

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2019.19.2.73>

IIBC 2019-2-10

ARQ 기법을 활용한 이동형 위성단말 채널의 성능분석

Performance Analysis of Mobile Satellite Terminal Channel using ARQ Technique

이희규*

Lee, Huikyung*

요약 본 논문에서는 이동형 위성단말에서 발생하는 shadowing 채널에 ARQ 기술을 적용하여 성능을 확인한다. shadowing은 위성단말이 이동하면서 생기는 신호 단절이다. 신호 단절을 보상하기 위해 신호를 재전송하는 ARQ기술을 사용할 수 있다. 위성통신에서는 송신 데이터와 ack채널에서 shadowing이 발생한다. 두 채널에서 발생하는 shadowing의 상관관계에 따라 ARQ 기술 적용 후 예상되는 전송량은 다르다. 따라서 shadowing채널에 ARQ 기술을 적용할 경우 예상되는 성능을 확인한다. 분석결과 단말이 송신할 경우와 수신할 경우 전송량의 차이를 보였고, 수식적으로 성능을 예측할 수 있음을 보였다.

Abstract In this paper, the performance is confirmed by applying ARQ technology to the shadowing channel occurring in the mobile satellite terminal. Shadowing is a signal disruption caused by movement of a satellite terminal. An ARQ technique may be used to retransmit the signal to compensate for signal interruption. In satellite communication, shadowing occurs in the transmission channel and the ack channel. The expected throughput after applying ARQ technique is different according to the correlation of shadowing occurring in two channels. Therefore, we confirm the expected performance when ARQ is applied in the shadowing channel. As a result, it is shown that the amount of transmission is different when the terminal transmits and receives, and the performance can be predicted formally.

Key Words : ARQ, exponential distribution, mobile terminal, satellite

1. 서론

이동형 위성단말의 운용 환경에선 shadowing으로 신호 단절이 빈번히 발생한다. Shadowing은 신호가 수신되지 않는 현상이며, 건물 또는 나무 등 장애물로 발생한다. Shadowing의 발생 빈도 및 지속 시간은 위성단말의 이동 방향에 따라 달라지므로 정확한 예측은 어렵다.

이론적 분석방법으로 산술적인 방법과 two-state Markov모형을 이용한 방법이 있다. 산술적 방법은 LOO

모델로 Rician, Rayleigh, 및 Lognormal분포를 사용하여 수신신호의 세기를 표현하였다^[1]. two-state Markov 모델은 신호가 수신될 때는 Rician분포로, 수신되지 않으면 Rayleigh와 Lognormal분포를 결합한 형태로 표현하였다^[2].

Shadowing은 automatic repeat request(ARQ) 기술로 보상할 수 있다. 이 기법은 송신 후, ACK를 받지 못하면, 다시 전송하는 방식이다. 이는 OSI layer 2인 Data link 계층에서 적용한다. ARQ 기술은 Data link계층의 다른 여러 정정방식인 FEC코드를 결합하여 사용한다. ARQ와

*정회원, 국방과학연구소

접수일자 2019년 2월 15일, 수정완료 2019년 3월 15일
게재확정일자 2019년 4월 5일

Received: 15 February, 2019 / Revised: 15 March, 2019 /

Accepted: 5 April, 2019

*Corresponding Author: heeq@add.re.kr

Agent for Defence Development, Daejeon, Korea

FEC가 결합된 방식인 Hybrid ARQ는 백색잡음에 의해서 발생하는 신호 오류를 FEC로 보상한다. 따라서 HARQ 기법을 적용할 경우는 Shadowing에서 발생하는 신호 단절에만 국한시킬 수 있다^[4].

HARQ 기술을 적용해 shadowing 채널을 보상할 경우 shadowing 비율에 따라 성능을 예측할 수 있다.

본 논문에서는 먼저, ARQ특성을 이론적으로 분석한다. 다음으로 측정된 shadowing 채널을 ARQ 기술을 활용하여 보상한다. 마지막으로 shadowing 비율에 따라 예상되는 성능을 확인한다.

II. 이론적 분석

1. ARQ 특성

위성통신시스템에서는 송수신과 주파수가 다르다. 송신과 수신에 다른 채널을 사용하여 전송함으로써 데이터와 Ack 각각 다른 채널로 동시에 전송된다. ARQ 기술 중 위성통신에 적용하기 좋은 방식은 Selective ARQ이다 [3]. Stop-and-Wait나 Go-Back-N방식과 비교해 복잡하지만, 주파수 자원이 부족한 위성통신시스템에서 효과적이다. 또한 round travel time(RTT)가 긴 위성통신에선 더욱 효율적이다.

