

# An Adaptive Frequency Hopping Method in the Bluetooth Baseband

Sangook Moon

Mokwon University, School of Information, Electronics, and Image Engineering

E-mail : smoon@mokwon.ac.kr

## abstract

In the Bluetooth specification version 1.0, one specific frequency in one piconet was created depending upon the device clock and the Bluetooth native address at one specific time slot in the frequency hopping method. The basic hopping pattern was arranging the 79 ISM frequency band in pseudo-random fashion. Possible problem is the chance of collision of ownership of one specific frequency by more than 2 wireless devices when they are within the communication-active range. In this paper, we propose the adaptive frequency hopping method in order to resolve the possible problem so that more than 2 wireless devices communicates with their own client devices without being interfered. The proposed method was implemented with HDL later to be synthesized with an automatic EDA synthesizer and verified as well. The implemented adaptive frequency hopping circuit operated normally at 24MHz which will be the target clock frequency of the target Bluetooth device.

## keywords

Frequency hopping, adaptive frequency hopping, wireless, HDL

## I. 서 론

기존의 블루투스 버전 1.0에서의 주파수 호핑 방식은 하나의 피코넷에서 특정한 주파수를 사용하여, 디바이스의 클럭과 주소의 특정한 영역의 정보를 참조하여 결정되는 알고리즘을 가지고 있었다. 기본적인 호핑 패턴은 ISM 밴드의 79개의 주파수를 pseudo-random 방식으로 나열하는 것이었다. 이때 발생하는 문제점은 주위에 같은 호핑 주파수를 사용하는 다른 무선 디바이스가 있는 경우 하나의 주파수를 가지고 두 개의 디바이스가 충돌하는 사태가 발생한다는 점이다[1]. 본 논문에서 제안하는 적응 주파수 호핑 (adaptive frequency hopping) 방식은 이러한 문제점을 해결하여 두 가지 이상의 무선 디바이스가 공존하여 채널을 사용할 수 있도록 한다[2][3]. 제안된 방식은 HDL로 구현되어 자동합성되었으며, 자동 레이아웃 되어 검증되었다. 제안된 방식은 구현의 주체가 될 블루투스 디바이스 주파수인 24MHz에서 정상적으로 동작하였다.

## II. 블루투스 베이스밴드

그림 1은 블루투스 베이스밴드의 일반적인 블록 다이어그램이다. 그림 오른쪽에는 RF 모듈이 존재하여서 24MHz ISM 밴드의 주파수를 변조하는 역할을 수행하고, 이로 받은 데이터들은 아래 부분의 타이밍 복원 회로에 의해 1MHz의 샘플링 형식에 맞는 데이터의 스트림으로 입력된다. 입력된 데이터들은 먼저 로우패스 필터를 통과하여 노이즈를 제거하면서 신호의 수평 사이클에 충실히 번역되어 베이스밴드 내로 전달된다. 전달된 데이터는 일정한 블록 형태의 병렬 데이터로 변환되고 변환된 데이터는 여러 정정 블록으로 전달된다. 이후, 화이트닝/디화이트닝 블록에 의해 스크램블링 되었던 데이터들이 의미있는 값을 가지면서 동시에 헤더와 페이로드들로 분리되어 베이스밴드 내 메모리에 데이터 블록으로 저장된다.

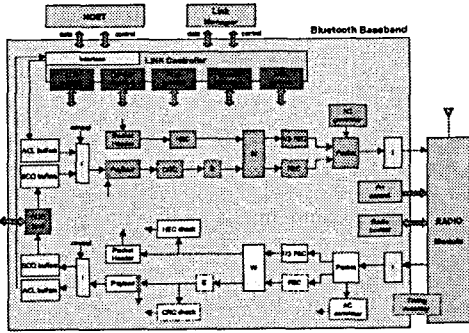


그림 1. 블루투스 베이스밴드 블록 다이어그램

### III. 적응 주파수 호핑 방식

기본 블루투스에서 주파수 호핑 동작 시의 주파수는 표 1과 그림 2에서 보이는 바와 같이 디바이스의 고유 클럭과 주소의 특정한 비트들을 참고하여 블루투스 작동모드인 page/inquiry, page/inquiry scan, page/inquiry response, connection에 따라 각각 결정되었다.

이러한 주파수 호핑방식의 문제점은 주위에 같은 호핑 주파수를 사용하는 다른 무선 디바이스가 있는 경우 하나의 주파수를 가지고 두 개의 디바이스가 충돌하는 사태가 발생한다는 점이다.

