

WLAN 환경에서 네트워크 가상화를 통한 끊김 없는 핸드오버 매커니즘 연구

A Study on Seamless Handover Mechanism with Network Virtualization for Wireless Network

구기준* · 정호균

한림성심대학교 정보통신네트워크과

Gi-jun Ku* · Ho-gyoun Jeong

Department of Information Communication & Computer Networks, Hallym Polytechnic University, Gangwon-do 200-711, Korea

[요 약]

현재 스마트폰과 같은 무선 환경 기기의 일상화는 IEEE802.11 그룹의 무선 네트워크 사용 환경을 한층 더 확장시키고 있으며, Wi-Fi와 같은 사용자 중심의 상용화 무선 네트워크 요구가 급증하면서 이의 효과적인 활용과 사용자 중심의 끊김없는 핸드오버는 가장 중요한 논점 중에 하나이다. 그리고 현재 이슈화되고 있는 SDN은 데이터센터 내에서 OpenFlow 스위치 간의 비용 및 복잡도를 줄이는 각 플로우 라우팅을 제공한다. 이는 관리자에게 직관적인 제어를 제공하면서 사용자에게는 지연시간을 줄여주는 이점을 제공하고 있다. 본 논문에서는 SDN이 지원하는 네트워크 서비스 재구성 능력을 밀집된 무선네트워크 환경에 적용하여 끊김없는 핸드오버 매커니즘을 연구하고 성능을 검증한다.

[Abstract]

The routinized wireless devices such as smart phone have promoted to expand the use of IEEE 802.11 groups. The challenge environments of the wireless network utilizes effectively and user-oriented seamless services that handover is the most desirable issues under the wireless circumstance. In data center software defined network (SDN) has provided the flow routing to reduce costs and complexities. Flow routing has directly offered control for network administrator and has given to reduce delay for users. Under the circumstance of being short of network facilities, SDNs give the virtualization of network environments and to support out of the isolation traffic conditions. It shows that the mechanism of handover makes sure seamless services for higher density of the network infrastructure which is SDN to support network service re-configurable.

Key word : Handover, OpenFlow, Software-defined network, Flow routing, Reconfigurability.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2014.18.6.594>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 25 November 2014; Revised 28 November 2014

Accepted (Publication) 15 December 2014 (30 December 2014)

*Corresponding Author: Gi-jun Ku

Tel: +82-33-240-9163

E-mail: gijun@hsc.ac.kr

I. 서론

무선네트워크 도입은 캠퍼스, 병원 등을 중심으로 대규모 수용의 변화가 일상화 되고 있다. 그러나 무선 매체의 신뢰성 문제는 애매모호하고 유선 네트워크 보다 트래픽을 능동적으로 제어해야 한다. 상호 이기종 무선 네트워크가 적절하게 배치되지 않을 경우 각 AP의 신호는 간섭으로 무선 디바이스인 호스트의 이동성을 저하시키는 주요 요인 하나이다. 스마트폰 사용자가 대용량의 멀티미디어 콘텐츠를 소비하기 위해 높은 속도의 Wi-Fi 환경의 요구로 높은 속도를 제공하기 위해 전파신호범위를 좁히려는 하는 경향이 있으나 적은 전파신호범위 셀은 상호신호간섭을 증가시킨다. 대부분 WLAN 사용자는 비전문가로 다수의 Wi-Fi신호와 신호강도를 가지길 원하고 있다. 이와 같은 환경은 상호신호간섭으로 인하여 최종적으로 데이터 전송 속도를 저하시키는 원인이 된다. 그러므로 네트워크 관리자의 무선 네트워크의 용량을 늘리기 위한 의도와 다르게 단위면적당 많은 AP 설치로 인한 상호신호간섭 또는 보다 큰 채널 크기는 서비스 수의 제한하는 결과를 초래한다.

