

# 블루투스 베이스밴드에 적용 가능한 디지털 로우패스 필터

문상국

목원대학교 정보전자영상공학부

A Digital Low-pass Filter applicable for Bluetooth Baseband

Sangook Moon

Mokwon University, School of Information-Electronics-Image Engineering

E-mail : smoon@mokwon.ac.kr

## 요 약

최대 7기기까지의 슬레이브 디바이스들과 연결이 가능한 블루투스 피코넷에서, RF 연결단으로 송신되는 무선 데이터는 블루투스 버전 1.1 송신 규약에 적합하도록 1마이크로미터 단위로 슬라이싱되어 베이스밴드 입력단으로 들어오게 된다. 본 연구에서는 상대적으로 불안정한 RF 디바이스에서 베이스밴드로 전달되는 아날로그 신호를 1 마이크로미터 단위의 정확한 슬라이싱을 가능하게 해 주고, 또한 불안정한 아날로그에 대한 신호의 노이즈를 제거할 수 있는 디지털 로우패스 필터를 설계하였다. 설계된 디지털 로우패스필터는 블루투스 RF 일체형 베이스밴드 칩의 절전 모드, 정상동작 모드와 고속 동작 모드인 12MHz, 24MHz, 48MHz 각 주파수에서 모두 정상적으로 동작하였다.

## ABSTRACT

In the Bluetooth piconet in which up to 7 slave devices can be connected simultaneously at one network instance, the wireless data expected to be sent over to the RF interface should be sliced by the unit of 1 micrometer, which is a requirement in the specification of the Bluetooth version 1.1. In this contribution, we have designed a digital low-pass filter which is able to slice the unstable analog signal fed from the RF interface to the Baseband, by the uniform unit of 1 micrometer, and is also capable of removing the possible noise which can be caused by the analog circuit system. The low-pass filter operated well in the various modes of the Bluetooth RF embedded Baseband chip such as sleep mode, normal mode, and high-speed mode at 12MHz, 24MHz, and 48MHz respectively.

## 키워드

블루투스, 베이스밴드, 로우패스필터, Bluetooth, Baseband

## 1. 서 론

현존하는 무선 통신 기술로는 ZigBee, Wi-Fi, 블루투스, 무선 USB, 또한 여러 종류의 핵심 기반 기술로 대두된 UWB (Ultra WideBand) 등 여러 종류가 존재하며, 각기 다른 응용 영역 상에서 무선 네트워크의 표준을 차지하기 위해 치열한 경쟁을 벌이고 있는 상황이다. 이 모든 무선 기술에 공통적으로 해당되는 기술적인 문제는, 오류를 최소화하는 디지털 데이터 통신을 구현하기 위하여 아날로그 RF (Radio Frequency) 회로가

반드시 구현되어 공중 채널에서 혼재하는 여러 노이즈를 제거하고 필요한 데이터를 받아 각각 기술적인 영역의 디지털 회로로 전송해야 한다는 것이다. 이 중 특히 블루투스는, 저전력을 구현하기 위해 전파의 세기가 비교적 약하고 각 패킷의 시작과 끝을 알리는 헤더와 테일의 싱크 (sync) 비트의 개수가 상대적으로 적기 때문에, RF 안테나를 통해 받은 데이터의 노이즈를 효율적으로 제거하고 디지털 회로로 전달할 수 있는 로우패스 필터가 필수적이다. 디지털 로우패스 필터의



의 구간에 대해서 유효 '1' 값, 5/12의 구간에 대해서 유효 '0' 값을 설정하였다. 이는 일종의 다수 우선 인코딩 방식 (majority encoding) 으로, 12Mhz 클럭이 12번 동작하는 동안 입력으로 '1'의 상태를 변화시켜주면서 결과값을 할당하는 방식으로, 다음과 같은 결과 테이블을 얻게 된다.

표 1. 12Mhz 클럭의 변화에 대한 duty value

# of active 1's over 12 clks	결과값
1/12	0
2/12	0
3/12	0
4/12	0
5/12	0
6/12	0
7/12	0
8/12	1
9/12	1
10/12	1
11/12	1
12/12	1

#### IV. 고찰 및 결론

설계된 디지털 로우패스 필터의 테스트는 블루투스 베이스밴드의 설계모드중 하나인 TIC (Test Interface Control) 모드를 사용하여 수행하였다. TIC 모드는 테스트하고자 하는 모듈 주변 (boundary) 노드를 분리하여 모든 클럭과 입력을 제어할 수 있는 모드이다. 이 모드를 사용하여 테스트 한 결과 duty cycle이 7:3이므로 RF 데이터 출력의 마진을 6:4로 잡는 것이 바람직하다는 결과를 도출하였다. 그림 3은 RF 단에서 베이스밴드로 전송해줄 데이터의 용인도 (tolerance)를 나타낸다. 그림에서 보듯이 20:30 의 데이터 비율이 있을 경우 0으로 간주한다. 이는 설계된 디지털 로우패스 필터의 출력 마진이 6:4까지는 다수 인코딩 방식으로 값을 인정한다는 것을 뜻한다. (그림에서는 0) 이상적으로는 1 us 구간 내에 총 실하게 1 혹은 0을 출력해야 하지만, 실제 아날로그 RF 회로의 출력이 정확이 1:1이 아닌 duty cycle 을 생성하기 때문에 이러한 RF tolerance를 고려한 로우패스 필터는 매우 필요하며, 블루투스에서뿐만 아니라, duty cycle이 불안정할수밖에 없는 모든 아날로그 통합 회로에서도 필수 불가결하다.

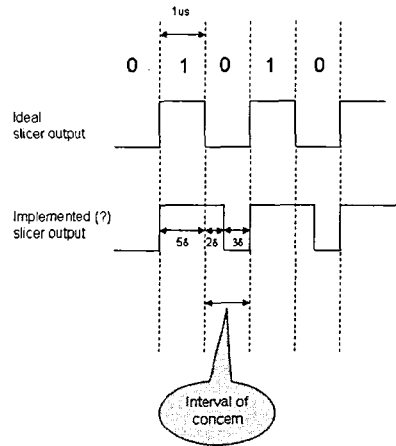


그림 3. 로우패스 필터의 용인도 (tolerance)

#### 참고문헌

- [1] Das, A. et al., "Adaptive link-level error recovery mechanisms in Bluetooth," Personal Wireless Communications, 2000 IEEE International Conference on , 17-20 Dec. 2000 pp. :85-89
- [2] Cheol-Hee Park et. al., "Design and implementation of error control algorithms for Bluetooth system: open-loop and closed-loop algorithms," Consumer Electronics, 2000. ICCE. 2000 Digest of Technical Papers. International Conference on , 13-15 June 2000, pp. 302~303
- [3] Bo Xia, et al., "A GFSK Demodulator for Low-IF Bluetooth Receiver," *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, Vol. 38, No. 8, Aug. 2003.