

FM 라디오방송 주파수에서 주파수 회피기술을 이용한 근거리 통신용 무선모뎀 개발

정회원 송한춘*, 함찬영**

A short range, low power Modem development using frequency avoiding on FM Radio broadcasting frequency

Song Han-chun*, Ham Chan-young** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 FM 라디오방송대역에서 특정지역 별로 방송에 사용되지 않는 주파수를 검출하고 찾아내어 이 주파수를 근거리 무선통신에 사용할 수 있도록 하는 무선통신 모뎀을 개발하였다. 개발한 모뎀의 성능을 평가하고자 시험환경을 구성하여 성능시험을 실시한 결과, 개발무선 모뎀이 FM방송 주파수에 주파수 적응된 전송스펙트럼이 나타남을 알 수 있었다. 또한 FM 라디오 방송주파수에 적응된 주파수로 송수신 데이터를 오류 없이 전송할 수 있는 아이-패턴을 확인할 수 있었다. 본 논문에서 개발한 FM 방송주파수 대역에서의 주파수적용 무선모뎀은 FM 라디오 방송 주파수 대역에서 채널간의 간섭을 피하면서 근거리에서 무선마우스, 무선키보드 등과 같은 무선 통신 제품에 응용되어 근거리 무선통신 제품의 다양화와 국산화를 이루는데 기여할 것으로 기대된다.

Key Words : Frequency Inference, Frequency Avoiding, Frequency Adaptation, FM Frequency

ABSTRACT

There is an occurrence of frequency interference, because of the wireless LAN, Bluetooth and Zigbee which are concurrently used and operated at the ISM 2.4GHz. It is the cause of transmission performance degradation of wireless local data communication network. In this paper, we designed and developed wireless local communication Modem which is operating in the FM Radio frequency band. We also developed and applied special functions for the wireless Modem, which are frequency avoiding and frequency adaptation functions for frequency interference avoiding in the FM Radio frequency band. Also, we evaluated and analysed of developed wireless Modem in test environment. As a result of test, It showed that it was well performed without frequency interference in the FM Radio frequency.

I. 서 론

근거리 무선통신기술로는 대표적으로 블루투스, 무선 랜 등이 있는데, 블루투스는 무선마우스, 무선 키보드, 무선이어폰 등에 사용되고 무선 랜은 사무

실이나 가정에서 인터넷에 사용되고 있다. ISM 밴드인 2.4GHz 주파수대에 다양한 근거리 무선통신 기술이 적용되고 채널수요가 급증하다보니 채널간의 간섭이 발생되고 있다. 채널간의 간섭을 줄이기 위하여 주파수적용회피기술이 개발되었다. 하지만 2.4GHz

※ 본 연구는 2009년도 서일대학 학술연구비에 의해 수행되었습니다.

* 서일대학 정보통신과 교수 (sanho@seoil.ac.kr)

** (주)FECA 연구소장 (airforce0370@yahoo.com)

논문번호 : KICS2009-07-xxx, 접수일자 : 년 월 일

ISM 밴드에서 요구되는 채널의 급증은 채널간의 간섭으로 통신품질이 저하되고 있다.

근거리 무선통신에서 주파수자원을 효율적으로 이용하고 무선채널 수를 좀 더 확보하면서 채널간의 간섭을 줄이기 위해서 MHz대의 낮은 주파수의 자원에 대한 개발이 필요하다. 수십~수백 MHz대의 낮은 주파수대역에서 많은 무선채널을 확보할 수 있는 방안으로는 전파 법규에서 소출력 미신고 주파수인 322MHz 미만의 주파수를 이용하는 것이다. 또한 전파법에 따라 이미 주파수가 배정된 무선주파수와와의 간섭을 피하면서 주파수적용/회피 기술을 이용하여 해당대역에서 새로운 무선채널을 확보하는 것이다^[1].