현재 다수의 MNO 업체가 각각 자사의 AP를 설치함으로써 발생하는 비용과 신호충돌로 인한 전송률 저하, 이를 극복하기 위한 과도한 인프라 구축으로 WLAN의 악순환이 반복되고 있다. 이를 극복하기 위한 무선 네트워크 인프라 구조에서 무선 네트워크의 직관적인 관리는 사용자들의 접속에 대하여 다양한 정책을 손쉽게 적용할 수 있다.

그러나 무선 네트워크 디바이스 간의 벤더 종속성은 무선기기 상호 운용을 매우 어렵게 한다. 네트워크 운용 프로토콜과 이를 위한 틀은 매우 복잡하고, 네트워크 상의 확장은 상호운용의 유연성이 부족하여 네트워크 관리자는 벤더가 제공하는 틀에 의지할 수 밖에 없다. 이러한 현상은 관리자가 벤더에서 제공하는 틀 내에서 종속을 가속화하고 또한 시간상 많은 경험과 숙지가 요구된다. 결과적으로 관리자는 서로 다른 경험을 공유하기가 어렵다, 즉 벤더가 하드웨어에서 configuration 도구까지 수직적인 일괄된 시스템을 제공하고 이를 벤더 lock-in이라 하므로 다른 벤더간의 수평적으로 상호 적용할 수 있는 것은 아니다.

무선 네트워크를 구축하는 회사는 벤더에 무관한 장비의 도입과 별다른 노력없이 장비간의 상호운용성이 보장되어야 한다. SDN은 이와 같은 불합리한 요소를 제거하고 상호운용성을 촉진하는 추상화를 제공한다. 추상화는 무선 네트워크 환경에서 유연성, 향상된 관리기법 및 관리자 편의성을 제공한다. 많은 네트워크에서 인프라 중심 또는 인프라 없는 무선 네트워크 상의 무선 신호와 데이터 전송률 간의 균형이 가장 큰 고려사항이다

II. Software-Defined Networking

SDN 이전에 기존 네트워크 관리는 산업과 학계로 구분되어진 네트워크 환경에서 특별한 대안 없이 벤더 솔루션에 의해 단혀 있었다. SDN 등장 이후에 네트워크 관리는 데이터 흐름 모니터링, 제어 등의 data plane과 control plane으로 구분하고 벤더 종속성에서 벗어나 상호 운용성을 지속하는 정책을 구현할 수 있다.

2-1 OpenFlow

OpenFlow의 구성은 각 flow 구성요소를 연관 지어 실행하는 흐름 테이블(flow table), OpenFlow controller로부터의 명령과 패킷을 보내고 받는 보안 채널(secure channel), 그리고 OpenFlow controller와 OpenFlow switch 간의 통신을 지원하는 OpenFlow protocol이다.

OpenFlow switch의 기능은 OpenFlow protocol을 수용할 수 있는 L2 스위치이며, OpenFlow controller와 연결을 형성하고 유지하며, OpenFlow controller의 제어를 받는다. OpenFlow switch는 다수의 네트워크 인터페이스로 구성되며, 보안 채널은 OpenFlow controller와의 통신을 위한 TCP 기반의 보안 채널을 형성한다. 추상화된 OpenFlow 프로토콜의 flow table은 VLAN, 이더넷, IP, TCP, 포트 정보 등을 가지고 있다. 이와 같은 정보에 의해 flow의 동작이 결정되며, OpenFlow protocol을 통하여 OpenFlow controller로 전달된다[1].

2-2 무선 환경에서 고속인증 로밍 지원

기존의 802.11i 인증 프로세스는 느리기로 악명이 높다. 11i에는 짝 마스터 키 캐싱(pairwise master key caching)이나 사전인증(pre-authentication)과 같이 로밍 시간을 최소화해주는 매커니즘 옵션이 포함되어 있기는 하지만, 이들은 업체들에 의해 폭넓게 이행되지 못했다. 순수 11i에서는 새로운 AP로 로밍이 필요하다고 일단 결정을 내린 클라이언트는 AP와 연합 메시지(association message)를 상호교환해야 하며, 사용자의 로그인 증명서가 인증이 된 후에 마스터 세션 키가 나오게 된다.

