

# ATSC-VSB 복조 칩의 필드 테스트 결과

김기범, 오지성, 송동일  
삼성전자(주) 중앙연구소

## 1. 서론

디지털TV 방송은 신호를 전달하는 매체의 종류에 따라 지상파 방송(terrestrial broadcasting), 위성 방송(satellite broadcasting), 유선 방송(cable broadcasting) 등 크게 3가지의 방송 방식으로 분류할 수 있으며, 매체의 신호 전달 특성과 채널 왜곡 특성을 고려하여 각기 고유의 변·복조 방식을 채용하고 있다. 전 세계 디지털 TV 방송의 전송 규격을 살펴 보면, 위성 방송에서는 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying) 방식을 그리고 유선 방송 즉 케이블 방송에서는 QAM(Quadrature Amplitude Modulation) 방식을 공통적으로 이미 사용하고 있거나 사용할 계획으로 있다. 반면에 최근에 유럽과 미국을 중심으로 본격적인 방송을 하기 시작한 지상파 방송에 있어서는 미국과 유럽이 각기 8-level VSB(Vestigial Sideband)와 COFDM(Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 등 별도의 방식을 사용하고 있다. 이러한 3가지의 매체별 방송 방식중에서 공기중으로 신호를 전달하는 방식인 지상파 방송은 위성 방송이나 케이블 방송과 비교하여 백색 잡음, 고스트(ghost), 아날로그TV 신호의 동일 채널 간섭과 인접 채널 간섭등의 다양한 채널 노이즈의 영향을 많이 받게 된다. 그중에서도 특히 고스트는 반사파에 의한 다중경로(multipath)에 의해 발생하는 것으로서 아날로그TV나 디지털TV를 불문하고 지상파 방송에 있어서의 수신 성능을 좌우하는 가장 큰 요인이며, 아날로그TV 신호의 동일 채널 간섭과 인접 채널 간섭은 아날로그TV와 디지털TV의 동시 방송에 의하여 나타나게 되는 채널 노이즈이다. 따라서 디지털TV 수신기를 상용화하기 위해서는 지상파 방송에서 발생할 수 있는 여러 가지 채널 노이즈에 대한 제거 성능을 검증하는 것이 반드시 필요하다.

디지털TV 수신기의 성능을 검증하는 방법으로는 실험실내에서 수행하는 Lab(laboratory) 테스트와 실제 방송 환경하에서 수행하는 필드 테스트가 있다. Lab 테스트에서는 장비를 이용하여 여러 가지 테스트 항목에

따라 수신 성능을 측정하게 되는데, 일반적으로 ATSC(Advanced Television System Committee)-VSB 수신기에 대해서는 ATTC(Advanced Television Test Center)에서 수행한 Grand Alliance(GA) 시스템의 테스트에 사용되었던 항목들을 이용하여 최대 한계 성능을 평가하고 있다. 그러나 Lab. 테스트에서는 장비가 갖는 한계성 때문에 실제 환경에서 일어날 수 있는 모든 노이즈 현상에 대해서 충분히 테스트 하는 것은 불가능하다. 한편 필드 테스트에서는 여러 장소를 순회하면서 방송국의 디지털TV 방송 신호를 실내·외 안테나로 직접 수신하여 수신기의 정상 수신 여부를 평가하는 것으로서 Lab. 테스트로는 할 수 없는 다양하고 실질적인 노이즈들에 대한 수신 성능을 측정하게 된다. 따라서, 앞으로 디지털TV의 본격적인 방송 촉진과 수신기 보급 확대를 위해서는 콘텐츠(contents)의 충분한 확보 및 수신기의 저가격화와 더불어 충분한 필드 테스트를 통한 디지털TV 수신기의 수신 안정성을 확보하는 것이 중요하다.

본 논문에서는 미국 MSTV(Maximum Service Television)의 협조를 받아 1999년 7월중에 미국 워싱턴 DC 현지에서 수행한 2세대 VSB 복조 단일칩에 대한 필드 테스트 내용을 주로 기술하였으며, 아울러 2세대 VSB 복조 단일칩과 Lab 테스트 결과에 대해서도 간략하게 기술 하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 2세대 VSB 복조 단일칩에 대한 주요 기능에 대하여 기술하였으며, 제 3장에서는 Lab 테스트 항목과 측정 결과에 대하여 기술하였다. 제 4장에서는 필드 테스트와 관련하여 워싱턴 DC의 디지털TV 방송 현황, 측정 사이트(site)에 대한 정보, 측정 결과 및 측정 자료를 기술하였으며, 마지막으로 제 5장에서는 결론을 맺었다.

