

# 지상파 DTV 채널 모델과 등화기 기술

## CHANNEL MODELS AND EQUALIZATION TECHNIQUES OF DIGITAL TERRESTRIAL TELEVISION

□ 김 대 진 / 전남대학교 공과대학 정보통신공학부

### I. 머리말

지상파 DTV 전송시스템의 표준과 수신기의 성능은 서비스 요구사항과 밀접한 관계에 있다. 1995년에 8-VSB 전송방식을 미국 ATSC 표준으로 정할 때 가정용 고정 안테나로 수신한다는 가정하에서 기존의 NTSC방식에 비해 좋은 성능과 6MHz 대역의 한 채널에 HDTV를 전송한다는 것이 주요 요구사항이었다. 그래서 채널모델도 가정용 고정 안테나로 수신한다는 조건하에서 만들어졌고, 이 모델을 기준으로 등화기가 설계가 되었으며, 그리고 실험실 테스트가 이루어졌다.

그러나 싱클레어 브로드캐스트 그룹이 1999년 6월과 8월 사이에 미국의 볼티모어에서 실시한 필드 테스트를 근거로 도심 지역과 옥내 수신에 있어서 ATSC 방식의 문제점이 있다는 것을 거론한 이래로 2000년 5월에 브라질의 필드 테스트 결과가

발표되면서 미국의 방송사들은 새롭게 DTV 전송 시스템에 대한 요구사항을 정리하였다[1-4]. 새로운 요구사항은 2000년 7월 RF Task Force 내의 Broadcaster Requirements ad hoc 그룹이 Task Force 팀의 승인하에 작성되었는데 그 내용은 적절한 신호 레벨이 보장된 곳에서 기본적인 DTV 채널 할당을 만족하고, A/53의 19.39 Mbps를 보장하고 만족, 고정, 휴대, 보행(5km/h 이하), 이동(5km/h 이상) 수신 요구를 수용하고, 고속 전송과 더불어 저속 전송이 가능한 다중모드 서비스 요구를 수용하며, 채널 서핑을 위한 안테나 재위치 설정(re-positioning)이 없을 것 등이다[5-6]. 여기서 고정수신은 텔레비전 수신기가 한 위치에 고정되어 있고 고정된 옥내의 안테나를 이용하여 DTV 수신기가 사용자의 직접적인 안테나 조작 없이 높은 신뢰성을 가지고 동작하는 것을 말하며, 휴대수신은 텔레비전 수신기가 동작하는 동안은 정지상

태를 유지하나 동작하지 않는 동안 한 장소에서 다른 장소로 이동하여도 자체 내장된 수신 안테나를 이용하여 동작하는 것을 말하며, 보행수신은 텔레비전을 수신하는 동안 시속 5km 이하로 이동하는 경우이고, 이동수신은 텔레비전을 시청하는 동안 시속 5km 이상으로 이동하는 경우를 말한다.

방송사의 새로운 서비스 요구사항은 기술적인 발전과 더불어 이동전화의 보편화와 인터넷 방송을 포함한 인터넷의 대중화 등의 문화 사회적인 측면에서의 많은 변화 그리고 유럽의 지상파 DTV 방식인 COFDM 수신기가 이동수신에서 좋은 성능을 나타낸 것에 기인한 것이다. 이처럼 DTV 방송에 대한 요구사항이 달라지면서 기존의 테스트용 채널 모델도 정지수신에 대한 모델에서 휴대, 보행 및 이동을 고려한 모델을 포함하여 채널 모델을 만들고 실험실 테스트가 이루어졌다. 본문에서는 미국방식 ATSC와 유럽방식 DVB-T에서 사용되었던 테스트용 채널 모델들의 특성을 살펴보고, 그리고 8-VSB 수신기에서 다중 경로의 영향을 제거하기 위한 채널 등화기 기술의 현황과 발전 방향을 논의하고자 한다.

## II. DTV 채널 모델

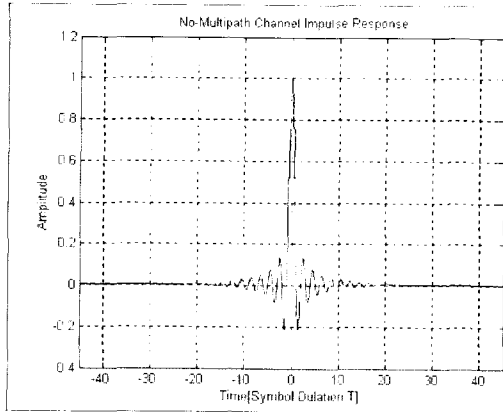
먼저 이상적인 채널일 경우 8-VSB 송수신기의 임펄스 응답과 주파수 스펙트럼을 살펴보자. <그림 1>은 주신호(main-path signal)만 있고 멀티패스의 영향이 없을 때의 임펄스 응

답과 주파수 스펙트럼이다. 심볼 데이터가 8-VSB 변복조기를 거치면 전체적으로 롤오프 팩터(roll-off factor)가 0.115인 상승 코사인 필터(raised cosine filter)링이 되기 때문에 임펄스 응답이 상승 코사인 함수 형태로 나온다. 주파수 스펙트럼은 수신기의 IF단(46.69 MHz)에서 보았기 때문에 46.69MHz에서 파일럿(pilot) 신호가 나타남을 볼 수 있다.

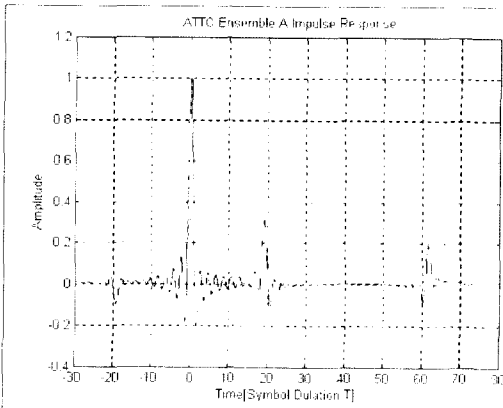
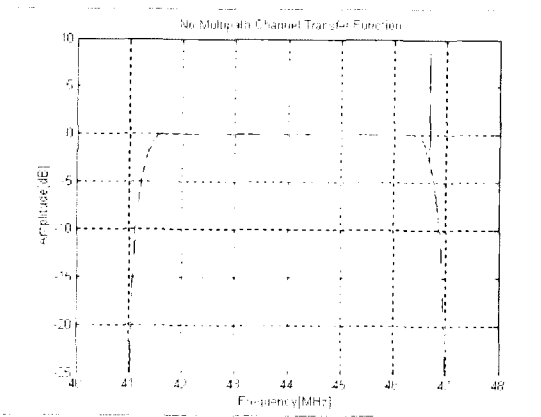
미국의 ATSC방식의 실험실 테스트는 ATTC (Advanced Television Technology Center)에서 이루어졌다. ATTC에서 사용하고 1999년도 보고서에 발표된 채널 모델이 <표 1>에 정리되어 있는데 8-VSB 수신기를 테스트하기 위한 멀티패스 앙상블들이다[7]. <그림 2>부터 <그림 8>까지가 ATTC의 멀티패스 앙상블들에 대한 임펄스 응답과 주파수 스펙트럼이다. 이 멀티패스 앙상블들은 LOS(line of sight)가 보장된 라이시안(Ricean)채널 환경이며

