

ITS 서비스를 위한 DAB 튜너 모듈의 연구

A Study of DAB Tuner Module for ITS service

김민철*
(Min-cheol, Kim)

심완기**
(Wan-ki, Sim)

김상우***
(Sang-woo, Kim)

김복기****
(Bok-ki, Kim)

요약

DAB는 CD 수준의 음질, 다양한 데이터서비스, 이동 중에도 우수한 수신 품질을 제공할 차세대 라디오 방송이다. 이전에 듣는 라디오에서 벗어나 보는 라디오로서 고품질 음악 방송서비스를 제공하면서 아울러 교통정보, 뉴스 등에 관한 문자, 그래픽 등의 멀티미디어 정보 제공이 가능하다.

본 논문에서는 ITS 서비스용 Eureka-147 및 ETSI 300 401 규격을 따르는 DAB 튜너를 설계하고 제작한다. 기존에 만들어진 DAB 수신기와 달리 RF 튜너만을 하나의 소형 모듈로 개발하여 범용성을 갖도록 하여 다양한 기존 제품에 응용이 될 수 있도록 한다. 튜너의 전체 성능은 RF 및 VCO의 위상 잡음 성능에 의해 크게 좌우되며 LNA, 이미지 제거 필터와 채널 선택 필터는 수신기 수신 감도에 큰 영향을 준다. 제작된 튜너는 9dB의 반사손실, 6dB의 잡음지수(Band III, L-band) 및 -97dBm의 수신 감도를 보이고, 이는 DAB 시스템의 기술 사양을 모두 만족한다.

Abstract

DAB(Digital audio broadcasting) is a next generation radio broadcasting system which provides CD quality audio, various data services and superior reception ability when moving. Also, it can show traffic informations and news literally or graphically.

In this paper, we design and fabricate the DAB tuner for ITS service that follows Eureka-147 and ETSI 300 401 specifications. This small-sized tuner can be adopted to many electronic equipments such as a Hi-Fi audio, DVD player, car audio system etc.. The overall performance of the tuner depends on a phase noise of VCO and the sensitivity of the receiving system is influenced by LNA, image rejection filter and channel selection filter. All our measurement results satisfy the specification for a DAB system with the return loss of 9dB, the noise figure of 6dB for both Band III and L-band and the sensitivity of -97dBm.

Key Word : ITS, ATIS, DAB, Tuner, RF Module

* 회원 : 광운대학교 전자공학과 석사과정

** 회원 : 광운대학교 전자공학과 석사과정

*** 회원 : 광운대학교 전자공학과 박사과정

**** 회원 : 광운대학교 전자공학과 교수

† 논문접수일 : 2003년 6월 10일

† 이 논문은 2003년도 광운대학교 교내 학술연구비 지원에 의해 연구되었음

I. 서 론

ITS(intelligent transportation system)에서 제공하고 자 하는 기본 서비스 중 첨단교통정보시스템(ATIS : Advanced Traveller Information System)의 여러 서비스 영역 중에서 교통 및 여행정보(TII : Traffic and Travel Information) 제공 분야는 DAB의 장점인 이동성을 최대한 활용할 수 있는 서비스로서 향후 길러 어플리케이션이 될 수 있는 유력한 분야이다.

교통상황, 경로선택과 같은 정보를 하나의 데이터 채널로 전송하며, 이러한 정보는 수신기에서 음성합성, 문자, 전자지도의 형태로 변환되어 운전자에게 전달된다. 또, 데이터 채널을 통하여 전송되는 교통정보와 전자지도를 GPS의 위치정보와 결합하여 네비게이션 시스템으로 응용할 수도 있고, 호텔정보, 주차장의 위치와 주차가능 여부, 경찰서 등과 같은 여행정보를 얻을 수도 있다.

다입러 크라이슬러 차량에 주차정보를 제공하는 특화된 시스템이 개발되었다. 운전자가 주차장의 위치와 주차가능 여부를 확인하고 선택하면, 네비게이션 시스템이 해당 주차장으로 가는 경로를 지도에 표시해 준다. 소니에서는 DAB와 GSM을 결합하여 지능형 교통정보 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 해당지역의 날씨, 지역뉴스, 기차나 비행기의 운행시간, 교통정보, 음식점, 주차장, 호텔, 주유소, 관광 명소 등의 정보를 DAB 채널을 통하여 제공하며, GSM 채널을 이용하여 호텔을 예약할 수 있도록 한다.

영국의 BBC, 프랑스의 TDF 및 VDL 등이 교통/여행 정보 서비스를 제공하는 대표적인 방송사이다. 벨기에에서는 DAB 데이터 채널을 사용하여 전차 내에서의 교통정보와 게시판 표시 서비스를 하고 있으며, 싱가포르에서는 버스 정류장에서 버스운행시간을 실시간으로 볼 수 있도록 하는 서비스를 실시하고 있다. 캐나다에서는 지능형교통시스템(ITS)의 하향링크로 DAB 데이터채널을 사용한다.

DAB 시스템을 ITS에 적용하게 되면 뉴스의 헤드라인 문자와 영상을 결합하여 보여주거나 일기예보와 교통정보를 전자지도와 결합하여 보여주는 등, 문자, 정지영상 및 그래픽 등을 결합하여 혁신적인 서비스

제공이 가능하다.

본 논문은 2장에서 DAB 시스템에 관한 개략적인 내용을 살펴보고, 3장에서 전체 RF 블록도를 제시한 뒤 각 파트별로 회로의 설계 및 측정 결과를 보였다.

II. DAB 시스템

1. 개요

디지털 멀티미디어 방송(DMB)은 음성방송의 디지털화가 됨에 따라 종전의 AM과 FM 라디오 형태를 넘어 고품질 CD 수준의 음질, 다양한 데이터 서비스, 양방향성, 우수한 이동수신 품질 등을 제공하는 차세대 라디오이다.