## 2. 2세대 VSB 복조 칩

본 장에서는 1999년 5월 말에 개발 완료된 2세대 VSB 복조 칩에 대한 주요 특징과 응용회로 블럭도에

대하여 기술하였으며, 아울러 칩 실물 사진도 첨부하였다. 2세대 VSB 복조 칩은 고해상도의 아날로그-디지털 변환기와 아날로그 PLL 회로를 내장하였으며, IF(intermediate frequency) 신호를 직접 입력 받는 완전 디지털 복조 방식을 채용한 단일 칩으로써 응용회로와 동작 방법이 매우 간단하여 모든 지상파 디지털TV 제품군에 용이하게 적용할 수 있다.

2.1 주요 특징

- Fully compliant with the ATSC 8/16-VSB standard
- Integrated 10-bit analog-to-digital converter
- Full digital carrier recovery loop and matched filter
- Very fast coarse and fine AGC
- Includes D/A converters for symbol timing recovery and AGC
- Automatic NTSC co-channel interference rejection filter
- Robust equalization with training, decision directed, and blind algorithm
- Equalizer coefficients read-out for tap-energy monitoring
- On-chip convolutional deinterleaver with embedded SRAMs
- Parallel or serial MPEG-2 transport stream output
- I2C serial port for host processor interface
- Generate the SNR at the input and output of equalizer through I2C
- Generate the SER at the output of RS decoder through I2C
- Boundary scan test
- 160pin PQFP package
- 0.35um CMOS technology, 3.3V supply voltage
- Simple application circuits with a few control commands

2.2 응용회로 블럭도

2세대 VSB 복조 칩은 IF 신호를 직접 입력 받고, 아

날로그-디지털 변환기, 아날로그 PLL, 디지털-아날로그 변환기, 메모리 및 각종의 표시 기능 블럭들이 칩 자체에 내장되어 있기 때문에 VSB 채널부 응용회로가 그림1처럼 간단하게 구성된다.

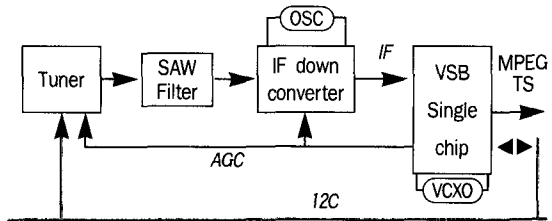


그림1. VSB 채널부 응용회로 블럭도

2.3 칩 사진



그림2. 칩 Layout 및 실물 사진

3. Lab 테스트 측정 결과

2세대 VSB 복조 칩의 성능 평가를 위해 Lab 테스트를 수행하였다. Lab 테스트는 우선적으로 미국 GA 시스템 평가에 사용하였던 ATTC 테스트 항목들에 대하여 수행하였으며, GA 시스템 측정 결과 및 현재 시

