

# FH/BFSK을 위한 고속 스위칭용 Tracking 필터의 설계

김제복, 방 성 일

단국대학교 전자·컴퓨터공학부

전화 : (02) 709-2827 / 팩스 : (02) 709-2590

## Design of FH/BFSK Tracking Filter for High Speed Switching

Jae-bok Kim, Sung-il Bang

Dept. of Electronics & computer Eng. Dankook University

E-mail : kjb0904@hanmail.net

### Abstract

In this paper, we design tracking filter that get frequency range from 30 to 88 [MHz] for FH/BFSK communication system. This filter use for switching componet BJT. as result, This tracking filter has a insertion loss of 0.77~1.93[dB]. And it has a cutoff characteristic 30/3[dB] shape factor of 3.9~6.2[dB]. The tracking filter satisfy its specification

논문에서는 통신시스템에서 핵심적인 역할을 담당하는 Tracking 필터를 설계하고자 하여, 5mW 이하의 낮은 DC 전력소모와 빠른 주파수도약을 추적할 수 있도록 스위칭 시간이 빠른 BJT를 이용하고자 한다. 그리고 Tracking 필터의 성능은 삽입손실, 3[dB] 대역폭, 차단특성을 가늠하는 30/3[dB] 셰이프 팩터 및  $2 \times f_0$ 의 감쇄량의 주파수 특성 파라미터를 측정하여 평가한다.

### I. 서론

통신서비스는 기존의 유선망과 유연한 연계 기능과 함께 이동무선통신을 이용한 인터넷과 전자상거래 서비스가 자유롭게 제공되어야 하기 때문에 시스템의 대응력화는 물론 비화통신에 대한 요구가 급격히 증가할 것으로 예상하고 있다. 그러나 직접확산 방식을 이용한 무선 접속에 따른 이동통신시스템은 대응력화에 한계가 있을 뿐만 아니라, 의도적인 비의도적인 간섭 신호에 대한 대처능력이 떨어지는 문제점을 가지고 있다. 이에 몇몇의 선진국에서는 미래의 이동통신용으로 정보신호에 따라 변조된 반송파의 스펙트럼을 일정한 주파수 대역 내에서 한 주파수에서 다른 주파수로 불규칙하게 도약(hopping)시키는 주파수도약(FH : frequency hopping) 방식을 적극적으로 검토하고 있다[1].

### II. FH/BFSK 통신시스템

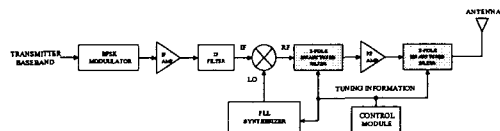


그림 2.1 FH/BFSK RF 송신단

논문에서 구현하고자 하는 FH/BFSK 통신시스템의 RF 송신단의 구성은 그림 2.1에서 보는 바와 같다. FH/BFSK RF 송신단은 크게 기저대역 변조기, 중간주파수 증폭기(Intermediate Frequency Amplifier), 주파수 합성기 및 Tracking 필터로 구성된다. 정보신호는 먼저 기저대역에서 일반적인 BFSK 변조를 한 후 중간주파수 증폭기를 통해 일차적인 증폭을 하게 된다. 이때 변조신호의 점유주파수 대역폭과 위상 변화의 최소화를 고려하여 BFSK의 주파수 편이를 적절

하게 선택해야 한다[2][3].

한편 제어모듈은 PN 부호의 출력에 따라 중심 주파수를 도약시키기 위한 디지털 방식의 주파수 합성기와 2-pole 의 Tracking 필터를 제어하여 원하는 주파수로 도약할 수 있도록 한다. 이때 첫 번째 Tracking 필터는 주파수 합성기와 함께 도약 주파수를 결정하는 동시에 혼합기를 거치면서 입력된 두 신호의 주파수 차와 합 중에 합의 주파수 성분만 필터링하는 역할을 한다. 또한 두 번째 Tracking 필터는 첫 번째 Tracking 필터에 의해 도약된 주파수의 선택도를 증가시키는 역할을 한다.