<표 1> ATTC 실험실 테스트에 사용된 정적 멀티패스 앙상블

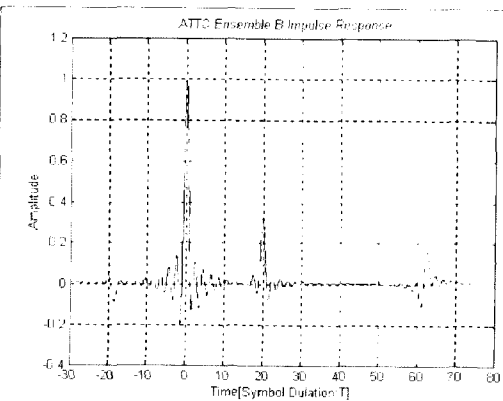
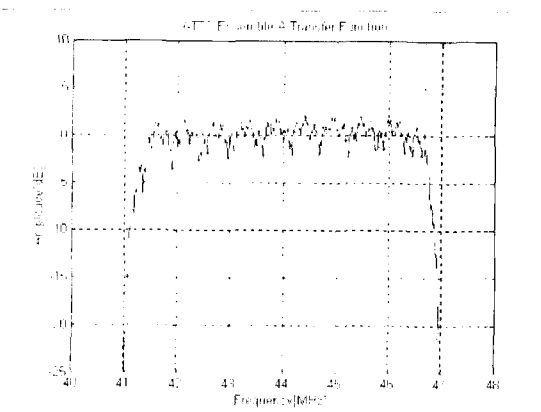
Ensemble		Path 1	Path 2	Path 3	Path 4	Path 5	Path 6
A	Delay ( $\mu$ sec)	0	-1.8	0.15	1.8	5.7	18
	Amplitude (dB)	0	-20	-20	-10	-14	-18
	Phase (degrees)	0	188	260	332	44	116
B	Delay ( $\mu$ sec)	0	-1.75	0.197	1.85	5.75	17.95
	Amplitude (dB)	0	-20	-20	-10	-14	-18
	Phase (degrees)	0	208	280	352	64	136
C	Delay ( $\mu$ sec)	0	-1.8	0.15	1.8	5.7	18
	Amplitude (dB)	0	-18	-20	-20	-10	-14
	Phase (degrees)	0	188	260	332	44	116
D	Delay ( $\mu$ sec)	0	-1.8	0.15	1.8	5.7	18
	Amplitude (dB)	0	-20	-20	-18	-14	-10
	Phase (degrees)	0	188	260	332	44	116
E	Delay ( $\mu$ sec)	0	-1.8	0.15	1.8	5.7	18
	Amplitude (dB)	0	-20	-14	-10	-20	-18
	Phase (degrees)	0	188	260	332	44	116
F	Delay ( $\mu$ sec)	0	0.2	1.9	3.9	8.2	15
	Amplitude (dB)	0	-20	-20	-10	-14	-18
	Phase (degrees)	90	0	72	144	216	288
G	Delay ( $\mu$ sec)	0	-0.2	0.08	0.15	0.3	0.6
	Amplitude (dB)	0	-19	-22	-17	-22	-19
	Phase (degrees)	0	75	220	260	330	125



