

WiFi-AP 도플러 검파 기반의 무선 보안서비스 설계

강민국*

Design of WiFi-AP Doppler Detection based Wireless Security Services

Min-Goo Kang*

요약

본 논문에서는 와이파이(WiFi) 도플러 주파수의 검파를 기반으로 무선랜 AP(Access Point)용 송신기와 수신기의 부반송파(subcarrier)비콘 방식을 설계한다. 이로서 WiFi-AP에서 도플러 주파수의 감지 및 검파를 위해 어레이(array) 안테나와 RF 빔을 추정함으로써 사람의 움직임과 침입탐지를 검출할 수 있다. 이러한 무선 탐지와 무선 동작인식을 기반으로 한 WiFi 도플러 주파수 검파방식과 적응형 비콘(beacon)의 시간영역신호를 조합하는 무선보안 서비스 설계방안을 제안하였다.

Keyword : WiFi doppler frequency, MIMO subcarrier, beacon, wireless Security, WLAN AP(Access Point)

ABSTRACT

In this paper, the beacon signals of WiFi doppler frequency detection based WiFi-AP was designed with the subcarrier between a transmitter and a receiver of WLAN(wireless LAN). We can use such signals to identify human moving as an antenna array and tracking of RF beam. This wireless security services with the combination of WiFi doppler frequency and adaptive beacon time signal was proposed for wireless detection and motion based services.

I. 서론

최근 무선 모바일 WiFi-AP의 발전으로 IEEE802.11n과 11ac 기술의 보급이 확산되고 있다. 특별히, IEEE 11ac 표준에서 서브캐리어의 미미한 저주파수 변화인 도플러 주파수 감지방식인 Wi-Vi와 Wi-See는 도플러 주파수의 변동을 감지함으로써 무선 동작인식이 가능하다[1].

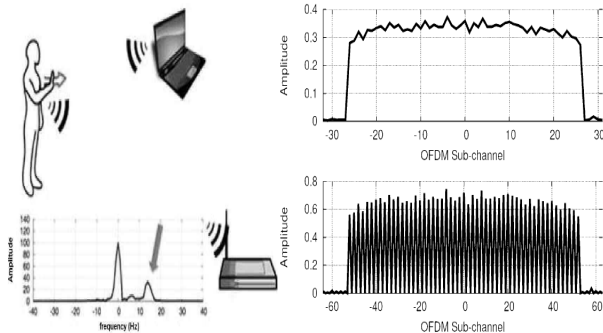


그림 1. WiFi 도플러 검파기반의 Wi-See 동작인식 사례분석

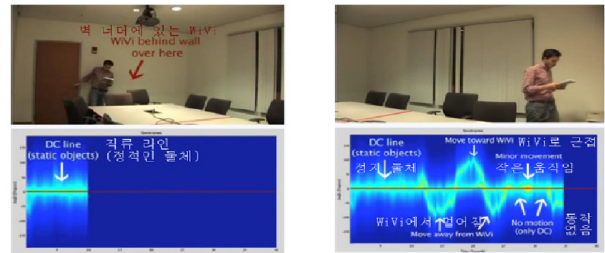


그림 2. WiFi 도플러 검파기반의 Wi-See 동작인식 사례분석

본 논문에서는 [그림1]과 [그림2]처럼 WiFi 서브캐리어의 도플러 주파수감지를 활용한 홈 게이트웨이가 통신망과 연계한 무선 보안서비스 설계를 제안한다. 이때, Wi-AP신호를 구분하기 위한 WiFi-AP의 비콘활용을 제안한다.

이때, WiFi-AP의 비콘신호가 포함된 서브캐리어의 도플러 신호를 검파함으로써 무선침입 탐지 결과를 홈 게이트웨이와 연계한 이동통신망 연동형 홈 게이트웨이 설계 및 IP카메라가 연동하는 무선보안 서비스를 제안한다.

