

SDR 기반 무선 혼합망에서 연결성 대안 및 통합 아키텍처

장석기* · 박광채*

*조선대학교

Connection Alternatives and Integrated Architecture In A SDR-based heterogeneous Wireless Network

Suk-ki Jang* · Kwang-Chae Park**

*Chosun University

E-mail : chjjan@hanmail.net

요 약

미래의 유비쿼터스 환경은 사용자에게 보장된 품질로서 유용한 서비스를 제공하기 위해 여러 가지의 무선통신 시스템들과 다른 액세스 기술들로 인한 다수의 연결성 대안들을 제시해야 한다. 새로운 어플리케이션들은 시간과 장소에 제한 없이 다른 휴대용 디바이스들로부터 정보를 액세스할 수 있는 유비쿼터스 환경을 요구함으로써 셀룰러망, WLAN, 그리고 MANET 등과 같은 다양한 무선 플랫폼들을 통합하도록 한다. 다른 성능과 기능을 갖는 기술들의 통합은 매우 복잡하며, 프로토콜 스택의 모든 계층에 대해 이슈화된다. 이 논문에서는 SDR 기반 무선 통합망을 위한 연결성 대안 및 네트워크 계층에서의 통합 아키텍처를 비교 검토한다.

ABSTRACT

The ubiquitous environment of the future has to exploit this multitude of connectivity alternatives resulting from diverse wireless communication systems and different access technologies to provide useful services with guaranteed quality to users. New applications require a ubiquitous environment capable of accessing information from different portable devices at any time and everywhere. This has motivated researchers to integrate various wireless platforms such as cellular networks, WLANs, and MANETs. Integration of different technologies with different capabilities and functionalities is an extremely complex task and involves issues at all layers of the protocol stack. This article compares and discusses a connection alternatives and integrated architecture in network layer for a SDR-based heterogeneous wireless network.

키워드

Heterogeneous Wireless Network, WLAN, Cellular Network, MANET

1. 서 론

무선 통신에서 IEEE 802.11에 기초한 WLAN이 보편화되었고, SDR (Software-defined Radio) 과 인지무선(CR: Cognitive Radio) 기술들로 인해 다중 인터페이스, 환경인식, 다중모드, 그리고 일반적인 다중대역 통신이 이루어질 것으로 기대되고 있다. 그와 같은 복합적인 통합 환경은 사용자의 요구에 의해 사용 가능한 무선 접속망(RAN: Radio Access Network)의 형태 즉, 셀룰러망, WLAN, WPAN 등에 따라 특정 네트워크에 접속

할 수 있도록 한다.

이와 같은 서비스를 제공하기 위해서는 사용자가 고정 BS(Base Station) 또는 유선 인프라스트럭처에 연결된 AP를 통해 시스템에 접속하는 단일홉 동작모드의 WLAN, WWAN, WPAN 등을 통합해야하며, 두 번째 단계로 라우터로 알맞은 무선 장비들로 이루어져 있는 MANET 다중홉 통신 환경까지 통합해야 한다.

이 논문에서 다중 인터페이스 디바이스로 이루어진 셀룰러망, WLAN, 그리고 MANET으로 구성된 무선 혼합망을 통합할 수 있는 방법을 제시

하고, 혼합 시나리오에서 주요 구성요소와 연결성 대안을 확인하기 위한 모델을 제안한다. 그리고 프로토콜 스택의 네트워크 계층에서의 이슈와 셀룰러망, WLAN, 그리고 MANET을 통합하기 위한 아키텍처들을 논의한다.