본 논문에서는 FM 라디오방송 주파수대역에서 주파수 적응/회피기술을 이용하여 사용하지 않는 채널을 찾아내어 소출력 근거리무선통신에 이용할 수 있도록 하게 하는 무선모뎀을 설계 및 구현하였다. 구현한 무선모뎀을 무선통신 시험환경을 구성하여 모뎀의 기능 규격에 대한 성능을 확인하였다.

II. 무선주파수 적응/회피기술

2.1 무선 주파수 적응/회피 기술

무선 주파수 적응기술은 FM 라디오 주파수대역(88MHz~108MHz)과 같이 고정된 무선 주파수를 사용하는 주파수밴드에서 이미 사용하고 있는 주파수를 인식하여, 현재 사용되지 않는 주파수대역을 찾아내어 새로운 채널을 할당하는 기술이다^[2].

무선 주파수 회피기술은 특정 소출력 신고 무선 설비인 데이터전송, 무선호출, 무선조정용 무선국에서 비정기적으로 사용되고 있는 주파수를 실시간으로 주파수의 사용여부를 인식하여, 주파수 간섭 없이 사용할 수 있는 다른 주파수로 회피할 수 있게 하는 기술이다. 이는 임의의 지역에서 FM 라디오 주파수와 같이 고정된 주파수를 계속적으로 사용하고 있는 주파수 밴드와 달리, 주파수의 사용이 비정기적인 무선국의 주파수를 감지하고 회피하여 간섭이 발생되지 않는 다른 주파수를 선택할 수 있게 하는 것이다^[2].

2.2 주파수간섭을 고려한 무선 채널할당 방법

무선통신에서 특정대역에서 채널의 수요가 급격히 증가하고 있어서 상호간에 주파수간섭 없이 효율적으로 채널을 할당하기 위한 다양한 연구가 이루어지고 있다^[3~6].

무선 채널에 채널간의 간섭 없이 무선채널을 할당하기 위한 연구로는, Sandalidis et al의 논문에서는 FEA(Frequency Exhaustive Assignment)방법을 제안하였다. FEA는 어떠한 수요부터 채널을 할당할 것인가에 대한 순위정보를 갖는 호 리스트를 가지고 먼저 할당된 채널들과 간섭이 발생되지 않게 채널들을 할당하는 방법이며, 호 리스트가 해로 표현되며, 이러한 호 리스트를 검색하면서 현재 호 리스트보다 좋은 것으로 계속 수렴해 가는 지역 탐색(Local Search)방법의 하나이다. Wang과 Rushforth의 논문에서는 지역탐색 방법의 하나인 이웃탐색기법을 이용하여, 채널할당 하는 방법을 제안하였다. Smith의 논문에서는 유전자알고리즘을 이용하였다. 하나의 염색체를 나타내는데 이차원의 행렬을 사용하였다. Lai와 Coghill의 논문에서는 염색체의 표현을 각각의 주요에 채널을 할당한 것을 1차원 배열로 표현했다. 즉, 염색체의 길이는 필요한 채널 수요량의 합을 길이로 하고 각 유전자는 그 지역에 할당된 채널번호를 갖는 염색체로 표현하였다^[3].

최근의 국내에서는 FDMA 무선통신네트워크에서 채널할당을 위한 HGLS(Hybrid Genetic Local Search) 알고리즘^[4], 주파수영역에서 간단한 Zero-Forcing 기법을 이용한 속도 적응형 채널추정기법^[5], 간섭회피 능력향상기법^[6] 등이 있다.

III. 근거리 통신용 모뎀의 설계 및 구현

3.1 FM 주파수대 회피 무선모뎀규격 설계

FM 라디오 밴드(88 MHz ~ 108 MHz)에서 주파수 적응 기술은 비허가, 소출력, 근거리 전파 법규를 준수할 수 있는 무선 전력을 출력할 수 있도록 설계하였다. FM 라디오 밴드(88 MHz ~ 108 MHz)에서 주파수 적응 기술 및 주파수적용 무선 송, 수신기는 비허가, 소출력, 근거리 전파 법규 및 최종 제작된 제품의 복잡도, 무선 전송 데이터의 에러율 최소화를 위한 설계된 무선규격은 다음과 같다.