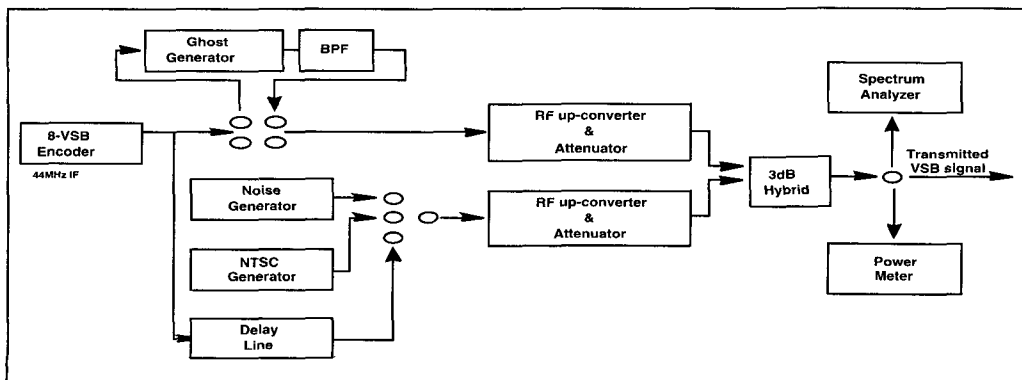


그림3. Lab 테스트 장비 구성도

표1. ATTC 테스트 항목에 따른 Lab 테스트 결과 표

Item	단 위	DUR at TOV			
		GA	Samsung	A사	B사
Dynamic Range	dBm	+3~-77	+19~-81	+11~-81	-82
Suscepyibility to Random Noise	dB	14.9	15.1	14.8	15.7
Channel Pull in Range	KHz	+110~-115	+530~-190	+355~-105	-
Random Noise Susceptibility in Multipath Ensembles	dB	$\Delta 1.6 \sim \Delta 2.5$	$\Delta 0.9 \sim \Delta 2.3$	$\Delta 1.0 \sim \Delta 4.3$	$\Delta 1.0 \sim \Delta 3.0$
NTSC Co-channel Interference(W)	dB	3.3	1.9	1.5	3.0
NTSC Co-channel Susceptibility in Multipath Ensembles	dB	$\Delta 3.9 \sim \Delta 9.0$	$\Delta 1.6 \sim \Delta 3.2$	-	-
Strongest Static Single Echo Rejection:1.0/5.7/15us	dB	1.6/3.0/5.8	1.4/2.9/2.1	-	2.2/1.8/3.0
Strongest Dynamic Echo Rejection	dB				
1.8usec in Ensemble A (0.05Hz)		7.6	4.2	-	4.6
1.8usec in Ensemble A (0.5Hz)		9.1	3.8	-	5.8
1.8usec in Ensemble A (5Hz)	12.5	5.4	-	-	
Strongest Dynamic Echo Rejection	dB				
1.0usec in Ensemble A (2Hz)		4.4	3.3	-	4.9
1.0usec in Ensemble A (5Hz)		6.2	5.1	-	6.4
NTSC Adjacent Channel Interference	dB	-48.7~-44.4	-33.0~-40.0	-	-38.5~-41.9

판 중인 일부 회사 제품과의 비교 평가를 수행하였다. ATTC 테스트 항목은 총 100여가지에 달하나, 본 논문에서는 랜덤 노이즈(random noise), 멀티패스(multipath)에 의한 고스트(ghost) 및 NTSC신호 간섭 등 지상파 디지털TV의 성능 평가에 있어서 가장 중요한 항목들에 대한 측정 결과를 기술하였다.

그림3은 Lab 테스트에 사용된 장비의 구성도이며, ATTC 테스트 항목들에 대한 측정 결과는 표1에 나타내었다. 그리고 표2에는 ATTC 테스트 항목 외에 별도의 도플러(doppler) 고스트에 대한 측정 결과를 나타내었다.

#### 4. 필드 테스트

2세대 VSB 복조 칩에 대한 실제 방송 환경에서의 성능을 검증하기 위하여 미국 현지 필드 테스트를 1999년 7월 중순에 워싱턴DC 지역에서 수행하였다. 필드 테스트에 필요한 전용 차량과 장비들은 MSTV의 협조를 받았으며, 측정 사이트 및 데이터 측정은 필드 테스트 전문 기술자의 협조를 받아 수행하였다. 측정 사이트로는 주로 다양한 multipath가 존재하는 지역을 위주로 총 12사이트를 선정하였으며, 테스트 방법은 당시 워싱턴DC 지역에서 방송 중인 6개 채널의 지상파 디지털TV 방송 신호를 필드 테스트 차량에 부착된 안테나(최대 높이: 약 9m)로 수신한 후, 안테나의 방향을 조정해 가면서 정상 수신이 가능한 안테나의 수신 각도를 측정하였다. 더욱이 일부 지역에서는 실내 안테나의 수신여부도 병행하여 측정하였다. 사용된 실내 안테나는 시중에서 구입한 rabbit ear 형태의 Radio Shack사 제품(모델명:ATV 1000)으로서 일반 아날로그TV 수신

용으로 사용되고 있는 것이다. 또한 신호 수신 채널의 특성을 분석하기 위하여 스펙트럼(spectrum)을 측정하였으며, VSB 복조 칩의 이퀄라이저 필터 탭을 외부로 출력하는 기능을 이용하여 multipath의 특성도 분석하였다.