더욱이 기존의 듣는 방송의 개념을 보고 듣는 방송으로 라디오 방송의 개념을 확장시켰으며, 음악방송 외에도 뉴스, 교통정보, 기상정보, 지리위치정보, 동영상 정보 등 다양한 멀티미디어 정보를 문자와 그래픽으로 전송할 수 있다. 이러한 DMB 방송은 미국, 유럽, 캐나다 등에서 DAB(Digital Audio Broadcasting), DAR(Digital Audio Radio), DRB(Digital Radio Broadcasting), DSB(Digital Sound Broadcasting), DMB(Digital Multimedia Broadcasting) 등으로 불리며, 국내에선 명칭을 당초 디지털오디오방송(DAB)이라 부르기도 했으나 DAB가 오디오 이외에 비디오, 데이터를 포함한다는 ITU 규정에 의거 DMB로 개칭해서 사용하게 되었다. 본 논문에서는 혼돈을 피하고자 기존에 사용하던 용어인 DAB로 표기하고자 한다. 한편, DAB 시스템은 전송 수단 매체의 성격에 따라 지상파 DAB와 위성 DAB로 크게 구분할 수 있으며 위성 DAB 방송의 경우 고정형 서비스와 이동형 서비스로 나눌 수 있다.

1) 지상파 DAB

지상파 DAB 방송의 경우 유럽의 Eureka-147, 일본의 ISDB-TSB 그리고 미국의 Hybrid IBOC와 같이 세 가지 방식이 있다. 미국의 경우는 DAB를 위한 새로운 주파수 할당의 어려움으로 인해 기존의 AM/FM 대역

내에서 전환을 전제로 한 대역내(In-Band) 방식을 표준화로 채택하고 있으며, 유럽의 경우는 기존의 아날로그 라디오 방송 대역과는 별도의 새로운 주파수 대역을 사용하여 멀티미디어 서비스를 가능하게 하는 대역외(Out-of-Band) 방식인 Eureka-147을 표준화로 채택하고 있다. 이외에도 일본의 ISDB-TSB 방식이 있으며 이 또한 대역외 방식이다.

2) 위성 DAB

위성 DAB는 위성을 통해 방송 콘텐츠를 송출하여 가입자들이 옥외에서 또는 이동 중에도 무지향성 수신 안테나를 장착한 개인 휴대용 또는 차량용 수신기를 통해 비디오, 오디오 및 데이터 등 다양한 멀티미디어 방송을 다채널로 시청하거나 청취할 수 있는 방송 서비스를 말한다. 특히 기존의 고정수신 위성라디오 방송과는 차별화된 이동서비스를 제공하며, 이를 위해서는 별도의 L-Band 또는 S-Band 등을 다운링크하여 이용하는 위성이 필요하다. 그리고 이동 중에도 수신이 가능해야 하므로 기존의 고정수신용 위성에 비해서 위성의 송신 출력이 좀 더 커져야 한다. 방송 수신시에 지상 대부분의 지역은 위성에서 직접 수신 가능하나 위성의 LOS (Line Of Sight)를 벗어나는 In-Building, 지하공간 및 고층건물에 의한 음영지역 등 직접수신이 불가능한 도심내의 지역은 지상 중계기(Gap Filler)를 사용하여 수신한다.

현재 XM radio(미국), Sirius(미국), Worldspace(미국) 社가 서비스를 실시하고 있으며, 이들은 현재 다채널 오디오방송, 교통정보, 네비게이션, 날씨정보 등 멀티미디어 서비스를 실시하고 있고 MBC(Mobile Broadcasting Corporation, 일본)에서 서비스를 예정하고 있다.

DAB의 방식은 <표 1>에서 보는 바와 같이 전송 방식에 따라 지상 전송 방식과 위성 중계 방식이 있으며 두 방식을 혼합한 방식도 가능하다.

지상과 단일 송신국망내 서비스 지역 확대를 위해 Coverage Extender를 포함하는 망구성이 가능하며 이를 통해 단일 송신국망에 비해 향상된 전력 효율을 얻을 수 있다. 단일 주파수망 (Single Frequency Network)은 다수의 송신국이 동일한 주파수를 사용함으로써 주파수 이용 효율을 향상시킬 수 있으며 방송망의 관리가 용이해지는 장점을 지닌다. Hybrid 형태는 위성망에 비해 전력효율은 좋으나 단일 주파수를 사용하게 됨으로써 위성파와 지상파 사이의 동기를 정확히 맞춰주어야만 한다. Mixed 형태는 위성과 지상파의 프로그램 내용이 상이할 뿐 변조방식과 오디오 압축방식등이 동일하여 동일 수신기로 위성과 지상파 프로그램의 청취가 가능한 망구조를 가진다. 또한 전송 주파수 대역에 따라 Out-of-Band방식과 In-Band방식으로 나눌 수 있으며 Out-of-Band 방식은 Eureka-147 프

<표 1> DAB 방식 분류

분류 기준	형 태	
전송 신호 방식	지상과 단일 송신국망	
	지상과 단일 송신국망 + gap filler 혹은 coverage extender	
	단일 주파수망 (SFN)	
	위성	
	위성/지상 혼합 단일 주파수망 (Hybrid)	
	위성/지상 혼합망 (Mixed)	
주 파 수	Out-of-Band 방식	위 성
		지 상
		Mixed
	In-Band 방식	On-Channel
		Adj-Channel

<표 2> DAB 전송 모드

전송 모드	I	II	III	IV
전송 주파수	<375KHz	< 1.5GHz	<3.0GHz	1.5GHz
Guard Interval	246us	62us	31us	133us
Transmission Frame	96mS	24mS	24mS	48mS
주 적용 분야	지상파	국부적 지상파/ 위성 시스템	위성/케이블 시스템	복합시스템 (위성/지상파)
SFN 송신기 간격	96Km	24Km	12Km	48Km
캐리어 수	1536	384	192	768
모듈레이션 형태	Gray-coded 4-PSK			
변조파 B.W	+/- 768KHz			
샘플링 률	4.096 sample/sec			

로젝트를 중심으로 유럽이 주도하는 반면 In-Band 방식은 미국에서 주로 연구되고 있다.