- 주파수 : 88 MHz ~ 108 MHz
- 변조 방식 : FSK
- 복조 방식 : 간섭형(coherent) 주파수편이 복조
- 점유 대역폭 : < 200 kHz
- 무선 데이터 전송 속도 : 20 kbps
- 변환 방식 : Low-IF 직접 변환
- 중간 주파수 : 200 kHz

3.2 무선모뎀 하드웨어 설계 및 구현

FM 라디오 방송 밴드(88 MHz ~ 108 MHz)에서 주파수 적응 기술을 구현하기 위하여 FM 라디오 밴드 88 MHz~108 MHz 중 FM 라디오 방송 무선 수신 전력이 낮은 주파수와 FM 라디오 방송으로 사용되지 않는 주파수를 FM 라디오 방송으로 사용되는 주파수와 구분할 수 있어야 한다. 이를 위하여 본 논문의 주파수적응 무선 송수신기 모델은 RF 칩의 RSSI(Received Signal Strength Indicator) 신호를 이용하였다. RF 칩의 RSSI 신호는 ± 3 dB의 선형성을 갖고 있는 다단 대수 증폭기(Log Amplifier)와 7 bit의 아날로그 디지털 컨버터로 구성되어 있으며, 그림 1은 RF 칩의 RSSI 특성을 나타내고 있다.

FM 라디오 밴드(88 MHz ~ 108 MHz)에서 주파수 적응 무선 모델의 RF 칩 제어부는 ATMEL사의 ATmega88 MCU를 사용하였으며, 최종 설계 완료된 주파수적응 무선모뎀의 외부 인터페이스는 총 19 핀으로 되어 있다. 그림 2는 개발 무선모뎀의 보드를 나타내고 있다.

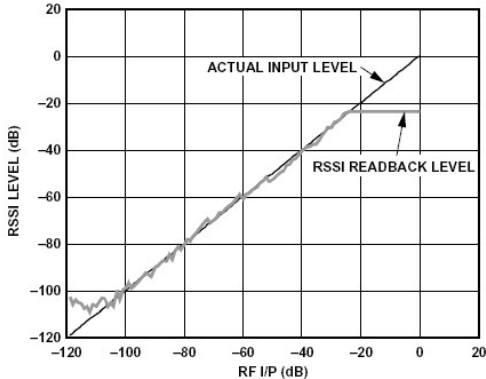


그림 1. RSSI 신호의 선형 특성

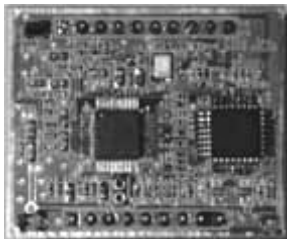


그림 2. 개발한 주파수적응 무선모뎀 보드

3.3 무선모뎀 주파수 적응기술 펌웨어 설계 및 구현

FM 라디오 밴드(88MHz~108MHz)에서 주파수 적응 무선 송수신기의 주파수적응 기술을 구현하기 위한 무선모뎀의 마이크로 컨트롤러 ATmega88 MCU의 RF 칩 제어 상태 천이는 다음 그림 3과 같다.

그림 3의 주파수적응 기술구현을 위한 상태천이도 중에서 무선 수신 전력을 이용하여 FM 라디오 방송 주파수와 방송 되지 않는 주파수, FM 라디오로 방송되지만 수신 전력이 낮아 FM 라디오 방송 청취가 되지 않는 주파수를 구분할 때, 주파수적응 무선모뎀 RF 칩의 RSSI 무선 수신전력 신호를 이용하게 된다. 이 때 FM 라디오 중계소 근접 지역 또는 FM 라디오 방송 주파수 중계소들과 매우 먼 지역과 같은 임의의 지역에서 FM 라디오 방송 주파수 대역의 FM 라디오 방송 수신 전력이 전체적으로 크거나, 또는 작게 된다면 고정되어 있는 FM 라디오방송 유, 무를 판별하기 위한 무선 수신전력 임계값만으로는 FM 라디오 방송 주파수의 방송 유, 무를 평가할 때 많은 에러가 발생할 수 있다. 이러한 이유로 FM 라디오방송 주파수의 유, 무를 판단하는 무선 수신전력 임계값을 변경할 수 있는 상태가 존재한다.

