

SDN 기반 IoT 무선 네트워크 환경에서 QoS를 보장하기 위한 핸드오버 알고리즘

이동규^o, 홍중선^{*}
경희대학교 컴퓨터공학과
{lidoobil, cshong}@khu.ac.kr

Handover Algorithm for QoS Guarantee in SDN based IoT Wireless Environment

Dongkyu Lee^o, ChoongSeon Hong^{*}
Department of Computer Science and Engineering, Kyung Hee University

요 약

IoT 환경에서 모바일 IoT 디바이스들은 무선 통신을 위해 대부분 IEEE 802.11 기반의 Wi-Fi를 이용한다. 이런 무선 네트워크에서 핸드오버가 발생할 경우 IEEE 802.11 표준은 신호수신강도(RSSI : Received Signal Strength Indication)만을 이용하여 주변 AP들 중 하나를 선택한다. 하지만 이런 경우 네트워크의 상태정보를 고려하지 않아 IoT 디바이스의 QoS(Quality of Service)를 보장할 수 없다. 따라서 본 논문은 SDN 기술을 통하여 핸드오버 시 QoS를 보장할 수 있는 알고리즘을 제안한다. 컨트롤러는 AP(Access Point)들의 네트워크 정보를 수집하고 모바일 IoT 디바이스가 핸드오버 시, 수집한 정보를 통해 주변 AP들 중 QoS를 보장하는 최적의 AP를 제안한다.

1. 서 론

최근 사물인터넷(Internet of Things, IoT)이 사회 전반적으로 이슈화 되면서 무인계량기, 무인자판기, 지능형 교통 서비스, 실시간 모니터링 의료서비스 등 다양한 서비스에 활용하고 있다. 이런 사물 인터넷 서비스를 제공하는 사물인터넷 통신 기술들 중에서 현재까지 가장 많이 활용되고 있는 기술은 Wi-Fi와 Bluetooth 기술이다. 특히 Wi-Fi는 Bluetooth 보다 넓은 접속범위로 인해 현재 가장 보편화된 사물인터넷 접속 기술로 선호되고 있다[1]. IEEE 802.11을 기반으로 한 Wi-Fi(Wireless Fidelity) 기술은 단말기가 AP(Access Point) 신호가 접속되는 공간 안에서 무선으로 데이터 송수신이 가능하도록 한다. 하지만 이런 모바일 IoT 디바이스가 접속한 AP와의 연결이 끊어지거나 신호가 약해지면 주변 AP를 탐색하고 접속을 시도하는 핸드오버가 발생한다. 기존의 AP 탐색과정은 신호수신강도 (RSSI : Received Signal Strength Indication)만을 이용하여 주변 AP들 중에서 하나를 선택한다. 그러나 이런 경우 네트워크의 상태정보를 고려하지 않기 때문에 모바일 IoT 디바이스의 어플리케이션에 대한 QoS(Quality of Service)가 보장되지 않는다. 따라서 본 논문은 네트워크 정보들을 수집하고 모바일 IoT 디바이스에게 서비스별 QoS를 보장하는 AP를 제공하기 위해 Software Defined Network(SDN) 을 적

용했다. 효율적인 네트워크 구조 개선을 위해 개발된 OpenFlow기반의 SDN 기술은 네트워크 제어 기능이 패킷 포워딩 기능과 분리되어 직접적으로 프로그래밍 가능한 네트워크 구조이다. 이를 통해 네트워크 운영자는 컨트롤러를 통해 네트워크 설계 및 운용을 간략화 할 수 있다. 본 논문에서는 무선 AP를 SDN 컨트롤러와 통신할 수 있는 Openvswitch로 구현하고 컨트롤러에서 AP들의 정보들을 수집하여 처리하였다. 그리고 모바일 IoT 디바이스에서 핸드오버가 발생했을 때, 컨트롤러가 수집한 정보들을 통해 가장 QoS를 보장할 수 있는 AP를 찾아 디바이스에게 제안한다. 본 논문의 2장에서는 관련 연구에 대한 내용을 다루며 3장에서는 본 논문에서 제안하는 핸드오버 알고리즘에 관해 설명한다. 4장에서는 테스트베드 환경 및 알고리즘 성능 평가에 대한 내용을 다룰 것이며 마지막으로 5장에서는 제안한 연구사항에 대한 결론 및 향후 연구에 대해 설명한다.

