

TSME 측정 자료에 따른 LTE RB 사용률 분포 분석에 관한 연구

이운주, 김윤배, 박승근
한국전자통신연구원

yjlee60233; doko9gum; seungkp@etri.re.kr

A Study on the Distribution Analysis of LTE Resource Block Usage from TSME Measurement Data

Yoonjoo Lee, Yunbae Kim, Seungken Park
ETRI

요약

Rohde & Schwarz 사의 TSME 는 LTE eNodeB 의 하향링크 자원할당 분석에 필요한 데이터를 측정하는 장치로서, 본 논문에서는 이 장치로부터 측정한 데이터 가운데 RB(Resource Block) 사용률과 RNTI(Radio Network Temporary Identifier)의 수에 대해 분석한다. 5 초간의 RB 사용률 평균의 표본이 정규분포를 따르지 않음을 확인하고, 해당 데이터에 적합한 변환을 도출한다. RNTI 별 RB 사용률의 조건부 확률밀도함수의 정규성 검정을 통해 변환된 데이터에 대한 확률밀도함수를 정규분포 확률밀도함수의 합으로 도출한다.

I. 서론

대용량 콘텐츠에 대한 사용자들이 늘어나면서 이동통신 시스템의 데이터 전송률의 향상에 대한 필요가 증가하고 있다. 시스템의 전송률에 큰 영향을 미치는 요소는 대역폭이지만, 주파수 자원은 제한되어 있으므로 가능한 범위 안에서 해당 자원을 적절하게 사용할 수 있도록 하는 자원 할당 관리가 매우 중요하다. 적절한 주파수 자원 할당 관리를 하기 위해서는 현재 주파수 소요량에 대한 측정 및 분석과 이후 주파수 소요량에 대한 예측이 수행되어야 할 필요가 있다.

Rohde & Schwarz 사의 TSME 는 위의 분석에 필요한 데이터를 측정하는 장치로, LTE(Long Term Evolution) 시스템에 대해 셀 전송률[kbps], RB(Resource Block) 사용률 [%], RNTI(Radio Network Temporary Identifier) 수, RNTI 전송률[kbps]등과 같은 데이터를 얻을 수 있다. [1] 본 논문에서는 주파수 소요량 예측에 중요하게 반영되는 파라미터인 RB 사용률과 RNTI 수에 대해 분석한다. RB 사용률 분석에 적합한 변환을 찾고, 변환된 데이터의 분포를 구성하는 RNTI 별 RB 사용률 분포들과 비교 분석한다.

II. 본론

본 논문에서 사용하는 데이터는 2017 년 11 월 16 일 18:00-19:00 강남역 11 번 출구에서의 측정 결과이다. LTE 에서는 1ms 에 해당하는 TTI(Transmit Time Interval)의 단위로 주파수 자원이 할당된다. TSME 로 측정된 데이터는 MS Excel 파일로 추출할 수 있으며, 추출되는 데이터는 5 초 단위의 정보로 5 초 동안 임의로 측정된 TTI 들로부터 얻어진 값을 통해 계산된 값을 의미

한다. 본 논문에서 활용하는 데이터는 표 1 과 같다.

표 1. 데이터 설명

RB 사용률	5 초동안 측정된 TTI 에서 할당된 RB 비율의 평균
RNTI 수	5 초동안 측정된 TTI 에서 추출된 서로 다른 RNTI 의 수

측정된 RB 사용률의 히스토그램은 그림 1 과 같다. 이 히스토그램을 통해 RB 사용률의 분포는 left-skewed 임을 확인할 수 있다.

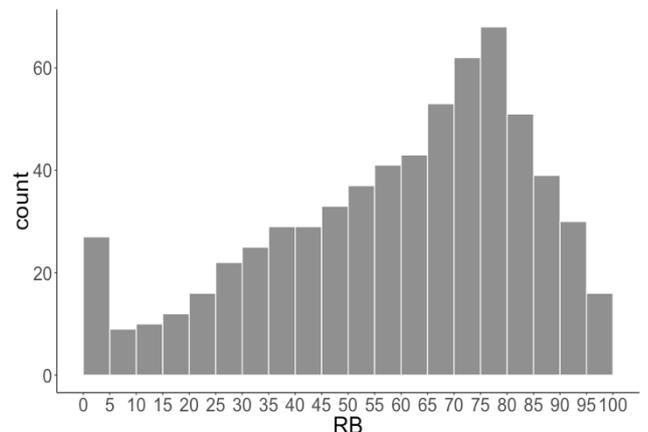


그림 1. RB 사용률의 히스토그램

RB 사용률 분포의 normality test 의 경우, sample 개수가 655 개이므로 대표본 정규성 검사에 이용하는 Kolmogorov-Smirnov test 를 이용한다.[2] Test 결과 p -값은 2.749×10^{-5} 으로, 유의수준 0.05 에서 RB 사용률은 정규분포를 따르지 않는 것으로 볼 수 있다.