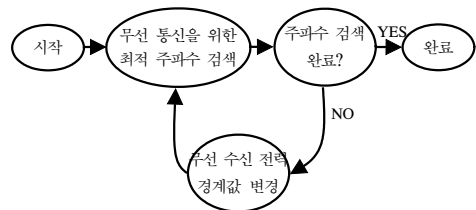


그림 3. 주파수적응 기술구현을 위한 상태천이도

3.4 주파수적응 알고리즘 설계 및 구현

그림 4는 FM 라디오 방송 주파수(88MHz~108 MHz) 대역 중 일부의 연속된 주파수의 수신 전력을 측정하여 FM 라디오방송 주파수의 수신전력 보다 매우 적은 수신기의 잡음레벨과 비교하여, 연속적으로 수신기의 잡음레벨과 유사한 수신 전력을 갖는 주파수의 수를 계산하여 잡음레벨과 유사한 수신 전력을 갖는 주파수가 일정 이상 되었을 때, 그 중간 값을 갖는 주파수를 주파수 적응 무선 송, 수신기의 송, 수신 주파수로 사용하도록 하는 알고리즘이다.

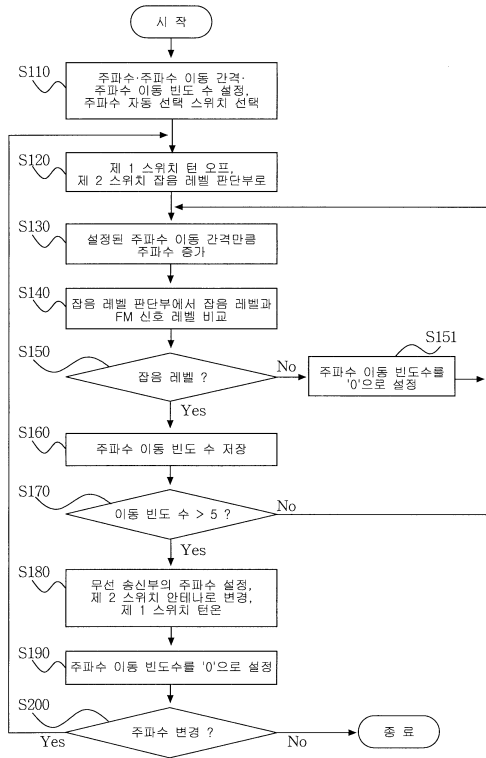


그림 4. 무선주파수 적응알고리즘 동작

3.5 주파수적응 동기화 설계 및 구현

FM 라디오 방송 주파수(88MHz~108MHz)에서 주파수적응 무선 송수신기의 한 쪽에서 주파수적응 무선 송수신 주파수를 결정하였을 경우, 이 후 주파수 적응 송수신기의 다른 쪽과의 주파수 동기화가 필요하게 된다.

그림 5는 FM 라디오 주파수(88MHz~108MHz)

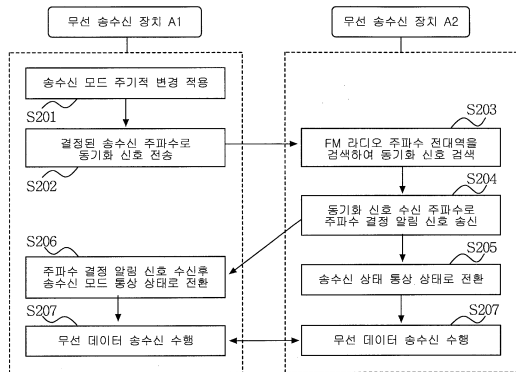


그림 5. 주파수 적응 무선 송, 수신기 모델의 주파수 동기화 알고리즘

에서 주파수 적응 무선 모델의 ATmega88 MCU의 주파수 적응 알고리즘에 대한 펌웨어로 주파수적응 무선모델의 주파수 동기화 과정을 나타내고 있다.