IEEE 802.11r은 인증 프로세스와 암호화키가 로밍이 이뤄지기 전에 만들어지도록 보장해 준다. IEEE 802.11r에서 로밍의 속도를 높이기 위해 ‘고속 핸드오프’ 개념을 도입되었고 인증은 클라이언트가 이동성 영역 (IBSS; independent basic service set) 내로 들어올 때 한번만으로 이뤄진다. IBSS에 진입한 이후에 로밍은 첫 인증시 파생된 암호화 방식이 사용이 되기 때문에 로밍 시간이 단축되고 백엔드 인증 서버의 부하가 줄어든다.

산업계 표준인 IEEE 802.11r은 AP간 전환할 때 WLAN에서의 handover 지연시간을 줄임으로써 보안 이동성의 보장을 촉진하고 IEEE 802.1i 같은 보다 엄중한 보안 매커니즘이 서비스 끊김없이 채택되고 VoWi-Fi 같은 고용량의 멀티미디어와 같은 실시간 애플리케이션에서 필수적인 요소이다.

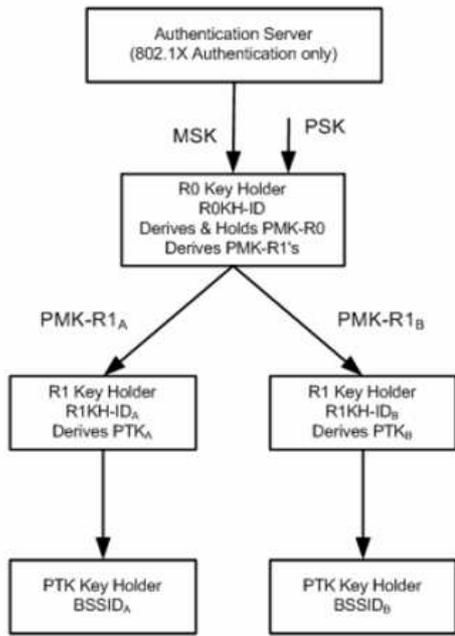


그림 1. MS의 인증 및 세션 key 계층도
Fig. 1. MS authentication and session key diagram.

MS가 새로운 WTP로 핸드오프 하는 과정을 보면 WTP1로부터 무선네트워크 서비스를 제공받던 MS는 새로운 WTP로 로밍하기 위해 probe request/response 과정을 통해 이용 가능한 WTP2를 발견한다. 호스트(MS)는 WTP2와 사용할 세션키를 새롭게 도출해야 한다. 이때 CAPWAP 아키텍처에서는 802.1x EAP-TLS인증과정 없이 AC가 PMK를 도출하여 AC와 MS사이의 4-way handshake 과정을 바로 진행한다.

최초 인증 시 도출했던 PMK0를 재사용하여 probe request/response 과정을 통해 이용 가능한 WTP2를 발견한 MS는 현재 접속하고 있는 WTP1과의 접속을 disassociation과정을 통해 해지한 후 WTP2로 association request 메시지를 전송한다. MS로부터 association request 메시지를 전달받은 WTP2는 해당 MS와 최초 인증 때 사용했던 PMK0를 이용하여 WTP2를 경유해서 MS와 4-way handshake과정을 바로 실행하고 이를 통해 새로운 세션 키 PTK1을 도출한다.

2-3 WLAN에서의 가상화를 이용한 핸드오프 연구

WLAN 환경 하에서 이동관리를 위해 IEEE는 여러 표준화를 진행하였다. 예로, IEEE802.21[8]는 이기종 통신 환경에서도 끊김 없이 데이터를 주고받을 수 있도록 제안된 통신 기술 표준이다. IEEE802.11r[7]는 내부 네트워크에서 AP에서 다른 AP로 끊김 없이, 빠르고 안전한 handover(채널 전환)를 지원하고, 이동 중에도 무선 장치에서 연속적인 연결을 가능하게하기 위한 인증 과정 및 암호화에 대한 기술 표준이다.