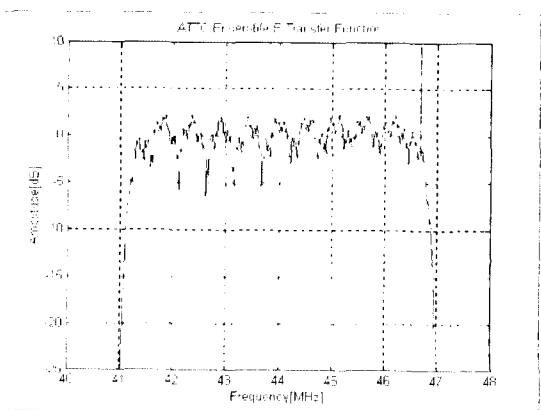
〈그림 1〉 멀티패스가 없을 때 임펄스 응답과 주파수 스펙트럼

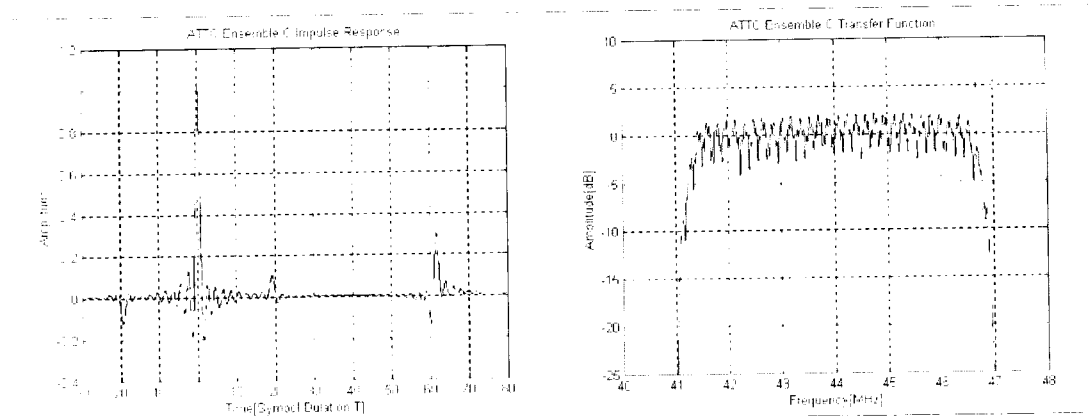


〈그림 2〉 ATTC의 앙상블 A 채널의 임펄스 응답과 주파수 스펙트럼

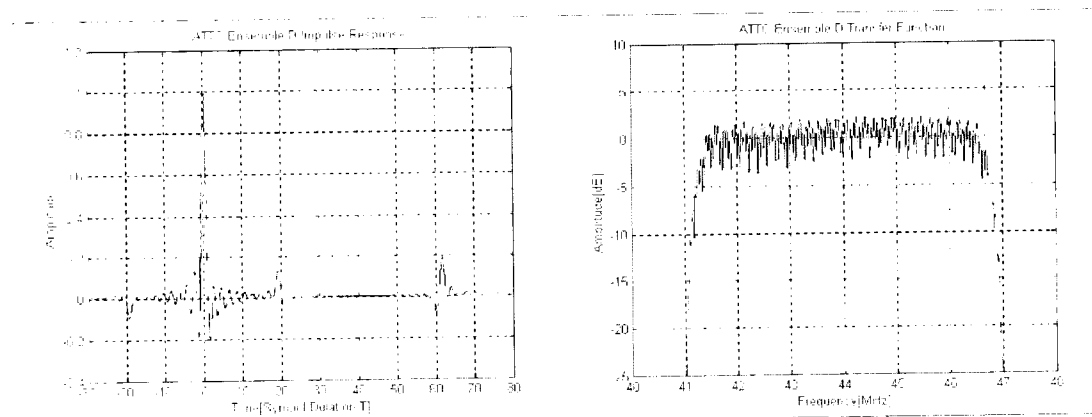


〈그림 3〉 ATTC의 앙상블 B 채널의 임펄스 응답과 주파수 스펙트럼

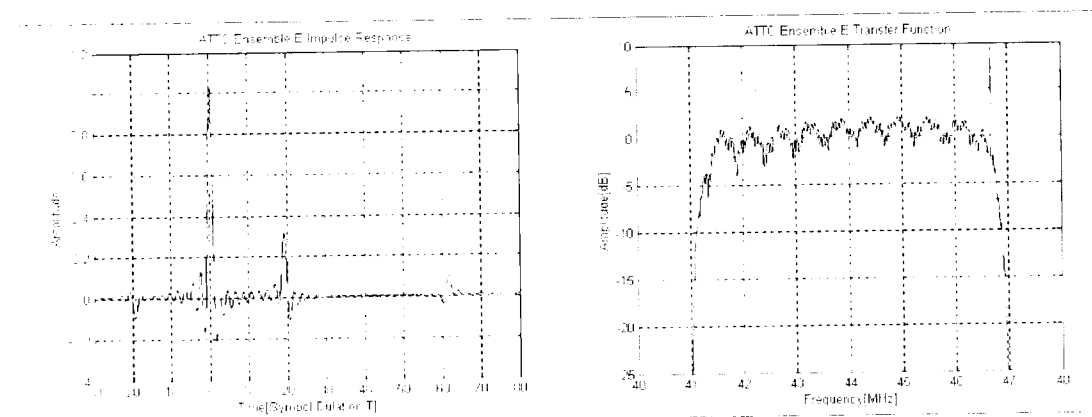




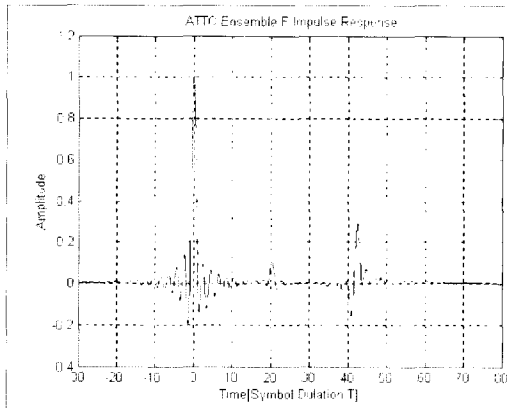
〈그림 4〉 ATTC의 앙상블 C 채널의 임펄스 응답과 주파수 스펙트럼



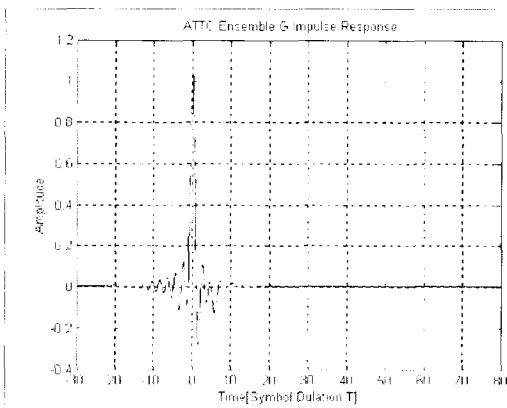
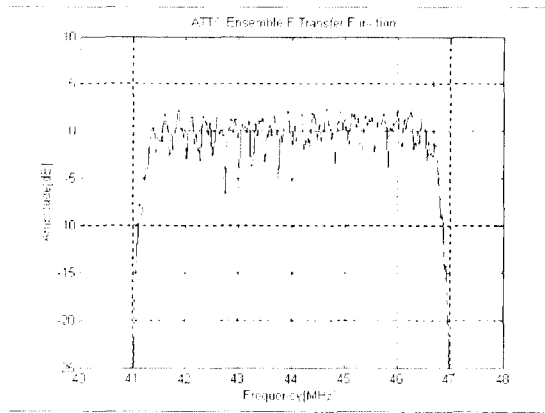
〈그림 5〉 ATTC의 앙상블 D 채널의 임펄스 응답과 주파수 스펙트럼



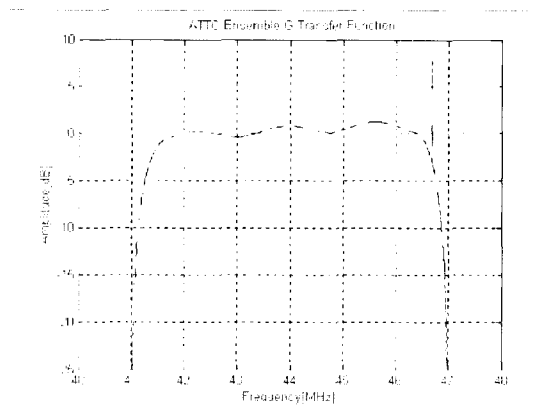
〈그림 6〉 ATTC의 앙상블 E 채널의 임펄스 응답과 주파수 스펙트럼



〈그림 7〉 ATTC의 앙상블 F 채널의 임펄스 응답과 주파수 스펙트럼



〈그림 8〉 ATTC의 앙상블 G 채널의 임펄스 응답과 주파수 스펙트럼



주신호에 대한 멀티패스 신호들의 상대적인 크기도 그다지 크지 않는 것들이어서 고정 수신에는 적합한 모델이지만 보행이나 이동수신에는 적절치 않는 모델이다. 본 논문에서 보여주는 주파수 스펙트럼은 다중경로 신호를 주신호에 그대로 더하는 형태로 그렸다. 그래서 다중경로 신호가 동위상일 경우에 전체적인 전력이 상승하는 효과가 있다