2. 관련 연구

2.1 802.11 핸드오버

AP에 접속 중인 단말이 접속한 AP와의 연결이 끊어지거나 연결신호가 약해지면 주변 AP를 탐색하고 접속을 시도하는 핸드오버가 발생한다. IEEE 802.11 표준에서 핸드오버가 발생할 때는 두 가지 AP 스캐닝방식이 존재한다. 수동적인 AP 탐색의 경우 Station에서 각기 주파수가 다른 물리 채널을 검색하며, 주기적으로 AP에서 송신하는 beacon 프레임의 정보를 이용하여 적합한 AP를 선택한 후 연결요청을 시도한다. 반면에 능동적인 AP 탐

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 대학 ICT연구센터 육성 지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITP-2016-(H8501-16-1015))

*Dr. CS Hong is the corresponding author

색의 경우, 그림 1[2]와 같이 Station은 각 주파수가 다른 물리채널로 probe request 메시지를 전송하고, 주변 AP에서 응답하는 probe response 메시지들을 검색한다. 그리고 응답한 AP들 중에 적합한 AP를 선택한 후 ACK 메시지와 함께 연결을 시도한다.

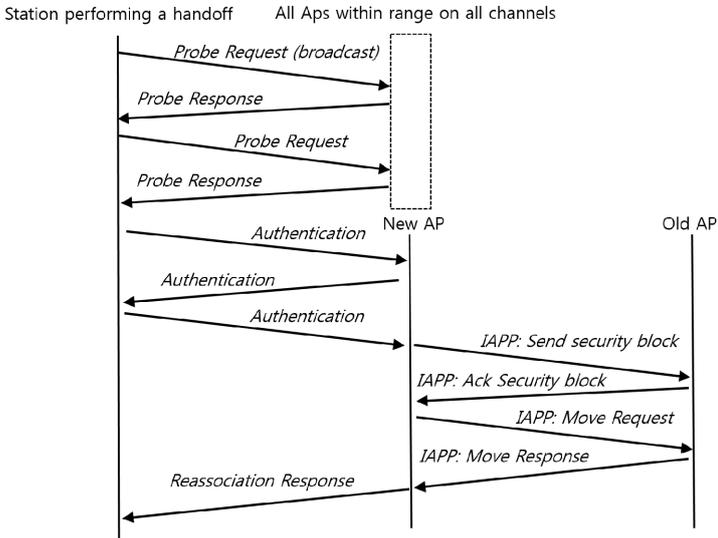


그림 1. IEEE 802.11 핸드오버 절차

3. 본 론

3.1 기존 연구의 문제점 및 제안 사항

IoT 디바이스는 다양한 종류의 어플리케이션을 실행하고 이런 어플리케이션들에 대하여 그림 2[3]와 같이 QoS requirements 또한 다양하다[4]. 이런 모바일 IoT 디바이스에서 핸드오버가 발생했을 경우, 기존의 AP 탐색과정은 신호수신강도(RSSI : Received Signal Strength Indication)만을 이용하여 주변 AP들 중에 하나를 선택한다[5]. 하지만 단순히 RSSI 값으로 AP를 선택하게 되면 네트워크의 정보를 고려하지 않았기 때문에 모바일 IoT 디바이스의 어플리케이션에 대한 QoS(Quality of Service)가 보장되지 않는다. 따라서 본 논문은 핸드오버가 발생했을 때, 디바이스에게 해당 어플리케이션의 QoS를 가장 만족할 수 있는 AP를 제공하는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 컨트롤러가 주변 AP들의 네트워크 상태 정보를 저장한다. 각 AP들의 단위시간당 Data rate를 통해 트래픽 상황을 고려하여, 해당 어플리케이션의 QoS를 보장할 수 있는 AP를 선택한다.

Application	Data rate [kbps]	Delay [ms]	PER
HD video streaming	800	2000	0.05
Video conferencing	700	30	0.01
VoIP	512	150	0.01
Audio streaming	320	200	0.08
File download	200	3000	0.1

그림 2. 다양한 어플리케이션들의 QoS Requirements

3.2 제안 알고리즘

그림 3은 본 논문에서 제안하는 알고리즘에 관한 시퀀스 다이어그램이다. 모바일 IoT 디바이스가 AP1에 연결되어 있는 상태에서 핸드오버 발생했을 경우, AP1에서 컨트롤러에게 핸드오버가 일어났다는 메시지를 전달한다. 단말은 주변의 새로운 AP를 찾기 위해 Request message를 브로드캐스트로 전달하고 이 메시지를 받은 AP들은 컨트롤러에게 그 사실을 전달한다. 컨트롤러는 메시지를 받은 AP들의 상태 정보를 수집하여 해당 어플리케이션의 QoS에 가장 적합한 AP를 선정하고 Response message를 보내 디바이스와 새로운 AP가 연결을 맺도록 한다.

