

서비스별 중요도 및 대역폭을 고려한 5G 네트워크 슬라이스 최적 할당 방안

이민경⁰, 홍충선*
 경희대학교 컴퓨터공학과
 {minkyung0110, cshong}@khu.ac.kr

Maximum Allocation of 5G Network Slices Based on Bandwidth and Priority of Services

Minkyung Lee⁰, ChoongSeon Hong*
 Department of Computer Science and Engineering, Kyung Hee University

요 약

5세대 이동통신 네트워크가 구축됨에 따라, 다양한 사물인터넷, 미션 크리티컬 사물인터넷, 그리고 모바일 브로드밴드 서비스 등 넓은 대역폭과 빠른 속도를 요하는 서비스들의 사용이 용이해지는 추세이다. 이와 더불어, 5세대 이동통신 네트워크에서는 네트워크 슬라이싱이라는 기술을 통해 하나의 물리적인 네트워크를 종단간의 논리적으로 다른 네트워크로 분리하여, 다양한 서비스들이 각각의 네트워크 요구사항에 알맞게 네트워크를 사용할 수 있게 되었다. 그러나 5세대 이동통신 네트워크를 효율적으로 사용하기 위해 제안된 네트워크 슬라이스 기술 역시 전송지연과 속도 문제를 포함하고 있다. 따라서 본 논문은 네트워크 슬라이스를 구성하는 요소 중, 마크로 셀에서 조합의 최적화 알고리즘을 적용하여, 동시에 다수의 서비스들이 접근할 때에, 네트워크 슬라이스를 최적이자 최대로 분배할 수 있는 방안을 제안하고자 한다.

1. 서 론

사물인터넷이 등장하면서, 습도 및 온도, 차량용 카메라 등과 같은 각종 센서들을 포함하는 수많은 모바일 기기들이 사용되기 시작했다. 그 결과, 2017년 3분기 이동통신 데이터 트래픽의 총량은 305PB 였고, 앞으로도 트래픽의 양은 꾸준히 늘어날 전망이다[1]. 또한 사물인터넷 기기들과 웨어러블 기기들의 증가는 네트워크 과부하, 효율성 저하 등의 문제를 야기했다. 따라서 새로운 주파수 할당이 요구되었고, 5G 이동통신망이 등장하게 되었다. 5G 이동통신망은 최대 20Gbps의 전송속도를 지니고 있으며, 0.001ms 전송 지연을 지닌다. 또한 1km 이내에 있는 대략 100만개 정도의 기기에 사물인터넷 서비스를 제공할 만큼 다량 접속이 가능하며 높은 속도를 제공하는 이동통신 네트워크이다[2].

이러한 5G이동통신망 시대의 대표적 서비스로는 모바일 브로드밴드, 다량의 사물인터넷, 그리고 미션 크리티컬 사물인터넷이 있다. 5G이동통신 서비스들 중 미션 크리티컬 사물인터넷의 경우, 자율주행 자동차 또는 스마트 공장 등 특정 서비스를 제공하기 위한 목적으로 사용되는 사물들을 의미한다. 이 때, 사용되는 서비스들은 모바일 브로드밴드 서비스와는 다르게, 수 밀리초의 낮은 전송률을 요구한다. 또한 다량의 사물 인터넷의 경우, 온도, 습도 등의 서비스들을 제공하는데, 이와 같은 경우, 고정형 센서 서비스들이 사용하기에, 위치 추적, 속도 등 이동성 관련 서비스들이 불필요하다. 이와 같이

5G 이동통신을 통해 사용되는 서비스 별 망 요구사항이 각기 다르다.

그러나 각각의 서비스 별 5G 이동통신 망을 별도로 설계할 수 없기에, 네트워크 슬라이싱이라는 기술이 등장하였다. 네트워크 슬라이싱이란 하나의 물리적 네트워크에서 코어, 액세스, 전송 및 단말을 포함하는 단대단으로 논리적으로 나뉜 네트워크를 의미한다[3]. 네트워크 슬라이싱 기술을 통해 서로 다른 속성을 갖는 서비스들 각각에 알맞은 네트워크를 하나의 물리적 네트워크에서 제공해 줄 수 있다. 네트워크 슬라이싱을 구성하는 기술들 중 각광받는 기술은 소프트웨어 정의 네트워킹과 네트워크 가상화 기술이다[3]. 이 두 기술은 코어네트워크를 구성하는데, 이를 통해 하나의 5G 이동통신 망 안에 각기 다른 네트워크 요구사항을 지닌 슬라이스를 개발할 수 있다. 그러나 여전히 전송되는 다양한 서비스들로 인해 전송지연과 속도에 대한 문제는 해결되지 않았다.