* 이 논문은 2014년 한신대학교의 학술지원을 받아 수행된 연구 결과임

*한신대학교 정보통신학부 (kangmg@hs.ac.kr)

*접수일자 : 2014년 10월 6일, 수정완료일자 : 2014년 10월 23일, 최종재확정일자 : 2014년 10월 31일

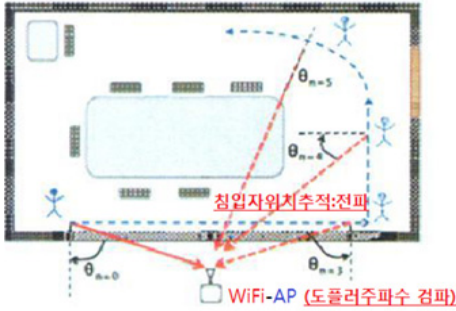


그림 3. WiFi-AP 비콘신호와 도플러검파 기반의 무선보안 설계

이러한 WiFi 연동형 스마트 홈 게이트웨이 플랫폼 설계와 서비스 모델은 다중 WiFi-AP에서 서비스 영역의 ID 확인을 위한 적응형 AP 비콘과 WiFi 서브캐리어의 저주파수(10Hz) 신호 검파방식을 기반으로 ‘침입탐지’와 ‘독거노인 모니터링’ 및 ‘베이비 시터 모니터링’ 서비스 모델을 제안한다[1].

II. 무선랜의 도플러검파 설계

미미한 도플러 주파수의 검파를 위한 설계로 WiFi-AP에서 사용하는 전파는 벽이나 천장에 모두 반사돼 벽을 투과해 돌아오는 전파로 인해 반사된 전파의 검파를 위해서는 안테나 설계가 필요하다. 이러한 안테나의 설계로 전송 안테나 2개와 수신 안테나 1개의 Wi-Fi 트랜시버이며, 전송 안테나 2개는 서로 반대인 위상이다.

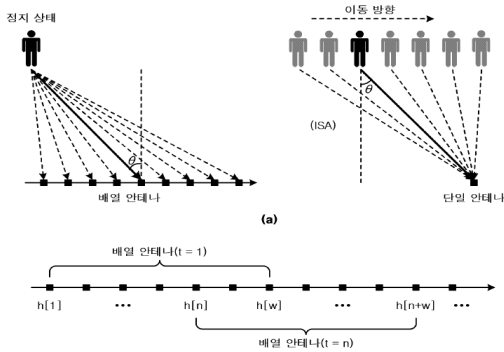


그림 4. WiFi-AP의 도플러 주파수 변화감지용 안테나의 배치도

하지만 동일한 강도의 거리 측정용 전파 신호를 발사함에 따라서 정지하고 있는 물체로부터 나오는 반사파는 서로 상쇄되기 때문에 움직이는 물체에서 반사된 전파만 감지하는 스마트 게이트웨이 플랫폼은 배열 안테나가 유리하다.

1. 무선 침입탐지용 도플러 주파수 검출설계 제안

WiFi-AP의 전파원(波源)으로 부터 침입자의 운동체에 의해 파장(주파수 반비례, $f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{v-v_s} f_0$) 변화를 관측함으로써 전파원의 진동수가 변하는 현상을 검출한다[4].

2. 무선 침입탐지용 WiFi-AP 서브캐리어 검출설계 제안

[그림 5]처럼 WiFi의 OFDM 신호의 광대역 주파수 대역 20MHz 이상 대역폭에 IFFT 즉 1,024개 정도의 협대역으로 분할하여 해당 서브 캐리어(다중 통신에서 하나의 신호를 미리 변조한 후 다시 한 번 주반송파를 몇 개 신호의 합성된 복합 신호로 변조)에 데이터를 실어서 보내는 방식으로 서브 캐리어 신호가 여러 경로의 안테나 병렬로 이용하여 보내는 방식인 MIMO가 적용되고 있다[4].

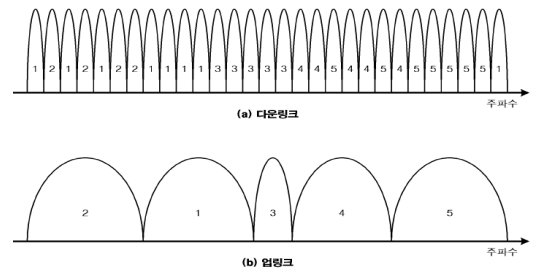


그림 5. WiFi Up/Down 링크의 서브캐리어 검파 위한 주파수도

3. WiFi-AP의 비콘(Beacon)프레임 활용설계 제안

[그림 6]처럼 WiFi-AP의 비콘 프레임은 와이파이 통신망에서 네트워크 그룹을 식별할 수 있는 기본 서비스 집합 (SSID)과 함께 주기적으로 비콘 프레임(frame)을 생성하여 주변에 발사한다.