일반적으로 지상망에서는 데이터의 오류만을 고려한다. 데이터와 ack에 오류가 발생하더라도 둘 간의 상관관계는 없다. 위성통신에서는 데이터와 ack를 보내면, shadowing특성에 따라 성능이 도출된다. 만약 shadowing의 지속시간이 짧다면, 일반적인 지상망 특성과 유사할 것이고, 식(1)과 같은 특성을 기대할 수 있다.

$$P_f = 1 - (1 - p_{data})(1 - p_{ack}) \quad (1)$$

p_{ack}, p_{data} 는 ack와 데이터 채널의 PER이다. 데이터를 보내는 채널과 ack를 보내는 채널에서 shadowing이 발생할 확률은 같으므로 shadowing이 있는 환경에서 성능은 식(2)와 같다.

데이터를 보내는 채널과 ack를 보내는 채널에서 shadowing이 uniform하게 발생할 확률이 같으므로, shadowing이 발생하는 환경에서 성능은 식(2)과 같이 예상할 수 있다.

$$P_f = 1 - (1 - p)^2 \quad (2)$$

2. 이동형 위성단말 채널 특성

이동형 위성단말은 건물이나 나무로 shadowing이 발생한다. Shadowing이 발생하면 수신 신호의 세기는 급격하게 감소하고 수신기에서 오류가 발생한다. 그림 1은 FEC를 적용한 shadowing 채널의 PER을 보여준다.

Shadowing이 발생 빈도는 단말의 운용 장소에 따라 변하므로 예측이 어렵다. 하지만, 일정시간동안 수신한 신호를 이용해, 지속 시간은 예측할 수 있다. 여러 환경에서 측정된 20개의 측정 신호로 지속시간을 분석하면 그림 2와 같다.

그림 2의 특성은 Exponential분포와 유사하다. 따라서 그림의 특성이 exponential 분포를 따른다고 가정하고, 기댓값 구해 기준 값을 설정한다. 위 그림의 기댓값은 약 16.5 프레임이다. 즉 평균적으로 16.5 프레임 동안 Shadowing이 발생하지만, exponential분포 특성상 분산이 크기 때문에 특정 값을 단정할 순 없다.

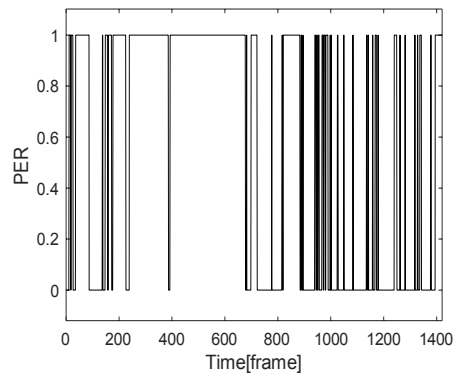


그림 1. 프레임에 따른 PER

Fig. 1. PER according to frame

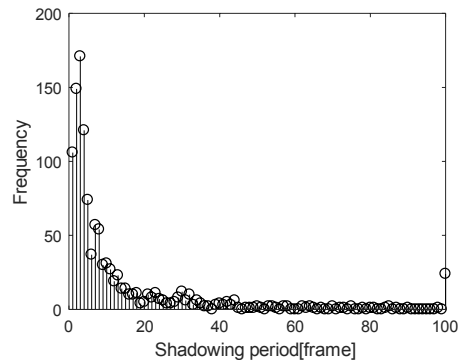


그림 2. Shadowing 지속시간 빈도

Fig. 2. Frequency of shadowing period

3. 시스템 모델

$$\begin{aligned}
 Time_{tot} &= Tx_{prop} + Rx_{frame} + Rx_{proc} \\
 &+ Rx_{prop} + Tx_{frame} + Tx_{proc}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

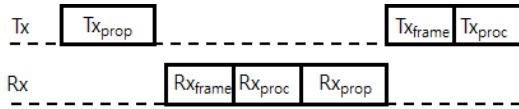


그림 3. 시스템 모델
 Fig. 3. System model

Selective ARQ 는 Ack와 상관없이 연속적으로 데이터를 송신한다. 하나의 프레임이 전송 시간은 식(3)과 같고, N개의 프레임을 전송하는데 소요되는 시간은 하나의 프레임 전송시간에 N개 프레임 수를 더한 값이다.

