주파수 매핑 함수를 이용한 광대역 주파수 자동 채널 선택용 디지털 TV 튜너

정회원 정 영 준*, 김 재 영*, 최 재 익*, 박 재 홍*

The Broadband Auto Frequency Channel Selection of the Digital TV Tuner using Frequency Mapping Function

Young-Jun Chong*, Jae-Young Kim*, Jae-Ick Choi*, Jae-Hong Park* ***Regular Members***

요 약

8-VSB(Vestigial Side-Band) 변조 기술을 이용하여 ATSC(Advanced Television Systems Committee) 규격을 만족하는 디지털 TV 튜너를 개발하였다. 이중(double) 주파수 변환 및 능동 트래킹 여파기를 튜너 전치단에 이용하여 이미지 응답 및 IF(Intermediate Frequency) Beat 성분들의 억압, 인접 채널과 다채널 수신 시 상호 간섭배제 성능을 만족할 수 있도록 이용하였다. 그러나 NTSC(National Television Systems Committee) 튜너와는 달리, 이중 주파수 변환을 이용하는 디지털 TV 튜너는 트래킹 필터 및 첫번째 전압제어발진기 사이의 주파수 상관 관계가 존재하지 않는다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 마이크로 콘트롤러, EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read Only Memory), 디지털/아날로그 변환기, 차동 증폭기 및 스위치 드라이버가 조합된 하드웨어 및 트래킹 전압에 따른 주파수 특성에 대한 주파수 매핑을 구하여 자동 주파수 선택이 가능한 변형된 구조 및 방법을 제시하였다.

ABSTRACT

Digital TV tuner for 8-VSB modulation was developed with satisfying the requirements of ATSC. The double frequency conversion and the active tracking filter in the front-end were used to reduce interference of the adjacent channels and multi-channels, which suppress IF beat and image band. However, it was impossible to get frequency mapping between tracking filter and first VCO(Voltage Controlled Oscillator) in the double conversion digital TV tuner differing from conventional NTSC tuner.

This paper, therefore, suggests the available structure and a new method for automatic frequency selection by obtaining the mapping of frequency characteristic over tracking voltage and the combined hardware which compose of Micro-controller, EEPROM, D/A(Digital-to-Analog Converter), OP amp. and switch driver to solve above problems.

Ⅰ. 서 론

디지털 TV 방송은 아날로그 TV 방송에 비하여 디지털 신호 처리 및 전송 기술의 발달에 의해 고화질의 다채널 방송이 가능하다. 디지털 방송으로 인하여 전송 채널 대역폭의 이용 효율이 높아 화질 및 음질이 우수한 비디오 및 오디오 서비스가 가능할 뿐만 아니라 방송 신호의 녹화 재생 시 화질의 열화가 적고, 전송 전력 및 상호 간의 신호 간섭이

* 한국전자통신연구원 무선방송기술 연구소
논문번호 : 99470-1129, 접수일자 : 1999년 11월 29일

적다. 또한 멀티미디어 서비스가 가능하여 방송과 통신, 가전기기와 컴퓨터의 구분이 없어지는 3C (Communication, Consumer, Computer)의 통합 형태로 발전될 전망이다[1].

모든 통신 시스템의 수신기 설계 시 가장 중요한 성능은 수신 감도, 선택도 및 선형적인 동작 영역이므로, 이러한 성능 관점에서 현재까지 상용화되어 방송 수신시스템에 사용되는 튜너들의 주된 장/단점을 분석함으로서 디지털 TV 튜너에 일반적으로 사용되는 이중 주파수 변환의 사용 이유 및 튜너 전치단에 트래킹 필터의 사용 시 장점 및 문제점에 대하여 논한 후, 주파수 매핑의 필요성에 대하여 언급하였다.

1.1 이중 주파수 변환의 사용

현재 상용화된 TV 튜너의 경우 가장 주된 차이점은 주파수 변환에 있으며 크게 두가지 경우로 분류할 수 있다.

- 단일 주파수 변환 방식(트래킹 필터 포함) : 모든 아날로그 방송용 튜너
- 이중 주파수 변환 방식 : 케이블 TV 및 디지털 TV 튜너

기존 NTSC 튜너의 경우는 단일 주파수 변환을 이용하여 원하는 IF 신호로 주파수 변환을 이용하므로 구조가 간단하고 비용이 저렴한 장점이 있는 반면, 다른 방송 채널들 사이의 간섭에 매우 민감하여 UHF taboo(금기) 채널에 대한 채널 제약 조건이 있다. UHF taboo는 TV 수신기 특성 때문에 원하는 신호에 간섭을 발생시킬 수 있는 어떤 UHF TV 채널 들간의 조합에 최소 이격 거리의 기술적 제한을 두는 것을 의미하며, UHF taboo 채널들의 모든 간섭 항목은 송신기들의 셀 배치 및 출력 전력 결정에 가장 고려해야 할 특성들이지만, 이러한 성분들 중 이미지 응답 특성 및 IF Beat 성분들은 TV 수신 성능을 열화 시키므로 이에 대한 제약 조건이 가장 엄격하다. 그리고 이러한 성분들 외에도 다른 통신 시스템에 영향을 줄 수 있는 국부 전력에 의한 안테나 단자로의 역방향 누설 전력 방사는 FCC(Federal Communication Commission)에 의하여 엄격히 규제(-60 ~ -80dBm)되는 항목이다. 상기 언급한 세가지 항목들은 수신기의 구조에 따라서 억압이 가능하므로 이러한 수신 성능 열화 요인을 극복하기 위하여 디지털 TV 튜너는 일반적으로 이중 주파수 변환을 이용한다. 이 구조는 기존 아날로그 튜너에 비하여 형상이 복잡하고 비용 상승의 단점이 있지만 UHF taboo 채널 측면에서 NTSC 튜너에 비하여 이미지 응답 특성 및 IF Beat 성분들의 억압이 우수할 뿐만 아니라 트래킹 필터를 이용할 경우 국부 전력에 의한 수신기 역방향 누설 전력 방사에 거의 무관하게 동작할 수 있으므로 이러한 성분들을 발생시킬 수 있는 NTSC 및 DTV 방송 채널들에 의한 간섭 영향은 거의 무시할 수 있다 (표 1 참조) [2],[3].

