

# SDN 기반 무선 네트워크 환경에서 부하 분산을 위한 Service-Aware Access Point Selection 방안 연구

이동규<sup>o</sup>, 홍충선<sup>\*</sup>  
경희대학교 컴퓨터공학과  
{lidoobil, cshong}@khu.ac.kr

## A Study on Service-Aware Access Point Selection for Load Balancing in SDN based Wireless Network Environment]

Dongkyu Lee<sup>o</sup>, ChoongSeon Hong<sup>\*</sup>  
Department of Computer Science and Engineering, Kyung Hee University

### 요 약

이동 통신사들은 수많은 Wi-Fi AP(Access Point)를 통해 모바일 데이터를 제공하고 있다. 이런 무선 네트워크 환경에서 모바일 디바이스가 AP를 선택할 때, QoS(Quality of Service)를 보장하기 위한 연구들이 많이 진행되었지만 이들은 AP와 라우터 사이의 Uplink 상황을 고려하지 않았다. 이럴 경우, QoS를 만족하는 AP들이 많더라도 특정 AP로만 모바일 디바이스들의 선택이 계속되기 때문에 해당 AP의 Uplink에 부하가 일어날 수 있다. 따라서 본 논문은 모바일 트래픽을 통해 서비스 타입을 분류하고, 컨트롤러에서 이에 맞는 QoS 요구사항과 AP들의 Uplink 상황을 고려하는 AP Selection 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 QoS를 보장하는 AP들의 Uplink 부하를 분산시킴으로써 효율적인 네트워크 환경을 제공할 수 있다.

### 1. 서 론

최근 스마트폰을 비롯한 다양한 모바일 디바이스들로 인해 무선 네트워크 환경의 모바일 트래픽이 급증하고 있다. 증가하는 모바일 트래픽의 요구를 지원하기 위해 이동 통신사들은 Wi-Fi AP(Access Point)를 통해 상당량의 모바일 데이터를 제공한다. 특히 공공장소에는 AP들의 수가 급증하고 있는 추세이며, 사용자는 네트워크 연결을 위해 이런 수많은 AP 중에서 AP를 선택해야 한다. 현재 IEEE 802.11 표준에 의하면 사용자는 수신 신호 강도(RSSI: Received Signal Strength Indication)가 가장 높은 AP를 선택한다. 그러나 RSSI 기반 선택 방식은 액세스 지점 간의 트래픽 부하 측면에서 균등하지 않다. 즉, 특정 액세스 지점은 사용자가 많고 다른 지점은 상대적으로 사용자가 적을 수 있다.[1] 만약 많은 사용자가 연결된 AP에 새로운 사용자가 연결할 경우, 트래픽 혼잡으로 인해 처리량이 감소하게 되므로 새로운 사용자의 어플리케이션에 대한 QoS (Quality of Service)가 보장되지 않는다.[2] 따라서 이런 문제들을 해결하기 위해 사용자가 RSSI 값이 다소 낮더라도 QoS를 고려하여 AP를 선택하는 연구들이 많이 진행되었다. 하지만 기존 연구들의 경우 AP와 라우터 사이의 Uplink 상황은 고려하지 않기 때문에 QoS를 만족하는 AP들이 많더라도 특정 AP의 Uplink에 부하가 일어날 수 있다. 따라서 본 논문은 각 AP들의 AP와 라우터 사이의 Uplink 정보와 모바일 디바이스와 AP사이의 Downlink 정보를 수집하기 위

해 Software Defined Network(SDN)을 적용했다. SDN은 이미 Wi-Fi 네트워크에서 빠른 핸드 오버, 주파수 선택 및 전력 제어 등을 해결하기 위한 효과적인 방법으로 알려져 있다.[3] 본 논문에서는 우선 SDN 컨트롤러와 통신할 수 있는 무선 AP에서 기계학습 알고리즘을 통해 사용자의 모바일 트래픽을 정확한 서비스타입으로 분류한다. 그리고 이를 통해 컨트롤러가 QoS를 보장할 수 있는 AP들 중에서 Uplink의 상황을 고려한 최적의 AP를 사용자에게 제안한다.

### 2. 관련 연구

#### 2.1 지도학습 기반 의사결정트리

$$E(S) = - \sum_{x \in X} p(x) \log_2 p(x) \quad (1)$$

$$G(S, A) = E(S) - \sum_{t \in T} p(x) E(t) \quad (2)$$

의사 결정 트리는 기계학습 중 하나로 특정 항목에 대한 의사 결정 규칙 (Decision rule)을 나무 형태로 분류해 나가는 분석 기법을 말한다. 데이터 집합의 정보 측정값을 뜻하는 Entropy(1)과 데이터를 분할하기 전과 후의 변화를 뜻하는 정보 이득(Information Gain)(2)를 통하여 데이터를 분할한다. 의사 결정트리는 계산 비용이 적으며 구현과 학습된 모델을 이해하기가 쉽다. 특히 본 연구에 사용된 C5.0 알고리즘은 C4.5 알고리즘의 향상된 버전으로서, 분류와 관련이 없는 속성도 처리할 수 있으며 Over fitting이나 Error pruning 문제도 해결할 수 있다.