2. DAB 표준화

우리나라 위성 DAB용 주파수는 1992년 세계무선주관청회의(WARC-92)에서 L밴드(1452~1492MHz) 및 S밴드(2310~2360MHz / 2535~2655MHz) 대역을 이 용도의 주파수로 분배하였다. 또한 결의 528에서 타 서비스와 공유기준 검토 전까지는 상위 25MHz에서만 서비스를 시작하도록 하였다.

이후 WRC-2000 회의에서 일부 사항이 추가되었는데 미국의 경우 하위 25MHz를 추가 배정하기로 결의 하였다. 따라서 결의 528에 구애받지 않고 분배된 50MHz(2310~2360MHz) 모두 사용 가능하게 되었다. 또한 2535~2655MHz대역의 배정 국가 수가 12개국에서 9개국으로 축소되었으며, 2535~2655MHz대역은 제 3지역에서 한국을 포함한 9개 국가가 방송위성 업무를 일차업무로 분배했으며, 지상망 보호를 위해 위성의 출력을 일정 수준이하로 제한하는 조치인 PFD(Power Flux Density) 제한규제가 없어졌다(WRC-2000의 footnote S5.418).

DAB의 주파수 사용 영역은 세계적으로 L-Band (1.452GHz~1.492GHz)의 40MHz 대역과 BAND III 의 174~240MHz의 66MHz 대역폭을 사용하고 있다. 실제로 사용하는 주파수는 국가 또는 지역마다 다르다. 따라서 모든 주파수를 지원할 수 있도록

튜너를 설계하여야 한다.

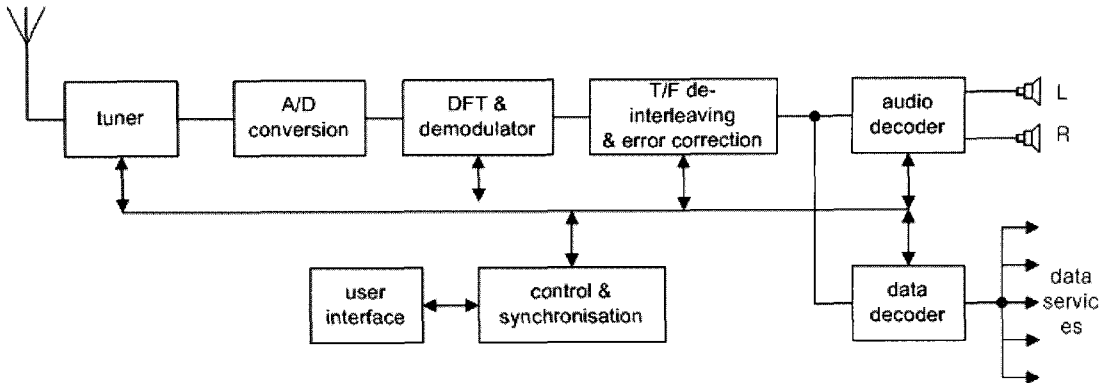
DAB는 유럽의 Eureka-147 프로젝트의 일환으로 개발된 것으로 현재는 이 기준을 세계적으로 적용하고자 World DAB Forum 으로 그 작업이 이관되어 있으며, DAB 에 대한 시스템 규격은 ETSI 301 401에 명시되어 있다. 그러나 DAB 수신기에 대한 규격은 명확하게 규정된 것은 없다. 그러나 일반적으로 CENELEC 의 EN50248 규격에 DAB 수신기의 최소 요구 규격이 정해져 있으며, 일반적으로 DAB 수신기의 기준으로 받아들여지고 있다. <표 2>와 <표 3>에서 DAB의 전송 모드 및 Eureka-147의 방식을 보여주고 있고, <그림 1>에서 DAB 수신기의 블록도를 보여주고 있다.

<표 3> 유럽의 DAB 운영 방식

항목		유럽 Eureka-147
방식 구조	기본 구조	다중 반송파 방식
	변조	DQPSK/COFDM
	오류정정	컨볼루션
	오디오 데이터 부호화	MPEG I, II Layer 2
적용 주파수 대		30KHz ~ 3GHz
대역 폭		1.536MHz
표준화		'95.2 월 완료

III. 튜너의 설계 및 제작

RF 튜너는 안테나에서 수신된 DAB 앙상블 신호



〈그림 1〉 DAB 수신기의 블럭도

호를 처리하여 베이스밴드 신호대역으로 변환하여 DAB의 디지털부로 전달하는 역할을 한다. 수신된 DAB 신호의 질은 RF 튜너의 성능에 의해 크게 좌우되므로 이에 대한 설계 및 회로 토폴로지의 구성이 매우 DAB 수신기 모듈의 구성에 매우 중요한 인자이다. 본 논문에서는 RF 튜너의 가격 대 성능을 최적화하기 위하여 여러 가지 설계 기법을 적용하였다. DAB 수신기 모듈의 평가 항목 및 방법은 ETSI TR 101 758 V2.1.1(2000-11)의 권고안을 기준으로 하였으며 구체적인 수치는 다음과 같다.

- 반사손실 : 7dB 이상
- 잡음지수 : 7dB 이하 (for Band III)
7dB 이하 (for L-Band)
- Dynamic Range : 60dB 이상
- 위상잡음 : 35 mradrms 이하
- VCO Spurious : 48dBc 이상
- Minimum input power : -95dBm 이하
- Maximum input power : -35dBm 이상

1. 회로의 기본 구성

RF 튜너는 듀얼 밴드 수신이 가능하도록 설계되었다. DAB 주파수는 크게 Band III 및 Band L로 구성이 되어 있으며, Band III은 174~240MHz, Band L은 1452~1492MHz 이다.

