 CCM 규격은 서비스 커버리지에서 하나의 가용도에 대해 선택된 코딩 방식과 변조방식으로 고정적으로 사용한다. 이러한 CCM 방식은 맑은날(Clear Sky)인 경우에도 시스템 가용율 규격에 따라 높은 마진을 유지해야 한다. 위성통신 시스템에서 CCM 모드를 적용하여 전송하는 경

우, 강우감쇠가 심하면 위성링크 전체의 감쇠가 증가하여 링크가 끊기는 현상이 발생한다. ACM 방식을 사용함으로써 강우감쇠시 낮은 throughput을 제공하지만 시스템 평균 throughput 및 가용율을 증가시킬 수 있다[1,2].

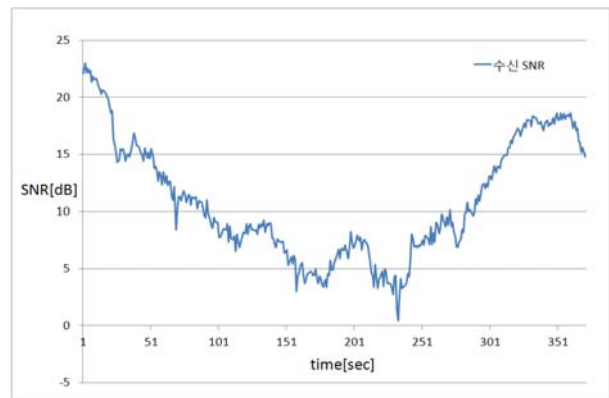


그림 1. 천리안 위성을 통해 측정된 SNR 변화량

※본 연구는 방송통신위원회의 지원을 받아 수행된 연구 결과임.

\*한국전자통신연구원 위성방통융합연구팀 (jgryurt@etri.re.kr), \*\*충남대학교 전파공학과 RF 기술연구소(syhong@cnu.ac.kr)

접수일자: 2012년 5월 17일, 수정완료일자: 2012년 6월 19일, 최종게재확정일자: 2011년 6월 25일

그림 1은 천리안 위성의 공공 테스트베드 운용을 통해 측정된 SNR 변화량으로 강우시 20dB 이상 SNR이 변화하는 것을 알 수 있다. 강우감쇠 극복하고, 안정적인 위성통신 서비스 제공을 위해 UPC(Uplink Power Control), ACM, ACS(Adaptive Coding Selection) 등의 기술이 필요함을 알 수 있다.



그림 2. DVB-S2 ACM 기술을 적용한 위성통신 시스템 개념도

그림 2는 DVB-S2 ACM 기술을 적용한 위성통신 시스템 개념도로, MODCOD(Modulation & Code rate)를 32APSK LDPC 9/10부터 QPSK LDPC 3/4를 적용할 경우 MODCOD 차이에 따라 이론적으로 18.4dB의 강우감쇠를 대처 할 수 있다[3].

## II. 포워드링크 ACM 적용 방안

그림 3은 위성통신용 포워드링크에 ACM 기법을 적용하기 위한 구성도로 중심국은 단말로부터 수신한 SNR 정보를 이용하여 Ka 대역 채널 상태를 예측하여야 한다. 예측된 채널 상태를 이용하여 LUT(Look-up Table)에 저장된 SNR 구간별 MODCOD를 확인하여 현재의 MODCOD를 변경할 지를 결정하게 된다. 결정된 MODCOD에 따라 ACM Routing 기에서는 입력되는 IP TRF(트레픽) 데이터를 이미 분류된 MODCOD 별 buffer에 저장하고, TRF 데이터를 ACM command와 같이 ACM 변조기에 전송하여야 한다.

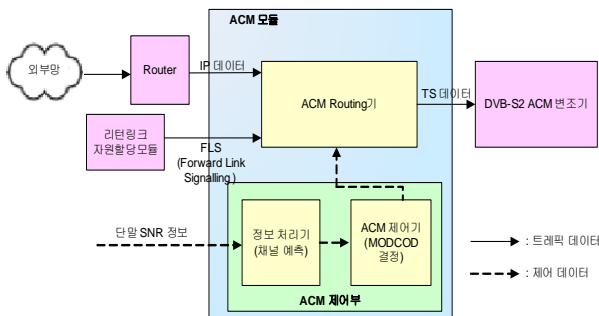


그림 3. 위성통신용 포워드링크 ACM 구성도

ACM 기능을 운용하기 위해서는 정확한 채널 예측을 수행하여야 하고, 시스템에 구현 가능하도록 복잡하지 않고 실

시간 예측이 가능하여야 한다. 본 논문에서는 기율기를 이용한 예측 방법과 적응형 필터를 이용한 예측 기법에 대해 시뮬레이션을 수행하여 성능을 비교하였다.