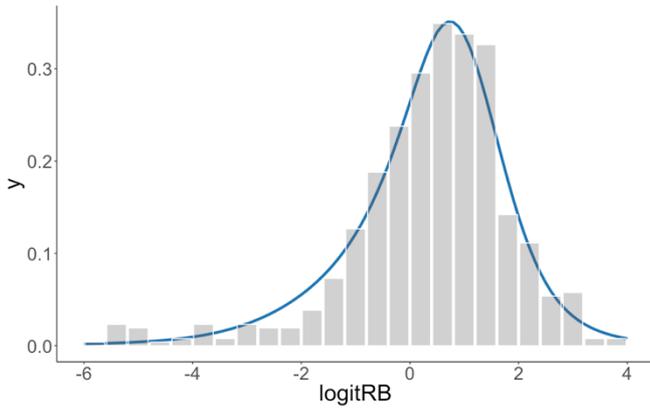


그림 2. logitRB 의 히스토그램 및 적합된 확률밀도함수

RB 사용률의 범위는 0 에서 100 사이로, 정규분포와 같이 취할 수 있는 값의 범위가 실수 전체인 분포로 근사하는 경우, 범위가 크게 어긋날 수 있다. 이에 대비하여 logit 함수를 통해 범위를 실수 전체로 확장시킨다. Logit 변환을 거친 logitRB 의 히스토그램은 그림 2 에서 볼 수 있듯이 RB 사용률에 비해 skewness 가 줄어든 양상을 보여준다. 하지만 logitRB 에 대한 Kolmogorov-Smirnov test 의 결과는 p -값이 4.149×10^{-5} 으로, 유의수준 0.05 에서 logitRB 역시 정규분포를 따르지 않음을 알 수 있다.

마지막으로 각각의 RNTI 의 수를 조건부로 logitRB 의 분포에 대한 정규성을 살펴본다. RNTI 의 수가 같은 logit RB 에 대해 normality test 를 수행하는데, 표본의 개수가 3 개 미만인 경우 표본의 개수가 너무 적으므로 test 가 불가하며, 3 개 이상 50 개 미만인 경우 Shapiro-Wilk test 를, 50 개 이상의 경우 Lilliefors test 를 이용한다. [2] 표본의 수가 3 개 이상인 RNTI 수에 대한 test 수행결과는 표 2 와 같다.

표 2. RNTI 별 logitRB 분포의 normality test

RNTI 수	p -값	결과
2	0.024	Reject H0
3	0.064	Normal
4	0.567	Normal
5	0.121	Normal
6	0.523	Normal
7	0.507	Normal
8	0.406	Normal
9	0.245	Normal
10	0.388	Normal
11	0.474	Normal
12	0.327	Normal
13	0.927	Normal
14	0.399	Normal
15	0.490	Normal
16	0.626	Normal

RNTI 수가 2인 경우를 제외한 모든 RNTI 별 logitRB 의 분포는 유의수준이 0.05 에서 정규분포를 따름을 알 수 있다. 즉, logitRB 와 RNTI 수에 대한 확률변수를 각각 Y 와 X 라 할 때, $Y|X = n$ 는 $n \geq 3$ 에 대해 정규분포를 따름을 알 수 있다. 그림 3 은 RNTI 수 별로 히스토그램 및 logitRB 에 대한 표본평균과 표본분산을 모수로 갖는 정규분포의 확률밀도함수를 보여주고 있다. $X = 2$ 인 경우를 제외한 데이터는 $Y|X = n (3 \leq n \leq 16)$ 가 정규분포로 잘 적합됨을 확인할 수 있다. 적합된

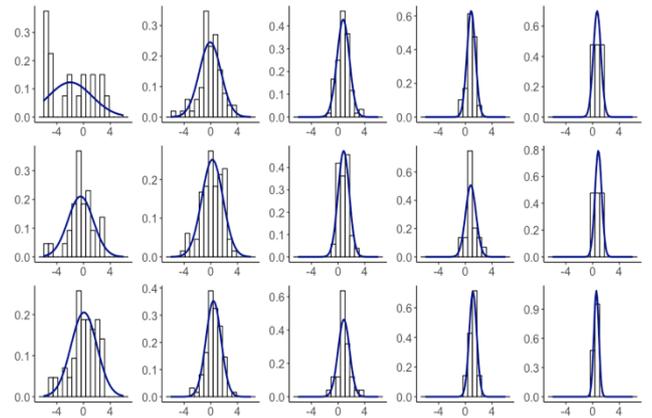


그림 3. 각 RNTI 별 logitRB 분포의 히스토그램 및 확률밀도함수

정규분포를 바탕으로 Y 의 확률밀도함수는 다음과 같이 도출할 수 있다.

$$f_Y(y) = \sum_{n=2}^{16} f_{Y|X}(y|n)P(X = n)$$

여기에서, $f_{Y|X}(y|n)$ 는 RNTI 수가 n 인 logitRB 데이터의 표본평균과 표본분산을 모수로 갖는 정규분포의 확률밀도 함수이며, $P(X = n)$ 은 전체 표본 중 RNTI 수가 n 인 표본의 비율이다. 계산된 $f_Y(y)$ 는 그림 2 의 실선과 같으며, logitRB 의 분포는 $f_Y(y)$ 로 적합됨을 확인할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 주파수 소요량 예측 연구에 핵심적 요소 중 하나인 RB 사용률의 분포에 대해 분석하였다. 데이터 범위의 특성상 logit 변환을 취할 때에 분포에 대한 예측이 용이해 진다는 것을 알 수 있었다. 또한 정규분포를 따르는 각 RNTI 별 logitRB 분포의 결합으로 logitRB 의 분포를 근사시킬 수 있었다. 이는 RB 사용률의 분포를 근사하기 어려운 경우, RNTI 별로 나누어 분석할 수 있다는 점을 시사한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2018 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2017-0-00109, 전파자원 선순환을 위한 주파수 분석 기술 개발)

참 고 문 헌

[1] J. Schilbach, " R&S@TSMW, TSME, TSMA LTE Downlink Allocation Analysis", Application Note Rohde & Schwarz, 2016.

[2] Haslwanter, T., "An Introduction to Statistics with Python: With Applications in the Life Sciences," Springer, 2016.