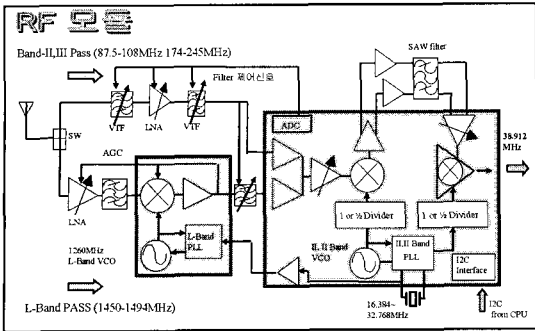
너의 기본 구성은 안테나부로 인가되는 신호의 크기를 조절하는 가변 감쇄부와 이를 저잡음 증폭

하는 저잡음 증폭부 및 이 및 주파수 제거부, 주파수 변환부, 가변이득 제어부, 전압제어 가변 필터부, 중간주파수 증폭부, 채널 선택 필터부 등이 있으며, 주파수를 변환하기 위한 2개의 국부 발진부가 있다(Band III 및 L-Band). <그림 2>는 RF 튜너의 구조를 나타내고 있다.

FLT는 필터(Filter)를 의미하며, VTF는 Voltage Tuned Filter로 전압제어에 의해 필터 중심 주파수가 변화는 회로이다. 안테나에서 수신되는 양상불신호는 가변 감쇄기회로 입력단으로 인가되고 감쇄기의 출력단은 저잡음 증폭기(LNA:Low Noise Amplifier)의 입력으로 인가된다. 이때 감쇄기 및 저잡음 증폭기는 L-Band 및 Band III 신호에 공통으로 적용되는 회로이다. 저잡음 증폭기의 출력신호는 Band III 및 L-Band 신호회로로 분기되는데 튜너는 이중 필요한 회로만 동작을 시킨다. 즉, L-Band 신호가 수신될 경우 저잡음 증폭기의 출력신호는 L-Band 회로인 유전체 필터로 전송되는데 메인 칩인 HD155080TF에서 Band III와 연관된 회로는 모두 OFF가 되어 전력 효율을 최대화하는 구조로 되어 있다. <그림 2에서> 점선은 L-Band Path를 나타내며 실선은 Band III Path를, 굵은 실선은 공통 Path를 나타내고 있다. 튜너부 각 회로의 기능 및 구조는 다음과 같다.

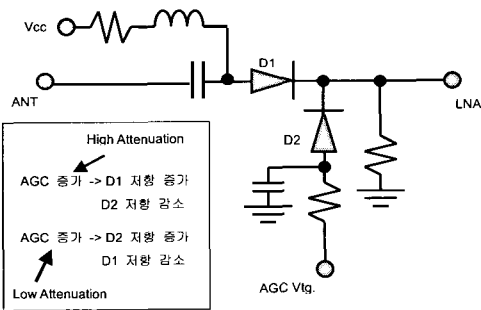
1) 가변 감쇄부

가변감쇄부는 DAB 수신 신호의 크기를 조절하



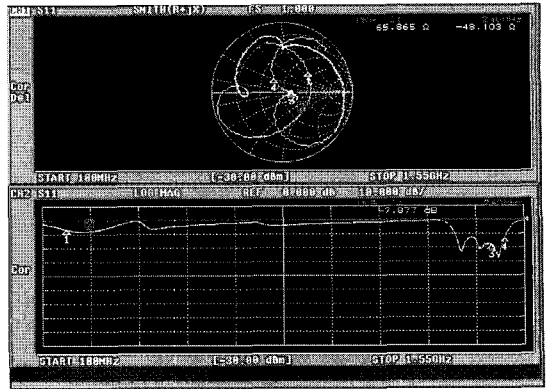
<그림 2> 튜너의 블럭도

는 데 목적이 있다. 이는 가변감쇄부 뒷단에 연결되는 회로를 보호하고, 큰 신호의 입력에 의한 소자의 포화 또는 비선형 성분(IM3 성분 등)을 줄임으로서 DAB 수신 신호의 질을 유지하기 위함이다. 가변감쇄부는 2개의 가변저항 성분을 갖는 다이오드로 구성하였다. 감쇄량은 적지만 소자수가 적고, 차지하는 면적이 작아져 가격 대 성능비를 최적화 할 수 있다.



<그림 3> Attenuator 회로의 구조

<그림 3>은 감쇄기 회로를 도시하고 있다. 다이오드 D1, D2는 전압에 따라 저항이 바뀌는 가변저항 역할을 하는데 AGC 전압이 D2 anode 단자에 인가될 때 D2는 순방향 전압이 걸려 저항이 감소하고 D1의 cathode 단자의 전압이 증가함으로 D1의 임피던스는 증가함으로 D1에 의한 신호의 감쇄는 커지게 되는 원리이다. 감쇄기 회로의 중요한 회로 설계의 고려사항은 감쇄기의 입력 및 출력단 임피던스 정합이다. 안테나에서 들어오는 ensemble



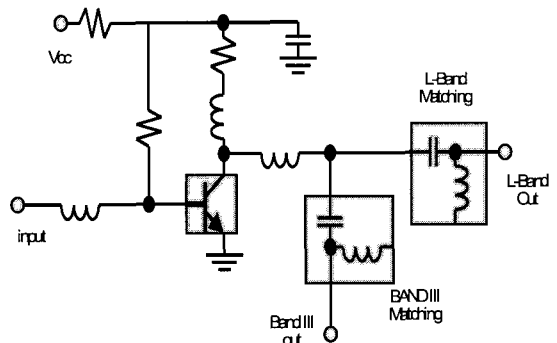
<그림 4> 감쇄기의 측정 결과

신호를 저잡음 증폭기에 전달하는 회로이기 때문에 튜너 전체의 수신 감도에 영향을 미치지 때문에 수신신호가 약할 때 감쇄가 가장 적게 되어야 한다. 즉, 임피던스 정합이 가장 잘 되어야하며, 수신 신호가 클때는 감쇄가 잘 이루어져 튜너 뒷단의 각종회로의 IM3(3rd order Inter modulation) 성분이 최소화 되어야 한다. 동시에 저잡음 증폭기의 안정성을 고려해야 한다.

<그림 4>에서 보듯 Band-3 와 L-Band 대역의 감쇄가 되는 것을 보여 주고 있다.