표 1. 기존 주파수 호핑 방식 테이블

|   | Page scan<br>inquiry scan | Page/inquiry          | Page response<br>(master/slave) and<br>inquiry response | Connection state                  |
|---|---------------------------|-----------------------|---|-----------------------------------|
| A | $A_{27-22}$               | $A_{27-23}$           | $A_{27-22}$   | $A_{27-25} \oplus CLK_{29-22}$    |
| B | $A_{27-16}$               | $A_{27-16}$           | $A_{27-16}$   | $A_{27-16}$                       |
| C | $A_{16,4,1,0}$            | $A_{16,4,2,0}$        | $A_{16,4,1,0}$  | $A_{16,4,1,0} \oplus CLK_{29-16}$ |
| D | $A_{18-10}$               | $A_{18-10}$           | $A_{18-10}$   | $A_{18-10} \oplus CLK_{15-1}$     |
| E | $A_{10,11,9,8,6,4,1}$     | $A_{10,11,9,8,6,4,1}$ | $A_{10,11,9,8,6,4,1}$                                   | $A_{10,11,9,8,6,4,1}$             |
| F | 0                         | 0                     | 0   | $16 \times CLK_{27-y} \bmod 79$   |

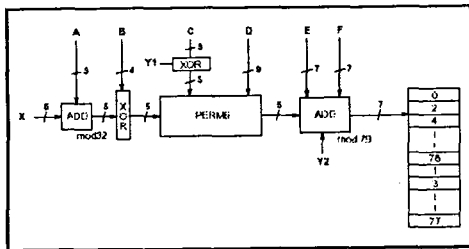


그림 2. 호핑 주파수 선택 회로

적용 주파수 호핑 방식은 그림 3에서와 같이 진행된다. 일단은 기존 방식과 마찬가지로 주파수가 선택되지만, 주파수 선택기로 선택 신호가 전달되기 이전에 예전에 사용되었던 주파수인지 미리 비교를 해보고 신호가 전달되는 방식이어서 만약 이전에 사용되었던 주파수라면 재맵핑을 통하여 다른 주파수를 선택하든지 아니면 사용자가 선택하고 싶은 주파수를 임의로 선택할 수 있게 하여 두개 이상의 무선 디바이스들의 주파수 충돌을 피할 수 있게 하였다.

재맵핑 알고리즘은 미리 계산된 순열5 회로의 출력값과 F, Y2, E 값을 저장해 놓은 다음 계산된 주파수에 modN 연산을 수행하는 방식이다. N을 범으로 하는 범 연산은 임의의 N에 대한 하드웨어 연산기로 설계하였다.

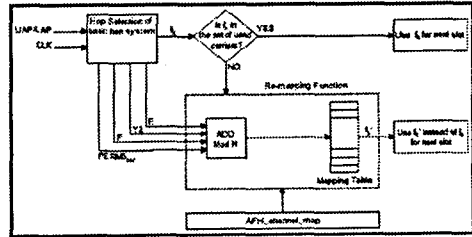


그림 3. 적용 주파수 호핑 회로

### IV. 비교 및 성능 평가

성능 평가는 제작된 블루투스 싱글칩을 제작한 보드에서 테스트하여 실행하였다. 기존 방식으로 제작한 보드 위에서의 블루투스 칩에서는 같은 블루투스이거나 혹은 와이어리스 랜인 경우와 같이 두 개 이상의 디바이스가 존재하였을 때 같은 주파수를 사용하면 충돌하는 경우를 발생시켰지만 펌웨어를 통한 적용 주파수 호핑방식으로 제작한 칩에서는 임의로 주파수를 조절하거나, 하드웨어적으로 자동적으로 주파수가 조절이 되었기 때문에 이러한 주파수 충돌 현상이 발생하지 않았다.

### V. 결론

본 논문에서는 적용 주파수 호핑 방식이라는 새로운 무선 디바이스에서의 호핑 주파수 계산 방식을 제안하여 두 가지 이상의 무선 디바이스가 공존하여 채널을 사용할 수 있도록 한다. 제안된 방식은 HDL로 구현되어 자동합성되었으며, 자동 레이아웃 되어 검증되었다. 제안된 방식은 구현의 주체가 될 블루투스 디바이스 주파수인 24MHz에서 정상적으로 동작하였다. 본 논문에서

제안된 방법은 PDA와 같은 정보보호기기의 주파수 충돌현상을 해결하는 데 필수적인 역할을 할 것이며, 모든 무선 디바이스들의 주파수를 계산하는 데에 매우 효율적으로 사용될 수 있을 것이다.

#### 참고문헌

- [1] [www.ericson.com/bluetooth](http://www.ericson.com/bluetooth), "Adaptive Frequency Hopping for Reduced Interference between Bluetooth and Wireless LAN", white paper, 2003.
- [2] Bluetooth Special Interest Group, "Specifications of the Bluetooth System, vol. 1, v.1.0B 'Core' and vol. 2 v1.0B 'Profiles'," December 1999.
- [3] IEEE Std. 802-15 Task Group on Coexistence, "Draft Recommended Practice for Information Technology, Part 15.2: Coexistence of Wireless Personal Area Networks with Other Wireless Devices Operating in the Unlicensed Frequency Bands," March 2003.