〈표 2〉는 브라질에서 실시된 실험실 테스트에 사용된 멀티패스 채널들이다(4). 브라질은 ATSC와

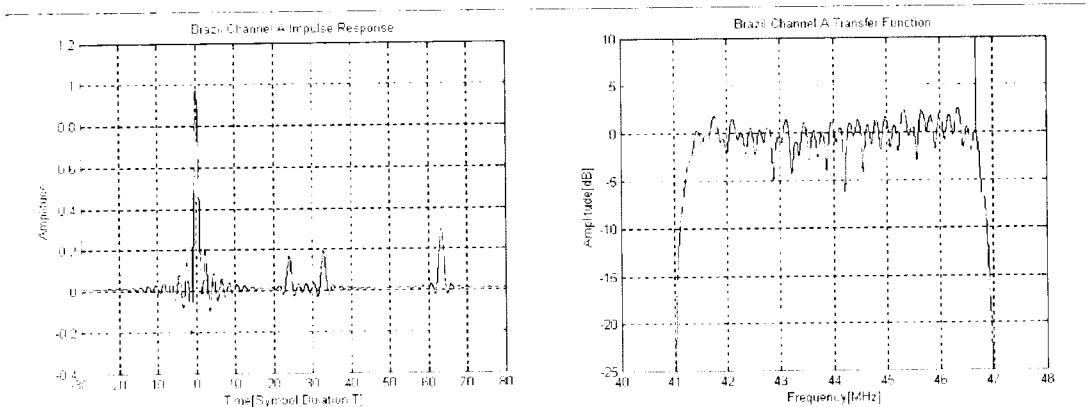
DVB-T 비교실험을 위해 이동수신 및 단일 주파수 망에 해당하는 채널모델을 설정하였다. A와 B 채널은 ATTC 채널들과 거의 유사한 채널들이고 C 채널은 30 심볼 이내에서 비교적 크기가 큰 포스트 에코(post-echo)들이 밀집되어 있는 채널이고 D 채널은 시간 지연이 크고 크기가 큰 프리 에코(pre-echo)들이 있는 채널이다. 특히 등화기는 시간 지연이 크고 크기가 큰 프리 에코에 약하기 때문에 D 채널이 C 채널보다 훨씬 나쁜 채널조건이라고 할 수

〈표 2〉 브라질 시험실 테스트에 사용된 멀티패스 앙상블

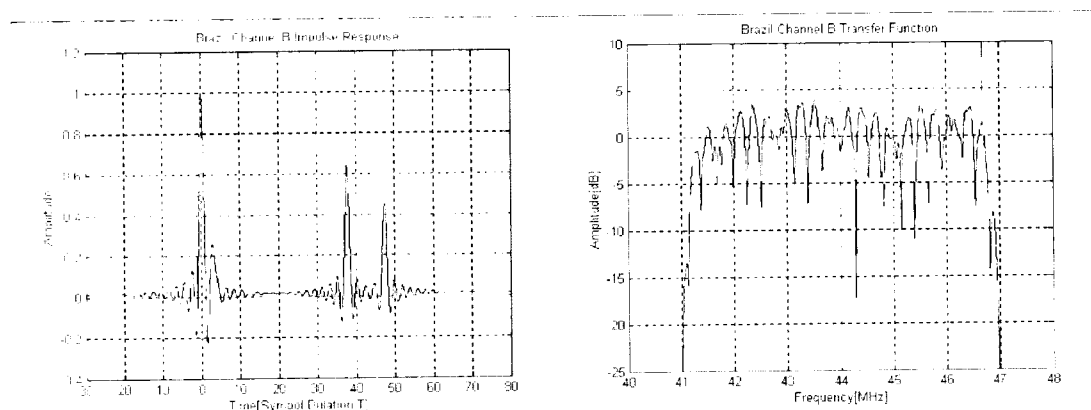
Ensemble		Path 1	Path 2	Path 3	Path 4	Path 5	Path 6
A	Delay ( $\mu$ sec)	0	0.15	2.22	3.05	5.86	5.93
	Amplitude (dB)	0	-13.8	-16.2	-14.9	-13.6	-16.4
B	Delay ( $\mu$ sec)	0	0.3	3.5	4.4	9.5	12.7
	Amplitude (dB)	0	-12	-4	-7	-15	-22
C	Delay ( $\mu$ sec)	0	0.089	0.419	1.506	2.323	2.799
	Amplitude (dB)	-2.8	0	-3.8	-0.1	-2.5	-1.3
D	Delay ( $\mu$ sec)	0.15	0.63	2.22	3.05	5.86	5.93
	Amplitude (dB)	-0.1	-3.8	-2.6	-1.3	0	-2.8
E	Delay ( $\mu$ sec)	0	1	2	-	-	-
	Amplitude (dB)	0	0	0	-	-	-

있다. E 채널은 단일 주파수망 (SFN : single frequency network)을 표현한 채널이다. 〈그림 9〉부터 〈그림 13〉까지가 브라질의 멀티패스 채널들에 대한 임펄스 응답과 주파수 스펙트럼이다.

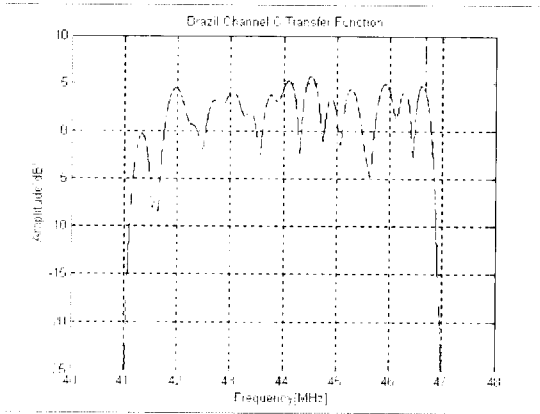
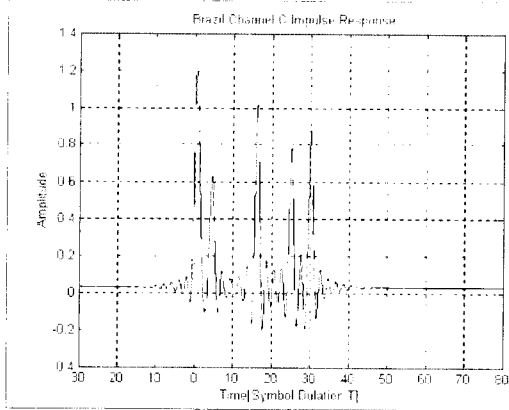
유럽에서는 지상파 DTV 서비스 요구사항에 이동수신이 포함