표 1. UHF 금기 채널에 대한 영향 분석

UHF taboo (N:원하는 채널)	NTSC 튜너	디지털 TV 튜너
IF Beat 측면 (N±7, N±8)	N±7, N±8	영향 거의 없음
Image 측면 (N±14, N±15)	N+14, N+15	영향 거의 없음
LO 방사 측면 (N±7)	영향 있음	영향 거의 없음 (트래킹 필터가 있는 경우)

1.2 트래킹 필터의 사용

수신 시스템은 수신 감도 외에도 어느 정도의 세기가 큰 간섭 신호에도 동작이 가능해야 하며 이 두 항목은 항상 trade-off 관계가 있다. 현재 상용화된 디지털 TV 튜너의 경우 공통적으로 이중 주파수 변환 구조를 이용하지만 튜너 전치단에 트래킹 필터의 사용 유/무로 구분되며 크게 세가지 경우로 분류된다.

- 방송 대역의 모든 신호를 수신한 후 신호를 분리하지 않는 경우 : ALPS 튜너 및 SHARP 튜너
- 방송 대역의 모든 신호를 수신한 후, 고정된 세개의 대역으로 신호를 분리한 경우 : PANA SONIC 튜너
- 방송 대역의 모든 신호를 수신한 후, 트래킹 필터(세 대역으로 분리)를 이용하여 신호를 분리하는 경우 :

  ZENITH(LG), MITSUBISHI 및 ETRI 튜너

수신 전치단에 트래킹 필터를 사용 할 경우 수신기의 선형성을 향상 시킬 수 있다. 하지만 이를 이용할 경우 구조가 매우 복잡해져 튜너의 크기가 커지고, 트래킹 에러로 인한 미세 조정이 요구되는 단점이 존재한다. 일반적으로 수신기에서 Pre-selector의 전체 동작 영역은 사용되는 저잡음 증폭기 및

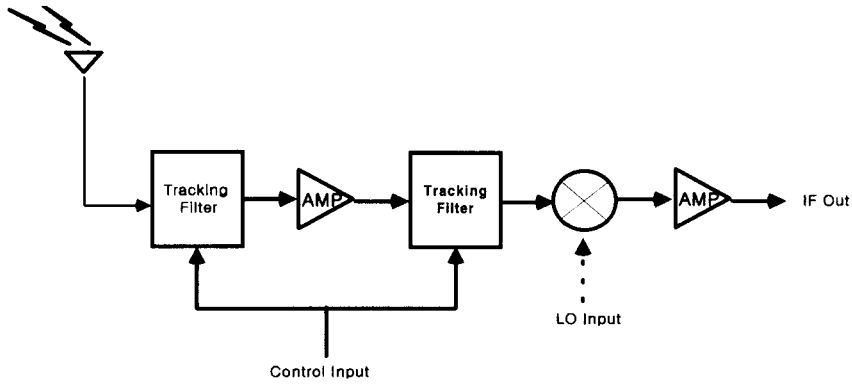

그림 1. 트래킹 필터의 응용

믹서에 의해서 대부분 결정되므로 그림 1과 같이 저잡음 증폭기의 입력 및 출력에 트래킹 필터를 각각 사용하여 원하지 않는 신호들을 억압 함으로서 저잡음 증폭기 및 믹서의 입력 부하를 감소시켜 준다.

특히, TV 방송처럼 광대역에 걸쳐서 방송 채널들이 조밀하게 분포되어 있는 전파 환경으로 인하여 튜너에 트래킹 필터를 사용할 경우 원하는 TV 신호의 세기 보다도 큰 원하지 않는 TV 채널 및 FM 채널들을 억압 함으로서 저잡음 증폭기 및 믹서 입력단의 선형성이 개선되므로 인접 및 다채널 수신 시 상호 간섭 배제 능력이 우수할 뿐만 아니라 대역 외 간섭 신호들에 의해서 유발되는 상호 변조, 교차변조 및 포화 특성이 개선되므로 수신기 선형성을 확대시킬 수 있다.

앞에서 언급한 디지털 TV 튜너들에서 모든 방송 신호를 수신하는 경우의 ALPS 및 SHARP 튜너는 기존 케이블 TV용 튜너(이중 주파수 변환)의 구조에다 단지 AGC(Automatic Gain Control) 동작을 넓히기 위한 감쇠기가 추가된 형태이며, 모든 방송 신호를 수신한 후 고정된 세개의 대역(VHF_LOW, VHF_HIGH & UHF)으로 신호를 분리한 경우의 PANASONIC 튜너도 앞에 언급한 경우와 똑같은 경우로서 다채널 수신 시 선형성이 악화되어 수신 성능이 열화 될 수 있다. 하지만 이중 주파수 변환 방식에 트래킹 필터를 사용하는 경우(ZENITH(LG), MITSUBISHI 및 ETRI 튜너)는 인접 채널 및 다채널 수신 시 상호 간섭배제 능력이 우수하다.

결론적으로 디지털 방송을 위한 주파수 할당은 디지털 방송으로 전환하는 기간동안 기존 아날로그 방송대역을 디지털 방송 채널과 함께 동시 방송을 실시하여야 하므로 두 방송 대역간의 상호 간섭 영향이 배제되어야 하므로 기존 NTSC 튜너와 같이 인접 채널 및 다채널 수신 시 상호 간섭 성분을 억제하기 위한 트래킹 필터의 사용 유/무가 하나의 관점으로 대두되는 실정이나, ZENITH사는 트래킹 필터가 반드시 포함되야 한다고 주장하고 있다[3].