따라서 본 논문은 네트워크 슬라이싱을 구성하는 마크로 셀과 엣지 서버, 백홀망 및 코어 네트워크 중 각기 다른 서비스 전송의 도입부인 마크로 셀 상에서 최적화 알고리즘을 적용하여 다양한 서비스들이 전송지연의 증가로 인한 문제없이 서비스를 전송할 수 있는 방안을 제안한다.

2. 관련 연구

네트워크 슬라이싱 기술이 등장하면서, 해당 기술을 효율적으로 사용할 수 있는 방안들이 등장하였다. 제안된 방안들 사이에서 가장 두드러지게 나타나는 특징은 코어 네트워크 단과 관련된 개선 방안 혹은 새로운 제

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 대학 ICT 연구센터육성 지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITP-2018-2013-1-00717)

*Dr. CS Hong is the corresponding author

안 사항이다. 코어 네트워크를 구성하는 요소들은 Mobility Management Entity(MME), Serving Gateway(S-GW), PDN Gateway(P-GW) 등이 있다.

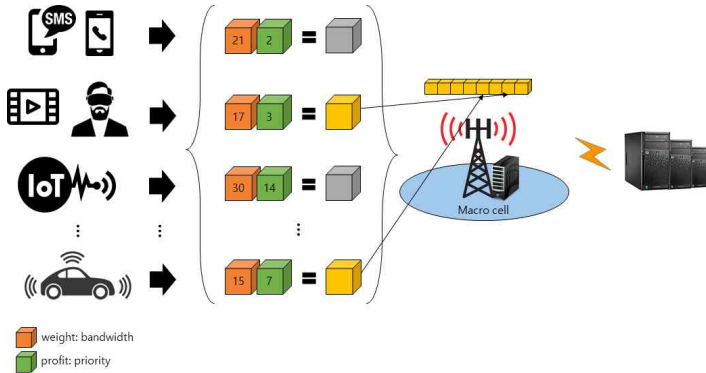


그림 1. Proposed System Model

하나의 사용자가 두 가지 이상의 서비스를 동시에 사용하는 경우, 이를 받은 코어 네트워크가 하나의 MME에 서비스를 보낸 후, MME가 사용자의 서비스 종류를 판단하여, S-GW와 P-GW로 구성된 여러 슬라이스들 중, 요청된 서비스의 요구사항에 알맞은 슬라이스로 서비스를 전송하는 방안 역시 코어 네트워크와 관련된 네트워크 슬라이싱 기술이다. 이 기술의 경우, 해당 서비스들을 받은 기지국이 코어 네트워크로 서비스를 바로 전송하기 전, 슬라이스 선택 기능이라는 엡지 서버에 먼저 전송하여, 해당 서비스들의 종류와 지니고 있는 네트워크 요구사항을 먼저 판단한다[4].

5세대 이동통신 네트워크가 제안되는 가장 큰 이유 중 하나가 사물인터넷의 사용화이다. 사물인터넷이 상용화 되면서, 수많은 사물들과 함께 가상현실(Virtual Reality, VR), 다양한 센서, 자율주행 자동차, 스마트 그리드 등 다양한 서비스들이 등장하였다. 따라서 사물인터넷에 특화된 네트워크 슬라이스 연구도 진행되는 추세이다.

사물인터넷 브로커와 5G 네트워크 슬라이스 브로커라는 두 개의 미들웨어를 코어 네트워크에 설치하여, 사물인터넷 관련 기기들이 접근할 때에, 미들웨어를 통해 먼저 해당 기기의 트래픽 양을 확인하고, 이를 5G 네트워크 슬라이스로 전송할지를 5G 네트워크 슬라이스 브로커와 결정한다. 이러한 제안을 통해, 다량의 다양한 사물인터넷 서비스들이 접근할 시, 과도한 트래픽으로 인한 네트워크 과부하 및 전송지연을 방지할 수 있다 [5]. 이 외에도 네트워크 슬라이스를 네트워크 과부하와 전송지연 및 속도 문제없이 사용할 수 있는 연구들이 진행 중이다. 그러나 관련 연구들의 대다수가 코어 네트워크 관련 연구로 한정되어 있다. 하지만 코어 네트워크의 경우, 더 좋은 모델이 제안되어도, 이를 바꾸기 위해서는 설치비용과 변경비용 등 추가적인 비용이 발생한다.