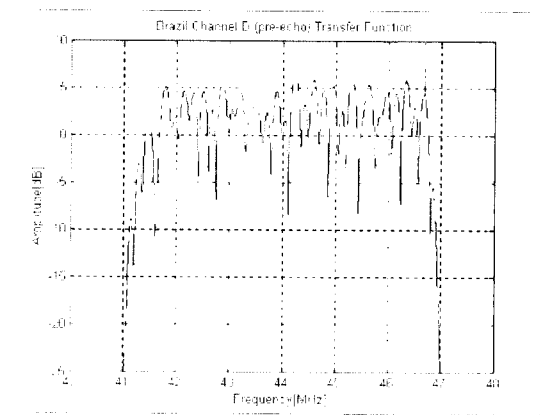
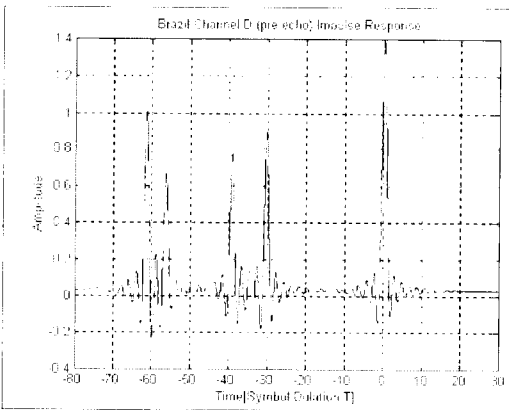
〈그림 9〉 브라질 A 채널의 임펄스 응답과 주파수 스펙트럼



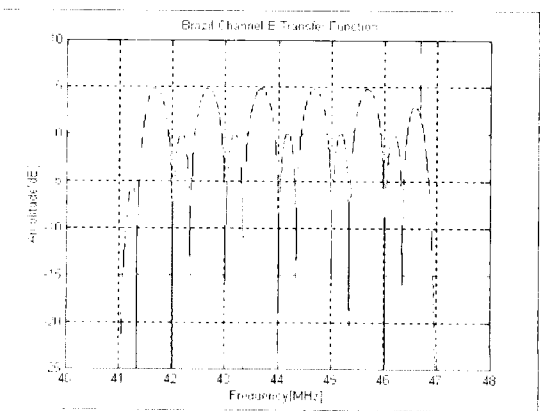
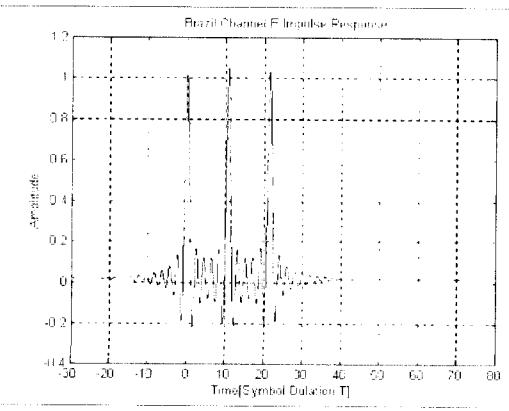
〈그림 10〉 브라질 B 채널의 임펄스 응답과 주파수 스펙트럼



〈그림 11〉 브라질 C 채널의 임펄스 응답과 주파수 스펙트럼



〈그림 12〉 브라질 D 채널의 임펄스 응답과 주파수 스펙트럼



〈그림 13〉 브라질 E 채널의 임펄스 응답과 주파수 스펙트럼

〈표 3〉 DVB-T의 Ricean 채널과 Rayleigh 채널에 사용된 멀티패스 앙상블

Ray num i	$\rho_i$	$\tau_i (\mu s)$	$\theta_i (\text{rad})$	Ray num i	$\rho_i$	$\tau_i (\mu s)$	$\theta_i (\text{rad})$
1	0.058	1.003	4.855	11	0.296	0.430	5.928
2	0.177	5.422	3.419	12	0.351	3.229	3.053
3	0.407	0.519	5.864	13	0.263	0.849	0.629
4	0.304	2.752	2.216	14	0.226	0.074	2.129
5	0.259	0.603	3.758	15	0.171	0.204	1.099
6	0.062	1.017	5.430	16	0.150	0.194	3.463
7	0.150	0.144	3.952	17	0.240	0.924	3.665
8	0.052	0.154	1.094	18	0.117	1.381	2.834
9	0.185	3.325	5.775	19	0.221	0.641	3.334
10	0.401	1.926	0.154	20	0.260	1.369	0.394

되어 있기 때문에 고정수신용과 이동수신용에 해당하는 채널모델을 설정하였다. 〈표 3〉은 DVB-T의 Ricean 채널과 Rayleigh 채널을 만들 때 사용되는 멀티패스 앙상블이다[8].

Ricean 채널은 주신호가 있는 경우로 식(1)과 같이 주어진다. 주신호의 전력 대 에코들의 전력합의 비인 Ricean factor  $K$ 에 의해서 멀티패스 채널 환경이 조절된다.

$$y(t) = \frac{\rho_0 x(t) + \sum_{i=1}^N \rho_i e^{j\theta_i} x(t - \tau_i)}{\sqrt{\sum_{i=0}^N \rho_i^2}} \quad (1)$$

$$K = \frac{\rho_0^2}{\sum_{i=1}^N \rho_i^2} \quad \begin{array}{l} \rho : \text{amplitude} \\ \tau : \text{delay} \\ \theta : \text{phase offset} \end{array} \quad (2)$$

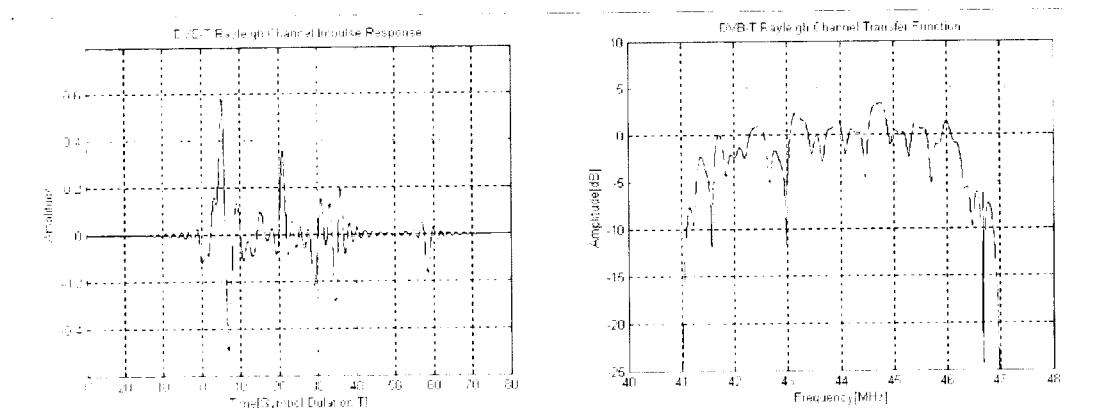
Rayleigh 채널은 주신호가 없는 경우로 식(3)과 같이 주어지고 〈표 3〉의 멀티패스 앙상블로만 이루어진 채널이다.

$$y(t) = \frac{\sum_{i=1}^N \rho_i e^{-j\theta_i} x(t - \tau_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N \rho_i^2}} \quad (3)$$

〈그림 14〉부터 〈그림 19〉까지는 Ricean factor에 따른 Ricean 채널과 Rayleigh 채널의 임펄스 응답과 주파수 스펙트럼이다.  $K$ 가 작아짐에 따라 주신호 대비 에코들의 크기가 커지면서 멀티패스 채널 환경이 나빠지고  $K = -10\text{dB}$  이하는 Rayleigh 채널로 볼 수 있다.