그러나 기술 표준은 핸드오프를 관리하기 위한 몇몇의 원시적인 메시징을 지원할 뿐 WLAN 환경에서 끊김없는 이동성을 지원하기에는 충분하지 않다. 이와 같은 환경에서 무선 네트워크의 효과적인 활용과 사용자에게 지원되는 서비스를 극대화하기 위해 적절한 AP를 선택하는 것은 매우 중요한 논점 중에 하나로 신호의 세기와 더불어 각 AP에서 처리하는 트래픽양 등을 고려하여 한다.

기존의 RSSI기법의 결합 기법이 적당하지 않은 이유는 RSSI 기법은 단지 AP로부터 거리에만 따라 결정되는 것이 아니라 전송 궤적에도 영향을 받기 때문이다. 이외에도 사용자와 AP들 사이에 발생하는 트래픽은 보통 양 방향(bi-directional)이지만 RSSI 기법은 단지 다운링크 채널 조건만을 나타내는 지시자이다[8].

최근에 RSSI 기법의 대안을 찾고자 많은 연구가 진행되었다. Kauffmann은 전체 네트워크의 대역폭(bandwidth)를 사용자에게 공평하게 할당하기 위해 자원 공유 및 개선된 사용자 결합을 제공하는 자가 구성 알고리즘을 제시하였다[9]. Korakis는 채널 정보를 사용하는 결합방법을 고려한 매커니즘을 연구하였다[2].

AP간 끊김없는 handover를 위해 SDN 개념의 OpenFlow 프로토콜을 이용하여 여러 AP들을 동시에 연결하고 현재 접속되어 있는 클라이언트에 대한 정보를 모니터링하고 제어할 수 있는 환경 구축은 끊김없는 handover에서 가장 중요한 어플리케이션 중에 하나일 것이다.

전통적인 네트워크에서는 handover를 위한 준비 없이 handover가 발생하였을 때 이전 규칙에 의해 패킷을 전송한 이후 reconfigure가 일어남으로 클라이언트에 추가적인 지연이 발생한다. 반면에 OpenFlow 스위치는 OpenFlow controller에 의해 configure할 수 있도록 L1-L4 계층 등록을 지원한다. 이와 같은 해결방법으로 클라이언트 이동시 이전 AP로 패킷을 보내지 않고 즉시 handover된 AP로 패킷을 전송할 수 있다[5],[6].

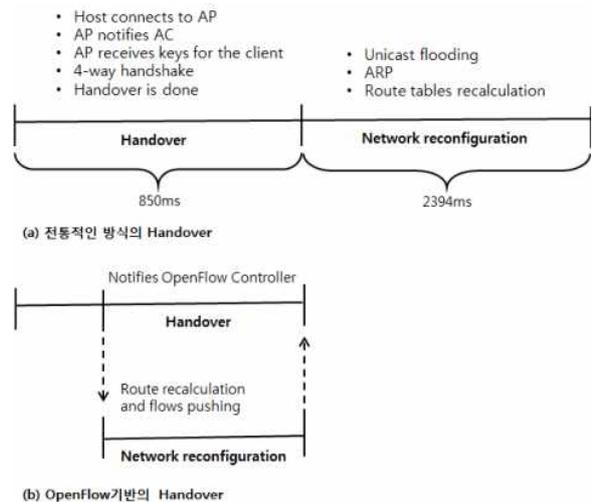


그림 2. Handover timeline 비교
Fig. 2. Comparison with handover timeline.

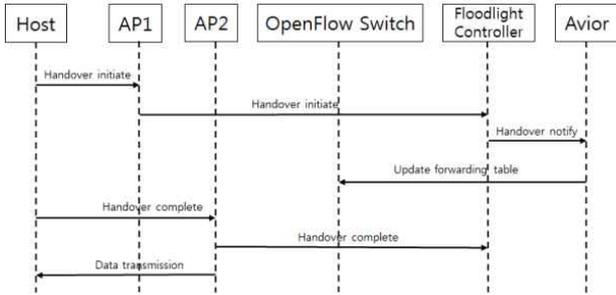


그림 3. AP1과 AP2간 handover시 메시지 교환
 Fig. 3. Message exchange diagram with AP1 to AP2.