WiFi-AP의 도플러 주파수 신호를 감지하기 위한 비콘 기반의 스마트 무선보안용 홈 게이트웨이 플랫폼을 제안한다. WiFi-AP의 서브캐리어는 일련의 의사잡음부호(PN, Pseudo random Noise부호) 열 프레임들로 구성된 비콘 신호를 송신한다[4].



그림 6. WiFi-AP의 도플러 ID를 구분 위한 비콘정보 활용설계

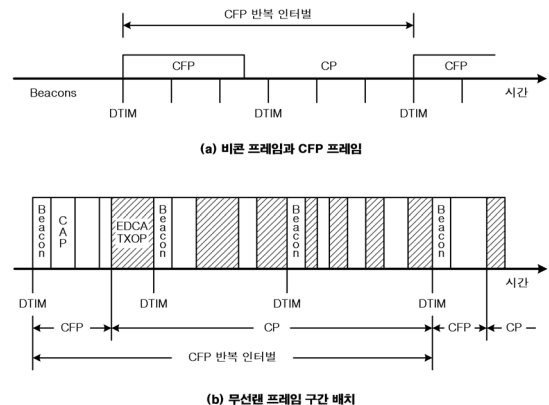


그림 7. WiFi-AP의 도플러 ID구분 위한 비콘 프레임 활용설계

[그림 7]처럼 WiFi-AP의 서브캐리어신호의 비콘 프레임들은 행렬의 열로 배열되어 있다. 또한, WiFi-AP의 서브캐리어들 사이의 의사거리 추정 값과 그 변화율의 추정 값을 활용한다.

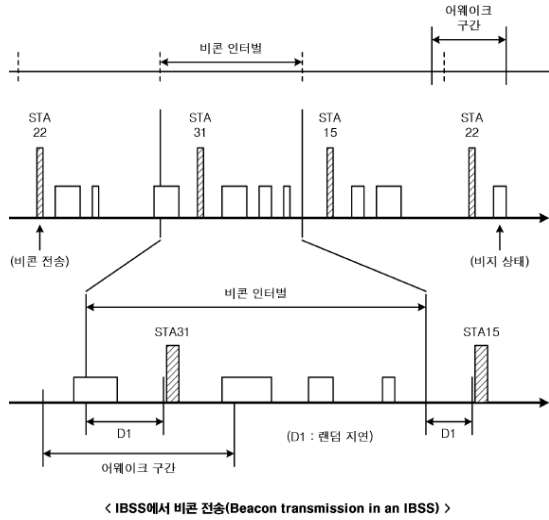


그림 8. WiFi-AP의 도플러 ID구분 위한 비콘 인터벌 활용설계

이러한, 서브캐리어들의 변화율을 추정하는 행렬의 행에 대한 이산 직교변환 및 행렬의 성분들을 도플러 보상 인자에 곱하기와 PN 의사잡음신호의 시퀀스로 행렬의 열을 콘볼루션하는 것을 포함하고 있다[5].

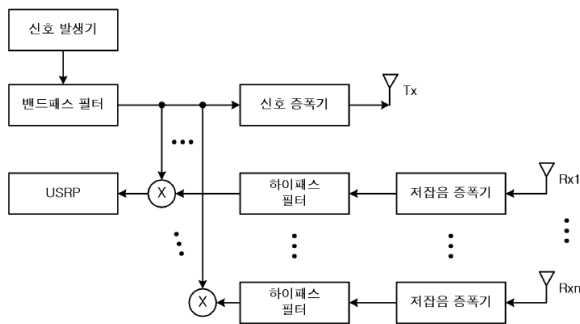


그림 9. WiFi-AP의 프론트 엔드 하드웨어 구성도

4. 무선보안 서비스용 홈 게이트웨이 플랫폼의 설계제안

본 논문에서는 WiFi-AP 서브캐리어의 도플러 신호를 검파하는 방식과 ID를 식별하는 비콘을 결합함으로써 스마트폰 홈 게이트웨이 플랫폼은 각 서브캐리어의 비콘 프레임에 비콘 신호를 포함하고 있다[6].

또한, WiFi-AP의 서브캐리어 신호가 도달하면 AP 비콘 신호의 반사를 기반으로 도플러 주파수를 검파하기 위한 서브캐리어 도플러 변화신호를 수신함에 따라 건물 내의 무선 침입 여부를 검출할 수 있다[7][8].