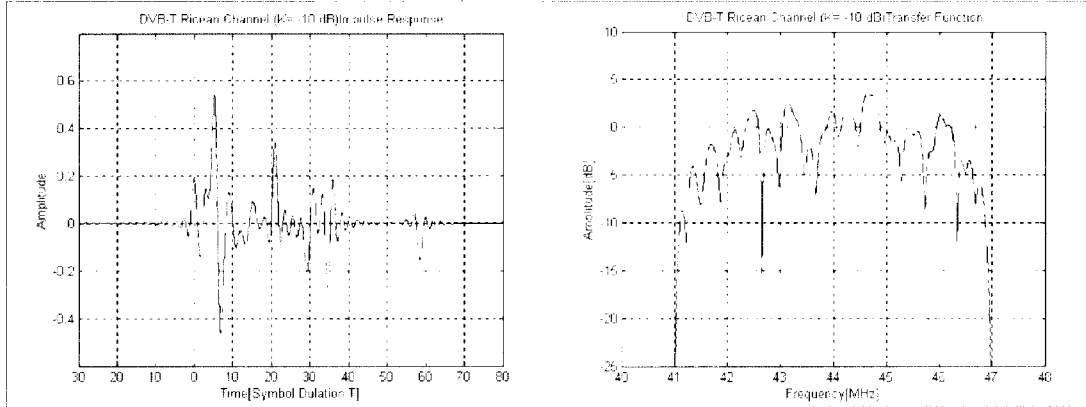
### Ⅲ. 등화기 기술 동향

다중경로에 의한 심볼간 간섭을 제거하기 위해

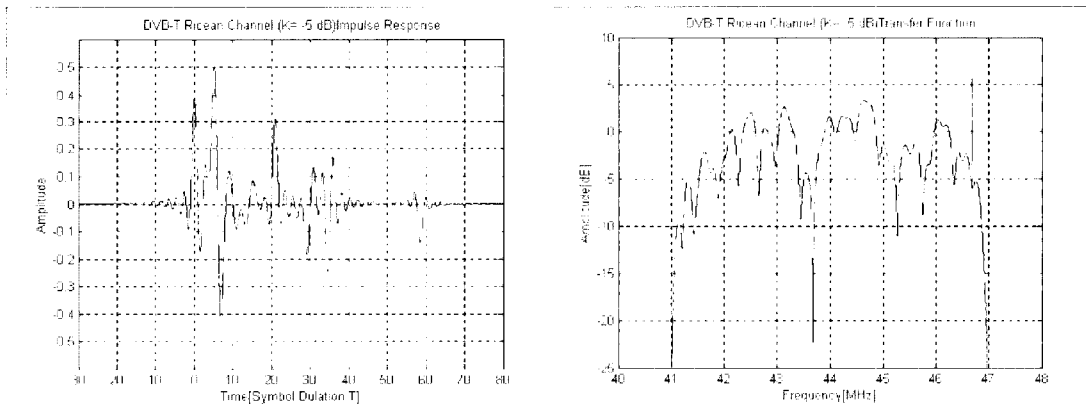


〈그림 14〉 Rayleigh 채널의 임펄스 응답과 주파수 스펙트럼

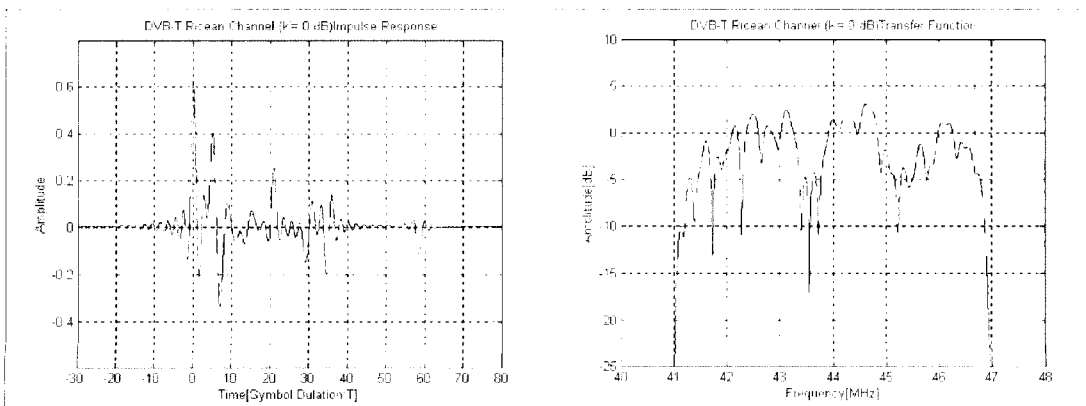




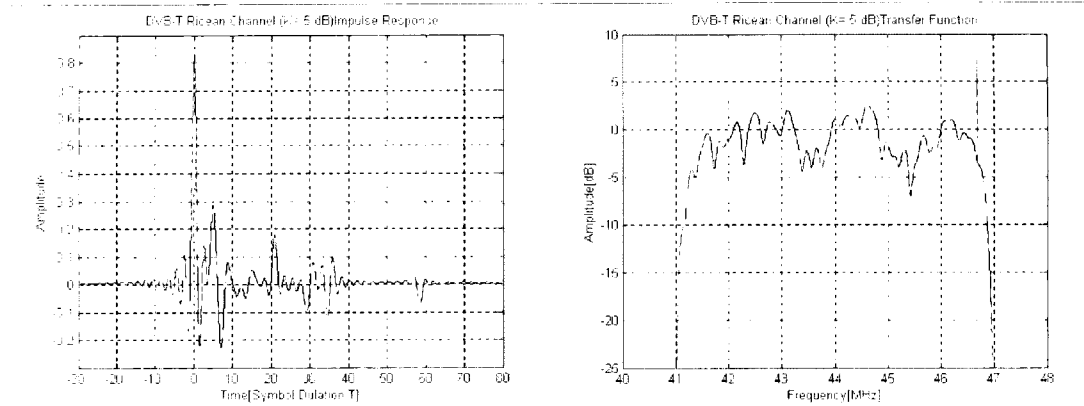
〈그림 15〉 Ricean 채널( $K = -10\text{dB}$ )의 임펄스 응답과 주파수 스펙트럼