FH/BFSK 통신 시스템의 송신단의 반송파 주파수는 제어모듈의 주파수 도약 패턴에 따라 가변이 되는데, 도약 패턴의 가변속도가 Tracking 필터의 구현에 많은 영향을 미치게 된다. 특히 FH 시스템의 송신단에 위치하는 Tracking 필터는 Co-site 에 여러개의 송신 시스템이 공존하기 때문에 수신단의 트래킹 필터 보다는 설계규격을 보다 엄격하게 제한한다. 이는 송신단의 도약 중심 주파수의 스펙트럼이 인접한 통신기나 채널에 실제로 많은 영향을 미치기 때문이다.

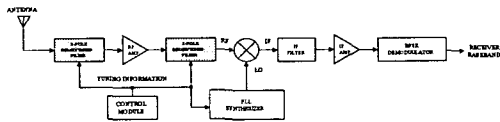


그림 2.2 FH/BFSK RF 수신단

FH/BFSK RF 수신단의 구성은 그림 2.2에서 보듯이 송신단과 마찬가지로 수신 RF 증폭기, Tracking 필터, 주파수합성기 및 기저대역 복조기로 구성된다. 안테나를 통해 주파수 도약된 신호가 수신되면 우선 송신단에서 사용되었던 것과 동일한 주파수 도약 패턴을 제어모듈에서 발생하게 되며, 이 패턴에 따라 첫 번째 Tracking 필터는 초기에 도약된 주파수를 획득(acquisition)하고 그 패턴을 고속으로 추적(tracking)하게 된다. 또한 광대역 증폭기로 들어가는 불요파(spurious)의 증폭을 막는 일반적인 필터의 역할도 같이 하게 된다. 둘째 단계의 Tracking 필터는 첫 번째

Tracking 필터에서 하는 역할을 그대로 하면서 주파수 선택도를 증가시킨다. 동시에 RF 신호 증폭기에 의해 생성된 영상 신호(image signal)와 불요파가 혼합기단에 유입되는 것을 방지한다. FH/BFSK 통신시스템의 수신단에서 사용하는 Tracking 필터는 Co-site 송신단에서 사용하는 필터와 달리 삽입손실(insertion loss),  $2 \times f_0$  감쇄량 등과 같은 특성파라미터가 엄격하지 않아도 된다[4].

한편, 주파수 합성기에서 발생한 주파수와 Tracking 필터에서 선택된 주파수가 혼합됨으로써 도약하기 전의 변조된 신호를 찾아내게 되며, 다시 동기 방식의 BFSK 복조를 통하여 원하는 정보신호를 얻을 수 있게 된다. 수신기에서 국부발생기로 사용되는 디지털 합성기는 전파지연을 감안하여 송신기에서 사용된 주파수 합성기와 반드시 동기가 이루어져야 한다.

### III. FH/BFSK 용 Tracking 필터의 스위칭 회로부의 설계

FH/BFSK 용 디지털제어 방식의 Tracking 필터의 구성은 그림 3.1에서 보는 바와 같다.

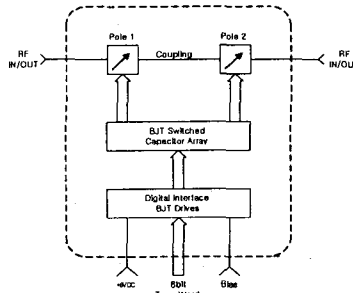


그림 3.1 Tracking 필터의 블록도

FH/BFSK 용 Tracking 필터는 그림 3.1에 보인 바와 같이 모두 8 비트의 병렬 CMOS/TTL 디지털 제어 신호를 받아서 조정하는데 필요한 디지털 인터페이스(digital interface)와 주파수 도약 패턴을 추적하기 위한 BJT(Bipolar Junction Transistor)를 가지고 있으며, 원하는 중심주파수로 조정할 수 있는 커패시터 배열(capacitor array)을 가지고 있다[3].

## FH/BFSK을 위한 고속 스위칭용 Tracking 필터의 설계

제어신호에 의해 BJT가 스위칭되어 커패시터 배열의 커패시턴스를 조정하여 원하는 주파수로 도약하는 Tracking 필터는 수동 LC 필터처럼 동작한다. 또한, Tracking 필터가 원하는 주파수대역으로 조정되어 버터워스 응답(Butterworth Response)특성을 갖는 2-pole 의 공진회로로 동작한다[4].