그림 3에서 Tx_{prop}는 데이터를 송신하는 시간, Rx_{frame}은 데이터 수신하는 시간, Rx_{proc}은 데이터를 처리하는 시간이다. Rx_{prop}는 ack를 보내는 시간, Tx_{frame}은 ack를 수신하는 시간, Tx_{proc}는 ack를 처리하는 시간이다. 시간 단위는 분석의 복잡도를 줄이기 위해 프레임단위로 설정한다.

시스템 모델에 따라 ARQ를 두 가지 방법으로 적용할 수 있다. 첫 번째는, 이동형 위성단말이 데이터를 수신하고 Ack를 송신할 경우이며, 두 번째는 이동형 위성단말이 데이터를 송신하고 Ack를 수신하는 경우이다.

그림3 시스템모델에서 보면 두 경우 Shadowing이 발생하는 위치는 다르다. Shadowing은 이동형 위성단말이 움직임으로 발생하는 간섭이다. 그림 3의 프레임 기준으로, 데이터 수신하는 경우는 Tx_{prop}의 끝부분, Rx_{prop}의 초반에 발생한다. 반대로 데이터를 송신하는 경우 Tx_{prop}의 초반, Rx_{prop}의 끝부분에서 발생한다. 직관적으로 성능은 데이터를 수신할 경우 shadowing길이에 따라 영향을 받기 쉽다.

Tx_{prop}와 Rx_{prop}의 길이는 8개 프레임, Rx_{proc}, Tx_{proc}, Tx_{fram}, Rx_{frame}은 각 1개 프레임의 시간 소요를 가정한다. 데이터를 수신하는 경우, 데이터의 shadowing은 Tx_{prop} 8번째, ack의 shadowing은 Rx_{prop} 1번째에서 발생한다. 데이터를 송신하는 경우에 Tx_{prop} 1번째, ack의 shadowing은 Rx_{prop} 8번째에서 발생한다. 데이터를 수신하는 경우 데이터와 ack의 시간 차는 3개 프레임이다. Shadowing이 3개 프레임 이상 발

생한다면 데이터 수신과 ack가 동일한 shadowing영향을 받는다. 데이터를 송신하는 경우 데이터와 ack의 시간차는 15개 프레임이다. shadowing이 지속시간은 평균 16.5 프레임으로 데이터 수신시 영향이 더 클 것이다.

표 1. 모의실험 파라미터
 Table 1. Simulation Parameter

파라미터	값
프레임 길이	31.25ms
위성 지연	250ms
전송속도	130kbps
신호처리 시간	31.25ms

III. 실험 및 결과

위성통신의 경우 Tx_{prop}와 Rx_{prop}는 약 250ms이다. 하나의 프레임의 길이는 TPC코드(63, 57, 3)을 사용한다. 만약 전송속도를 약 130kbps로 가정하면, Tx_{prop}의 길이는 8개의 프레임이 들어간 길이와 같다. 따라서 하나의 프레임을 보내기 위해 625ms가 필요하며 20개의 프레임 길이와 같다.

1. 실험 결과

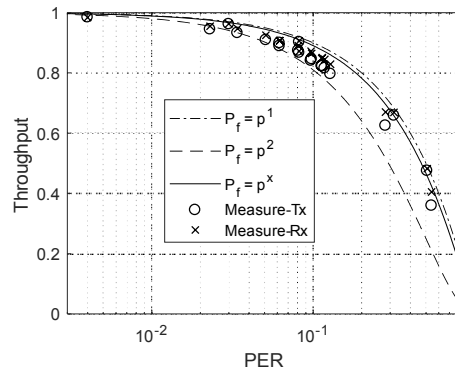


그림 4. PER에 따른 총 전송량(20개 채널)
 Fig. 4. Throughput according to PER(The number of ch. is 20)

그림 4을 보면 이론적인 상황과 송신과 수신 두 경우의 결과를 볼 수 있다. 먼저 20개 지역에서 측정된 신호 세기로 PER을 분석한 결과를 볼 수 있다. PER은 1에 가

가을수록 전송량이 줄어든다. 이 경향은 송신과 수신이 비슷하게 나타난다. 측정 결과는 이론치와 유사한 경향을 보이는 것을 확인할 수 있다.

2. 결과 분석

그림 4를 보면 측정결과와 유사한 이론 곡선을 확인할 수 있다. 이론 곡선은 식(2)의 결과가 아닌 SR ARQ의 결과를 보인다^[5].

$$P_f = p^x \quad (4)$$

그 이유는 Shadowing의 지속 시간이 충분히 크기 때문이다. 데이터 채널과 ack채널이 상관관계가 없는 환경에서는 데이터 신호와 ack신호가 동시에 shadowing영향을 받지 않아야 하므로 식(2)와 같은 특성을 보일 것이다. 하지만 shadowing 지속 시간이 길어지면서 데이터 신호와 ack신호가 한번의 shadowing으로 소실된다.