IV. 시험방법 및 결과고찰

4.1 시험방법

FM 라디오 주파수(88MHz~108MHz)에서 주파수 적응 무선 송수신기의 RF 출력주파수가 FM 라디오 주파수에서 방송되는 방송주파수와의 출력주파수 중첩 현상을 파악하기 위하여 스펙트럼 분석기를 사용하였다. 또한 주파수적응 무선 송수신기의 디지털 데이터 전송품질을 직접 확인하기 위한 아이-다이어그램(eye-diagram, eye-pattern)을 확인하기 위하여 디지털 오실로스코프를 사용하였다.

주파수적응 무선 송수신기의 출력이 FM 라디오 주파수에서 FM 라디오방송 주파수를 회피하면서 디지털 데이터 통신기능의 수행여부 및 수신데이터의 품질을 측정하기 위한 아이패턴 (eye-pattern, eye diagram)을 측정하기 위하여 다음의 그림 6과 같이 개발한 무선모델의 기능규격 시험 망을 구성하였다.

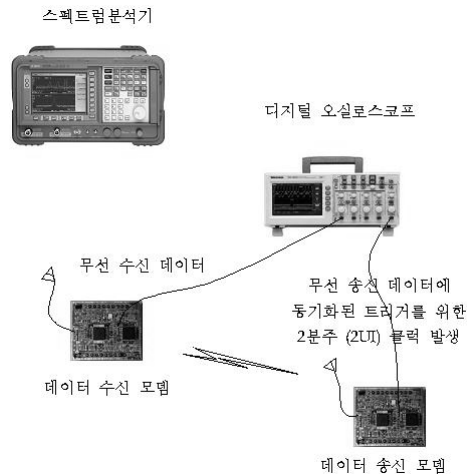
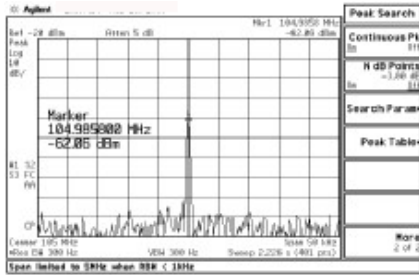


그림 6. 개발 무선모델 기능규격 시험 구성

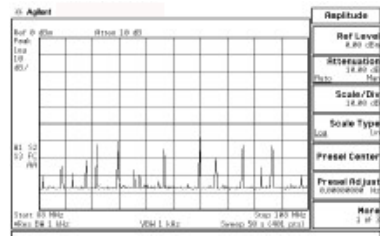
4.2 시험결과 고찰

4.2.1 주파수적응 송수신기 무선출력 측정결과

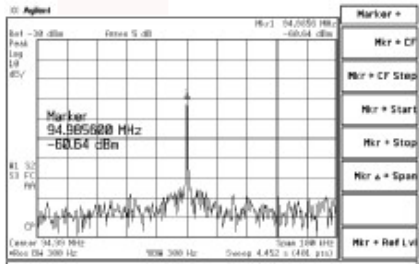
FM 라디오 주파수(88MHz~108MHz) 중에서 95 MHz, 105 MHz를 샘플로 하여 측정된 주파수 적