Tracking 필터의 커패시턴스 값을 조정하기 위하여 BJT(bipolar junction transistor) 이용해 구성된 회로도 는 그림 3.2이다. BJT의 베이스에 8V 전압을 인가한 상태에서 BJT가 ON 상태 되며 신호는 가변 커패시터를 지나 컬렉터에서 이미터를 거쳐서 접지(ground)가 된다. 이때 커패시터와 공진 인덕터와 결합하여 원하는 주파수대를 호핑한다. BJT가 OFF 상태일 때, 베이스전압이 0V 이면 신호는 이미터와 컬렉터 사이를 흐르지 않고 가변 커패시터는 자기용량 값으로 작동하지 않는다. 트랜지스터가 포화되었을 때 컬렉터-에미터는 단락된 스위치와 같으며, 트랜지스터가 차단되었을 때 컬렉터-이미터는 개방된 스위치와 같다. 이들 두 극단의 동작모드를 사용하는 이유는 첫 번째로 차단 상태와 포화 상태 모두에서 트랜지스터의 전류와 전압이 잘 정의되고,  $\beta$ 와 같이 상황에 따라 변하는 파라미터의 영향을 받지 않기 때문이고, 트랜지스터에서 소비되는 전력이 차단 상태와 포화 상태에서 가장 적기 때문이다. 차단 영역 상태에서 전류 소비가 최소가 된다. 또한, 포화상태에서도 전력 소비도 최소가 된다.

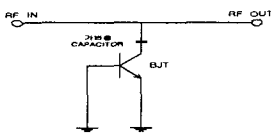


그림 3.2 BJT를 이용한 스위칭 회로도

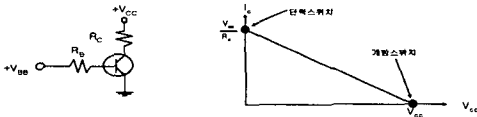


그림 3.3 트랜지스터의 스위칭 회로

입력회로에 대한 전압의 식은 다음과 같다.

$$I_B R_B + V_{BE} - V_{BB} = 0$$

이식을  $I_B$  에 관하여 풀어 보면 다음과 같은 식이 된다.

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

만일 베이스 전류가  $I_{B(sat)}$  보다 크거나 같으면 동작점 Q 부하선의 위쪽 끝에 위치한다. 이 경우 트랜지스터는 단락된 스위치가 되고, 반면에 베이스전류가 0 이면 트랜지스터는 부하선의 아래쪽 끝에서 동작하고 개방된 스위치가 된다.

그림 3.2에서 본 스위칭 회로를 2-pole 의 공진회로로 등가화한 Tracking 필터이 기본 회로 구성도는 그림 3.4과 같다. 그림 3.4의 입·출력부를 살펴보면 회로의 내부회로와 입·출력단이 50 $\Omega$ 으로 정합하기 위하여 탭(tap)을 낸 인덕터로 구성되어 있다.

Tracking 필터가 본 논문에서 구현하고자 하는 주파수 대역인 30~88 MHz의 전 대역에 걸쳐 균일하게 4 dB 대역폭을 가지기 위해서는 이중 동조(double tune) 필터인 경우 약 28의 Q 값을 가져야 한다.

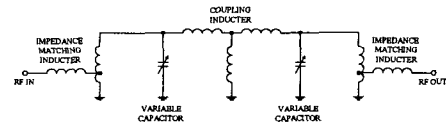


그림 3.4 Tracking 필터의 회로 구성도

이 경우 Tracking 필터 내부회로의 임피던스는 주파수에 따라 400~1800  $\Omega$  정도를 갖는다. 따라서 주파수의 변동에서도 일정한 대역폭을 갖기 위해서는 탭을 낸 인덕터를 사용하여 주파수마다 일정한 Q값을 갖게 설계하여야 한다.

### IV 실험 및 결과

논문에서 제안한 FH 용 Tracking 필터를 초고주파공학 CAE(Computer Aided Engineering) 시뮬레이터인 Agilent 社의 ADS ver 1.3을 이용하여 시뮬레이션 하였다. 디지털 제어모듈의 출력신호로 Tracking 필터의 스위칭 소자인 BJT를 on/off 시킴으로써 회로의 커패시턴스를 가변시켜 도약주파수를 10[MHz]씩 변화시켜 주파수 특성을 고찰하였다.