1.3 트래킹 필터 사용 시 문제점 및 주파수 매핑의 필요성

앞에서 언급한 바와 같이 이중 주파수 변환 및 트래킹 필터를 이용하는 디지털 TV 튜너의 경우는 수신기 선형성 확대 및 대역 외 신호들에 의해서 유발되는 상호변조, 교차변조, 포화 및 둔감도 특성을 개선하는 효과를 가져오지만, 전압제어발진기 및 트래킹 필터 사이의 주파수 매핑이 기존 NTSC 튜너의 경우처럼 하드웨어적으로 간단히 처리할 수가 없어 튜너용 제어기를 이용하여 소프트웨어적인 조정이 필요하고, 트래킹 에러를 보상할 수 있는 주파수 에러 보정 기능이 추가로 고려되야 하므로 매우 복잡해진다.

이중 주파수 변환 및 트래킹 필터를 이용하는 디지털 TV 튜너의 경우는 NTSC 튜너와는 달리(그림 2 참조), 튜너 전치단은 세 개의 대역 중 한 대역만이 스위칭 동작을 통하여 튜닝 전압에 따라 트래킹 여파기의 주파수가 선택되어지나, 하나의 첫번째 전압제어발진기가 위상동기루프에 의한 주파수 튜닝 전압에 대하여 방송 주파수 대역(BW≈750MHz)을 모두 포함하므로 주파수 튜닝 전압에 대한 트래킹 필터 및 전압제어 발진기 사이의 주파수 상관 관계가 존재하지 않아(그림 3 참조) 주파수 매핑을 위한 부가적인 기능이 요구되어진다. 이러한 주파수 매핑의 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 마이크로콘트롤러, EEPROM, D/A, 차동 증폭기 및 스

위치용 구동 드라이버로 구성된 튜너 제어기 및 트래킹 전압에 다른 주파수 특성에 따른 주파수 매핑을 위한 근사 함수의 계수 값을 구하여 디지털 TV 튜너의 자동 주파수 선택 및 주파수 에러 보정이 가능하도록 하였다.

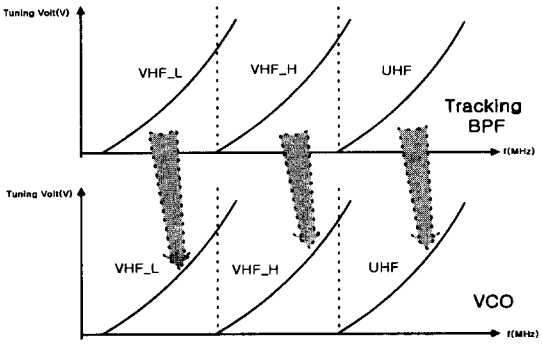

그림 2. NTSC TV 튜너 구조의 근사화된 주파수 매핑도

본 논문의 구성은 제1장에서 NTSC 및 디지털 TV 튜너의 장/단점을, 그리고 트래킹 필터의 사용 이유 및 문제점에 대하여 언급하였고, 제2장에서 디지털 TV 튜너의 구조 및 동작원리를 간단히 설명하였고, 주파수 매핑 및 주파수 에러 보정을 위한 튜너 제어기 기능 및 신호 흐름도를 언급한 후, 디지털 TV 튜너 설계 규격을 제시하였다. 제3장에서는 제2장에 언급한 설계 규격을 근거로 제작된 디지털 TV 튜너의 측정 결과 및 다른 상용 튜너들의 측정 결과에 대하여 서술하였고, 제4장에서는 측정 결과를 토대로 ATSC 규격과의 비교를 통한 결론을 맺었다.

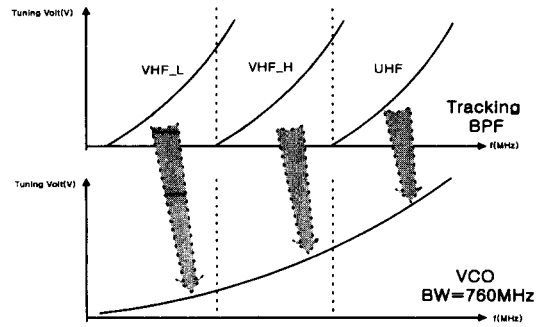

그림 3. 트래킹 필터가 포함된 디지털 TV 튜너 구조의 근사화 된 주파수 매핑도

Ⅱ. 디지털 TV 튜너의 동작 원리

2.1 디지털 TV 튜너 구조 및 기능

디지털 TV 튜너는 TV 신호의 수신 성능을 좌우하는 주된 모듈로서, 그림 4와 같이 입력 대역 통과 여파기 및 능동 트래킹 필터가 포함된 튜너 전치단(그림 5 참조), 주파수 상/하향부, 주파수 합성부 및 제어부로 설계하였고, 다음과 같은 기능을 수행하도록 제작하였다.