2) 저잡음 증폭기

튜너의 메인칩인 hd155080TF의 잡음 지수가 원하는 설계사양에 충족되도록 마진이 크지 않기에 본 튜너부의 설계시 저잡음 증폭기를 추가 하였다. 또한 뒤에 설명이 되겠지만 본 튜너의 초소형화를



<그림 5> 광대역 LNA 회로도

위하여 VTF(Voltage Tuned Filter)설계시 부피가 큰 High Q를 갖는 인덕터(Low Q) 및 부피가 큰 Balun의 사용을 억제하면서 성능을 최적화 하여야 했기 때문에 이 들에 대한 손실 부분을 보충하기 위해서 저잡음 증폭기의 사용이 불가피 하였다. 저잡음 증폭기의 설계상의 고려는 High IP3 및 광대역 저잡음 증폭기의 성능을 최우선시 하였는데, 이는 Band III 및 L-Band LNA를 1개로 통합시키기 위함이었다. 저잡음 증폭기에 사용된 트랜지스터는 NEC 사의 2sc5508로 f_t (transition frequency)가 25GHz이며, 사용 주파수에서 잡음지수가 $NF_{min}=1.5dB$ 정도이다. <그림 5> 저잡음 증폭기의 구조를 나타내고 있다.

<그림 6>, <그림 7>은 Band-III 및 L-Band에서의 위에서 설명한 이유로 사용된 저잡음 증폭기의 측정결과를 보여준다.

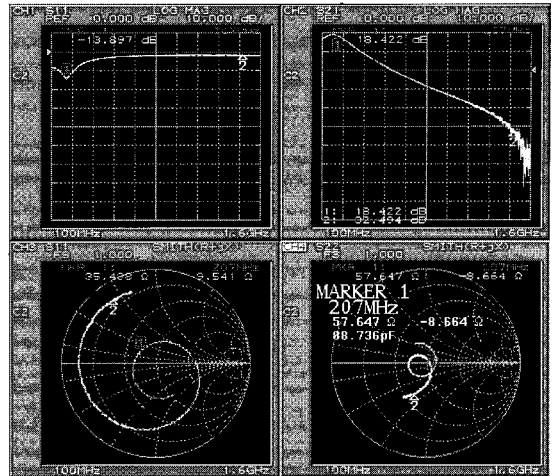
3) 유전체 필터

본 튜너는 L-Band의 경우 수신된 L-Band 신호가 첫 번째 Mixer에 의해 Band III 대역으로 하향 주파수 변환이 되고 이를 다시 두 번째 중간 주파수 38.912MHz 대역으로 변환이 된 후 이를 다시 최종 주파수 인 2.048MHz로 변환되어 튜너 부를 빠져나가게 된다. 따라서 주파수 변환시 이미지 주파수의 제거에 주의하여야 한다.

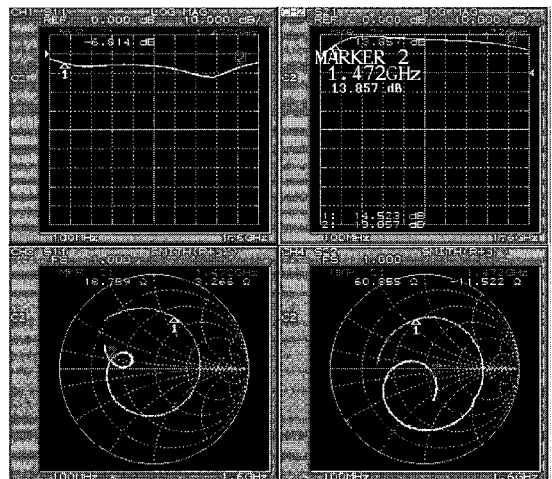
유전체 필터는 L-Band 양상을 신호와 함께 들어오는 이미지 주파수 및 외부 스퍼리어스 신호의 제거를 위해 사용된다. 저잡음 증폭기의 출력단에 위치하고 있으며 2-pole 유전체 공진기 필터라 불린다. 또한 HD155080TF 내에 있는 L-Band 증폭기 출력단에도 같은 종류의 유전체 필터를 첨가함으로써 첫 번째 mixer에 인가되는 이미지 주파수를 효율적으로 제거하고 있다.

4) VTF

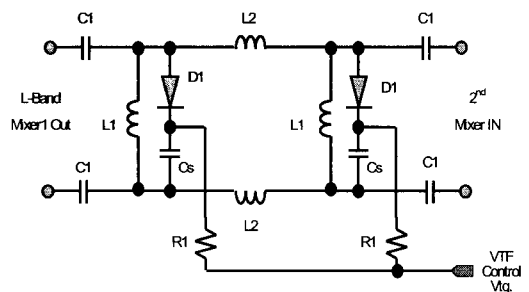
VTF는 모두 3개를 사용하고 있다. L-Band Path 상에서 L-Band 신호를 Band III 주파수 변환되면 이를 다시 두 번째 Mixer로 보내 두 번째 중간 주