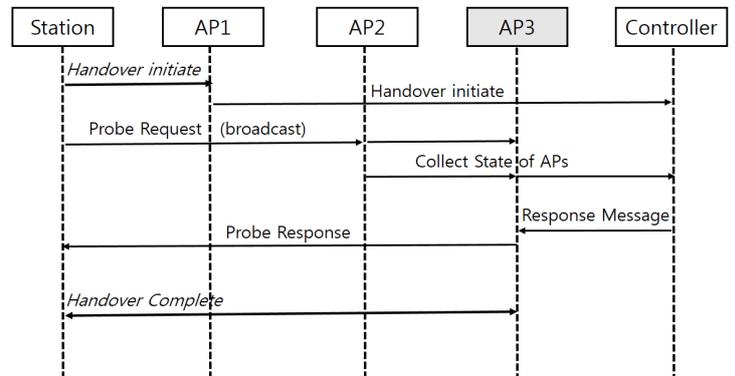


그림 3. 제안하는 핸드오버 시퀀스 다이어그램

Handover Algorithms

Input: AP_s (Set of Aps), requirement throughput

Output: O_{AP} (Optimized AP)

1. JSONObject portData;
2. set requirement throughput based application
3. **Handover Initiate**
4. **for** ap \in AP_s **do**
5. rtBytes = portData.get(ap)
6. rate = rtBytes/ durationTime
7. R [ap] = rate, R [ap].sort();
8. **end for**
9. **for** ap \in AP_s **do**
10. **if** R [ap] > requirement throughput
11. $O_{AP} = R$ [ap]
12. **end if**
13. **end for**

그림 4. 제안하는 핸드오버 의사코드

그림 4는 AP들의 상태 정보들을 통해 적합한 AP를 선정하는 알고리즘에 대한 의사코드이다. 컨트롤러에서 각 AP들의 Data Bytes를 시간으로 나누어 단위시간당 Data rate를 구한다. 이렇게 구한 각 AP들의 Data rate를 통해 현재 트래픽 상황을 파악하고, 이에 따라 AP 목록을 정렬하여 저장한다. 다음으로 미리 설정해둔 어플리케이션 타입 별 QoS를 만족하기 위한 Data rate의 기준 값을 통해 해당 어플리케이션에 가장 적합한 AP를 선택한다. 만약 주변 AP들이 모두 QoS를 만족할 수 없는 상태

일 경우에는 그 중에서 가장 QoS Requirement 값에 가까운 AP를 제안한다.