- 수신되는 입력 주파수(54806MHz)을 중간 주파수(44MHz)로 주파수 변환,
- 광대역 입력 주파수 분할 대역 선택 스위칭 및

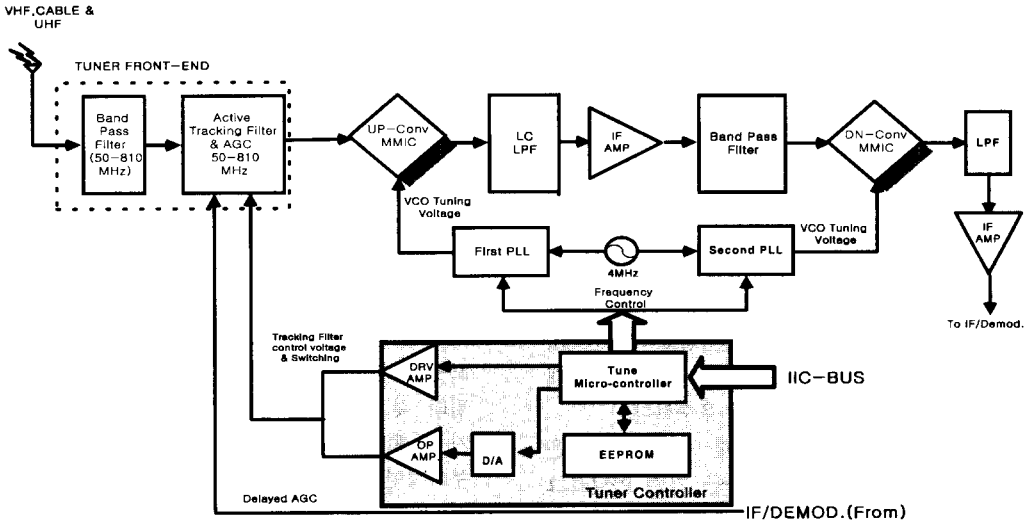

그림 4. 디지털 TV 튜너 구조도

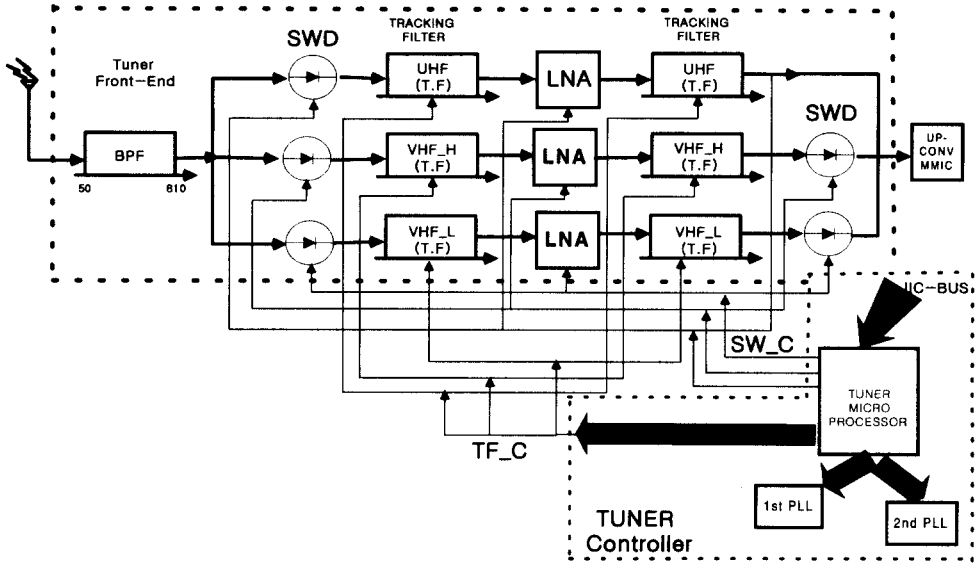

그림 5. 디지털 TV 튜너 전치단 구조도

저잡음 증폭을 위한 능동 트래킹 여파기능,

- TV 채널 주파수 동조 기능,
- 트래킹 여파기의 환경적인 변화에 따른 주파수 보정 기능,
- 자동 이득 제어 회로의 조정 전압 신호를 통한 수신 이득 제어 기능,
- 영상 신호 제거 및 채널 대역 외 신호 여파 기능.

주파수 변환은 이중 주파수 변환 방식을 이용하여 수신된 방송 신호(54~806MHz)를 HSI(high-side injection)을 이용하여 944MHz의 중간 주파수로 일차 주파수 상향 변환된 뒤, LSI(low-side injection)을 이용하여 44MHz의 중간 주파수로 최종 주파수 변환하였다.

2.2 튜너 제어기 구조 및 기능

튜너 제어기는 그림 6과 같이 마이크로 콘트롤러, EEPROM, D/A, 차동 증폭기 및 스위치용 구동 드라이버로 구성하였고, 2.2.1과 같은 정보를 가지고 2.2.2와 같은 요구 기능을 수행하도록 하였다.

2.2.1 튜너에 대한 정보

튜너 제어기는 튜너에 대하여 다음과 정보를 포함한다.

- 세 대역에 대한 능동 트래킹 필터의 조정 전압에 대한 주파수(채널) 특성,
- 튜너의 주파수 선택 정보(전압 제어 발진기 주파수 조정 전압)에 대한 주파수(채널) 특성,
- 세 대역 중 한 대역 선택을 위한 대역 스위칭

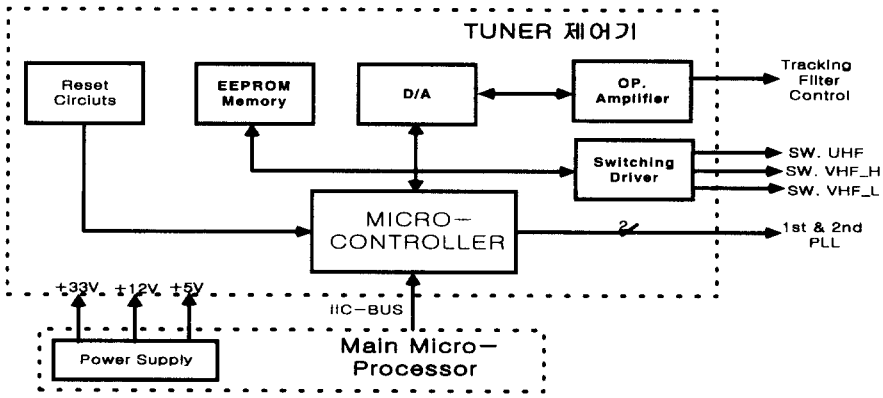

그림 6. 디지털 TV 튜너 제어기 구조도

기능,

- 상기 항들에 대한 주파수 상관 관계.

2.2.2 튜너 제어기 요구 기능

튜너 제어기 요구 기능은 다음과 같다.

가. 초기화 구성

- 통신을 위한 타이머 등의 사용 모드 및 초기 값 설정,
- 인터럽트 관련 설정,
- 사용할 기억장치 초기화,
- 선택 채널 지정을 위한 채널선택 절차 수행.