<그림 6> Band III LNA 측정 결과

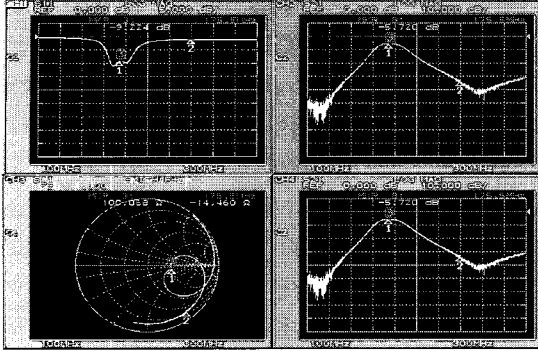


<그림 7> L-Band LNA 측정 결과

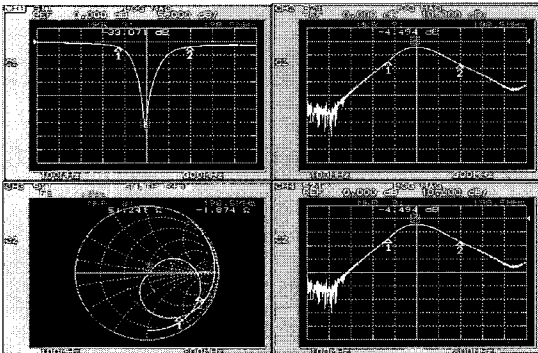


<그림 8> L-Band VTF 회로도

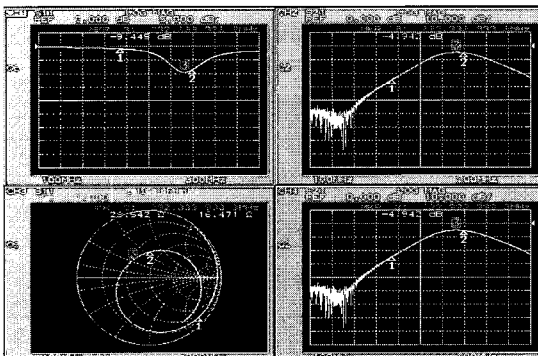
파수인 38.912MHz로 변환되는데, 이때 두 번째 Mixer의 앞 단에 위치 하게 된다. <그림 8>는 L-Band path 상에 있는 VTF의 구조를 보여 준다.



(a) Control Voltage가 0.5V 일때의 -Band VTF



(b) Control Voltage가 1.5V일 때의 L-Band VTF



(c) Control Voltage가 2.5V일 때의 L-Band VTF
<그림 9> L-Band VTF Network Analyzer 측정

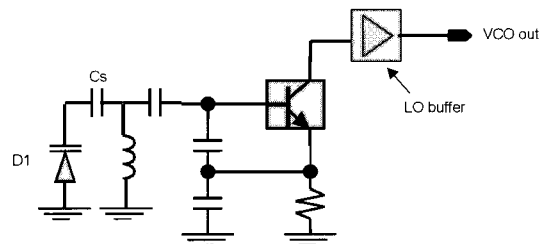
<그림8>에서 VTF 제어전압에 의해서 varactor 다이오드 D1의 캐패시턴스 값이 변화를 한다. 이때 L1과 D1 캐패시턴스 및 Cs 캐패시턴스의 합에 의한 L,C 공진기가 동작하여 필터의 대역 중심 주파수가 변화하게 된다. 대역 필터의 역할은 두번째 mixer에 이미지 주파수 및 스퓨리어스를 제거하는 역할을 하게된다. RI은 다이오드에서 본 VTF의 제어신호 임피던스를 크게하여 VTF의 ac 신호가 새어나가지 않도록 하기 위함이다. 다이오드가 역방향으로 걸려있기에 저항의 값은 크게 하여도 다이오드의 동작에는 문제가 없다. <그림 8>의 VTF는 입출력 신호가 차동으로 되어 있다. 이를 단일 입출력 신호로 해석하기 위해서는 병렬 성분 L1은 반으로 나누고 병렬 캐패시턴스는 2배로 하여 분리하면 된다.

<그림 9>는 제어전압 범위가 0V에서 3V 에서의 (a)0.5V, (b)1.5V, (c)2.5V 일때 VTF특성을 Network Analyzer로 측정한 결과를 보여준다.

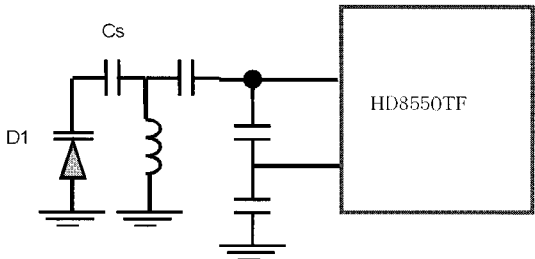
5) VCO

DAB 수신기 모듈에서의 VCO는 모두 3종류지만 마지막 단 VCO는 L-Band VCO를 분주하여 사용하므로 실제로는 2개의 VCO가 내장되어 있다. L-Band VCO 회로는 <그림 10>에 도시 되어 있다.

L-Band VCO 는 3.3V 전원으로 동작되며 2개의 트랜지스터를 이용하여 구성되는데 1개의 트랜지스터는 콜피츠 VCO를 구성하며 나머지 한 개의 transistor는 VCO buffer amp.를 위해 사용된다. VCO의 주파수는 1269.76MHz이다 VCO의 각 discrete 성분의 변화(성분의 편차)에 의한 주파수의



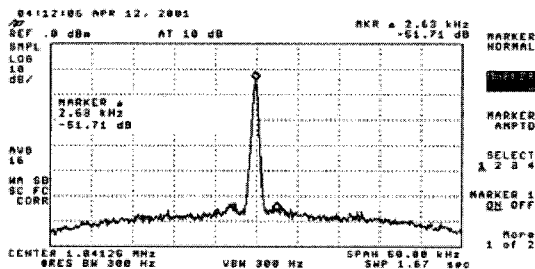
<그림 10> L-Band VCO



<그림 11> Band III VCO

변화를 고려하여 VCO gain을 크게하도록 설계함으로써, 양산에 문제가 없도록 유도하였다. VCO gain 이 크면 PLL에 의한 VCO 주파수 제어를 광대역으로 조절이 가능하므로 성분 편차에 및 PCB 편차에 의한 VCO 주파수 편이를 극복하는데 최대한 도움이 된다. VCO 이득은 VCO의 TANK 회로에 사용되는 varavot 다이오드의 전압에 따른 캐패시턴스 변화율과 밀접한 관계에 있으며, <그림 10>의 scaling capacitance Cs와 밀접한 관계가 있다. VCO에 소모는 전류는 약 7mA 정도 이다.