II. 커넥션 대안

셀룰러망, WLAN, 그리고 MANET의 통합은 다양한 통신 시나리오, 서로 다른 인터페이스 특성, 그리고 MS의 이동성 패턴 때문에 간단하지 않다. 무선 혼합망은 이동국(MS), 기지국(BS/AP), 그리고 이동국(MS)을 위한 통신 브리지로 CN(Core Network)으로 구성되어 있는데, BS와 AP과 같은 고정망 구성요소들은 MS에 인터넷에 접속, 기존의 네트워크와 차후 네트워크의 상호 운용성, 서로 다른 무선 액세스 네트워크간의 핸드오프 지원, 자원 제어, 라우팅 검색, 보안 관리 등 서비스를 제공할 수 있다. 그리고 단일모드 셀룰러 MS는 BS를 통해 셀룰러망에 접속하고, 단일모드 WLAN은 AP를 통해 전달하거나 MANET을 이루는 애드혹 모드로 단말기들이 갖추어진 다른 WLAN에 연결할 수 있다. 듀얼모드 MS는 하나의 BS 또는 하나의 AP에 직접 전달하는 인프라스트럭처와 WLAN 인터페이스를 사용하는 MANET 모드들로 동작할 수 있다. CN은 인터넷 접속성과 패킷 데이터 서비스를 하는 백본 네트워크로 알맞지만, 또한 seamless 이동성, 다중접속력, 그리고 보안을 지원한다.

그림 1과 같이, 서로 다른 유형의 커넥션이 두 개의 MS 사이에서 이루어질 수 있다. 연결을 시도하는 두 개의 MS, 그리고 종단시스템 Source와 Destination을 고려하고, 모든 MS가 듀얼모드 특성을 갖는다는 가정 하에 커넥션 시나리오들을 나타낼 수 있다.

- a) 셀룰러 인터페이스를 통해 전달할 수 있고 커넥션 설정은 셀룰러망의 전형적인 절차를 따른다.
- b) 인프라스트럭처 모드로 하나의 WLAN AP를 통해 연결될 수 있다.
- c) Source와 Destination의 AP들에 전달할 수 있다. 그리고 이들 AP들은 고정 네트워크를 통해 상호 연결된다.
- d) Source와 Destination은 직접 전달하거나 다중홉들을 통해 전달하기 위해 MANET 모드로 WLAN 인터페이스를 사용할 수 있다.
- e) Source는 게이트웨이 노드(GN)에 연결하기 위해 MANET 모드로 WLAN 인터페이스를 사용할 수 있다. 그리고 그것은 인프라스트럭처 모드로 셀룰러 BS를 통해 Destination에 커넥션을 이룰 수 있다.
- f) Source는 GN에 연결하기 위해 MANET 모드로 WLAN 인터페이스를 사용할 수 있다. 그리고 그것은 인프라스트럭처 모드로 WLAN AP를 통해 Destination에 커넥션을 이룰 수 있다.

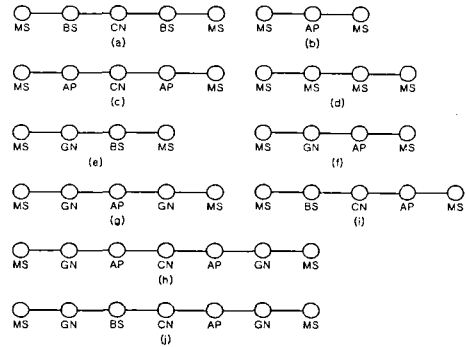


그림 1. 커넥션 대안

g) Source와 Destination 둘 다 하나의 AP의 커버리지 밖에 있지만, 유사한 GN과 GN을 식별함으로써 다중홉 ad-hoc 모드를 사용하여 연결할 수 있다. 그리고 그것은 AP를 통해 전달할 수 있다.

h) Source와 Destination 둘 다 AP들의 커버리지 밖에 있지만 유사한 GN과 GN을 식별함으로써 다중홉 ad-hoc 모드를 사용하여 연결할 수 있다. 그리고 그것은 인프라스트럭처 모드로 고정 인프라스트럭처(CN)을 통해 전달할 수 있다.

i) Source와 Destination은 제각기 셀룰러와 WLAN 인터페이스들을 사용하고 있다. 그리고 유사한 BS와 AP는 고정 CN을 통해 연결된다.

j) Source는 BS에 연결된 GN에 연결하기 위해 WLAN 인터페이스를 사용하고 있다. 그리고 이 BS는 GN을 통해 Destination에 연결성을 제공하는 AP에 CN을 통해 연결된다.