나. 메인 루프 기능

- 마스터 마이크로프로세서로 부터 주파수 정보가 포함된 IIC-BUS 신호 유무 점검,
- 수신된 명령이 주파수 정보가 포함된 신호라면 주파수 정보 해독,
- 해당 주파수 대역의 채널 값에 해당하는 주파수에 맞추어 첫번째 위상동기루프 값 설정,
- 채널 대역 스위칭을 위한 변수 설정,
- EEPROM에 있는 해당 주파수 대역의 주파수 매핑 계수 값에 대한 읽기 및 쓰기 기능,
- 부가 기능으로 마스터 마이크로프로세서와는 독립적으로 온도와 같은 환경적인 변화에 따른 주파수 에러 보정을 위하여 새로운 주파수 매핑 계수를 EEPROM에 재쓰기(rewrite) 기능 수행.

다. 통신 인터럽트 기능

- 수신된 정보가 있을 때마다 수행되며 시작과 끝을 분석 저장.

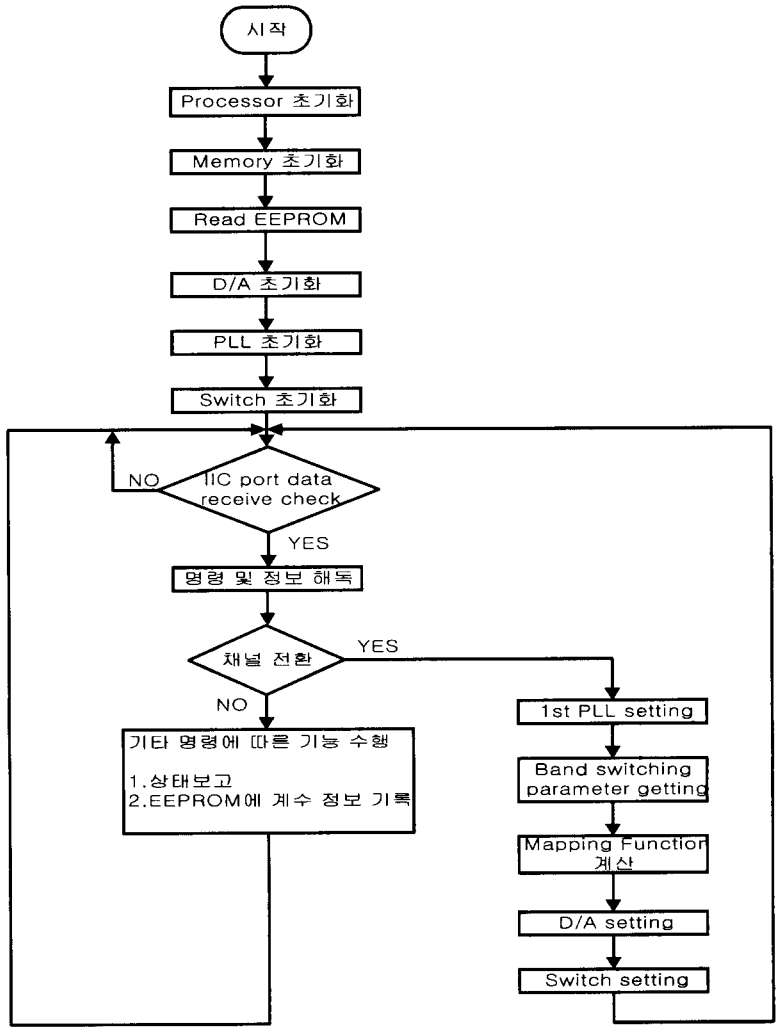

그림 7. 튜너 제어기 신호 흐름도

2.3 주파수 매핑 동작 순서

앞에서 언급했듯이 이중 주파수 변환 구조에 트래킹 필터가 포함된 디지털 TV 튜너의 경우는 튜닝 전압에 따른 트래킹 여파기의 주파수 및 위상동기루프에 의한 첫번째 전압제어발진기 사이의 주파수 상관 관계가 존재하지 않으므로 변형된 하드웨어 및 트래킹 전압에 다른 주파수 특성에 따른 주파수 매핑을 위한 근사 함수의 계수 값을 소프트웨어적으로 계산하여 디지털 TV 튜너의 자동 주파수 선택이 가능하도록 하였다.

자동 채널 선택을 위한 튜너 제어기 신호 흐름도는 그림 7과 같고, 제어 순서는 다음과 같다.

가. 먼저 튜너 전치단 트래킹 여파기의 동조 전압에 따른 분할된 세개의 대역 각각의 주파수 특성을 측정한 후, 이 데이터를 이용하여 아래 식 (1)의 주파수 매핑을 위한 근사 함수를 이용하여 세 대역에 대한 근사 함수의 계수(A0A5)를 구하고, 이 정보를 EEPROM에 저장한다.

나. 초기화 과정을 거친 후, 외부의 주 마이크로 콘트롤러로 부터 주파수 정보가 포함된 IIC-BUS(PLL data 및 clock 신호) 신호가 튜너 제어기의 마이크로 콘트롤러에 인가되면, 이 마이크로 콘트롤러는 IIC-BUS 신호가 어떤 주파수를 나타내는지를 해독한다.

다. 해독된 해당 주파수 성분 정보를 이용하여 첫번째 위상동기루프의 동작 값을 셋팅한 후, 대역 스위칭을 위한 변수를 얻는다.

라. 그 다음은 식 (1)의 F(X) 함수를 이용하여 해당 주파수 성분 값을 계산한다.

마. 계산된 F(X)의 값은 D/A를 거친 후 아날로그 값들로 변환되어, 차동 증폭기를 통하여 일정한 DC 값들을 출력함과 동시에 구동 증폭기를 통하여 해당 주파수 대역(VHF_L, VHF_H & UHF)이 선택되어 튜너 전치단의 트래킹 여파기에 주파수 동조 전압을 제공한다.