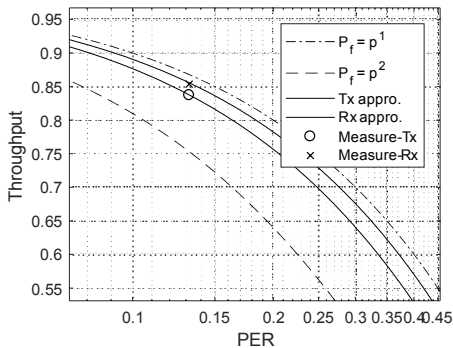


그림 5. PER에 따른 총 전송량(누적 채널)
Fig. 5. Throughput according to PER(Cumulative ch.)

데이터 채널과 ack채널이 완벽한 상관관계를 가지면 식(4)에서 x 의 값은 1과 같다. 측정된 신호 세기로 ARQ를 성능을 분석한 결과는 측정 결과들은 식(4)의 x 값이 1~2사이에서 위치한다. 그 이유는 각각의 측정 채널은 exponential 분포 특성을 보이지 않기 때문이다. 전체 신호를 합한 결과가 그림 2와 같이 분포 특성을 보인다. 따라서 전체 채널의 합친 결과로 ARQ 기술의 성능을 분석하면 그림 5와 같다. 그림 5의 결과는 약 1시간 이상의 측정신호를 결합한 결과이다. 그림 5의 결과에서 식(4)의 x 값은 데이터를 송신할 경우 1.25, 데이터를 수신할 경우 1.1로 근사화 할 수 있다. 이 결과는 충분히 긴 시간동안 측정할 경우 예상되는 결과이다.

IV. 결론

본 논문에서는 shadowing이 발생하는 위성통신 채널에서 ARQ를 이용한 보상을 수행하였다. 그리고 이동형 위성통신 단말을 ARQ 기술로 운용 시 예상되는 성능곡선을 도출하였다. 이동형 위성단말은 shadowing의 지속 시간이 길기 때문에 데이터 신호와 ack신호가 한번의 shadowing 영향으로 소실될 가능성이 높다. 따라서 데이터와 ack 채널의 상관관계가 존재하고, 식 (4)와 같은 결과를 예측할 수 있다.

References

- [1] C. Loo, "A Statistical model for a land mobile satellite link," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. VT-34, pp. 122 - 127, Aug. 1985
<https://doi.org/10.1109/t-vt.1985.24048>
- [2] E. Lutz, D. Cygan, M. Dippold, F. Dolainsky, and W. Papke, "The land mobile satellite communications channel-recording, statistics, and channel model," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 40, no. 2, pp. 375 - 386, May 1991.
<https://doi.org/10.1109/25.289418>
- [3] Peter L, Lars K. R., "Throughput Analysis of ARQ Schemes in Gaussian Block Fading Channels", IEEE Trans. on Comm., VOL. 62, NO. 7, pp. 2569-2587, July 2014.
<https://doi.org/10.1109/tcomm.2014.2321383>
- [4] Lan-Mi Hwang, Byung-Jin Lee, "Link Relay H-ARQ mode for Throughput Improvement in a Satellite Communication network", VOL. 16 No. 1, pp. 129-137, February 2016.
- [5] PHILIP S. YU, SHU LIN, "An Efficient Selective-Repeat ARQ Scheme for Satellite Channels and Its Throughput Analysis" IEEE Trans. on Comm., VOL. COM-29, NO. 3, March 1981.
- [6] H. Ko, S. Jung, I. Lee, J. Cho, J. S. Cha "A Study on Compatibility between LTE and WLAN System for Mobile Satellite Wireless Package

System” IJIBC Vol.7 No.2 pp.130-136 August 2015.

- [7] Jeon, S. Kang, H. Yang “Performance Analysis in Wireless Home Network using Bluetooth with SAW-ARQ” Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society(JKAIS), v.11, no.5, pp.1608-1615, 2010.

저자 소개

이 희 규(정회원)



- 2010년 2월 : 충북대학교 전자공학부 공학사
- 2012년 2월 : 충북대학교 전자공학부 공학석사
- 2012년 4월 ~ 현재: 국방과학연구소 연구원