한편, 필드 테스트 차량을 이용한 테스트 이외에도 미국 국립 표준기술연구소인 NIST (National Institute of Standard & Technology)와 Open DTV reflector 활동을 하고 있는 개인 주택을 방문하여 일본 P사의 지상파 디지털 STB (set-top-box)와의 비교 테스트를 수행하였으며, 마지막으로 워싱턴DC 시내 중심가의 빌딩에 위치한 삼성 특허사무소에서 소형 실내 안테나를 이용한 수신 테스트도 수행하였다.

##### 4.1 워싱턴DC 지역의 지상파 디지털TV 방송 현황

CH. No	방송국 명	송신 전력	프로그램
27	WETA(PBS)	100KW	HD급
34	WUSA(CBS)	700KW	NTSC를 변환
35	WHD(MS)	200KW	HD급
36	WTTG(FOX)	900KW	NTSC를 변환
39	WJLA(ABC)	900KW	NTSC를 변환
48	WRC(NBC)	350KW	NTSC를 변환

##### 4.2 필드 테스트 구성도

필드 테스트에 사용된 차량 내부의 주요 장비 구성도를 그림4에 간단하게 나타내었다.

##### 4.3 측정 사이트 특징

측정 사이트의 특징은 표3과 같다. GPS 데이터 중

ATSC-VSB 복조 칩의 필드 테스트 결과

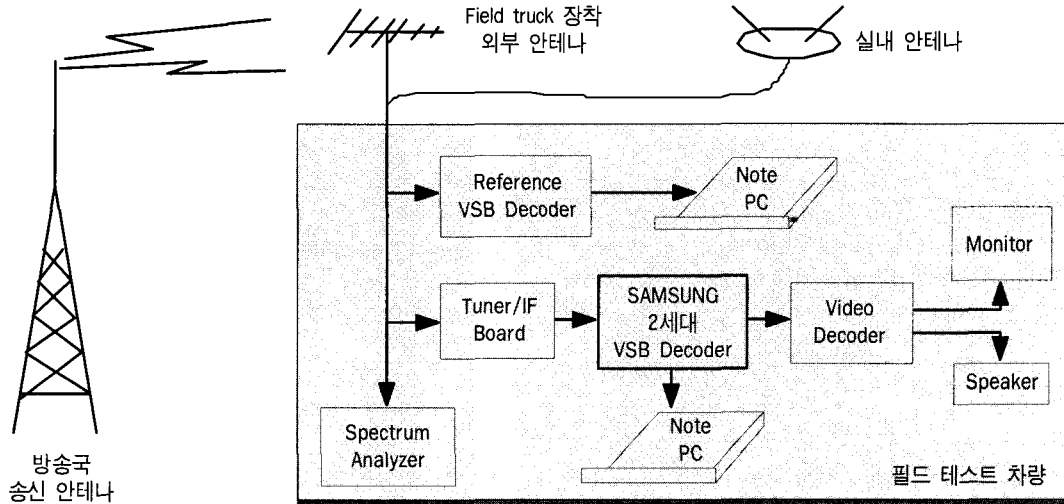


그림4. 필드 테스트 장비 구성도

표2. Doppler Ghost에 대한 Lab 테스트 결과 표

Item	단위	dB	DUR at TOV			
			GA	Samsung	A사	B사
-1.0usec, Doppler Ghost	0.05Hz	8.0	4.0	6.0	5.0	
	5.00Hz	9.5	6.5	7.0	16.5	
-0.2usec, Doppler Ghost	0.05Hz	8.0	6.5	7.0	5.0	
	5.00Hz	9.0	6.0	7.5	14.5	
0.1usec, Doppler Ghost	0.50Hz	4.5	5.0	5.0	7.0	
	2.00Hz	6.0	5.0	5.0	-	
	5.00Hz	8.0	6.0	5.5	10.0	
0.3usec, Doppler Ghost	0.50Hz	3.5	3.5	4.0	4.0	
	2.00Hz	4.0	3.5	4.0	-	
	5.00Hz	5.5	4.5	5.0	6.0	
	10.0Hz	17.5	8.0	7.0	-	
1.0usec, Doppler Ghost	0.50Hz	4.0	3.5	3.0	4.5	
	2.00Hz	6.0	3.5	4.0	5.5	
	5.00Hz	8.0	5.0	5.5	6.5	
	10.0Hz	19.5	7.5	7.0	7.0	
15.0usec, Doppler Ghost	0.50Hz	14.5	3.5	5.0	6.5	
	2.00Hz	20.0	3.5	6.5	5.0	
	5.00Hz	24.0	5.0	7.0	6.0	
	10.0Hz	20.0	8.0	9.0	6.0	

윗줄은 위도를 나타내며, 아랫줄은 경도를 나타낸다. X는 Model Station인 WHD의 송신탑(transmitter)으로 부터의 거리를 나타낸다.