바. 부가적으로 온도와 같은 환경적인 변화에 따른 주파수 에러 보정은 변화된 트래킹 필터들의 값들을 이용하여 새로운 주파수 매핑 계수를 소프트웨어적으로 계산하여 주파수 보정을 수행한다.

식 (1)은 주파수 매핑에 사용한 5차 다항식 근사 함수로서 이들의 계수 값들을 이용하여 주파수 매핑을 수행하였다.

$$F(X) = A0 + A1X + A2X^2 + A3X^3 + A4X^4 + A5X^5 \quad (1)$$

여기서, X : TV 채널들의 중심 주파수
A0,A1,A2,A3,A4,A5 : 근사함수의 계수(coefficients)

실제 측정된 트래킹 필터의 전압 값과 식 (1)의 근사 함수를 이용하여 계산한 값과의 오차를 VHF 및 UHF TV 채널에 대하여 시뮬레이션하여 그림8, 9 및 10과 같은 결과를 얻었다. 그리고 이러한 시뮬레이션 결과를 근거로 실제 제작하여 측정한 결과가 최대 0.05V 정도의 오차를 나타내어 본 논문에서 제안한 방법을 이용하더라도 트래킹 에러 허용치 이내(VHF_LOW 대역: 6MHz 이내, VHF_HIGH 대역: 12MHz 이내, UHF 대역: 12MHz 이

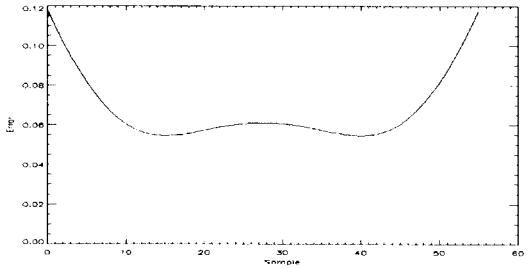

그림 8. 주파수 매핑 계수를 이용한 시뮬레이션 결과(@ UHF 대역)

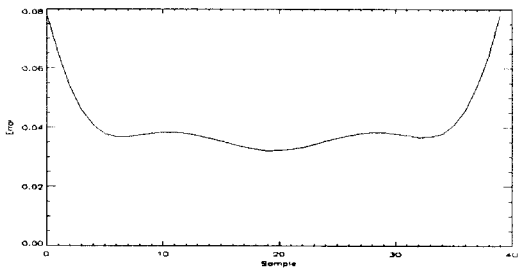

그림 9. 주파수 매핑 계수를 이용한 시뮬레이션 결과(@ VHF High 대역)

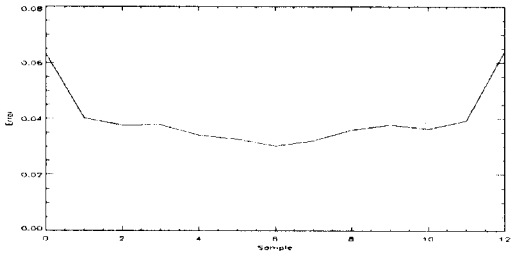

그림 10. 주파수 매핑 계수를 이용한 시뮬레이션 결과(@ VHF low 대역)

내) 임을 확인하였다. X축은 TV 채널 수를 의미하며 Y축은 측정치와 근사 함수와의 오차(단위: V)를 나타낸다.

2.3 디지털 TV 튜너의 요구 규격

제작하고자 하는 디지털 TV 튜너의 규격은 표 2와 같다[3],[4],[5].

표 2. 디지털 TV 튜너규격

항 목	내 용
입력 주파수	54 806MHz
잡음 지수	<10 dB
AGC동작 범위	>40dB
변환 이득	40dB
Image Rejection Ratio	>60 dBc
채널 내의 이득 평탄도 (@41 ~ 47MHz)	<2dB (peak-to-peak)
입/출력 임피던스	75
입/출력 정재파비	<3:1 / 2:1
전체 위상 잡음 (@41 ~ 47MHz)	<-80dBc/Hz @10kHz offset
최종 IF 주파수	44MHz

Ⅲ. 제작 및 실험 결과

실제 제작된 디지털 TV 튜너의 형상은 그림 11과 같이 튜너 전치단, 주파수 상/하향부 및 주파수 합성부 및 튜너 제어부로 구성되어 있다.

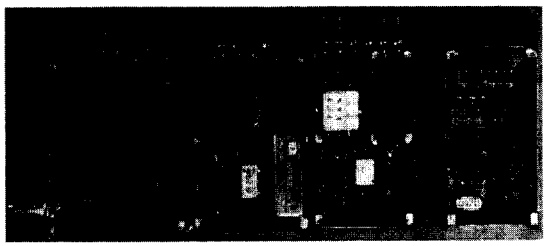

그림 11. 제작된 디지털 TV 튜너(전면, 14.5X4X1.5cm)

디지털 TV 튜너는 이중 주파수 변환을 이용하므로 잡음 측정기로 정확한 잡음 지수 측정이 어려움으로 인하여 식 (1)과 같은 실험식을 이용하여 잡음 지수를 계산하였다. -80dBm의 입력 신호(케이블 손실 무시)를 인가하여 최종 출력 단에서의 CNR (Carrier-to-Noise Ratio)을 VHF_LOW, VHF_HIGH 및 UHF 대역에서 측정(RBW=100kHz)하였다.

CNR을 이용한 수신기의 근사화 된 잡음 지수의 식은 다음과 같이 표현된다.

$$\text{잡음지수} = \text{RF 입력 전력} + 174\ \text{dBm/Hz} - 10\log(\text{RBW/Hz}) + \text{CNR} \quad (2)$$

위의 식 (2)를 이용하여 측정된 최대 잡음 지수는 8dB (@UHF 대역)를 얻었고, CNR 측정 결과는 그림 12와 같다.