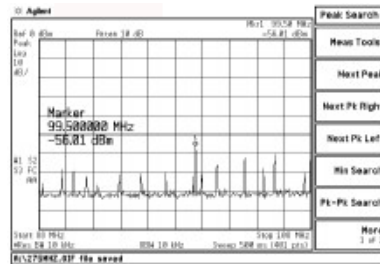
(b) 105MHz에서 출력



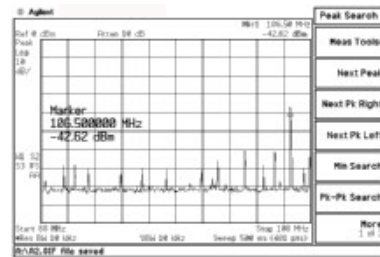
(a) 시험지역의 FM 라디오방송 스펙트럼



(a) 95MHz에서 출력



(B) 99.5MHz에서 주파수 적용된 스펙트럼



(c) 106.5MHz에서 주파수 적용된 스펙트럼

그림 7. 주파수 적용 무선 송, 수신기 무선 출력

송 무선 송수신기의 무선출력은 그림 7과 같다. 이때 스펙트럼 분석기와 주파수적용 무선모뎀의 거리는 약 3m 로 하였고, 스펙트럼분석기에는 약 1m의 wire 안테나, 주파수적용 무선 송수신기 안테나는 테스트 지그에 프린트된 약 15 cm의 안테나를 사용하였으며, 스펙트럼 분석기의 setting은 resolution bandwidth 300Hz, video bandwidth 300Hz로 하여 측정하였다.

4.2.2 FM 라디오주파수 적용스펙트럼 측정결과

시험실 지역에서 FM라디오 주파수의 스펙트럼(88 MHz~108MHz)과 FM 라디오 주파수 환경에 적응하면서 FM 라디오주파수를 회피하여 주파수 편이 변조 데이터를 송신하는 스펙트럼을 측정하였다. 그림 8의 b)와 c)에서 FM 라디오 주파수를 회피하면서 개발한 무선모뎀의 주파수 스펙트럼이 나타나고 있음을 볼 수 있다.

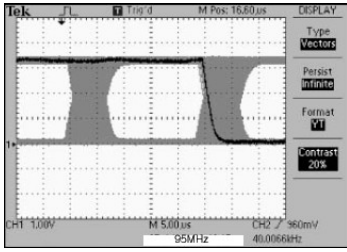
그림 8(a)는 시험실 지역에서의 FM 라디오 주파수 스펙트럼의 측정된 결과를 나타내고 있으며, 그림 8(b)는 99.5MHz에서, 그림 8(c)는 106.5MHz에서 FM 라디오 주파수를 회피하면서 적용된 개발 무선모뎀의 주파수 스펙트럼을 나타내고 있다. 이것은 FM 라디오 방송 주파수를 회피하여 FSK 무선 디지털 데이터를 출력하는 주파수 적용 무선 모뎀의 RF 출력이라고 할 수 있다.

그림 8. FM방송 주파수적용 스펙트럼 측정결과

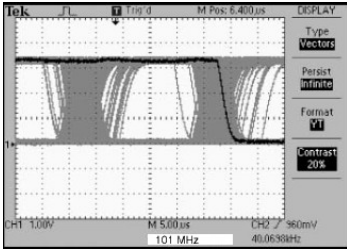
4.2.3 개발 무선모뎀의 데이터 전송기능 측정결과

FM 라디오 주파수에서 측정된 주파수 적용 무선 송수신기의 무선 데이터의 전송기능은 eye-pattern을 통하여 확인 할 수 있다. Eye-pattern은 무선 직렬 신호의 전송기능에 대한 성능을 분석하는 방법이다. Eye-pattern은 직렬통신 신호의 타이밍특성과 신호 크기(amplitude)특성을 동시에 파악할 수 있다.

Eye-pattern은 임의의 직렬신호와 동기화된 클럭 신호를 트리거링(triggering) 신호로 하여 직렬신호의 시간에 대한 파형을 관측하는 것이다. 다음의 그림 9는 개발한 주파수적용 무선모뎀의 50μsec duration의 주기적인 무선 디지털 신호와 25μsec 트리거링 클럭신호의 형태를 이용하여 eye-pattern을 생성하는 모습을 나타내고 있다. 데이터와 동기화된 클럭 신호에 따라 트리거링 되는 디지털 데이터를 중첩하여 관찰할 때 발생하는 eye-pattern은 디지털 데이터가 통신 채널을 거쳐 수신될 때 채널 잡음