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 대학ICT 연구센터 육성지원사업의 연구결과로 수행되었음" (IITP-2017-2013-0-00717)

\*Dr. CS Hong is the corresponding author

### 3. 본론

#### 3.1 기존 연구의 문제점 및 제안 사항

본 논문의 첫 번째 특징은 사용자의 모바일 트래픽을 보다 정확하게 서비스별로 분류하기 위해 AP 내에서 지도학습 알고리즘을 이용한 분류 기법을 적용한 점이다. 두 번째는 AP Selection을 할 때, SDN 컨트롤러에서 주변 각 AP들이 코어로 나가는 Uplink port의 대역폭을 고려하여 AP 선택을 결정한다는 점이다. 기존의 연구들은 AP Selection시 RSSI값 외에 bit rate를 고려하거나 AP-to-client Downlink의 제어에 대해 고려한다.[4] 하지만 해당 AP의 Uplink 상황을 고려하지 않을 경우, Downlink 측면에서는 QoS가 보장될 수 있지만 결국 Uplink에서 부하가 일어날 수 있다. 또한 주변의 AP들이 모두 QoS를 보장함에도 불구하고 하나의 AP에만 사용자가 몰릴 경우, 전체 망의 효율적인 이용 측면에서도 문제를 야기할 수 있다. 따라서 이런 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 우선 SDN 컨트롤러와 통신할 수 있는 무선 AP에서 모바일 트래픽을 통해 사용자의 정확한 서비스를 분류한다. 그리고 이를 통해 사용자에게 QoS를 보장할 수 있고 Uplink의 상황을 고려하여 최적의 AP를 제공할 수 있는 알고리즘을 제안한다.

#### 3.2 제안 알고리즘

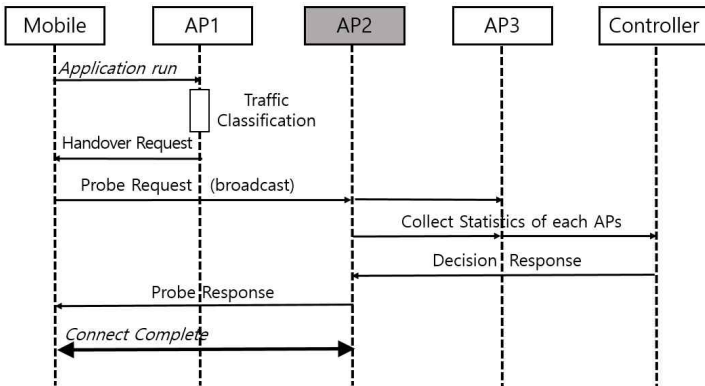


그림 1. 제안하는 알고리즘의 시퀀스 다이어그램

그림 1은 본 논문에서 제안하는 AP Selection에 관한 시퀀스 다이어그램이다. 현재 모바일 디바이스가 AP1에 연결되어 있는 상태에서 사용자가 새로 어플리케이션을 실행한다. AP1은 들어오는 모바일 트래픽 분석을 통해 어플리케이션을 서비스를 분류하고 이에 맞는 QoS를 제공할 수 있는지 확인한다. AP1이 QoS를 만족할 경우, 연결은 지속되지만 그렇지 않을 경우 핸드오버가 발생하고 본 알고리즘을 이용한 AP Selection이 이루어진다. AP1은 자신이 서비스에 대한 요구사항을 만족시킬 수 없음을 사용자에게 알려 핸드오버를 진행하도록 한다. 그리고 컨트롤러는 주변 AP들의 정보들을 수집 및 분석하여 QoS를 만족하고 Uplink의 대역폭을 고려하여 알맞은 액세스 포인트를 결정한다. 이를 통해 모바일 디바이스는 어플리케이션 서비스에 대한 요구사항을 만족시킬 수 있는 액세스 포인트와 연결이 가능하다.

#### 3.2.1 C5.0 알고리즘을 통한 트래픽 분류

모바일 트래픽의 특징은 대부분의 어플리케이션이 HTTP/HTTPS 프로토콜을 사용한다는 것이다. 따라서 기존의 트래픽 분류 방법들은 HTTP 프로토콜 위에서 실행되는 어플리케이션을 분류하기 어렵다.[5] 따라서 본 논문은 HTTP 트래픽을 서비스 별로 분류하기 위해 C5.0 알고리즘을 적용하였다.[6] 이를 통해 모바일 HTTP 트래픽을 AUDIO/ FILE/ MULTIMEDIA/ VIDEO/ WEB으로 분류하고 각 액세스 포인트에 분류기 모듈을 구현한다. 컨트롤러에서는 이렇게 분류된 각각의 클래스에 QoS 요구사항을 적용하여 이 결과를 AP Selection 알고리즘에 이용하였다.