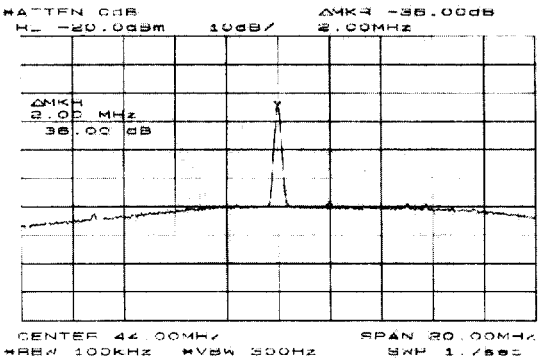

그림 12. 튜너 출력 단의 CNR (@CH.16)

디지털 TV 튜너의 주파수 합성부는 두개의 위상 동기루프를 이용하여 주파수 상향 변환 및 주파수 하향 변환을 수행한다. 채널 2번 및 69번에 대한 튜너 출력단 (44MHz)의 위상 잡음(@10kHz) 측정 결과는 그림 13및 그림 14에 각각 나타내었고, -84.17(@10kHz offset) 및 -82.83(@10kHz offset)의 특성을 얻어 제2장에 제시한 규격을 만족하였다.

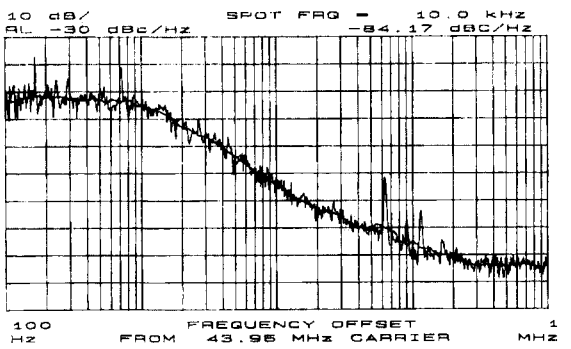

그림 13. 튜너 출력 단의 위상 잡음 (@CH.2)

튜너 출력 단에서의 8-VSB 변조된 방송 신호를 측정하기 위하여, 송신 모듈레이터 및 주파수 상향

기의 출력 주파수를 현재 디지털 방송용 시험 채널의 하나로 잠정 책정 된 채널 14번으로 고정하였다. 측정 구성은 이들 출력단 및 튜너 입력 단자 사이에 감쇠기를 추가하여 튜너 입력 전력을 변화(-80dBm-50dBm) 시켰다. -80dBm 및 50dBm의 튜너 입력 전력 인가 시 CNR 측정 결과는 그림 15 및 그림 16에 각각 나타내었고, 그림들에서 보듯이 8-VSB 입력 신호의 크기에 따라 단지 신호와 잡음이 증폭된 형태로 주파수 변환되어 출력됨을 알 수 있다.

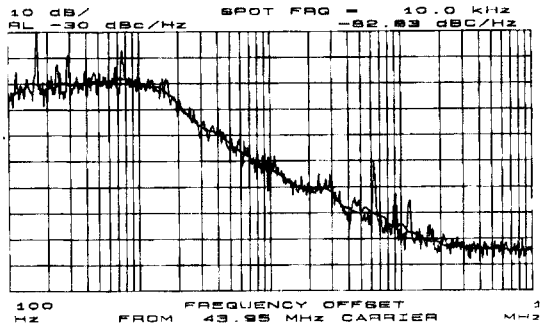

그림 14. 튜너 출력 단의 위상 잡음 (@CH.69)

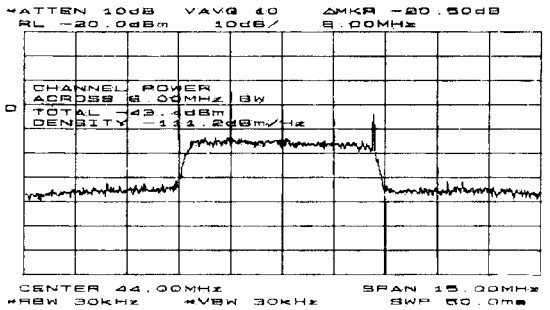

그림 15. 튜너의 8-VSB 출력 특성(입력 전력=-80dBm, 출력 전력=-43.4dBm, @CH.14)

표 3은 단지 이중 주파수 변환을 이용한 현재 상용 디지털 방송용 튜너(ALPS사 및 PANASONIC사)의 측정 결과를 나타내었고, 표 4는 본 논문에서 제작한 이중 주파수 변환 방식 및 트래킹 필터를 이용한 디지털 방송용 튜너의 측정 결과를 나타내었다. 결론적으로 표 2에 제시한 디지털 TV 튜너 규격 및 통과 대역 내외에서의 IM3 측정과 입력단에서의 LO 누설전력 등과 같은 수신기 선형성 측정 결과에서 보듯이 개발된 튜너가 우수한 특성을 나타냄을 알 수가 있다.

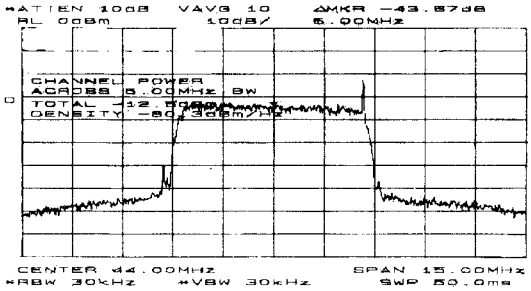

그림 16. 튜너의 8-VSB Tuner 출력 특성(입력 전력 =-50dBm, 출력 전력=-12.5dBm, @CH.14)