4.4 측정 결과

필드 테스트 차량에 장착된 안테나를 이용한 테스트

표3. 측정 사이트 특징

Site No.	GPS	X (miles)	특징
1	380 53' 20" 770 4' 20"	3.52	강한 static multipath에 의한 반사파로 수신
2	380 48' 50" 770 2' 20"	9.25	짧은 dynamic multipath 발생
3	-	-	일본 P사 STB로 수신에 어려운 지역
4	380 59' 2.8" 770 8' 38.3"	4.54	평범한 dynamic multipath 발생
5	380 46' 45.5" 770 11' 1.3"	12.4	강한 dynamic multipath 발생
6	380 46' 16.2" 770 16' 21.1"	15.5	실내 안테나로 수신에 어려운 지역
7	380 49' 36.0" 770 18' 53.9"	14.8	Dynamic pre-ghost가 발생
8	380 54' 18.4" 770 9' 41.1"	4.93	Dynamic multipath에 의한 스펙트럼 fluctuation 발생
9	Site 8에서 동북쪽으로 200m 위치		Dynamic multipath에 의한 스펙트럼 fluctuation 발생
10	380 59' 11.3" 770 4' 57.8"	3.20	강한 NTSC 인접 채널 방해
11	390 3' 1.8" 770 6' 59.5"	7.86	약한 dynamic multipath 발생
12	390 11' 58.7" 770 16' 37.0"	20.8	30us 정도의 long dynamic multipath 발생

에서는 측정 사이트 12곳 모두에서 안테나 방향을 한 곳으로 고정시킨 상태에서도 정상적인 수신에 가능하

였다. 그러나 실내 안테나를 이용한 테스트에서는 지역에 따라 그리고 채널별로 다소의 안테나 조정이 필요하였다.

특히, 일본 P사의 STB로는 정상적인 수신 불가능하였다는 NIST 및 개인 주택에서의 테스트에서도 2세대 VSB 복조 칩으로는 정상적인 수신을 하였으며, 도심의 빌딩 숲에 위치한 삼성 특허사무소에서는 소형 실내 안테나를 이용하여 정상적으로 수신되는 것을 확인하였다. 삼성 특허사무소에서의 테스트는 ATSC(Advanced Television Committee) 및 NAB(National Association of Broadcasting) 관계자들도 직접 참관하여 만족감을 표시하였다.

이번 필드 테스트 결과를 토대로 multipath 발생 현황을 요약해 보면 다음과 같다. 주로 다양한 multipath가 발생하는 지역을 선정하였음에도 불구하고 지연시간이 긴 multipath에 의한 "long-ghost"를 관찰할 수 없었다. 대부분이 10usec 이내의 multipath이었으며, 10usec 이상의 multipath들은 무시해도 될 정도로 진폭이 매우 작음을 알 수 있었다. 일례로, 표3의 측정 사이트중 12

번째 측정사이트가 30usec정도의 long-ghost가 발생하는 지역임에도 불구하고 진폭이 작기 때문에 수신기가 정상동작을 하는데 어려움이 없었다. 오히려, 지연 시간이 짧은 multipath에 의한 "short-ghost", 많은 multipath들이 퍼져 있는 듯 한 형태의 "spread-ghost"와 직접파보다 진폭이 큰 multipath에 의한 "pre-ghost"등이 대부분이었다. 그리고 소형 실내 안테나를 이용한 테스트에서의 주요 수신 장애 원인은 진폭이 큰 short-ghost와 spread-ghost, dynamic pre-ghost등이 복합적으로 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

필드 테스트 차량을 이용한 각 측정 사이트에 있어서의 채널별 안테나 수신 범위를 측정 한 상세 데이터를 표4에 나타내었다. 측정 데이터가 없는 부분은 방송국의 송신 사정으로 인해 측정을 하지 못한 것이다.