그림 2에서 handover를 위한 reconfigure을 위한 평균 시간이 2.394초가 요구된 반면 OpenFlow를 적용한 네트워크에서는 추가적인 시간이 요구되지 않아 효율적인 결과를 얻었다[4].

호스트는 현재 접속되어 있는 AP의 received signal strength indicator(RSSI)의 신호강도가 약할 경우(hysteresis margin) 보다 큰 신호강도의 AP로 handover 과정을 진행한다.

그림 3은 handover 이벤트를 수행할 때 메시지 교환 순서 다이어그램으로 호스트에서 handover 이벤트가 발생되면 AP1과 OpenFlow switch의 control plane을 통해 controller에 전달된다. Controller는 호스트의 인접 AP로의 handover 이벤트 처리를 위해 OpenFlow switch의 forwarding table을 갱신한다. 이에 따라 OpenFlow switch는 12개의 항목으로 이루어진 OpenFlow flow 테이블의 rule과 매칭시킨 후 패킷을 전달하므로 호스트는 handover를 수행한 AP2에서 전송 지연 없이 즉시 패킷을 전송 받게 되므로 끊김없는 handover가 이루어진다[3].

III. 구현

OpenFlow기반의 네트워크 가상화를 구축하기 위하여 Open Flow switch는 HP 3500와 HP 3800으로 구성하였으며, L2 switch에 OpenFlow를 지원하기 위해 default VLAN과 VLAN10으로 VLAN을 구성한다. 구성된 VLAN을 인터페이스를 통해 OpenFlow controller와 연결하기 위하여 controller id와 ip로 구성된 instance를 설정한다. 이 설정된 instance를 통해 OpenFlow protocol로 controller와 연결된다. OpenFlow controller는 java기반 open source controller인 floodlight controller를 linux에서 운영하였으며 flow를 제어하기 위해 avior v1.3을 이용하였다. 각 OpenFlow switch에는 일반 AP를 설치하여 CAPWAP의 경우 벤더중속성을 갖던 AP의 가격을 5분의 1로 낮추었다.

Floodlight는 OpenFlow controller로 application, control plane 그리고 data plane 으로 이루어진 3-tier architecture이다. 그림 4에서처럼 application tier의 controller 플랫폼과 app들 사이 northbound API는 프로그램 가능한 인터페이스로 네트워크 application을 개발할 수 있도록 지원하고 있다. Control plane tier는 forwarding instruction set을 통해 네트워크 디바이스를 원격

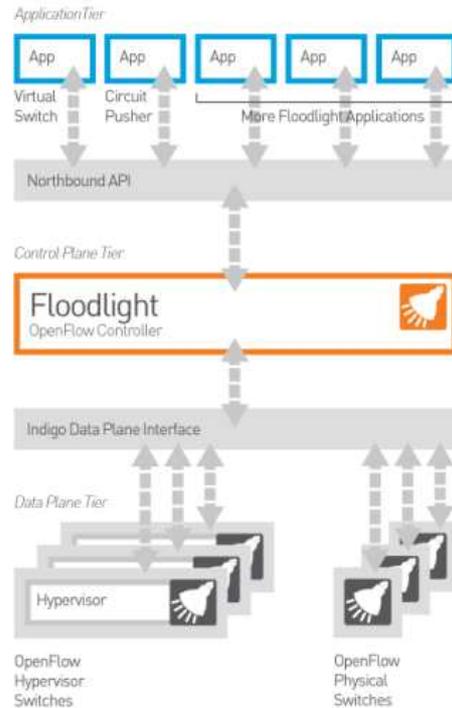


그림 4. Floodlight 3-tier 아키텍처
 Fig. 4. Floodlight 3-tier architecture.

