

# 레이리 무선채널 모델하에서 평균 데이터 전송률을 최대화 하기 위한 최적 목표 전송률

권태훈<sup>o</sup>

한국과학기술정보연구원 데이터분석플랫폼센터<sup>o</sup>

e-mail: kth78@kisti.re.kr<sup>o</sup>

## Optimal target data rate to maximize average data rate under Rayleigh fading channel model

Taehoon Kwon<sup>o</sup>

Data Analysis Platform Center, Korea Institute of Science and Technology Information<sup>o</sup>

### ● 요약 ●

본 논문에서는 레이리 페이딩 채널 모델하에서 평균데이터 전송률을 최대화 할 수 있는 목표 데이터 전송률을 분석하였다. 같은 무선채널환경에서 목표 데이터 전송률이 높아질수록 오류 없이 전송될 확률은 낮아진다. 반면, 목표 데이터 전송률이 낮아지면 오류 없이 전송될 확률은 높아지지만, 한번에 보내는 데이터 양이 작아지게 된다. 따라서, 주어진 무선 채널 환경을 최대로 활용하기 위해서는 오류 전송 확률과 목표 데이터 전송률을 고려하여 최대 평균 데이터 전송률을 얻기 위한 조건에 대한 분석이 선행되어야 한다. 본 논문에서는 평균 데이터 전송률을 정의하고, 이를 최대화하기 위한 목표 데이터 전송률을 분석하였다. 분석 결과는 몬테카를로 모의 시뮬레이션을 통하여 정확성을 증명하였다.

**키워드:** 레이리 채널(Rayleigh channel), 데이터 전송률(Data rate), 최대화(Maximization)

## I. Introduction

무선통신환경에서는 데이터 전송량과 함께 오수신 확률 등의 전송의 신뢰성 지표 또한 중요한 성능 지표중 하나이다 [1].

일반적으로 동일한 채널 환경하에서 데이터 전송률과 오수신 확률은 반비례관계에 있다. 즉, 더 높은 데이터 전송률을 만족시키기 위해서는 더 높은 신호 대 간섭비가 요구되며, 주어진 무선채널 환경하에서 요구되는 신호 대 간섭비가 높아질수록 더 많은 오수신 확률이 발생하게 된다. 따라서, 데이터의 전송률이 의미를 가지려면 에러없이 전송된 실제 데이터의 전송률이 고려되어야 한다.

본 논문에서는 레이리 페이딩 채널하에서 에러없이 전송된 평균데이터 전송률을 고려하여, 이를 최대화 할 수 있는 목표 데이터 전송률에 대한 조건을 분석하였다.

여기서  $P_{Out}$ 은 오수신확률로 실제 무선채널환경이 요구되는 목표 신호 대 간섭비  $\Gamma(R)$ 를 만족시키지 못할 확률이다. 또한,  $R$ 은 목표 데이터 전송률(Target data rate)을 나타낸다. 레이리 페이딩 채널환경하에서  $P_{Out}$ 은 다음과 같이 유도가 가능하다 [3].

$$P_{Out}(\Gamma(R)) = 1 - \exp(-\Gamma(R)/\tilde{Y}), \quad (2)$$

여기서  $\tilde{Y}$ 은 채널을 겪은 평균 수신 신호 대 잡음비(Signal to noise ration, SNR)다. 또한, Shannon의 채널 용량식을 활용하면, 목표 신호 대 간섭비는 다음과 같이 목표 데이터 전송률로 정리할 수 있다 [1][2][3].

$$\Gamma(R) = 2^R - 1. \quad (3)$$

따라서, (2)와 (3)을 이용하면, (1)의 평균데이터 전송률은 다음과 같이 유도할 수 있다.

## II. Analysis

평균 데이터 전송률은 데이터 전송률과 해당 전송률이 성공적으로 전송된 확률의 곱으로 표현할 수 있다. 따라서, 평균 데이터 전송률(Average data rate)은 다음과 같이 정의할 수 있다 [2].

$$\tilde{R}(R) = R(1 - P_{Out}(\Gamma(R))), \quad (1)$$

$$\tilde{R}(R) = R \exp\left(-\frac{2^R - 1}{\tilde{Y}}\right). \quad (4)$$

위 식은 양수  $R$ 에 대해 연속함수이며 미분가능하다. 또한  $R$ 은 음수값을 가질 수 없다. 또한 다음의 경계값이 성립한다.

$$\tilde{R}(0) = 0, \lim_{R \rightarrow \infty} \tilde{R}(R) = 0, \quad (5)$$

따라서,  $\tilde{R}(R)$ 은 도함수를 0으로 하는 임계점  $R_0$ 에서 최대값을 가지는 것을 쉽게 증명가능하다.

