

5G 이동통신용 기계학습기반 Link-to-System 매핑 기술

장한승, 추은미, 정방철

충남대학교

jhanseung@gmail.com, emchu@cnu.ac.kr, bcjung@cnu.ac.kr

Link-to-System Mapping Techniques Based on Machine Learning for 5G Cellular Networks

Han Seung Jang, Eunmi Chu, Bang Chul Jung

Chungnam National University

요약

본 논문에서는 5G 핵심 요소 기술 개발 및 시스템 성능 검증을 위해 사용되는 링크레벨 시뮬레이터와 시스템레벨 시뮬레이터간의 연동 매핑 기술을 다룬다. 기존의 연동 매핑 기술의 한계점을 극복하기 위해 새로운 기계학습기반의 link-to-system (L2S) 매핑방식을 제안하고 이에 대한 성능 검증결과를 보인다. 제안된 기계학습기반 L2S 매핑 방식은 기존 L2S 매핑 방식에 비해 채널상태의 구분 없이 빠른 데이터 블록 디코딩 성공여부 결과를 추출할 수 있어 5G 이동통신용 시뮬레이터에 매우 효과적으로 활용될 것으로 예상된다.

I. 서론

개방형 5G 표준모델 프로젝트에서 개발하고 있는 '5G-K 통합 시뮬레이터'는 5G 핵심 요소 기술 개발 및 시스템 성능 검증을 위한 통합 시뮬레이터이다. 이 시뮬레이터로부터 링크 레벨 - 시스템 레벨 - 네트워크 레벨의 통합 운용과 5G 기술 개발의 기반을 구축하고 있다. 본 연구에서는 구체적으로 '5G-K 통합 시뮬레이터'에서 링크 레벨 시뮬레이터와 시스템 레벨 시뮬레이터 간 연동 기술인 Link-to-System (L2S) 매핑 기술 [1-3]에 대해 다룬다.

4세대 LTE 시스템에 비해 5세대 이동통신 시스템에서는 기본 부주파수 및 기본 자원 크기가 작아져 링크 레벨에서 다뤄야할 physical 레벨 실험 결과가 매우 다양하며 이를 시스템레벨로 매핑 시키는 L2S 매핑 절차가 더욱 복잡해진다. 이를 해결하기 위해서 간략화 된 L2S 매핑 기술이 필요하다. 본 연구에서는 데이터 블록 수신 결과에 대한 L2S 매핑 기술에 기계학습 기술을 적용하여 더욱 간략화 된 시뮬레이터 구현에 도움을 주고자 한다.

II. 기존 link-to-system 매핑 방식

시스템 레벨에서는 단말이 자신에게 해당되는 데이터 블록을 수신 했을 때 이 블록이 에러가 있는지 없는지를 예측하기 위해서 그림 1에서와 같이 두 단계의 과정을 거치고 있다. 우선은 effective snr mapping (ESM) 방식을 이용해 페이딩 채널에서의 측정된 k 개의 SINR (signal to interference and noise ratio)을 AWGN 채널 환경에서의 하나의 평균 SINR 값으로 변환시켜준다. 그 다음에 평균 SINR값에 해당되는 block error rate (BLER)을 AWGN 환경에서 측정된 SINR-BLER 그래프로부터 추정된 후에 예측한 BLER 값이 요구하는 BLER 값보다 작으면 데이터 블록 수신이 성공했다고 판단하고, 그렇지 않으면 데이터 블록 수신이 실패했다고 판단하여 재전송을 요구한다. 기존의 L2S기법은 다양한 페이

딩 채널 환경과 다양한 변조 방식 (MCS; modulation coding scheme)마다 수신 SINR로부터 평균 SINR로 매핑을 위한 자신의 매핑 변수 값을 가지고 있어야 함으로 계산 복잡성과 매핑과정에서 시간이 오래 걸리는 문제점을 가지고 있다.