따라서, 본 논문은 네트워크 슬라이스를 마크로 셀 상에서 전송지연 감소 및 추가 비용 발생 없이 최대로 분배할 수 있는 방안을 제안하고자 한다.

3. 제안 사항

본 논문은 그림 1과 같이 마크로 셀 상의 기지국에서

네트워크 슬라이스 수를 최대화하며 낮은 전송지연으로 다양한 특성을 가진 서비스들을 전송할 수 있는 방안을 제안한다. 기존에 사용되고 있는 마크로 셀의 기지국에 더 많은 서비스들이 전송하고자 할 때, 네트워크 슬라이스 수를 최대화하기 위해 본 논문이 적용한 알고리즘은 조합의 최적화 알고리즘 중 대표적인 배낭문제(Knapsack Problem)이다[6]. 주어진 마크로 셀의 전체 대역폭 내에 50가지의 서비스들 각각의 대역폭과 중요도를 고려하여, 가장 많은 수의 서비스를 담을 수 있는 방안을 제안한다.

표 1. 변수 및 의미의 정의

변수	의 미
k	서비스들의 수
N	서비스들의 전체 개수
r_k	각각의 총 k 개의 서비스와 연관된 벨류
x_k	마크로 셀 기지국으로 들어가는 k 개의 서비스의 수
w_k	각각의 총 k 개의 서비스의 가중치
c	마크로 셀 기지국의 가중치 용량

$$\text{Maximize } \sum_{k=1}^N r_k x_k \quad (1)$$

$$\text{Subject to } \sum_{k=1}^N \omega_k x_k \leq c \quad (2)$$

그림 1에서처럼 마크로 셀로 전송된 N 개의 서비스들이 각각의 대역폭(가중치)과 중요도(벨류) 값들을 마크로 셀 내 기지국 서버에 전송한다. 전송된 대역폭과 중요도 값을 받은 마크로 기지국은 서버 내에 있는 배낭문제 알고리즘을 통해, 마크로 기지국이 수용할 수 있는 대역폭의 총량을 넘지 않는 범위 내에서 중요도가 높은 서비스들을 수용한다.

알고리즘 Process for each services k

- 1: $k_service \leftarrow$ number of services
- 2: $N_service \leftarrow$ total number of services
- 3: $value_service \leftarrow$ a value of each services
- 4: $x_num_service \leftarrow$ a service number loaded in to Macro cell
- 5: $weight_service \leftarrow$ a weight of each services
- 6: $C_apacity \leftarrow$ total weight capacity in Macro base station
- 7: **IF** $k_service$ has each $value_service$ and $weight_service$
- 8: **IF** $k_service$ transfer to Macro cell
- 9: **calculate** $value_service$ and $weight_service$ using Knapsack
- 10: **IF** $value_service$ and $weight$ are calculated
- 11: **IF** the result is smaller than $C_apacity$
- 12: **FOR** calculating $value_service$ & $weight_service$ of each services
- 13: **IF** the results is more than $C_apacity$
- 14: **STOP** transferring the Knapsack
- 15: **ELSE IF**
- 16: **keep going** transferring until under $C_apacity$

4. 성능 평가

본 논문은 제안한 사항을 수행하기 위해, 온습도 센서 노드 및 자율주행 자동차 등 50가지의 다양한 사물인터넷 서비스들 별 대역폭과 중요도 데이터를 셋을 Udacity Open Sourcing 및 Data Science Central을 통해 사용하였다. 더불어, 시뮬레이션 환경으로는 MATLAB R2018a 버전을 사용하여 마크로 셀이 가진 대역폭 최대 용량을 설정하고, 그 아래에 배낭 문제 알고리즘을 설정하였다.

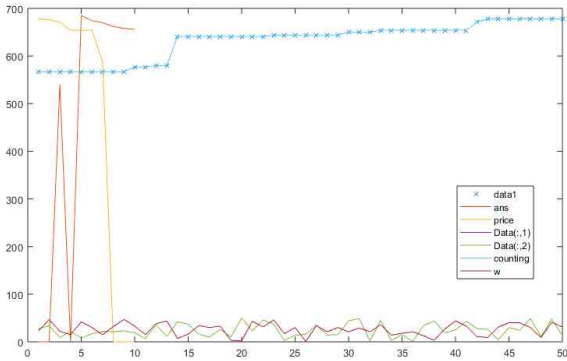


그림 2. 서비스 수 대비 관련된 결과 값

그림 2를 보면, 기존의 마크로 셀에 새로운 50개의 서비스들이 추가 전송될 시, 서비스 별 중요도가 서비스 15번째에 대폭 증가함을 볼 수 있다. 더불어, price값으로 표기되어 있는 밸류를 보면 초반에 높았다가 감소하는 것을 볼 수 있는데 이는 배낭 문제를 토대로 가중치와 밸류 값이 높은 순대로 Macro Cell에 해당 서비스들의 네트워크 슬라이스가 할당됨 나타낸다.