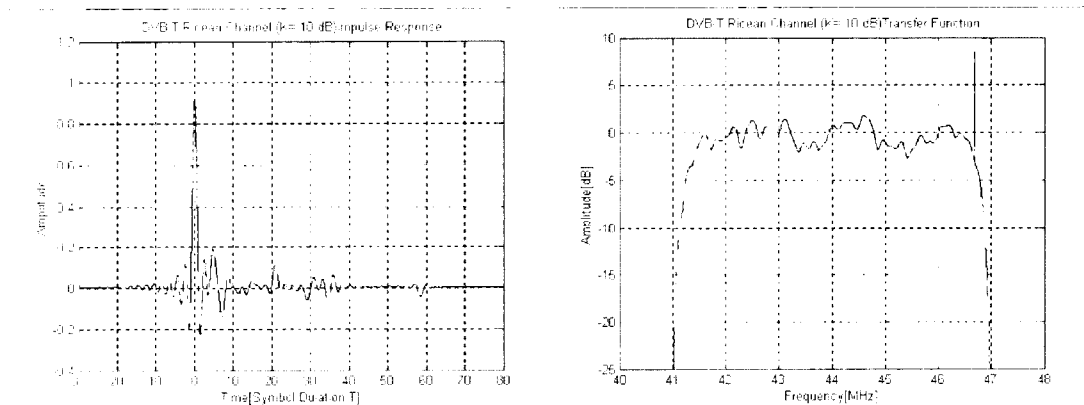
〈그림 16〉 Ricean 채널( $K = -5\text{dB}$ )의 임펄스 응답과 주파수 스펙트럼



〈그림 17〉 Ricean 채널( $K = 0\text{dB}$ )의 임펄스 응답과 주파수 스펙트럼



〈그림 18〉 Ricean 채널(K=5dB)의 임펄스 응답과 주파수 스펙트럼



〈그림 19〉 Ricean 채널(K=10dB)의 임펄스 응답과 주파수 스펙트럼

사용되는 등화기는 1995년에 ATSC에서 제시된 ATSC DTV 표준 사용을 위한 가이드[9]에 따라서 초창기의 수신기들이 제작되었다. LMS(least mean square) 알고리즘을 사용하는 DFE(decision feedback equalizer)를 사용하고 피드포워드(feed-forward) 탭 수가 64개 피드백(feedback) 탭 수가 192개로  $-6\mu\text{sec} \sim 18\mu\text{sec}$  정도까지의 에코를 처리할 수 있었다[9]. 그 이후 최근까지 많은 성능 개선의 노력이 있었고 칩의 성능이 초창기 제품에 비하면 비

교할 수 없을 정도로 많이 좋아졌다.

LMS 등화기는 평균 자승 에러를 최소화하는 방식으로 최적의 탭 계수를 구하는 방식인데 수식이 간단하고 계산량이 적어서 구현이 용이해 널리 사용되고 있다.

$$C_{k+1} = C_k - \mu e_k X_k \quad (4)$$

여기서  $C_k$ 는  $k$  번째 계수 벡터,  $\mu$ 는 스텝 사이즈(step size),  $e_k$ 는  $k$  번째 에러,  $X_k$ 는  $k$  번째 입력 벡

터이다. LMS를 이용한 등화기의 성능은  $\mu$ 값이 많은 영향을 미친다.  $\mu$ 가 작으면 수렴속도가 느려 추적 성능이 떨어지나 잔류에러가 적고  $\mu$ 가 크면 수렴속도가 빨라 추적 성능은 우수하나 수렴 후 잔류에러가 커지게 된다. LMS 방식은 채널 환경이 좋은 경우에는 잘 동작하나 크기가 큰 에코들이 많은 멀티패스 채널 환경에서는 성능이 떨어져 동작하지 못하는 단점이 있다.

다음은 2001년 4월에 발표한 ATSC 성능평가 보고서에서 제시한 등화기의 평가 결과이다. 그 동안 많은 제조 회사들이 도심환경에서 실내 수신 성능을 향상시키기 위해  $K$ -factor가 낮은 Ricean 채널과 심한 Rayleigh 페이딩 채널을 극복하기 위한 노력을 기울여왔다. 2000년 말경 개발된 등화기는 크기가 0dB인 단일 에코에 대해 5~6 $\mu$ s 프리에코에서부터 40 $\mu$ s 포스트에코까지 제거할 수 있고, 동적 에코 주파수가 증가함에 따라 에코의 크기 허용치가 급격히 감소하는 하지만 5~20Hz의 동적 에코를 추적할 수 있는 등화기 알고리즘을 구현하였다. 그러나 1세대 수신기 대비 이러한 성능향상은 연구실이나 필드테스트에서는 명확히 성능 개선을 보여주었으나 실세계에서 존재하는 심한 Ricean 및 Rayleigh 채널에서는 확실한 수신까지는 보장하지 못했다. 안테나의 위치 선정도 DTV 신호의 안정적인 수신 유지에 중요한 요소가 되는데, 이 현상은 모든 DTV 송출 안테나가 서로 다른 장소에 위치한 지역에서는 수신의 용이성 관점에서 문제가 된다.

적용등화기의 프리에코를 처리할 수 있는 범위를 늘려야 한다는 주장이 있다. 그 이유는 Rayleigh 페이딩 채널의 경우 지연 확산이 커서 프리에코에 해당하는 다중경로가 넓은 범위에 걸쳐서 나타나고 디지털 동일 채널 중계기(DOCR)를 사용할 경우 긴 프리에코가 생길 수 있기 때문이다. 실내수신에

서 안정적으로 수신하기 위해서 수신호보다 크게 나타나는 강한 에코도 견딜 수 있어야 하며, Rayleigh 채널의 문제해결을 위해 더 좋은 기술이 개발되어야 한다는 주장이 있다.

DFT(discrete Fourier transform)기술을 이용하여 심한 Ricean 채널에 대해 에코를 측정하고 이 측정값을 적용 등화기를 초기화하는데 이용하는 것이 성능 개선에 유효하다는 시뮬레이션 결과도 있다. 그러나 DFS(Data Field Sync)이 차지하는 기간의 대부분을 차지하며 넓게 퍼진 지연 에코가 있는 채널의 경우는 DFS 참조 신호에서 정확한 에코의 위상 측정이 어렵고, DFS를 초과하여 퍼져 있는 지연 에코가 있는 채널은 에코 정보를 정확히 추출하는 것이 불가능하다.

2000년에 테스트된 수신기는 주경로를 락킹(locking)하고 추적하는 방식이기 때문에 작았던 에코가 커져서 새로운 수신호가 되면 채널 동기가 새로운 수신호를 기준으로 이루어지게 된다. 실질적인 구현관점에서 보면 수신기가 0dB보다 큰 에코를 허용해서 과도기 상태인 에코에 대해서는 다시 락킹을 하지 않는 것이 좋다. 그러나 가장 강한 신호가 아닌 약한 신호를 수신호로 선택하게 되면 CNR이 원래보다 낮게 되므로 적절한 수준에서 결정하도록 구현해야 한다.