III. 네트워크 계층에서의 통합 아키텍처

인프라스트럭처 네트워크와의 MANET의 통합 개념은 BS/AP에서 트래픽 부하 감소와 포괄적인 셀 처리율을 향상시키는 것뿐만 아니라 GN을 사용하여 BS/AP 커버리지 밖에 MS에 연결성을 제공하기 위해 생기게 되었다. 따라서 네트워크 계층은 그와 같은 게이트웨이들을 찾아내고 그들의 IP 어드레스들을 정확히 설정하기 위해 MANET에서 이 MS를 허용하기 위한 메커니즘들을 가져야 할 것이다. 더욱이 고정 인프라스트럭처에 연결된 MS는 GN을 통해 도달하는 MANET에서의 MS를 인식해야 한다. 바꾸어 말하면, 네트워크 계층은 통합 토폴로지를 검색해야 하고 어느 Source와 Destination 사이에 최적의 루트를 찾아야 한다. 몇몇의 메트릭이 최적 루트, 홉들의 수, 용량, 지연, 처리율, 시그널 강도 등을 정의하기 위해 사용된다. 사용되는 메트릭에 따라 서로 다른 무선 기술들을 포함하는 서로 다른 경로들이 최적의 옵션으로서 선택될 수 있다. 더욱이 네트워크 계층은 seamless 방식으로 동일한 기술의

BS/AP 사이에 horizontal 핸드오프와 서로 다른 기술들 사이에 vertical 핸드오프를 처리해야 한다.

는 것과 진행중인 커백션이 스위칭 기간 동안 끊어질 수 있다는 것이다.

표 1. 통합 아키텍처의 비교

아키텍처	동작모드	MS타입	커백션대안	커버리지 밖 지원
A-GSM	Cellular-MANET	Dual	(a), (e)	Yes
ODMA	Cellular-MANET	Dual	(a), (e) *MS가 BS 커버리지 하에 있음	No
iCAR	Cellular-MANET	Single Dual	(a), (e)	No
UCAN	Cellular-WLAN-MANET	Single Dual	(a)-(c), (e) *MS가 BS 커버리지 하에 있음	No
Two-hop relay	Cellular-WLAN-MANET	Single Dual	(c), (e)-(h)	Yes
HWN	WLAN or Cellular-MANET	Single	(a), (d)	No
MADF	Cellular-MANET	Single	(a), (e)	No
SOPRANO	Cellular-MANET	Single	(a), (e)	No

통합 아키텍처로서 그림 1의 (e)와 유사한 경우에 적용될 수 있는 UCAN은 MANET 모드에서 동작할 수 있는 셀룰러 CDMA/HDR 인터페이스와 IEEE 802.11b 인터페이스를 갖는 듀얼모드 MS를 고려한다. 기본적인 목적은 BS와 MS 사이에 다운링크 채널에서 시그널의 품질이 불충분할 때 처리율을 개선하기 위해 다중홉 라우팅을 사용하는 것이다.

two-hop 릴레이 아키텍처는 그림 1의 (e)-(h)에서 보여지듯 단일홉과 다중홉 도메인 사이에 중계 게이트웨이(RG)로 동작할 수 있는 듀얼모드 단말의 가용성을 이용한다. two-hop 릴레이 아키텍처는 셀룰러 BS뿐만 아니라 WLAN AP를 고려한다. 이 아키텍처에서 두 가지의 주요 목적은 기존의 셀룰러망의 능력을 강화시키고 두 개의 홉까지 이르게 함으로써 WLAN MS에 대한 시스템 커버리지를 확장하는 것이다.

HWN 아키텍처는 sparse 토폴로지를 위한 전형적인 단일홉 또는 dense 토폴로지를 위한 MANET 모드 사이에 동작모드를 선택하기 위해 각각의 셀(BS)을 허용한다. 모든 MS들이 GPS(Global Positioning System) 능력을 가지고 BS에 위치정보를 주기적으로 보낸다고 가정한다. 그리고 그것은 처리율을 최대화 할 수 있는 동작모드를 결정하기 위해 알고리즘을 번갈아 적용한다. HWN 아키텍처의 두 가지 약점은 MANET 모드에서 사용된 최소 전력이 이동성 때문에 단절(disconnected) 토폴로지에 이르게 할 수 있다