#### 3.2.2 Service-Aware AP Selection 알고리즘

```

AP Selection Algorithms

Input:  $S_{AP}$ (Set of Aps), traffic_service
Output:  $O_{AP}$ (Optimized AP)

1. set  $R_{req}$  based traffic_Service
2. AP selection Initiate
3. for ap  $\in S_{AP}$  do
4.    $R_{APdown} = \text{get DownLink bit rate}$ 
5.   if  $R_{AP} > R_{req}$  then
6.     Append( $L_{down\_AP}$ , ap)
7.   end if
8. end for
9. for ap  $\in L_{down\_AP}$  do
10.   $Thr_{AP} = \text{get UpLink current Throughput}$ 
11.  Append( $L_{up\_AP}$ ,  $Thr_{AP}$ )
12. end for
13. Sort( $L_{up\_AP}$ )
14.  $O_{AP} = AP \text{ with } L_{up\_AP}.get(0)$ 
    
```

그림 2. 제안하는 알고리즘 의사코드

그림 2는 AP들의 Uplink, Downlink 상태 정보들을 통해 서비스에 적합한 AP를 선정하는 알고리즘에 대한 의사코드이다. 먼저 컨트롤러는 AP에서 분류한 해당 서비스 타입에 대한 요구사항을  $R_{req}$ 에 정의한다. 그리고 모바일 디바이스 주변의 AP들에게서 각 AP들의 Downlink bit rate 정보( $R_{APdown}$ )를 수집한다. 이렇게 수집한 bit rate와 QoS 요구사항을 비교하여 적합한 AP들을 리스트  $L_{down\_AP}$ 에 저장한다. 그 다음 컨트롤러는  $L_{down\_AP}$ 에 속하는 AP들의 Uplink 대역폭 상황을 수집하여 리스트  $L_{up\_AP}$ 에 저장한다. 그리고 리스트  $L_{up\_AP}$ 에서 가장 대역폭 상황이 좋은 AP를 최적의 AP인  $O_{AP}$ 로 결정하여  $O_{AP}$ 와 모바일 디바이스를 연결한다.

### 4. 성능 평가

#### 4.1 시나리오

그림 3은 본 논문에서 제안하는 AP Selection 알고리즘을 테스트하기 위한 시나리오 토폴로지이다. 모바일 디바이스와 연결되어 있던 기존의 AP에서 트래픽 분석을 통해 디바이스가 비디오 스트리밍 서비스를 실행한다

고 판단한다. 그러나 기존의 AP는 해당 서비스에 대한 QoS를 만족하지 못하기 때문에, 디바이스는 새로운 AP를 탐색한다. 이때 주변의 AP1과 AP2, 모두 QoS를 만족했을 시에 기존의 AP selection은 RSSI 값만으로 AP2를 선택한다. 그러나 이럴 경우 새롭게 연결을 원하는 다양한 모바일 디바이스들이 각각의 서비스에 대한 QoS만 만족하면 모두 AP2와 연결되기 때문에 AP 2의 Uplink 에서 부하가 일어나게 된다. 이런 부하를 분산시키기 위해 본 논문에서 제안한 알고리즘은 AP Selection 과정에서 Uplink의 대역폭 상황을 고려한다. 먼저 컨트롤러는 Probe Request를 받은 주변 AP들 각각의 Downlink 정보를 통해, 디바이스에서 실행 중인 서비스에 대한 QoS를 만족 할 수 있는지 확인한다. 그 다음, QoS를 만족하는 AP들의 Uplink 정보를 이용하여 부하가 일어나지 않게 최적의 AP를 결정한다. 따라서 주변의 AP들이 모두 QoS 요구사항을 만족하였을 때, AP2의 계속되는 Uplink 부하를 분산하기 위해 AP1로 선택이 이루어지게 한다.

에 따른 AP들의 부하 분산 시뮬레이션 결과는 그림 4와 같다. 기존의 AP Selection 알고리즘은 QoS가 만족할 경우, RSSI값만으로 AP를 선택하기 때문에 AP2에게만 연결이 되어 AP2의 Uplink에서 부하가 일어난다. 하지만 제안된 알고리즘은 주변 AP들의 Uplink 상황을 고려하여 AP Selection이 이루어지기 때문에 AP1과 AP2로 트래픽이 분산되어 네트워크의 부하를 막을 수 있다.