Band III에 사용되는 VCO의 Active 부분은 HD 855080TF에 있다. 그러나 이를 동작시키기 위해서는 외부에 TANK 회로를 연결 시켜야 했는데 이에 관련된 회로는 <그림 11>에 도시되어 있다. Band III VCO는 약 212~279MHz의 광대역 주파수를 발생 시켜야 하기 때문에 TANK 회로의 Varactor 다이오드의 캐패시턴스 값의 변화율이 매우 커야만 한다. 그러나 3.3V의 PLL 구동 전압으로는 필요한 varacotr 다이오드의 캐패시턴스 변화를 만들 수 없으므로 Active Loop filter의 사용이



<그림 12> VCO 스퓨리어스 특성

<표 4> PLL 파라미터

	Loop Filter	Order	Charge pump current	Comparison frequency
L-Band	Passive	3	16mA	64KHz
Band III	Active	3	4.0mA / 8.6mA	16KHz

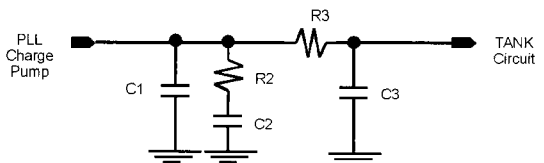
필요하다. Active Loop filter에 대해서는 뒷 절에서 논하기로 하고 여기서는 Band III의 Tank 회로에 대해서만 언급된다.

<그림 11>에서 D1은 varactor 다이오드이며 1V에서의 캐패시턴스 값과 4V에서의 캐패시턴스 값의 비는 약 4.3 정도 이다. 다이오드간의 캐패시턴스 변화율을 고려하여 0V 에서의 Band III 주파수는 212MHz 보다 충분이 작아야 한다.

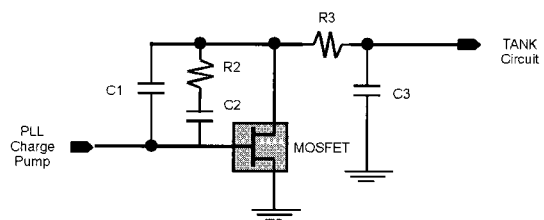
6) PLL

Band III, 및 L-band VCO의 주파수 제어를 하기 위해서는 PLL 이 필요한데 본 DAB Module에서는 RF 메인 칩인 HD855080TF에서 제공한다. L-Band의 경우 VCO를 위해 사용하는 Loop filter는 passive이며 Band III의 경우는 active loop filter 가 사용된다. Band III 과 L-Band VCO 제어를 위한 PLL 파라미터는 <표 4>와 같다.

Active 및 Passive loop Filter의 구조는 <그림 13>



<그림 13> Passive Loop filter(3rd order)



<그림 14> Active Loop filter(3rd order)

및 <그림 14>에 도시 되어 있다. Band III의 비교 주파수가 16KHz 이기 때문에 Ensemble의 탐색은 최저 16KHz 간격으로 찾을 수 있다.

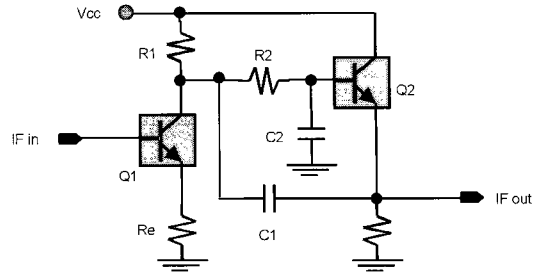
<그림 13> 및 <그림 14>에 도시한 Loop filter의 성분 값은 회로도를 참조하면 된다. Band-III의 active loop filter를 위한 charge pump current는 주파수 마다 달리 설정하는데 이는 Band III VCO의 주파수가 광대역 이기 때문이다. Band-III의 주파수 중 저주파의 경우는 4mA 이며 고주파로 갈수록 8.6mA로 설정하였다.

7) Channel Selection Filter

Channel selection filter는 SAW filter로 사용된다. SAW filter의 입력은 single ended input 이며 출력은 differential 이다. SAW filter의 구동 증폭기는 HD855080TF내에 있으며 구동 증폭기의 외부 바이어스 회로는 38.912MHz의 신호 유실을 막기 위해 바이어스 회로와 신호 라인 사이에 L-C band pass filter로 연결 되었다. SAW filter의 역할은 마지막 단 mixer에 유입되는 이미지 주파수 및 원치 않는 ensemble 및 스퓨리어스 신호를 제거하기 위함이다.

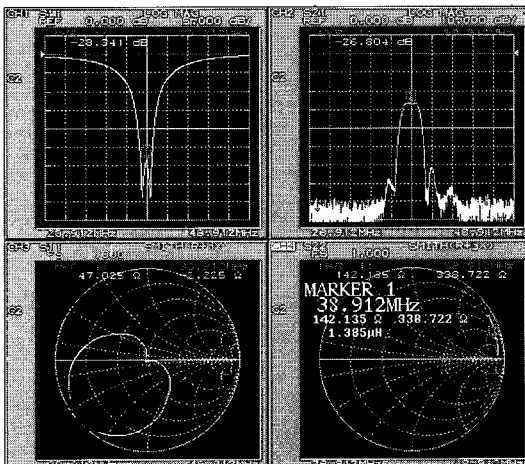
8) 2.048MHz IF Active Filter

HD855080TF의 마지막 신호 주파수는 2.048MHz

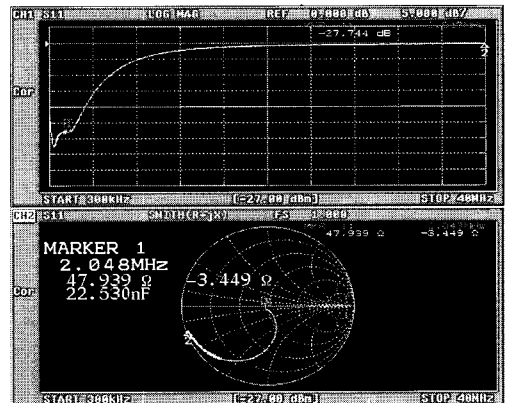


<그림 16> Active Low pass filter(2nd order)