으로 제어할 수 있는 프로토콜을 구체적으로 명시하고 있다. Floodlight controller는 OpenFlow 표준 지원 및 벤더 독립으로 AP, 스위치, 라우터들과 연결되어 협업할 수 있도록 설계되었다. Data plane tier는 물리적으로 데이터 forwarding plane과 분리하기 위해 control plane은 다른 분산 모델을 기반으로 구현되었고 이는 실시간 네트워크 제어를 지원한다.

IV. 평가

구현된 WLAN 테스트 환경을 위해 일반 사무실에 일정 거리를 두고 AP들을 배치하였으며 OpenFlow switch와 floodlight controller은 인터넷으로 연결되도록 구성하였다. 테스트베드는 660MHz Realtek mips core cpu의 AP 2개로 구성하였으며, 한 개의 AP는 사무실 내에 다른 하나는 사무실 복도에 위치하여 호스트가 두 개의 AP의 신호강도를 다르게 받도록 배치하였다. OpenFlow controller는 floodlight와 avior를 dualcore 2.2 GHz cpu, 2 GB ram의 pc에 설치하였으며 운영체제는 linux를 사용하였다.

그림 5는 각 OpenFlow switch에 AP1(192.168.7.1), AP2(192.168.6.1)로 구성되어있는 WLAN 환경에서 (a)AP1에 접속되어 무선네트워크 서비스를 제공받던 호스트가 AP1의 신호강도가 저하되고 AP2의 신호강도가 증가되어 (b)호스트가 AP2와 4-way-handshake를 진행하면 OpenFlow controller는 handover 과정으로 forwarding table을 갱신하여 AP1에서 AP2로 패킷의 desti-

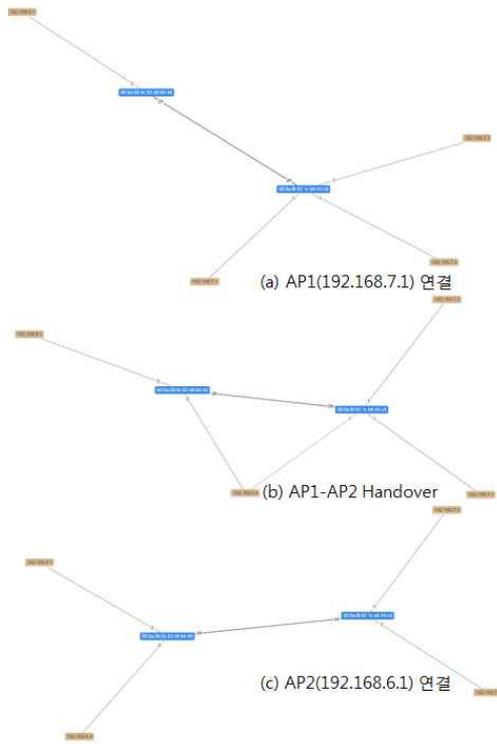


그림 5. OpenFlow controller에서의 handover
 Fig. 5. Handover in OpenFlow controller.

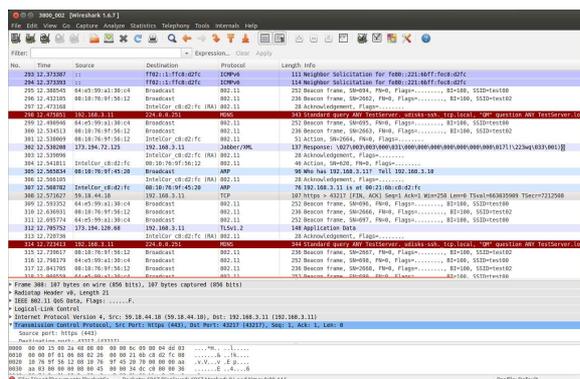


그림 6. Wireshark을 이용한 패킷 모니터링
 Fig. 6. Packet monitoring in Wireshark

nation을 변경한다. 변경 후에 AP2로 접속되어진 호스트는 그림 5의 (c)와 같이 제공받던 무선네트워크 서비스를 끊임 없이 지속적으로 제공받는다.