5. 결론

기존 연구들의 AP Selection 과정은 AP 선택할 때, 모바일 디바이스의 서비스에 대한 QoS를 보장하기 위해 주변 AP들의 Downlink 상황만 고려하였다. 하지만 주변의 여러 AP들이 모두 QoS를 만족할 경우에도 하나의 AP로만 연결이 계속되기 때문에 부하가 발생할 수 있다. 따라서 본 논문은 모바일 디바이스가 서비스에 알맞은 AP를 선택할 때, SDN 컨트롤러에서 서비스에 대한 QoS를 보장할 수 있으며 각각 AP들의 Uplink를 고려하는 알고리즘을 제안하였다. 그리고 알고리즘을 적용한 시뮬레이션을 통해 QoS가 보장되면서 AP의 Uplink에 대한 부하 분산도 보장되는 결과를 얻었다. 또한 대부분의 모바일 트래픽이 HTTP로 이루어진 점을 이용하여, 의사결정트리를 통해 HTTP 트래픽을 서비스타입으로 분류하였다. 향후 연구에는 보다 정확한 AP selection을 구현하기 위해, 고려할 수 있는 파라미터들에 대해 연구를 확장할 계획이다.

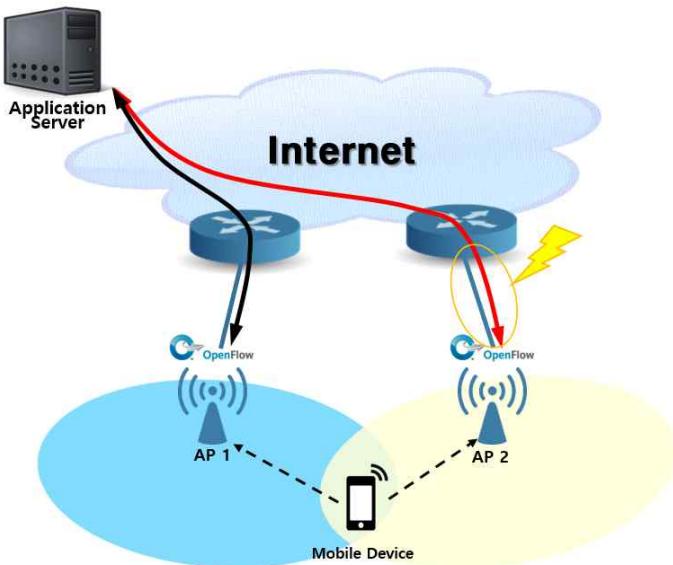


그림 3. 시나리오 토폴로지

4.2 실험 결과

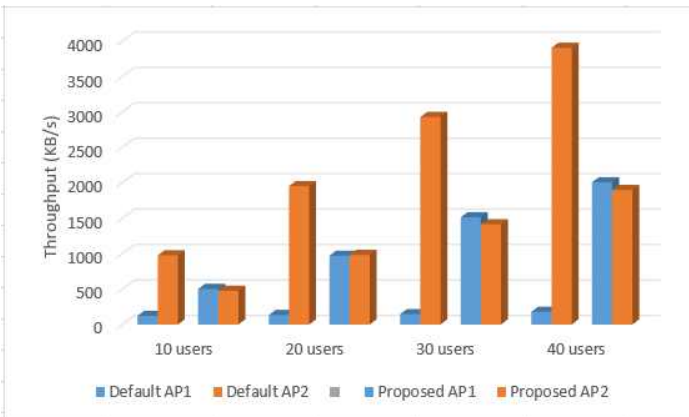


그림 4. 시뮬레이션 결과

위의 시나리오를 이용하여 AP에 접속하는 사용자 수

참고 문헌

[1] Tomotaka Kimura, Kouji Hirata, et al., "Dynamic access-point selection method using Markov approximation" International Conference on Information Networking (ICOIN), pp. 332-337, January 2017.  
 [2] 이동규, 홍충선, "SDN 기반IoT 무선 네트워크 환경에서 QoS를 보장하기 위한 핸드오버 알고리즘" 한국정보과학회 학술발표논문집, pp. 942-944, December 2016.  
 [3] Alessandro Raschella, et al., "Quality of Service Oriented Access Point Selection Framework for Large Wi-Fi Networks" IEEE Transactions on Network and Service Management, pp. 1-14, March 2017.  
 [4] Jeongkeun Lee, Mostafa Uddin, et al., "meSDN: Mobile Extension of SDN" International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services (MobiSys), pp. 1-14, June 2014.  
 [5] Shuaifu Dai, Alok Tongaonkar, et al., "NetworkProfiler: Towards Automatic Fingerprinting of Android Apps" IEEE International Conference on Computer Communications (INFOCOMM), pp. 809-817, April 2013.  
 [6] Tomasz Bujlow, Tahir Riaz, et al., "Classification of HTTP traffic based on C5.0 Machine Learning Algorithm", IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC), pp. 882-887, July 2012.