(a) 95MHz eye-pattern



(b)101MHz eye-pattern

그림 9. 주파수적응 송수신 된 eye-pattern

크기 또는 송, 수신 데이터의 지터링(jittering)에 정도에 따라 닫힘 또는 열림 상태가 발생하게 된다. 만약 eye-pattern의 중앙 신호가 교차하지 않는 부분의 수직, 수평의 크기가 eye-opening을 뜻하며, 채널 잡음 또는 지터링의 정도가 작을수록 eye-pattern의 eye opening은 커지게 될 것이다.

V. 결 론

ISM 밴드인 2.4GHz 주파수대역을 사용하는 다양한 근거리 무선통신 기술이 등장하여 사용되다보니 이들 제품 간에 채널간의 간섭이 발생하여 통신 품질의 저하가 우려되고 있다. 본 논문에서는 FM 라디오 대역에서 특정지역 별로 방송에 사용되지 않는 주파수검출하고 찾아내어 이 주파수를 근거리 무선통신에 사용할 수 있도록 하는 무선 통신모형을 개발하였다.

시험환경을 구성하여 개발한 무선모뎀에 대한 시험을 실시한 결과, 개발한 무선모뎀이 FM 라디오 주파수에 적응하여 사용되지 않는 주파수에서 새로운 전송 스펙트럼을 나타냄을 볼 수 있었다. 또한 FM 라디오 주파수에 적응된 송수신 데이터 전송하기 위한 아이 패턴을 확인할 수 있었다. 본 논문에서 개발한 무선모뎀은 FM 주파수 대역을 사용함으로써, 기존의 2.4GHz ISM 대역의 사용에서 발생하는 주파수간섭과 이에 따른 전송품질 저하문제를

피할 수 있으며, 개발한 무선모뎀을 이용하여 무선 마우스, 무선키보드 등과 같이 근거리 무선통신 제품에 적용하여 근거리 무선통신 제품의 다양화와 국산화를 이루는데 기여할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 윤영근외 2, “전파자원의 효율적인 이용을 위한 제도 및 기술동향”, 전자통신동향분석, 제21권 4호 2006년 8월.
- [2] 박광만외 3, “유비쿼터스 시대를 대비한 주파수 공유기술의 발전방향 및 시사점”, 전자통신동향 분석, 제21권, 2006년 4월.
- [3] 강기정 외 2, “FDMA 기반 이동통신시스템에서 효율적인 동적채널 할당방법”, 정보처리학회논문지, 제11-C권, 2003년 4월.
- [4] 김성수외 1, “FDMA 무선통신 네트워크에서 채널 할당을 위한 HGLS 알고리즘” IE Interface, 제18권 4호, 2005년.
- [5] 류탁기 외 3, “주파수 영역에서 Zero-forcing 기법을 이용한 속도 적응형 채널추정 기법”, 한국통신학회논문지, 제31권 1A호, 2006년 1월.
- [6] 정우진 외 4, “가변주파수를 이용한 지그비 네트워크에서의 간섭회피 능력향상기법”, 대한전자공학회 하계학술대회 제30권1호, 2007년
- [7] 장대의 외 1, “채널적응형 광대역 모뎀 설계 및 구현” 정보처리학회논문지C, 제11-C권 1호, 2004년 2월.
- [8] 함찬영, “주파수 적응 및 회피 기술을 적용한 근거리 무선통신모뎀 및 그 모뎀을 이용한 무선 마우스개발”, IITA, IT우수신기술보고서, 2008년 5월.

송 한 춘 (Song Han Chun)

정회원



1990년 성균관대학교 전자공학과 (학사)

1994년 연세대학교 전자공학 (석사)

1998년 성균관대학교 통신공학 (박사)

1990년 1월~1997년 2월 (주)데

이콤 근무

1998년 3월~현재 서일대학 정보통신학과 교수
<관심분야> 정보통신시스템, 인터넷 응용기술