그림5~그림13까지는 측정 사이트에서의 주요 스펙트럼 및 multipath에 의한 채널 특성을 나타낸 것으로서 상측은 스펙트럼 모양을 하측은 채널 특성을 나타낸 것이다. 그림14~그림17에는 각종 참조 사진들을 첨부하였다.

표4. 안테나 수신 범위 측정 데이터

CH	안테나 수신 범위(degree)											
	site1	site2	site3	site4	site5	site6	site7	site8	site9	site10	site11	site12
27	19~32	298~313	-	-	328~84	-	-	82~171	2~53	168~227	150~261	106~212
34	348~338	316~23	-	-	325~90	351~93	37~114	351~40	334~163	202~246	121~240	111~220
35	357~58	320~12	357~129	137~179	330~97	10~89	358~88	13~60	292~334	179~241	128~249	117~220
36	28~56	313~22	351~74	168~206	314~81	1~112	5~84	7~81	331~45	165~239	136~234	90~239
39	25~53	308~21	345~70	127~169	309~79	1~92	353~126	2~75	324~39	168~246	115~244	200~250
48	4~63	326~9	13~62	156~186	339~64	-	61~107	-	315~3	61~94	129~243	125~222

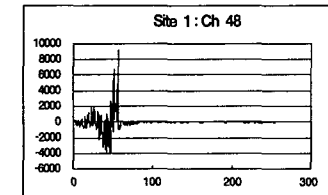
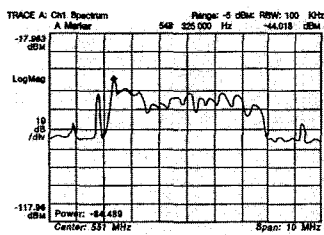


그림5. Pre-ghost에 의한 TOV(threshold of visibility) 시점의 데이터(Site1/Ch48)

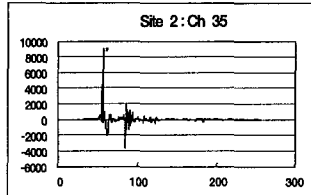
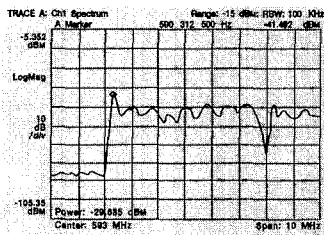


그림6. Doppler ghost에 의한 TOV 시점의 데이터(Site2/Ch35)

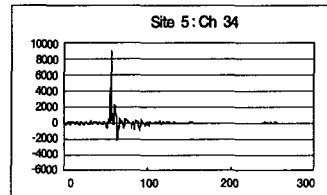
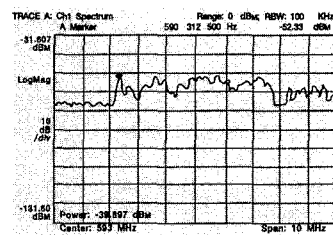


그림7. Multiple ghost 발생시 정상수신 상태의 데이터(Site5/Ch34)

ATSC-VSB 복조 칩의 필드 테스트 결과

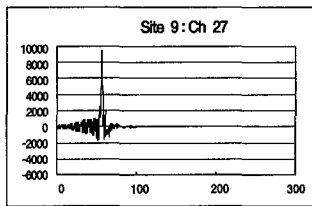
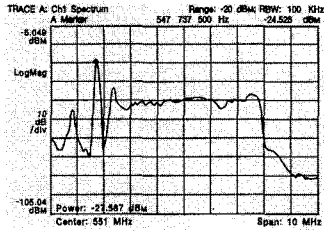


그림8. Pre-ghost의 특성이 심하게 변하는 상태에서 정상수신시의 데이터(Site9/Ch27)

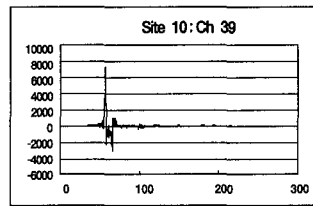
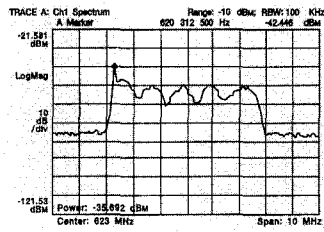


그림9. Short-ghost의 특성이 변하는 상태에서 정상수신시의 데이터(Site10/Ch39)