치수함수는 0보다는 크므로  $d\tilde{R}(R_0)/dR=0$  에서 평균데이터 전송률을 최대화하는 목표 데이터 전송률  $R_0$ 에 대한 다음 조건을 쉽게 유도할 수 있다.

$$R_0 + \log_2(R_0) - \log_2\left(\frac{\tilde{Y}}{\ln 2}\right) = 0, \quad (6)$$

해당 방정식 형태의 해는 Lambert W 함수로 표현할 수 있다 [4]. 따라서, 평균데이터 전송률을 최대화하는 목표 데이터 전송률은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$R_0 = \frac{W\left(\frac{\tilde{Y}}{\ln 2} \log(2)\right)}{\log(2)}, \quad (7)$$

여기서  $W$ 는 Lambert W함수이다 [4].

### III. Simulation Result

분석의 정확성을 검증하기 위해, 몬테카를로 모의실험을 수행하였다. 목표 데이터 전송률을 변화시키면서 얻은 평균 데이터 전송률을 관찰하고, 해당 평균 데이터 전송률을 최대로 하는 목표 데이터 전송률을 각각 시뮬레이션과 분석을 통해 비교하였다. Fig. 1에서 볼 수 있듯이, 제안된 목표 전송률 최적값이 실험을 통해 얻은 최적값과 정확하게 일치함을 확인 할 수 있다. 또한, 해당 목표 전송률 값들이 모두 평균 데이터 전송률을 최대화하는 것을 확인할 수 있다.

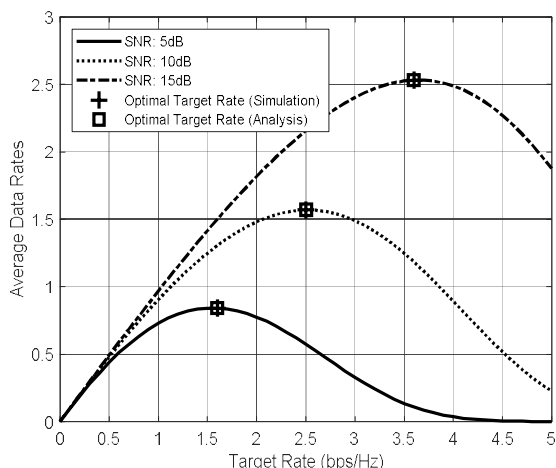


Fig. 1. 목표 데이터 전송률에 따른 평균 데이터 전송률

### IV. Conclusions

본 논문에서는 평균 데이터 전송률을 정의하고, 이를 최대화하기 위한 목표 데이터 전송률을 분석하였다. 분석값은 몬테카를로 모의 시뮬레이션을 통하여 실험값과 정확하게 일치함을 확인할 수 있다. 본 결과를 활용하면, 무선통신 시스템 설계시 최적화를 위한 변수 설정에 도움이 될 것으로 예상된다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 한국과학기술정보연구원(KISTI)의 지원으로 작성되었습니다.

### REFERENCES

- [1] T. Kwon, S. Lim, S. Choi and D. Hong, "Optimal Duplex Mode for DF Relay in Terms of The Outage Probability", IEEE Transactions On Vehicular Technology, Vol.59 ,Issue.7, Sept. 2010
- [2] T. Kwon, "Average Data Rate Analysis for Data Exchanging Nodes via Relay by Concurrent Transmission", Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, Vol. 11, No.6, Nov. 2018
- [3] J. N. Laneman, D. N. C. Tse, and G. W. Wornell, "Cooperative Diversity in Wireless Networks: Efficient Protocols and Outage Behavior," IEEE Trans. on Inform. Theory, vol. 50, Dec. 2004
- [4] WIKIPEDIA, [https://en.wikipedia.org/wiki/Lambert\\_W\\_function](https://en.wikipedia.org/wiki/Lambert_W_function)