그림 6은 AP1에서 AP2로 핸드오버 완료 후 스트리밍 패킷 수신을 Wireshark를 통하여 확인한 결과이다.

V. 결론

본 논문에서는 OpenFlow기반의 네트워크 가상화를 통한 AP 간 handover 매커니즘을 제안하고 구현하였다. 전통적인 WLAN 환경에서는 handover가 발생하였을 때 이전 규칙에 의해 패킷을 전송한 이후 reconfigure가 일어남으로 클라이언트에 추가적인 지연이 발생하였으나, OpenFlow 기반의 WLAN 가상화 환경에서 floodlight avior를 통한 forwarding table 업데이트로 이전 AP로 패킷을 보내지 않고 즉시 handover된 AP로 패킷을 전송할 수 있어 호스트는 끊임없는 handover 서비스를 받았다. 향후, 다수 AP들로 구성된 mesh 네트워크 환경에서의 handover와 다양한 시나리오를 적용하여 사용자별로 차별화된 서비스를 제공하는 연구를 수행할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 2013년도 중소기업청 기술개발사업에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] N. McKeown, T. Anderson, H. Balakrishnan, G. Parulkar, L. Peterson, J. Rexford, S. Shenker, and J. Turner, "OpenFlow: enabling innovation in campus networks," *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, Vol. 38, No. 2, Apr. 2008.
- [2] G. Athanasiou, T. Korakis, O. Ercetin, and L. Tassiulas, "A cross-layer framework for association control in wireless mesh network," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, Vol. 8, No. 1, pp 65-80, Jan. 2009.
- [3] P. Dely, A. Kessler, L. Chow, N. Bambos, N. Bayer, H. Einsiedler, C. Peylo, D. Mellado and Miguel Sanchez, "A software-defined networking approach for handover management with real-time video in WLANs," *Journal of Modern Transportation*, Vol. 21, Issue 1, pp 58-65, Mar. 2013.
- [4] B. Kauffmann, F. Baccelli, A. Chaintreau, K. Papagiannaki and C. Diot, "Measurement-based self organization of interfering 802.11 wireless access networks," in *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Communication (INFOCOM)*, Anchorage: AK, pp 1451-1459, May. 2007.
- [5] T. Korakis, O. Ercetin, S. Krishnamurthy, L. Tassiulas, and S. Tripathi, "Link quality based association mechanism in IEEE 802.11h compliant wireless LANs," in *Proceeding of the Workshop on Resource Allocation in Wireless Network(RAWNET)*, Trentino: Italy, pp. 725-730, Apr. 2005.
- [6] S. Monin, A. Shalimov, and R. Smeliansky, "Chandelle: smooth and fast WiFi roaming with SDN/OpenFlow," in

Proceedings of the 2014 Open Networking Summit, Santa Clara: CA, Mar. 2014.

[7] B. O'Hara, P. Calhoun, and J. Kempf, "CAPWAP problem statement," *RFC 3990*, Feb. 2005.

[8] IEEE Std 802.21-2008(2009) IEEE standard for local and

metropolitan area networks-part21: media independent handover.

[9] IEEE Std 802.11r-2008(Amendment to IEEE Std 802.11-2007 as amended by IEEE Std 802.11k-2008)(2008).



구 기 준 (Gi-jun Ku)

1983년 2월 단국대학교 전자공학 (공학사)
1988년 2월 한양대학교 전자공학 (공학석사)
1996년 8월 숭실대학교 전자공학 (공학박사)
1994년 2월 ~현재 한림성심대학교 정보통신네트워크과 교수
※ 관심분야 : 통신 및 신호처리, 이동통신, 신재생에너지



정 호 균 (Ho-gyoun Jeong)

1998년 2월 강원대학교 전자공학 (공학사)
2000년 2월 강원대학교 전자공학 (공학석사)
2009년 2월 강원대학교 전자공학 (공학박사)
2008년 2월 ~현재 한림성심대학교 정보통신네트워크과 겸임교수
※ 관심분야 : 통신 및 신호처리, 네트워크