표 3. 상용 튜너 측정 결과 요약

항 목	측정 결과
입/출력 반사계수	-5 dB / -10dB(P), -6 dB / -9dB(A)
잡음 지수	7~9.5dB(P), 7.5~9.5dB(A)
전체 위상 잡음 (@ 44MHz output)	-80~-85dBc / Hz @10kHz offset(A, P)
In Band 이득 평탄도 (@ 41 ~ 47MHz)	2dB peak-to-peak(A,P)
LO leakage to input (@2nd LO & 1st LO)	<-48.75dBm(A), <-58.75dBm(P)
Spurious leakage to input (@54~806MHz)	<-85.75dBm(P), <-93.75dBm(A)
Image Rejection	>60dBc(A, P)
채널 대역 외 IM3: fud=fd±12MHz, and fd+24MHz @입력 전력=-49dBm, AGC=최소 감쇠 상태	<-74dBm(A)
채널 대역 내IM3: 2톤 입력(fd, fd+1MHz) @입력 전력=-49dBm, AGC=최소 감쇠 상태	<-62dBc(A)

(참조) A:ALPS 튜너, P:PANASONIC 튜너

표 4. ETRI 튜너 측정 결과 요약

항 목	측정 결과
입/출력 반사계수	-6dB / -10dB
잡음 지수 측정	<8 dB
입력 P1dBc (@front-end)	>-5dBm
전체 위상 잡음 (@ 44MHz output)	< -82 dBc / Hz @10kHz offset
In Band 이득 평탄도 (@ 41~47MHz)	0.52~1.52dB
LO leakage to input (@2nd LO & 1st LO)	<-62.33dBm
Spurious leakage to input (@54~806MHz)	<-97.83dBm
Image Rejection	>70dBc
채널 대역 외 IM3: fud=fd±12MHz, and fd±24MHz @입력 전력=-49dBm, AGC=최소 감쇠 상태	<-82.83dBm
채널 대역 내IM3: 2톤 입력(fd, fd+1MHz) @입력 전력=-49dBm, AGC=최소 감쇠 상태	VHF_LOW:<-58dBc VHF_HIGH: <-63dBc UHF:<-59.33dBc

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 아날로그와 디지털 방송의 동시 방송으로 인한 수신 전파 간섭 영향을 최소화 하기 위하여 이중 주파수 변환 및 튜너 전치 단에는 능동 트래킹 여파기를 이용하여 IF Beat, 영상 신호 억압 및 인접 채널과 다채널 수신 시 상호 간섭배제 억압 특성들이 만족되도록 하였다. 하지만 디지털 TV 튜너에서 이러한 특성들을 만족시키기 위해서는 트래킹 필터 및 전압제어 발진기 사이의 주파수 매핑이 존재하지 않아 부가적인 하드웨어 및 이를 제어할 소프트 웨어가 추가로 요구된다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 변형된 하드웨어 구조 및 주파수 매핑을 위한 근사 함수 계수를 소프트웨어 적으로 조정 함으로서 트래킹 필터 및 전압 제어 발진기 사이의 디지털 TV 채널 자동 주파수 선택 및 환경적인 변화에 따른 주파수 에러 보정이 가능하도록 디지털 TV 튜너를 설계하고 구현하여, ATSC 성능 규격을 만족하는 결과를 얻었다.

앞으로 디지털 TV tuner 전체의 위상 변화 및 위상 잡음의 이론적 고찰을 통한 시뮬레이션을 통하여 방송 수신 감도 및 BER(Bit Error Rate)에 미치는 영향을 분석해야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 한국전자통신연구원, 지상파 디지털 방송전환 세부계획에 관한 연구, Dec. 1998.

[2] L.C.Middlekamp, "UHF Taboos-History and Development", ICCE Tran., Vol. CE-24, pp514-520, 1978.11.

[3] G.Sgrignoli, "Preliminary DTV Field Test and their Effects on VSB Receiver Design", ICCE Tran., vol. 45, pp894-915, Aug. 1999.

[4] ITU-R Doc. 11-3/27-E, ATSC Digital Television standard, Mar. 1996.

[5] CRC, Studies on Canadian Digital Terrestrial Television, Jul. 1998.

[6] Jay Bao et al, "An ATV Receiver Tuner," ICCE Conference, pp152-153, Jun. 1996.

[7] W.Bretl, et al, "VSB Modem Subsystem Design for Grand Alliance Digital Television Receiver," ICCE Tran. Vol. 41, pp773-786, Aug. 1995.

정 영 준(Young-Jun Chong)

1992년 2월 : 제주대학교 전자공학과 (공학사)
1994년 2월 : 서강대학교 전자공학과 (공학석사)
1994년 3월~현재 : 한국전자통신연구원 무선방송기술연구소 RF기술연구팀 선임연구원
<주관심 분야> 이동통신 RF 회로 설계 및 시스템 시뮬레이션, 디지털 방송 RF

김 재 영(Jae-Young Kim)

1990년 2월 : 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1992년 2월 : 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
1996년 8월 : 연세대학교 전자공학과 (공학박사)
1994년 7월~1999년 3월 : ㈜ 대우전자

1999년 3월~현재 : 한국전자통신연구원 무선방송기술연구소 RF기술연구팀 선임연구원
<주관심 분야> 이동통신 RF 회로 설계 및 디지털 방송 RF 수신기

최 재 익(Jae-Ick Choi)

1981년 2월 : 고려대학교 전자공학과 (공학사)
1983년 8월 : 고려대학교 전자공학과 (공학석사)
1995년 2월 : 고려대학교 전자공학과 (공학박사)

1983년 3월~현재 : 한국전자통신연구원 무선방송기술연구소 책임연구원, 전파기술연구부장
<주관심 분야> 이동통신 및 위성 통신 시스템, 디지털 변복조

박 재 홍(Jae-Hong Park)
1978년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (공학사)
1980년 8월 : 서울대학교 전자공학과 (공학석사)
1995년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (공학박사)
1979년 12월~1985년 6월 : 국방과학연구소
1985년 7월~현재 : 한국전자통신연구원 무선방송기술연구소 책임연구원, 방송기술연구부장
<주관심 분야> 이동통신 및 위성 통신 시스템, 디지털 방송 시스템