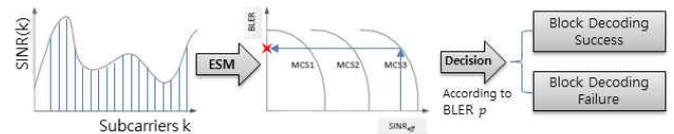


그림 1. 기존 link-to-system 매핑 방식

III. 제안한 기계학습기반 link-to-system 매핑 방식

본 논문에서는 시스템 레벨시뮬레이터에서 데이터 블록의 디코딩 성공 여부를 바로 예측하는 기계학습 기반 L2S 매핑 방식을 제안한다. 링크 레벨 시뮬레이터로부터 6개의 기본 자원 블록 (resource block)에 해당하는 72개 부주파수별 SINR 값을 추출하고 이를 기계학습의 입력변수로 사용한다. 수신된 부주파수들의 평균 SINR 값을 기반으로 한 BLER 매핑 과정과 BLER에 따른 블록디코딩 성공여부 판단의 두 과정을 진행하는 복잡한 기존 L2S 매핑 기술에 비해 그림 2에서처럼 제안한 L2S 매핑 기술은 기계학습으로부터 찾은 결정 (decision) 함수로부터 효과적으로 빠르게 데이터 블록 디코딩 성공여부를 판단한다. 학습 데이터로써 72개의 SINR 값 $X = \{SINR_1, \dots, SINR_{72}\}$ 을 입력변수로 설정하고 출력변수는 디코딩 성공여부를 나타내는 $y = 0$ (실패)과 $y = 1$ (성공)값으로 설정한다. 총 3가지 support vector machine (SVM) 분류 (classification) 기법 [4] SVM-linear classification, SVM-medium classification, SVM-dense classification으로부터 각각의 데이터 블록 디코딩 결정 함수 $\hat{y} = f(X)$ 를 학습하였다. SVM-linear 분류 방식은 커널을 사용하지 않은 일반적인

SVM 분류 방법이며 SVM-medium과 SVM-dense 분류방식은 radial basis function (RBF) kernel $K(X, X') = \exp(-\gamma \|X - X'\|^2)$ 을 사용하며 γ 값으로 0.0138 (SVM-medium)과 0.2268 (SVM-dense)를 각각 사용 하였다. 제안된 기술은 기존 L2S 매핑 기술에 비해 채널(pedestrian A/B, vehicular A/B)의 구분 없이 데이터 블록 디코딩 성공여부 결과를 빠르게 추출할 수 있어 5세대 이동통신 시뮬레이터 개발에 매우 효과적이다.

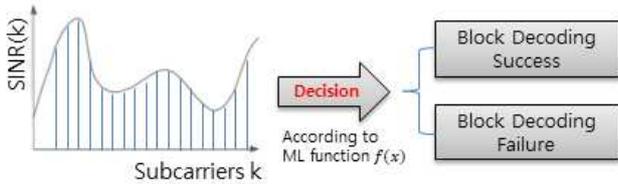


그림 2. 제안한 기계학습기반 link-to-system 매핑 방식

IV. 실험결과

본 논문에서는 15개 channel quality index (CQI)에 대해 pedestrian A/B, vehicular A/B 채널 모델 데이터를 통합하여 각 CQI에 대해 데이터 블록 디코딩 예측 정확도 실험을 하였다. CQI 별로 총 80,000개의 데이터 집합을 사용하였고 이중 50,000개의 데이터를 training을 위해 사용하였으며 나머지 30,000개의 데이터는 test를 위해 사용하였다. 그림 3에서 각 SVM 방식별 데이터 블록 디코딩 예측 정확도와 정확도 결과를 대표하는 fitting 곡선도 함께 보여준다. SVM-dense 방식은 전반적으로 95%에서 98%사이의 높은 정확도를 보여 주지만 SVM-linear 방식은 높은 CQI에서 정확도가 매우 떨어지는 문제점을 보였다. 그림 4에서 대표적으로 CQI 1상황에서 SVM-dense 방식의 디코딩 예측 결과에 대한 confusion matrix를 보여준다. 디코딩 예측에 대해 4가지 경우(0→0, 0→1, 1→0, 1→0)가 존재하는데, 예를 들어 0→0 상황은 실제로 디코딩에 실패한 결과를 기계학습 결정 함수가 디코딩 실패로 정확히 판단한 경우에 해당한다. 0→0과 1→1 발생 확률은 전체 데이터 블록 디코딩 예측 성공율을 의미하고 각각 47.6%와 47%로 유사한 발생 확률을 보였다. 이와 반대로 0→1과 1→0 발생 확률은 전체 데이터 블록 디코딩 예측 실패율을 의미하고 각각 3.0%와 2.4%의 발생 확률을 보였다.