## III. 채널예측 알고리즘 비교

### 1. 기율기를 이용한 예측 알고리즘 (Slope-Based Prediction)

그림 1과 같이 수신된 SNR 값  $x(t)$ 에는 신틸레이션 페이딩 성분이 포함되어 있다. 예측 이러한 신호의 빠르고 작은 변화를 완화시키기 위해 LPF(Low Pass Filter)로 신틸레이션 영향에 의한 페이드 변화율을 완화시킨다. LPF는 구조가 간단한 Recursive filter를 사용하며 식 (1)과 같다.

$$y(t) = \alpha y(t-1) + (1-\alpha)x(t) \quad (1)$$

여기서,  $0 < \alpha < 1$  이다.

파라미터  $\alpha$  값을 1에 근접한 값으로 하여 필터 대역폭을 좁힘으로써 신틸레이션 영향에 의한 페이드 변화율을 감소시켜야 한다.

기율기 근거 예측과정은 과거와 미래의 기율기가 동일할 것이라는 가정에 의해 계산한다. 즉, 어느 시점  $t$ 에서 관측 시간  $t-n$ 과  $t$ 에서의 두 샘플  $y(t-n)$ 과  $y(t)$ 에 대한 기율기를 이용하여 예측 시간  $p$  이후의 신호 크기  $\tilde{y}(t+p)$ 에 대한 예측 값은 식 (2)와 같다.

$$\tilde{y}(t+p) = \left(\frac{p}{n} + 1\right)y(t) - \frac{p}{n}y(t-n) \quad (2)$$

예측된 값은 오차를 포함하고 있어 식 (3)과 같이 오차를 보정한다.

$$\bar{y}(t+p) = \tilde{y}(t+p) + \bar{e}(t) \quad (3)$$

여기서,  $\bar{e}(t) = \beta \bar{e}(t-1) + (1-\beta)e(t)$

$$e(t) = x(t) - \tilde{y}(t)$$

$0 < \beta < 1$  이다.

### 2. 적응형 필터를 이용한 예측 알고리즘

적응 필터(adaptive filter)는 정해진 성능 평가 기준에 따라 필터의 주파수 응답 특성을 자동적으로 조정하거나 수정할 수 있는 성질을 가진 필터이고, 적응형 필터의 응답 특성을 최적화하는 알고리즘으로 LMS(Least Mean Square)를 적용한다. LMS 알고리즘은 그 안정성이나 구조의 간단성 등으로 인하여 가장 널리 사용되고 있다. 그림 4는 적응형 필

터를 이용한 예측기의 구성도이다.

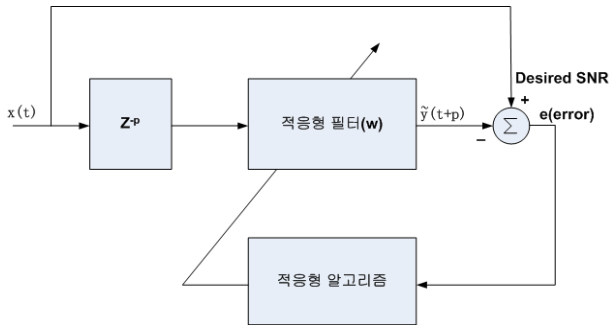


그림 4. 적응형 필터를 이용한 예측기 구성도

단말로부터 수신한 SNR 값  $x(t)$ 는 예측시간  $p[\text{sec}]$  만큼 지연되어 적응형 필터로 입력되어 출력되고, 적응형 필터 출력신호와 수신한 SNR 값  $x(t)$ 와 비교하여 그 오차를 최소화하기 위한 LMS 알고리즘에 따라 적응형 필터 계수는 조절된다[4].

$$\tilde{y}(t+p) = \sum_{i=0}^{n-1} w_i x(t-i) \quad (4)$$

적응형 필터의 계수를 조절하는 LMS 알고리즘은 다음 식 (5)와 같이 쓸 수 있다.

$$w_{i+1} = w_i + 2\mu x_i e_i \quad (5)$$

여기서,  $e_i = x(t) - \tilde{y}(t+p)$ 이다.

식 (5)에서  $\mu$ 는 step size로 알고리즘이 최적해로 수렴하는 속도를 결정한다. 큰 값의  $\mu$ 는 수렴 속도는 빠르게 하지만 정상상태에서의 오차를 크게 하거나 해를 찾지 못하고 발산하게하며, 너무 작은 값의  $\mu$ 는 속도는 느리나 정상상태에서의 오차를 작게 한다. 따라서, LMS 알고리즘을 사용한 적응 필터에서는 많은 실험을 통하여 최적  $\mu$  값을 찾는 것이 중요하다.