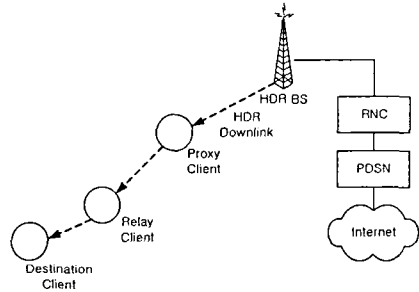


그림 2. UCAN 아키텍처

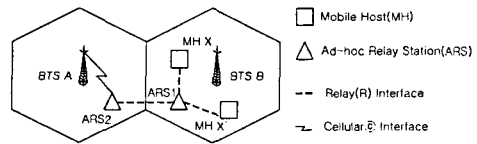


그림 3. ARS를 통한 MH 통신

iCAR에서 ARS는 네트워크 운용자에 의해 배치되고, 하나는 셀룰러 BS와 통신하기 위해 또 다른 하나는 다른 ARS와 MANET 모드로 통신하기 위한 두 개의 인터페이스를 갖춘 무선 디바이스들이다. 더욱이 ARS는 트래픽 변동에 적응하기 위해 셀룰러 MSC에서 제어되는 제한된 이동성을 가질 수 있다. 로드 밸런싱을 제외하고 iCAR은 셀룰러 커버리지 밖에 MS들이 중계국들을 통해 시스템을 액세스할 수 있기 때문에 셀룰러 망의 커버리지를 증가시킬 수 있다.

iCAR처럼, MADF는 약간의 프리 셀들이 되도록 혼잡 셀에서 트래픽의 포워딩부에 의해 셀들 사이에 로드 밸런싱을 이룬다. 릴레이로 설치해 놓은 ARS를 사용하는 iCAR과 달리, MADF에서 트래픽 포워딩은 과부하 셀과 프리 셀 사이에 위치해 있는 중계 노드처럼 MS를 사용하여 이루어진다. 중계 MS는 다수의 포워딩 채널을 공유하고 패킷의 지연을 계속해서 모니터 한다. iCAR에 비하여 MADF의 주요 이점은 부가적인 디바이스들이 필요하지 않다는 것이다.

A-GSM 아키텍처는 MANET 모드로 패킷들을 중계하기 위해 GSM 듀얼모드 MS를 두고 데드 스폿(dead spot) 지역들에서의 연결성을 제공하기 때문에 시스템 능력과 링크 장애들에 대한 완강성(robustness)이 증가할 것이다. 링크 계층에서 A-GSM 모드는 중계 노드들로 알맞은 그들의 능력들을 알리기 위해 비컨(beacon) 시그널의 전송을 지원하는 GSM LAPDm의 어댑테이션을 사용한다. 이 프로액티브 게이트웨이 검색 방식의 약점은 높은 제어 오버헤드이다.

A-GSM의 기본적인 개념은 ODMA 방식과 동일하다. 두 솔루션 모두 다중홉 커버션을 지원하기 위해 다중 액세스와 중계 기능을 통합한다. 반대로 ODMA는 패킷을 중계하기 위해 동일 셀에서 다른 MS를 사용함으로써 다수의 보다 좁은 무선 홉들로 인해 MS에서 BS까지 단일 CDMA 전송을 방해하므로 전송 전력과 co-channel 간섭이 감소할 것이다. 그러나 ODMA는 BS의 커버리지 외부에 MS에 대하여 통신을 지원하지 않는다.

SOPRANO 아키텍처는 네트워크 용량을 최적화하기 위해 물리 계층, 데이터 링크 계층, 그리고 네트워크 계층들에 대하여 자기 조직화(self-organization)의 여섯 단계 즉, 인접 검색, 커버션 설정, 채널 할당, 계획 전송/수신 모드, 이동성 관리와 토폴로지 갱신, 그리고 제어와 라우터 정보의 교환을 요구한다. 또한 MUD는 다중홉 중계 때문에 생기는 과도한 간섭을 감소시키기 위해 효율적인 기술이기 때문에 물리 계층을 위해 제안된다. MAC 계층에서 전송이 다중홉에 의해 몇몇 중간 노드를 통해 한 노드에 보내진다면, 각각의 노드에 대한 현명한 주파수 채널 할당은 상당히 간섭을 감소시킬 수 있고 보다 나은 성능이 될 것이다. 네트워크 계층에서, 시스템 용량을 올리기 위해 다중홉 라우팅 전략은 트래픽, 간섭, 에너지 소비 등을 고려해야 한다.