이다. 신호의 대역폭은 1.5MHz 이며 Tuner의 출력이 BaseBand decoder 부의 ADC 입력으로 인가되기 때문에 ADC 앞 단에 anti-aliasing을 위한 대역 통과 필터를 삽입하였다. Anti-aliasing filter는 <그림 16>에 나타내었다. 이 필터의 역할은 6MHz 이상의 주파수를 필터링하고 ADC 입력 단의 적절한 신호 크기를 조절하는데, 가장 중요한 설계 인자중의 하나는 IIP3(3rd order intercept point)이다. <그림 16>의 Q1은 입력 신호를 증폭하여 컬렉터 단으로 출력 시키는데 이는 Re 및 R1의 비에 의해 결정이 된다. 또한 Q2는 emitter follower 구성으로 Q1의 컬렉터 전압이 그대로 Q2의 emitter 단으로 반영이 되는데 Q1의 컬렉터 전압 레벨이 크므로 Q2에서 신호의 하모닉 성분이 나타날 수 있다. 따라서 Q1의 신호 증폭을 적절히 해야만 한다. 또한 <그림 16>의 R1, C1, R2, C2에 의해 2차 배셀 저역통과 필터를 구성하고 있다.



<그림 15 > 1st SAW Filter 측정 결과



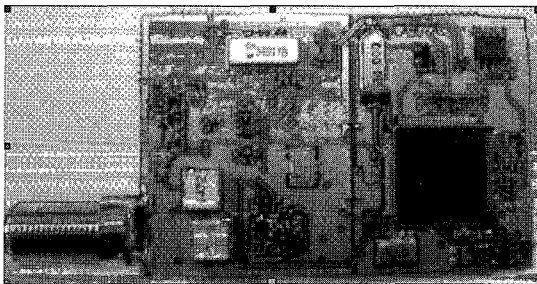
<그림 17 > 2nd SAW Filter 측정 결과

<그림 15>, <그림 17>는 본 논문에 사용된 필터의 Network Analyzer 의 측정결과를 보여준다. IF SAW 필터는 채널 선택의 역할을 하기 때문에 원하는 밴드 대역 내에서 리플이 적고 그 밖의 대역에서는 감쇄가 아주 커야 하는데 측정결과에서 확인하였다.

<표 5> DAB 튜너 테스트 결과

		Spec.	측정치
반사손실		> 7 dB	9 dB
잡음지수	Band III	< 7 dB	6 dB
	L-Band	< 7 dB	6 dB
감도		< -95 dBm	-97 dBm
위상잡음		< 35 mradrms	30 mradrms
VCO 스퓨리어스		> 48 dBc	50 dBc
이득			85 dB

<표 5>는 DAB 튜너의 테스트 결과를 최종적으로 요약 정리 하였는데 ETSI TR 101 758 V2.1.1 (2000- 11)의 기술 사양을 모두 통과하고 있음을 보여주고 있고, <그림 18>은 최종적으로 제작된 튜너의 모습이다. 사이즈는 60mm x 40mm이다.



<그림 18 > 제작된 튜너

IV. 결 론

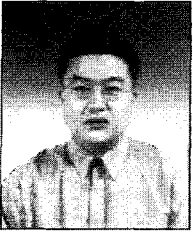
본 논문에서는 ITS 서비스용 유럽의 Eureka-147 및 ETSI 300 401 규격에 맞는 DAB 수신기용 RF 모듈 개발하였다. 제작된 튜너의 전체 성능은 RF 및 VCO의 위상 잡음 성능에 의해 크게 좌우되며 LNA, 이미지 제거 필터와 채널 선택 필터는 수신기 수신 감도에 큰 영향을 주었다. RF 수신 모듈은 ETSI의 기술 사양을 모두 통과하였고 <표 5>에 이를 정리하였다.

ITS의 교통 및 여행정보 제공하는 ATIS 부문에 응용될 경우 이동 중에 다채널 오디오방송, 교통정보, 차량위치정보, 날씨정보 등 다양한 멀티미디어 서비스를 받을 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 건설교통부(1999), "ITS 정책과 기술"
- [2] ETSI 300 401(1995), "Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting(DAB) to Mobile, Portable and Fixed Receivers", ETSI
- [3] R. K. Jurgan(1996), "Broadcasting with Digital Audio", IEEE Spectrum
- [4] 김국진(1996), "디지털 음성방송(DAB)의 표준화 및 추진현황에 대한 一考", TTA 저널, 46호
- [5] 임동규(2003), "DMB 표준화", TTA 저널, 86호
- [6] 임동규(2003), "위성 DMB 표준화 및 서비스", TTA 저널, 87호
- [7] WorldDAB Forum, <http://www.worlddab.org>
- [8] D. Banerjee(1999), "PLL Performance, Simulation and Design Handbook", National Semiconductor
- [9] B. Razavi(1998), "RF Microelectronics", Prentice- Hall
- [10] P. Vizmuller(1995), "RF Design Guide", Artech House

〈저자소개〉



김민철 (Kim, Min-cheol)

1997. 2 광운대학교 전자공학과 공학사
2002. 8~현재 광운대학교 대학원 전자공학과 석사과정
<관심분야> RF 시스템 설계, ITS



심완기 (Sim, Wan-ki)

2000. 2 가톨릭대학교 정보통신공학과 공학사
2002. 8~현재 광운대학교 대학원 전자공학과 석사과정
<관심분야> RF 시스템 설계, ITS



김상우 (Kim, Sang-woo)

2000. 2 광운대학교 전자공학부 공학사
2002. 2 광운대학교 대학원 전자공학과 공학석사
2002. 3~현재 광운대학교 대학원 전자공학과 박사과정
<관심분야> RF 시스템 설계, CMOS RFIC 설계



김복기 (Kim, Bok-ki)

998. 3~현재 : 광운대학교 교수
1999. 1~현재 : 한국통신학회 편집위원
1999. 8~현재 : 한국공학교육인증원 홍보부단장
2002. 5~현재 : 한국ITS 학회 교육위원회 위원장
<주관심분야> RF 시스템, RF 트랜시버, UWB, CMOS, ITS