적응형 필터를 이용한 예측 방법도 기울기를 이용한 예측 방법과 같이 식 (3)의 오차를 보정해주는 연산 과정을 적용하여 성능을 비교하였다.

#### IV. 예측알고리즘 시뮬레이션

본 장에서는 기울기를 이용한 예측 알고리즘과 적응형 필터를 이용한 예측 알고리즘의 예측오차 보정전과 보정후의 성능을 비교하였다. 시뮬레이션을 위해 사용된 SNR 값은 천리안 위성용 공공 테스트베드 운용을 통해 약 360초간 측정된 단말의 포워드링크 SNR 값을 이용하였다. 시뮬레이션시 두 알고리즘 모두 3초 이후의 채널 상태를 예측하였다. 기울

기 이용 예측 알고리즘 시뮬레이션시 적용 변수는  $\alpha$  값으로 0.9을 사용하였다. LMS 기반의 적응형 필터 예측 알고리즘 시뮬레이션시  $\mu$  값은 0.0001, FIR 필터는 4차를 사용하였다.

그림 5에서 보는 것과 같이 LMS 기법을 이용한 적응형 필터 예측 기법이 실측치와 비슷함을 알 수 있었다. 이를 확률밀도함수와 누적분포함수로 보면 각각 그림 6과 그림 7과 같다.

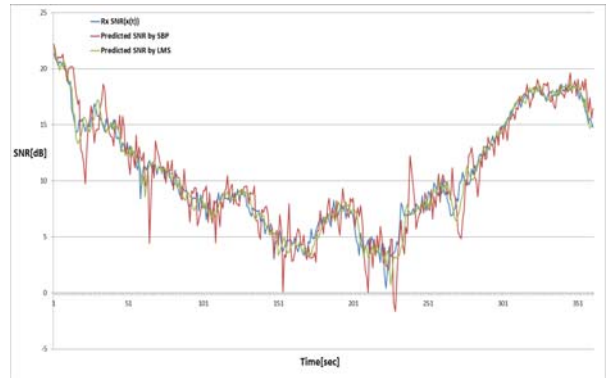


그림 5. 시뮬레이션 결과

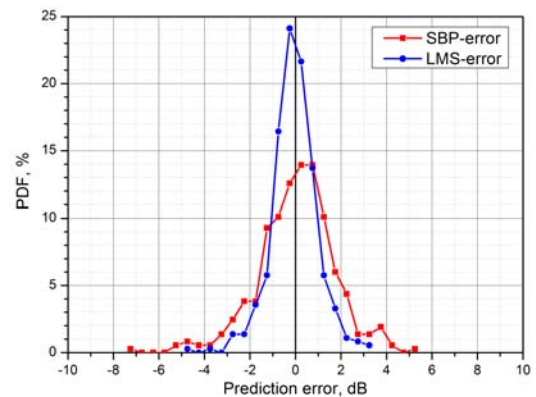


그림 6. 시뮬레이션 결과(확률밀도함수)

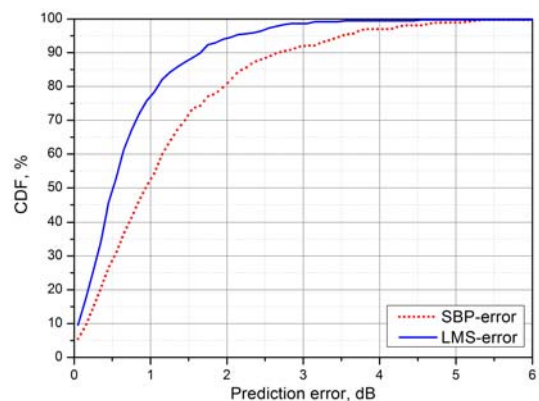


그림 7. 시뮬레이션 결과(누적분포함수)

시뮬레이션 결과 LMS 기법을 이용한 적응형 필터 예측 기법은 예측결과의 99%가 3dB 이내로 예측오차를 보였고, 기울기를 이용한 예측 기법은 99%가 4.5dB 이내의 예측오차를 갖음을 알 수 있다.

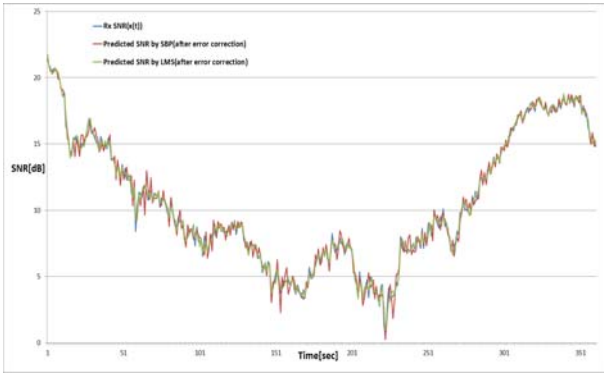


그림 8. 시뮬레이션 결과(예측오차 보정후)