IV. 결 론

차세대의 네트워크는 셀룰러, WLAN, WMAN, 그리고 WPAN 네트워크들과 같은 무수한 혼합 단말들과 액세스 기술들을 통합해야 한다. 혼합 환경과 같은 복잡성은 중단 사용자들에게 드러나지 않아야 할 뿐만 아니라 어플리케이션들에 투명해야 한다. 이 논문에서 셀룰러, WLAN, 그리고 MANET을 통합하기 위해 다루어질 필요가 있는 이슈들을 제안하였다. 우리는 기존의 통합 아키텍처들의 다양한 특징들과 한계들뿐만 아니라 프로토콜 스택의 네트워크 계층에서의 이슈를 기술하였다. 비록 몇몇 제안된 통합 아키텍처들의 기본적인 목적이 셀룰러 기반 네트워크들에서 성능을 높이기 위해 다중홉 라우팅을 사용하는 것일지라도, BS/AP 커버리지 밖 사용자들에게 연결성을 제공하기 위해서는 진정 편재형 컴퓨팅 환경을 가지는 것이 요구된다. 네트워크 계층의 또 다른 기본적인 일은 전체 지연을 최소화하기 위해 끊임 없는 horizontal 핸드오프와 vertical 핸드오프를 제공하는 것이다. 더욱이 서비스 검색과 보안 메커니즘들 역시 제공될 필요가 있다.

참고문헌

[1] K. Ahmavaara, H. Haverinen, and R.

Pichan, "Interworking Architecture Between 3GPP and WLAN Systems," IEEE Commun. Mag., vol. 41, no.11, Nov. 2003.

[2] M. Buddinikot et al., "Design and Implementation of a WLAN/CDMA2000 Interworking Architecture," IEEE Commun. Mag., vol.41, no.11, Nov. 2003

[3] H. Luo et al., "UCAN: A unified Cellular and Ad-Hoc network Architecture," proc. ACM Mobicom, Sept 2003

[4] C. Cordeiro et al., "Bluestar: Enabling efficient integration between Bluetooth WPANs and IEEE 802.11 WLANs," ACM/Kluwer MONET J., Special Issue on Integration of heterogeneous Wireless Technologies, vol. 9, no.4, Aug. 2004

[5] H.-Y. Wei and R. Gitlin, "Two-Hop-Relay Architecture for Next-Generation WWAN/WLAN Integration," IEEE Wireless Commun., Apr. 2004

[6] R. Chang, W. Y도, and Y. Wen, "hybrid Wireless network Protocols," IEEE Trans. Vehic. Tech., vol.52, no.4, July 2003

[7] H. Hsieh and R. Sivakumar, "Performance Comparison of Cellular and Multi-hop Wireless networks: A Quantitative Study," Proc. ACM SIGMETRICS, Cambridge, MA, June 2001

[8] Y. Lin and Y. Hsu, "Multi-Hop Cellular; A new Architecture for Wireless Communications," proc. IEEE INFO-COM, Tel-Aviv, Israel, Mar. 2000

[9] W. Hu et al., "Integrated Cellular and Ad hoc Relaying Systems: iCAR," IEEE JSAC, vol.19 2001, pp. 2105-15.

[10] X.-X. Wu et al., "MADF: Mobile-Assisted Data Forwarding for Wireless Data network," J. Commun. and Network, 2002

[11] A. Zadeh et al., "Self-organizing packet Radio Ad Hoc networks with Overlay (SOPRANO)," IEEE Commun. Mag., vol. 40 no. 6, 2002, pp. 149-57

[12] D. Cavalcanti et al., "Issues in integrating Cellular Networks, WLANs, and MANETS: A Futuristic Heterogeneous Wireless Network" IEEE Wireless Commun. June 2005, pp. 30-41