수신기가 높은 주파수의 동적 에코를 추적할 수 있는 능력이 있는 것이 이동수신에는 매우 중요하다. 동적 에코의 주파수 범위는 필드테스트와 RF 캡처에 의해 파악하게 되었다. 기존의 8-VSB 등화기는 도플러 주파수가 커짐에 따라 에코의 허용크기가 급격히 감소하는 성능을 보였다. 최근 넥스트 웨이브사에서는 새로운 기술을 이용하며 0Hz에서는 0dBc, 5Hz에서는 -3dBc의 에코를 수용하고, 포스트 에코에 대하여 40Hz까지는 -3dBc까지 수용하

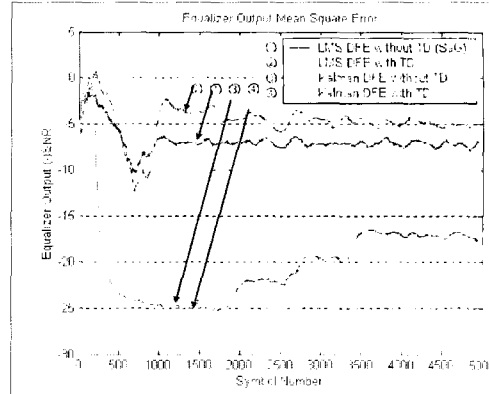
여, 80Hz이상까지 에코의 허용치 크기가 매우 완만하게 감소하는 형태의 시뮬레이션 결과를 얻었다.

이러한 데이터들을 통해 살펴볼 때 고정과 휴대 수신기에 대해서는 시변 에코 추적에 대한 성능은 대부분 해결되었다고 생각하는데, 빠른 속도의 이동수신은 어려운 문제이며 심한 Ricean 채널과 Rayleigh 채널에 대한 등화기술 연구는 진행되고 있는 상태이다.

에코가 크고  $K$ -factor가 낮으며 높은 동적주파수를 갖는 경우에도 매우 높은 CNR을 요구하지는 않는다. 등화기에서 잡음이 증가하는 것은 긴 블록의 데이터의 상관관계를 이용하거나 sparse 등화기 기법 같은 것을 이용하여 상당히 완화할 수 있으며 CNR이 25dB이면 0dB 단일 에코에 대해 5Hz이상의 도플러가 있는 경우에 등화기가 충분히 동작할 수 있다는 실험 결과들이 있다. 이동수신에서의 높은 주파수의 동적 멀티패스는 현재 A/53에서 사용하는 수신기보다 복잡한 집적회로가 필요할 것이다.

반도체 집적 기술이 발전되면서 8-VSB 등화기로 계산량은 많지만 성능이 좋은 알고리즘을 적용하려는 연구가 일부 진행되고 있다[10]. 그 알고리즘 중 하나가 칼만 알고리즘인데 칼만 알고리즘은 수렴속도가 매우 빠르고 잔류 에러 또한 LMS 알고리즘에 비하여 성능이 우수하여 매우 심한 멀티패스 채널에 대해 아주 좋은 성능을 보이고 있다. 실수 전산모의 실험의 연구단계이긴 하지만, 칼만 알고리즘을 사용하고 트렐리스 디코더와 연계한 등화기는 보행 및 이동수신 채널모델에서도 좋은 성능을 보여주고 있다. DVB-T Rayleigh 채널모델 및 단일 주파수 망으로 제시된 브라질 E 채널모델에서도 동작하는 것으로 확인되었다.

〈그림 20〉은 Rayleigh 채널을 통과한 경우 LMS와 칼만 알고리즘의 성능을 비교한 것이다. 실험결



〈그림 20〉 Rayleigh 채널 모델에서의 LMS와 칼만의 등화기 출력의

과 다중경로의 크기가 작은 양호한 채널에서는 LMS와 칼만의 성능이 거의 비슷하게 나오지만, 채널환경이 열악한 Rayleigh 채널 같은 모델에서는 LMS는 동작을 못하지만 칼만 등화기는 제대로 동작하는 것을 보여 주고 있다.

#### IV. 결 론

국내 표준인 8-VSB 방식에서도 이동 수신 성능을 향상시켜야 한다는 요구 및 필요성의 목소리가 있다. 이에 따라 테스트로 사용하던 채널모델들도 기존의 정적 멀티패스 환경뿐만 아니라 이동수신 환경을 고려한 채널모델이 제시되어야 한다. LMS 방식의 등화기도 괄목할만한 성능 향상을 이루었고 또한 성능향상이 계속될 것이기 때문에 휴대 및 보행 수신에서 만족할 만한 성능을 나타낼 것으로 예측되는데, 이동수신은 아직도 어려운 연구 분야이다. 반도체 집적 기술의 향상으로 이동 수신을 가능하게 하고자 하는 노력의 일환으로 칼만 등화기 같은 고급 알고리즘을 8-VSB 적용하는 연구가 시작 단계에 있는데 등화기의 안정성과 구현 가능성 그

리고 계산량을 줄이는 연구 등 많은 추가적인 연구가 필요하다.

● 참고 문헌 ●

- (1) 김대진 "해외 지상파 DTV 필드 테스트", 방송과 기술, 통권 76, 2001년 1/2월.
- (2) 김대진 "ATSC 8-VSB와 DVB-T COFDM 방식의 성능 비교", 방송공학회지 제 5권 4호, 2001년 12월.
- (3) Sinclair Broadcast Group, "Comparative reception testing of 8VSB and COFDM in Baltimore," Sep. 27, 1999.
- SET/ABERT, "Tests on digital television systems: third report", March 25, 2000.
- (4) ATSC, "Broadcast requirement document," ATSC Task Force on RF system Performance, July 2000.
- (5) ATSC, "Performance assessment of the ATSC transmission system, equipment and future directions," Report of the ATSC Task Force on RF System Performance, Rev. 1.0, April 12, 2001.
- (6) ATTC, Document #99-04A, "Evaluation of ATSC 8-VSB receiver performance in the presence of simulated multipath and noise," Sep. 1999.
- (7) DVB, "Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television," ETSI EN 300 744 v1.2.1, July 1999.
- (8) ATSC, "Guide to the use of the digital television standard," ATSC Document A/54, Oct. 4, 1995.
- (9) 김대진 "ATSC 방식 DTV의 휴대 및 이동 수신 성능 개선을 위한 고속 등화기 기술", 디지털 지상파 TV 방송기술 세미나, 2001년 11월.

필자 소개



김 대 진

-1986년 3월~1991년 8월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사  
 -1984년 3월~1986년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사  
 -1980년 3월~1984년 2월 : 서울대학교 전자공학과 학사  
 -1991년 7월~1996년 12월 : LG전자 멀티미디어(연) 책임연구원  
 -1997년 1월~현재 : 전남대학교 정보통신공학부 부교수  
 -주관심분야 : 디지털통신, 디지털방송