구분	규격
입출력 저항	50 Ω
삽입손실	4±0.5 dB
3 dB 대역폭	5±0.5 %
30/3 dB Shape Factor	7.3 이하
2×f <sub>0</sub> 감쇄량	최소 60 dB
통과대역내 RF 전력 조절	최대 32 dBm
IP3	45 dBm 이상
튜닝 속도	10[μs] <sub>min</sub> (f <sub>0</sub> >30 MHz)
DC 전력	+5VDC, @10~200 mA
튜닝 방식	8bit (parallel)
동작주파수	30~88[MHz]

표 4.1 Tracking 필터의 설계 규격

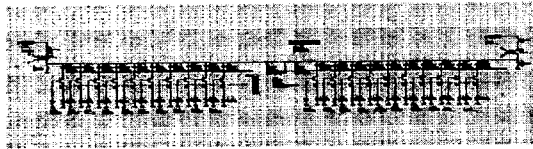


그림 4.1 시뮬레이션 회로도

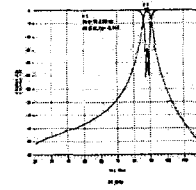
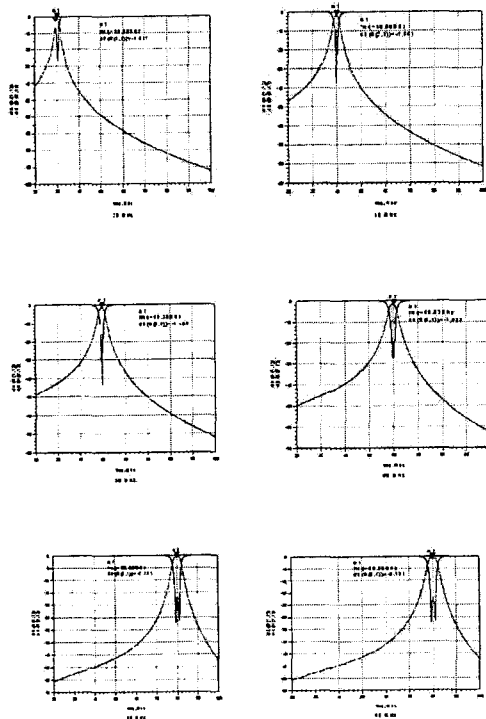


그림 4.2 주파수에 따른 시뮬레이션 결과

Tracking 필터의 주요 파라미터는 설계목표를 대체로 만족하고 있음을 알 수 있다. 스위치 작용을 하는 BJT 이 이상적인 베이스와 이미터의 진압차를 선택하여 신호가 잘 전달 되도록 한 것으로 판단된다.

본 논문의 설계규격인 5±0.5 %를 컴퓨터 시뮬레이션 상에서는 충분히 만족하고 있음을 확인할 수 있다. 그리고 Tracking 필터의 차단특성을 결정하는 30 / 3 [dB] sharp factor 와 2 × f<sub>0</sub> 감쇄량은 설계규격에 만족하다는 결과가 나왔다.

### V. 결론

논문에서 FH/BFSK 용으로 설계한 Tracking 필터의 성능은 삽입손실이 각 도약 중심파수에 따라 0.77~1.93[dB], 3[dB] 대역폭은 도약중심에 따라 3.56~5.2[%] 이며, 필터의 차단 특성을 나타내는 30/3[dB] shape factor 는 3.9~6.2[dB]이다. 인접통신기 및 채널에 영향을 미치는 정도를 나타내는 2×f<sub>0</sub>의 감쇄량은 도약주파수에 따라 68.7~76.9[dB]가 되어 FH/BFSK 통신시스템에 사용할 수 있음을 확인 하였다.

앞으로 연구가 필요한 부분은 Tracking 필터의 DC 전력소모가 작고 스위칭 시간이 짧아 Fast FH이 가능한 GaAs FET 를 Tracking 필터의 소자에 이용하는 방법과 회로를 단순화에 연구해야 할 것이다.

### 참고문헌(또는 Reference)

- [1] R. L. Picholtz, L. B. Milstein, and D. L. Schilling, "Spread Spectrum"
- [2] 陳年綱, 아날로그와 디지털통신, 청문각, 1997
- [3] 이규진, "주파수 도약 시스템용 트래킹 필터의 설계 및 제작", 단국대학교 석사학위 논문, 2000
- [4] 진년강, 마이크로파공학, 청문각, 1993