4. 평가

4.1 시나리오

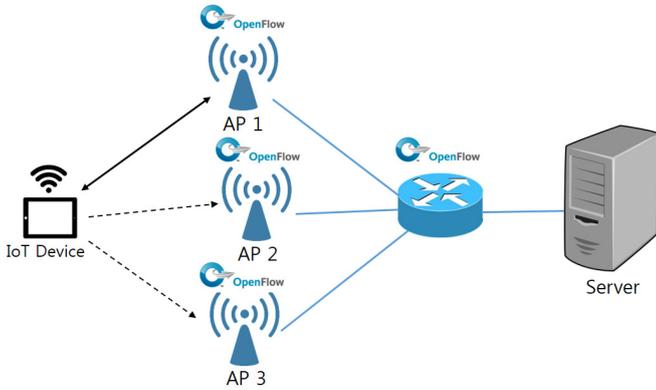


그림 5. 시나리오 토폴로지

그림 5는 본 논문에서 제안하는 핸드오버 알고리즘을 테스트하기 위한 시나리오 토폴로지이다. IoT 디바이스는 AP1에 연결중인 상태에서 핸드오버가 발생한다. 핸드오버가 발생하게 되면 디바이스는 능동적인 탐색을 위해 주변의 AP들에게 Probe Request를 보낸다. 기존 능동적 탐색 방식은 주변 AP들 중 가장 RSSI 값이 큰 AP2를 선택하여 연결을 시도한다. 하지만 AP2는 트래픽을 발생시키는 호스트와 연결되어 있기 때문에 어플리케이션의 QoS를 보장하지 못 한다. 본 논문에서 제시한 알고리즘은 능동적인 탐색을 할 때, Probe Request를 받은 AP들이 자신의 상태를 컨트롤러에게 전달하고 컨트롤러는 이 정보들을 통해 현재 IoT 디바이스에서 실행중인 어플리케이션의 QoS를 보장할 수 있는 최적의 AP인 AP3을 제안한다. AP들은 라즈베리 파이에 OpenWRT를 통해 구현하였으며 컨트롤러와 AP 간의 통신을 위해 OpenWRT에 OpenFlow Protocol을 Import하여 OpenvSwitch를 구현하였다. 본 논문에서 진행한 시나리오는 여러 어플리케이션 타입 중 비디오 스트리밍을 통하여 테스트를 진행하였고 시뮬레이션은 10분 씩 총 10번으로 진행하여 평균값으로 결과를 정리하였다.

4.2 실험 결과

시나리오를 통한 시뮬레이션 결과, 그림 6과 같이 중간에 핸드오버가 발생했을 때, 기존의 알고리즘은 RSSI값만으로 AP를 선택하기 때문에 QoS를 보장하지 못하고 핸드오버 이후 QoS보다 낮은 Throughput을 보인다. 반면, 본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용 했을 경우 핸드오버 발생 후 컨트롤러가 주변 AP들의 네트워크 상태를 통해 QoS를 고려한 최적의 AP를 제공하기 때문에 그림과 같이 핸드오버 발생 후에도 QoS를 보장할 수 있다.

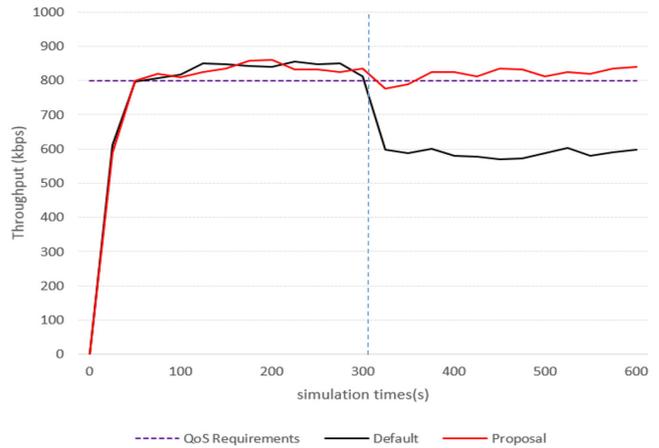


그림 6. 시뮬레이션 결과

5. 결론

기존의 핸드오버 과정에서는 AP 선택할 때 RSSI 값만을 이용하기 때문에 QoS를 보장할 수 없었다. 이를 해결하기 위해 본 논문은 모바일 IoT 디바이스의 핸드오버를 통한 AP를 선택할 때, SDN 컨트롤러에서 AP들의 네트워크 상태정보를 수집하여 이를 통해 QoS를 보장할 수 있는 최적의 AP를 선택하는 알고리즘을 제안하였다. 그리고 알고리즘을 적용한 테스트베드를 구축하여 제안한 알고리즘을 통해 기존보다 QoS가 보장되는 결과를 얻었다. 현재는 여러 QoS parameter중 Data rate 로만 네트워크 정보를 판단하고 최적의 AP를 제안하기 때문에 향후 연구에서는 다양한 QoS parameter를 이용하여 좀 더 세밀한 알고리즘을 제안할 예정이다.

참고 문헌

- [1] 공만식, 채홍준, 유보현, "사물인터넷(IoT) 기술동향과 전망," Journal of the KSME, Vol. 56, pp. 32-36, February 2016.
- [2] Mishra, Arunesh, Minho Shin, and William Arbaugh, "An empirical analysis of the IEEE 802.11 MAC layer handoff process," ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Vol. 33, pp. 93-102, April 2003.
- [3] Pantisano, Francesco, et al., "Matching with externalities for context-aware user-cell association in small cell networks," IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), pp. 4483-4488, December 2013.
- [4] Md Golam Rabiul Alam, Sarder Fakhrul Abedin, Anupam Kumar Bairaggi, Ashis Talukder, Choong Seon Hong, "An Autonomic SLA Management for IoT Networks," 한국정보과학회 학술발표논문집, pp. 507-509, June 2016.
- [5] 정용훈, 유영환, "IEEE 802.11 네트워크 상황을 고려한 효율적 핸드오버 기법," 한국통신학회 학술대회논문집, pp. 1003-1004, June 2015.