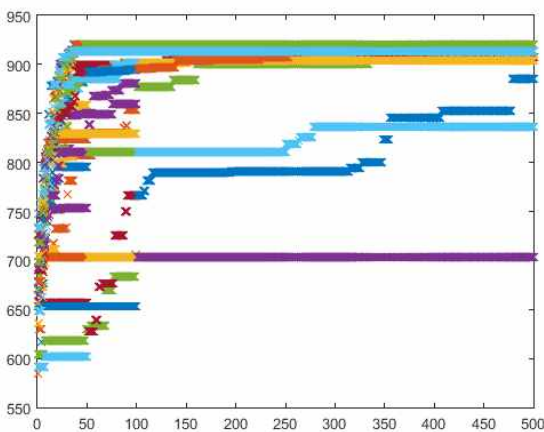


그림 3. 가중치(x축) 및 밸류(y축) 기반 지연시간

마지막으로 그림 3은 그림 2에서 나타낸 결과 값을 기반으로 각각의 서비스 별 지연시간을 나타내보았다. 하나의 가중치 값인 대역폭만을 고려하여 네트워크 슬라이스 할당을 진행한 한계로 인해 서비스 별 지연시간이 가중치들의 합이 증폭되는 초반에만 나타남을 알 수 있었다.

5. 결론 및 향후연구

본 연구는 배낭문제를 이용하여 마크로 셀 상으로 전송되는 다양한 서비스들의 대역폭과 중요도를 고려하여, 네트워크 슬라이스를 최대로 할당하는 방안을 제안하였다. 제 4장에서는 제안을 바탕으로 수행한 성능평가를 통해, 각기 다른 특징을 지닌 50가지의 서비스들이 이미 사용되고 있는 마크로 셀의 네트워크 슬라이스에 전송될 때, 조합의 최적화 알고리즘을 적용하여 전송되는 것이 지연시간에 효율적임을 알 수 있었다.

그러나 본 논문의 경우, MATLAB을 이용한 시뮬레이션 환경을 구성하였다는 한계를 지니고 있으며, 대역폭 외에도 CPU Power 및 Storage capacity 등 네트워크 슬라이스를 할당할 시 추가적으로 고려할 사항들이 여전히 존재한다.

따라서 향후 연구에서는 대역폭과 CPU Power 및 Storage Capacity를 고려하여, 조합의 최적화 알고리즘 중 Multiple-Choice Knapsack Problem을 적용한 방안을 연구하려고 한다. 더불어, 5G 네트워크에서는 Macro Cell보다 Femto Cell 및 Small Cell이 높은 트래픽을 감당하는데 효과적인 장비로 주목받고 있다. 따라서 향후 Macro Cell 내에 여러 Femto Cell 등을 두고 앞서 언급한 세 가지 사항을 고려하여, 네트워크 슬라이스 수를 최대로 할당하는 방안을 연구하고자 한다.

참고 문헌

- [1] 박승근, 장재혁, 정길호 한국전자통신연구원(ETRI), “ETRI, 국내 모바일 트래픽 현황 및 전망”, 2018.01.17
- [2] International Telecommunication Union(ITU), “Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s)”, Radio-communication Study Groups, Document 5D, TEMP, 300(Rev.1), February 2017
- [3] Sean Miller et al, “The Role of Machine Learning in Botnet Detection”, The 11th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions, ICTST-2016, Pages: 359- 364, DOI: 10.1109/ICTST.2016.7856730
- [4] Sama, M. R., Beker, S., Kiess, W., Thakolsri, S. “Service-based slice selection function for 5G”, 2016 IEEE Global Communications Conference, GLOBECOM 2016, DOI:10.1109/GLOBECOM.2016.7842265
- [5] Sciancalepore, V., Cirillo, F., &Costa-Perez, X, “Slice as a Service (SaaS) Optimal IoT Slice Resources Orchestration” Sciancalepore.Info. Retrieved from http://www.sciancalepore.info/files/globecom2017_scc.pdf
- [6] H Kellerer, U Pferschy, D Pisinger, “Introduction to NP-Completeness of knapsack problems”, Springer, 2004