그림 8은 식 (3)에 의해 예측오차를 보정하여 출력한 결과로 그림 5와 비교하면 두 예측 알고리즘의 성능 차이가 많이 좁혀짐을 알 수 있다. 그림 8을 확률분포로 분석해 보면 그림 9와 10과 같이 확률밀도함수와 누적분포함수의 결과를 얻을 수 있다. 두 예측알고리즘의 성능은 많이 비슷해 졌으나 LMS 기법을 이용한 적응형 필터를 이용한 예측 알고리즘은 예측오차를 줄이기 위해  $\beta$ 를 조절하였으나 성능이 향상되지 않았다.

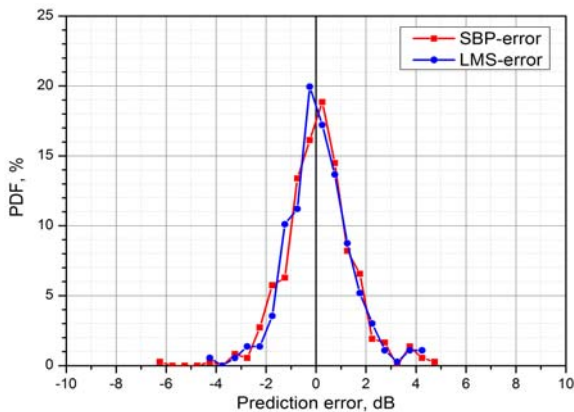


그림 9. 시뮬레이션 결과(확률밀도함수\_예측오차 보정후)

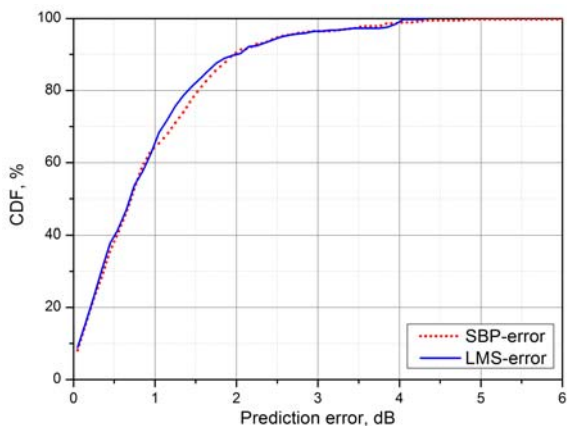


그림 10. 시뮬레이션 결과(누적분포함수\_예측오차 보정후)

## V. 결론

본 논문에서 천리안 위성을 이용하여 운용중인 공공 테스트베드의 가용율 향상을 위해 채널 상태를 예측하기 위한 기울기를 이용한 예측 기법과 LMS(Least Mean Square)를 이용한 예측 기법의 성능을 비교하였다. 예측 결과 LMS를 이용한 적응형 필터를 이용한 방법이 우수하였지만, 예측오차 보정을 해주는 경우 기울기를 이용한 예측방법도 적용 가능함을 알 수 있다.

## 참고 문헌

- [1] Georgios Gardikis, Nikolaos Zotos, and Anastasios Kourtis, "SatelliteMedia Broadcasting with Adaptive Coding andModulation", *International Journal of Digital Multimedia Broadcasting*, Volume 2009
- [2] Hermann Bischl, Hartmut Brandt, Tomaso de Cola, et al, "Adaptive coding and modulation for satellite broadb and networks: From theory to practice", *Int. J. Commun. Syst. Network*, vol 28, March 2009
- [3] 류준규, 오덕길, 홍성용, "위성통신용 ACM 전송 기술 연구", 한국전자과학회 종합학술대회 논문집 Vol. 21. No.1
- [4] Sooyoung Kim Shin, Kwangjae Lim, Kwonhue Choi, and Kunseok Kang, "Rain Attenuation and Doppler Shift Compensation for Satellite Communications", *ETRI Journal*, Volume 24, Number 1, February 2002

## 저자

류 준 규(Joon-Gyu Ryu)

정희원



- 1999년 2월 : 충남대학교 전파공학과 졸업
- 2001년 2월 : 충남대학교 대학원 전파공학과 석사
- 2001~현재 : 한국전자통신연구원 선임 연구원

<관심분야> : 위성방송 및 통신 시스템

홍 성 용(Sung-Yong Hong)

정희원



- 1988년 2월 : KAIST 대학원 전자공학과 석사
- 1994년 2월 : KAIST 대학원 전자공학과 박사
- 1994~1996 : 쌍신전기 연구소장
- 1996~현재 : 충남대학교 전파공학과 정 교수

<관심분야> : RF Filter, Frequency Synthesizer, Multi-layer component 등