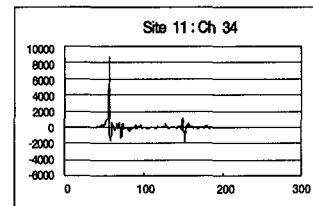
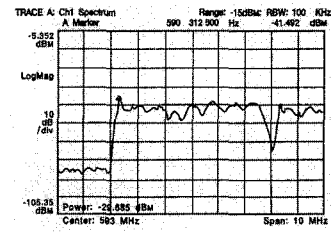


그림10. 10usec 정도의 ghost가 발생시 정상수신 상태에서의 데이터(Site11/Ch34)

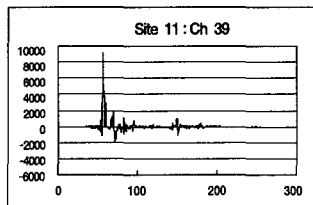
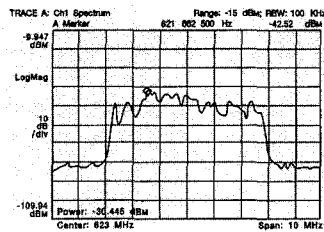


그림11. Pilot 반송파 부근에 notch가 발생했을 때 정상수신 상태에서의 데이터(Site11/Ch39)

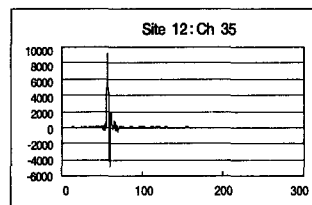
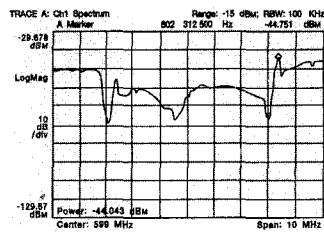


그림12. Strong single ghost가 발생했을 때 정상수신 상태에서의 데이터(Site12/Ch35)

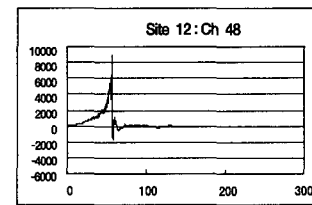
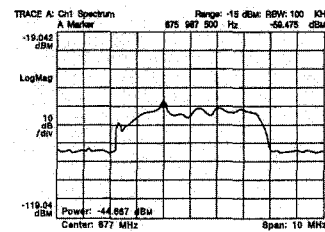


그림13. Spread pre-ghost가 발생했을 때 정상수신 상태에서의 데이터(Site12/Ch48)