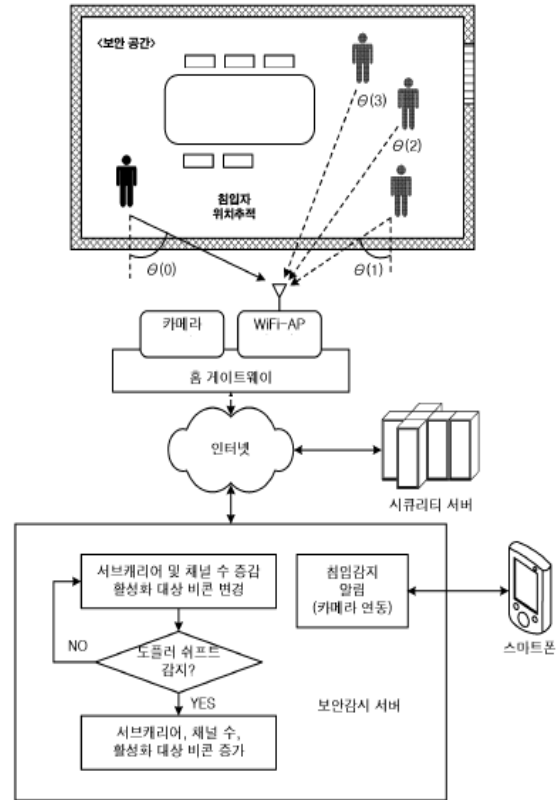


그림 10. WiFi-AP서브캐리어 도플러검파의 무선서비스

5. 무선보안 서비스용 홈 게이트웨이 플랫폼의 동작분석

[그림 10]처럼 WiFi-AP 서브캐리어 신호의 도플러 쉬프트를 검출함으로써 지정된 보안 공간에 대한 네트워크 연동형 무선보안 서비스를 제공하기 위한 시스템 구성과 서비스 흐름도이다.

이러한 무선 보안서비스 공간 내에서 WiFi-AP신호에서 발생하는 도플러 쉬프트를 감지하는 WiFi-AP와 보안 공간 내에서 그 설치된 주변 영역을 촬영하여 촬영 이미지를 생성하는 IP 카메라는 이동통신망과 연동한다.

6. WiFi-AP의 도플러 주파수를 검파하기 위한 동작분석

본 논문에서 제안하는 WiFi-AP와 IP 카메라 기반의 무선 보안 서비스용 홈 게이트웨이는 광대역 네트워크를 통해 외부와 연동한다.

이때, 이동통신 연동형 홈 게이트웨이는 무선 보안 공간에 대한 도플러 쉬프트가 검파되면 무선 보안 공간에 연계하여 등록된 스마트폰으로 무선침입 감지를 알리고, 무선보안 공간에 설치된 IP 카메라로 부터 촬영 이미지를 제공받는다.

이때, 주기적으로 정해진 시간과 패턴으로 WiFi-AP의 서브캐리어 숫자와 패턴 및 비콘의 숫자를 건물 내부의 인원변

동 등의 상황에 따라 적절히(Adaptive) 조절함으로써 건물 내의 침입여부를 탐지할 수 있다.

7. WiFi-AP 도플러 검파 기반의 무선보안 서비스

고찰분석

이러한 무선보안 서비스사업자가 통신망을 통해 사용자에게 침입탐지를 통한, 독거노인/베이비시터 모니터링 결과 고지와 사실확인 절차 후 홈 게이트웨이 플랫폼 내의 카메라를 통해 사용자가 스마트 디바이스를 통해 침입을 탐지하거나 모니터링이 가능하다.

한편, [그림 10]에서 보안감시 서버는 활성화 대상 비콘을 지정함으로써 복수의 WiFi-AP를 제어한다.

도플러 쉬프트 검파를 보고 받기 전에는 활성화 대상 비콘의 수를 미리 설정된 패턴에 따라 증감하는 동작을 수행한다. 도플러 주파수 변화를 감지하는 신호가 검파한 WiFi-AP가 도플러 쉬프트 감지 이벤트의 보고를 받으면 활성화 대상인 비콘의 수를 미리 설정된 값으로 증가할 수 있도록 설정함으로써 대기전력을 낮추면서도 실시간 추적 기능을 제공할 수 있도록 설계한다.