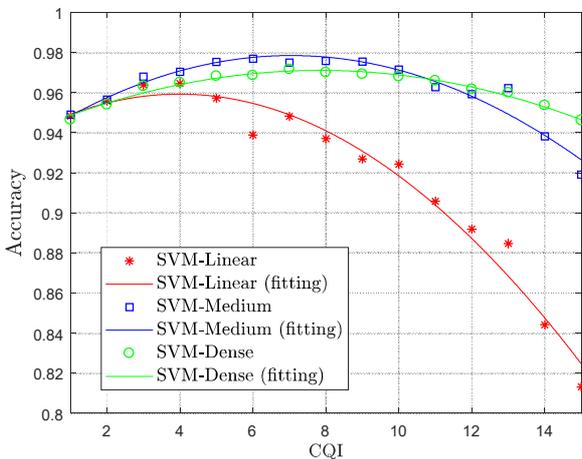


그림 3. SVM 방식별 디코딩 성능 예측 비교

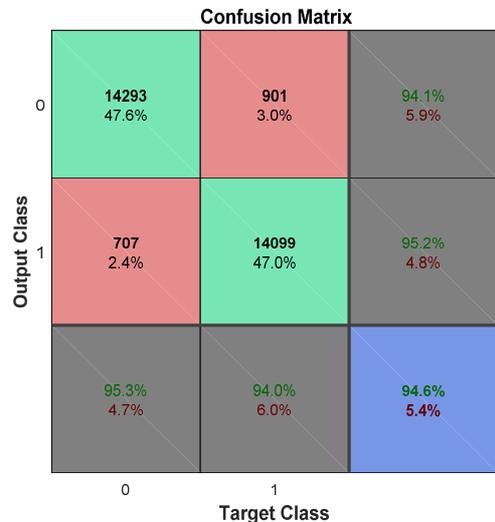


그림 4. CQI 1에 대한 SVM-dense 방식의 confusion matrix

V. 결론

본 연구에서는 링크레벨 시뮬레이터와 시스템 레벨 시뮬레이터 간 매핑 방식에 기계학습 기법을 적용하여 기존 매핑 방식에 비해 간편하면서도 더욱 효과적인 매핑방식을 제안하였다. 제안된 방식은 개방형 5G 이동통신 통합 시뮬레이터 개발에 매우 효과적 이며 앞으로의 5G 핵심 요소 기술개발에 많은 도움이 되길 기대한다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 미래창조과학부 및 (재)기가코리아사업단의 ‘범부처 Giga KOREA 사업’의 지원을 받아서 수행하였음. [GK 17S0400, 개방형 5G 표준 모델 개발]

참고 문헌

- [1] J. Olmos, S. Ruiz, M. García-Lozano, and D. Martín-Sacristán, “Link abstraction models based on mutual information for LTE downlink,” *COST 2100 TD(10) 11052*, Jun. 2010.
- [2] X. Li, Q. Fang, and L. Shi, “A effective SINR link to system mapping method for CQI feedback in TD-LTE system,” *IEEE International Conference on Computing, Control and Industrial Engineering*, Aug. 2011.
- [3] J. Fan, et al., “MCS selection for throughput improvement in downlink LTE systems”, *IEEE ICCCN*, Aug. 2011.
- [4] N. Cristianini and J. Shawe-Taylor, *An introduction to support vector machines and other kernel-based learning methods*, Cambridge university press, 2000.