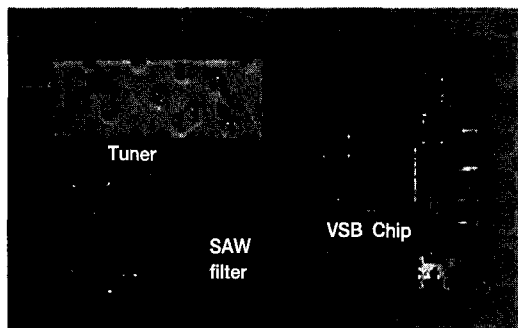


그림14. 테스트에 사용된 응용 Board

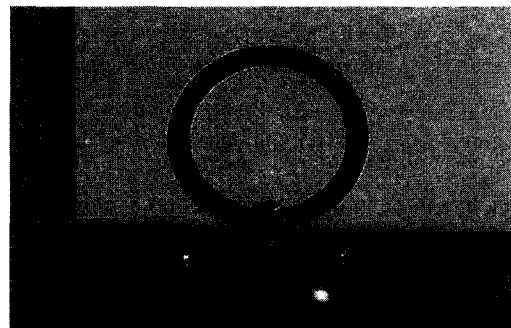


그림15. 테스트에 사용된 소형 실내 안테나



그림16. 필드 테스트에 사용된 차량

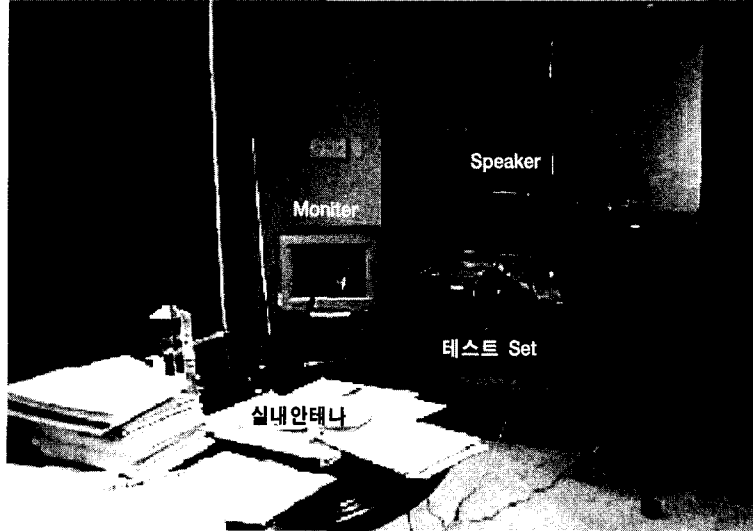


그림17. 삼성 특허사무소에서 소형 실내 안테나로 수신하는 모습

## 5. 결론

지금까지 2세대 VSB 복조 단일칩에 대한 특징과 Lab 테스트 결과 및 필드 테스트 결과에 대하여 살펴 보았다. Lab 테스트 결과, GA 시스템 대비 모든 측정 항목에서 성능이 우수함을 검증할 수 있었으며, 도플러 고스트에 대한 측정 항목에서도 성능이 안정적이고, 우수함을 알 수 있었다.

특히, 미국 내에서 지상파 방송 수신 환경이 가장 열악한 지역중의 하나인 워싱턴DC에서 수행된 필드 테스트에서도 모든 측정 사이트에서 정상 수신이 가능함과 더욱이, 안테나를 한 방향으로 고정시킨 상태에서도 방송 중인 전 채널을 안정적으로 수신함으로써 실제 방송 환경 하에서의 우수한 수신 성능을 확인하는 계기가 되었다. 이상의 테스트 결과를 토대로 2세대 VSB 복조 칩은 독립형의 디지털TV 수신기와 고가형의 방송용 STB, 저가형의 민생용 STB 뿐만이 아니라 디지털TV 수신 카드등의 폭 넓은 분야에 본격 적용할 예

정이다.

현재, 국내에서도 지상파TV 방송3사가 제한적으로나마 지상파 디지털TV 실험방송을 실시하고 있고, 우리나라와 미국과는 방송 환경이 다르다는 점을 감안하여 향후 2세대 VSB 복조 칩을 이용한 국내 필드 테스트도 수행할 계획으로 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] ATSC digital television standard(A/53), and Guide to the use of the ATSC digital television standard(A/54), September 16, 1995.
- [2] "Grand Alliance system test procedures," ACATS, March 1995.
- [3] "Record of test results on digital HDTV Grand Alliance system," ATTC, July 1995.
- [4] J.-S. Oh, Y.-D. Chang, H.-S. Shin, M.-H. Lee, K.-B. Kim, "A Design of VSB Receiver IC for Digital Television", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol 45, No 3, No. 5, pp.943-949, August 1999.

## 필자소개



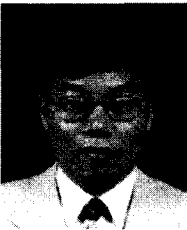
김기범

- 1985. 2. 한양대학교 전자공학과 학사
- 1985. 2~현 삼성전자(주) 중앙연구소 정보미디어Lab 선임연구원
- 주관심분야 : 디지털TV 신호처리, 디지털 통신 시스템



오지성

- 1994. 2. 서울대학교 제어계측공학과 학사
- 1996. 2. 서울대학교 제어계측공학과 석사
- 1996. 2~현재 삼성전자(주) 중앙연구소 정보미디어Lab 전임연구원
- 주관심분야 : 디지털 통신, 불규칙 신호처리



송동일

- 1976. 2. 한양대학교 전자공학과 학사
- 1976. 1. 삼성전자(주) 입사
- 1978. 2. 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
- 1993. 1. 삼성전자(주) 연구위원(이사대우), 영상연구실장
- 1995. 1. 삼성전자(주) 연구위원(이사), 신호처리연구소장
- 1999. 1~현재 삼성전자(주) 연구위원(전무) 중앙연구소 정보미디어Lab
- 주관심분야 : 디지털TV 신호처리, 디지털 통신 시스템,  
디지털 Home Network, 차세대 디스플레이, 디지털 기록/재생