또한, WiFi-AP와 IP 카메라는 상호 연계되어 있는 무선 보안 공간에서 복수 개 설치될 수 있다. 이때 WiFi-AP는 무선랜 비콘 프레임에 의한 자기 전파신호 탐지에 의해 자신에 의해 유도된 도플러 쉬프트를 구분 식별하기 위해 보안감시 서버로 도플러 쉬프트 감지 이벤트를 제공한다.

이를 위한 이동통신망에서 무선 보안서비스용 서버는 도플러 쉬프트 감지 이벤트가 제공된 WiFi-AP를 식별하도록 한다. 이때 식별된 WiFi-AP에 연계된 IP 카메라를 제어함으로써 주변 영역에 대한 무선 보안영역의 촬영 동영상 이미지를 스마트폰 가입자에게 제공함으로써 무선 보안 영역의 무선침입이나 독거노인의 활동 상황을 실시간 추적할 수 있는 무선 보안서비스가 가능하도록 제안하였다.

III. 결론

본 논문에서는 와이파이의 서브캐리어와 WiFi-AP의 ID를 구분하기 위한 비콘신호를 결합하는 도플러 주파수 흐름의 변동 상황을 탐지하는 기법을 결합한 무선보안 서비스를 탑재한 스마트 홈 게이트웨이 플랫폼 기반의 무선보안 서비스를 제안하였다.

제안한 무선보안 플랫폼은 WiFi-AP에서 OFDM 서브캐리어의 도플러 흐름의 변화를 적응적으로 감지하고 제어함으로써 무선 침입 탐지기능과 대기 전원 간의 최적화할 수 있다. 또한, 무선랜의 비콘 프레임에 의한 WiFi-AP의 자기 전파신호 식별을 통한 무선보안 공간 내에서 침입자를 추적할 수 있는 장점이 있다.

이와 같은 무선보안 플랫폼은 서브캐리어와 적응형 비콘 신호의 시간영역신호를 조합함으로써 침입탐지와 독거노인 및 베이비시터 모니터링용 저주파수(10Hz이하) 흐름 변동을 탐지(Detection) 기술을 기반으로 한 가정과 사무실 및 빌딩에서 다양한 무선 보안 서비스로 발전하기를 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] Q. Pu, S. Gupta, S. Gollakota, and S. Patel, "Whole-HomeGesture Recognition Using Wireless Signals", ACM MobiCom '13, New York, USA,
- [2] 대한민국 특허출원 10-2013-0105797호 "무선 전기장을 이용한 무선 보안 경비 시스템 및 방법" 2013
- [3] 대한민국 특허출원 10-2003-0101420호 "무선이동 통신망과 근거리무선 통신망을 혼용한 원격 보안시스템"시스템" 2014
- [4] G. Charvat, L. Kempel, E. Rothwell, C. Coleman, and E. Mokole, "A through-dielectric radar imaging system,". IEEE Trans. Antennas and Propagation, 2010.
- [5] G. Charvat, L. Kempel, E. Rothwell, C. Coleman, and E. Mokole, "An ultrawideband (UWB) switched-antenna-array radar imaging system,"In IEEE ARRAY, 2010.
- [6] K. Chetty, G. Smith, and K. Woodbridge. "Through-the-wall sensing of personnel using passive bistatic WiFi radar at standoff distances,"IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing, 2012.
- [7] J. Choi, M. Jain, K. Srinivasan, P. Levis, and S. Katti., "Achieving single channel, full duplex wireless communication," In ACM MobiCom, 2010.
- [8] G. Cohn, D. Morris, S. Patel, and D. Tan. Humantenna, "using the body as an antenna for real-time whole-body interaction," In ACM CHI, 2012.
- [9] 정계택, 주영립, 윤중환, "두개의 브랜치 라인을 갖는 와이파이 이동통신용 이중 대역 모노폴 안테나의 설계와 제작," 한국전자통신학회논문지 41~47, 2013

저자

강 민 구(Min-Goo Kang)



- 1986년 : 연세대학교 전자공학과(공학사)
- 1989년 : 연세대학교 전자공학과(공학석사)
- 1994년 : 연세대학교 전자공학과(공학박사)

- 1985년 ~ 1987년 : 삼성전자 연구원
 - 1997년 ~ 1998년 : 일본 오사카대학교 Post Doc.
 - 2006년 ~ 2007년 : 캐나다 퀸스대학교 Visiting Scholar
 - 2000년 ~ 현재 : 한신대학교 정보통신학부 교수
- <주 관심분야> : 디지털방송, 방송통신융합기술