

# PN 511칩 코드의 ACF를 이용한 지상파DTV 이동 채널의 Delay Profile 특성 분석에 관한 연구

\*박기욱    \*\*이종현    \*\*\*서원기    \*\*\*\*김승원    \*\*\*\*\*이용태    \*\*\*\*\*차재상<sup>Ⓢ</sup>  
 \*성균관대학교    \*\*제주대학교    \*\*\*넥스윌    \*\*\*\*한국전자통신연구원    \*\*\*\*\*서울산업대학교  
    \*ozzozy@nate.com    \*\*\*\*chajs@snut.ac.kr<sup>Ⓢ</sup>

## Delay profile modeling for terrestrial DTV mobile channel using auto-correlation function of PN511

\*Park, Kee-Wook    \*\*Lee, Chong-Hyun    \*\*\*Seo, Won-Gi    \*\*\*\*Kim, Seung-Won  
    \*\*\*\*Lee, Yong-Tae    \*\*\*\*\*Cha, Jae-Sang<sup>Ⓢ</sup>  
 \*Sung Kyun Kwan Univ.    \*\*Cheju Univ.    \*\*\*Nextwill  
    \*\*\*\*ETRI    \*\*\*\*\*Seoul National Univ. of Tech.

### 요약

본 논문에서는 이동 환경에서 지상파 DTV의 Delay Profile의 도출을 위하여 이동 상태에서 필드테스트로 측정된 수신데이터에 포함되어 있는 PN 511(Pseudo Noise)코드를 이용하여 다양한 이동환경에서의 ACF(Auto Correlation Function)값을 도출하였다. 또한, 지역별 대표적인 LOS지역, NLOS지역, 중간지역으로 구분되는 대표적인 세 곳을 선정하여 다양한 이동속도에서의 도출된 ACF값을 통해 최대지연, 평균지연, RMS 지연을 도출하여 이동환경에서의 지상파 DTV의 Delay Profile을 제시하였다.

### 1. 서론

디지털 기술의 발달은 자국 방송 산업의 경쟁력을 강화하기 위하여 방송망의 디지털화를 적극 추진하고 있다[1]. 영국과 미국에서 1998년부터 시작한 디지털 방송은 우리나라에서도 2000년 ATSC(Advanced Television System Committee)방식의 시험방송을 송출함으로써 본격적인 디지털 방송 시대를 맞고 있다. 고화질과 고품질 음질을 제공할 수 있는 디지털 방송은 이동 및 실내 다중경로환경에서도 최적으로 수신할 수 있도록 8-VSB(Vestigial Side Band)방식의 DTV수신기의 성능 개선을 높이기 위한 연구가 전 세계적 진행되고 있다. 하지만 브라질의 ABERT/SET가 브라질 통신주관(ANATEL)에 제출한 보고서에서 나타났듯이[2], 8-VSB시스템의 이동 수신 성공률은 아직까지 저조하다. 따라서 이동 환경에서 수신기의 성능 개선을 위해서는 송수신간의 채널 분석은 매우 중요한 역할을 한다[3]. 만일 여러 상황에 따른 이동수신의 정확한 채널 Delay Profile이 파악 된다면 적합한 채널 추정기법의 도입, 적절한 등화기 등의 여러 가지 방법을 통하여 수신기 성능 개선에 상당한 진전을 가져올 수 있다. 따라서 본 논문에서는 이동환경에서의 필드테스트로 측정된 수신데이터의 분석을 통하여 지상파 디지털 TV의 이동 수신 성능에 진전을 가져올 수 있도록 하기 위하여 PN 511칩 코드의 ACF를 이용한 지상파 디지털 TV 이동 채널의 Delay Profile을 제시하고자 한다.

### 2. 지상파 DTV 이동채널의 특성

이동채널 분석을 위해 사용된 지상파 DTV 수신데이터는 세그먼트 동기화 필드 동기가 포함된 데이터 프레임의 형태이다. 그림 1은 DTV 수신데이터의 필드 동기신호의 데이터 프레임의 나타낸 그림이다.

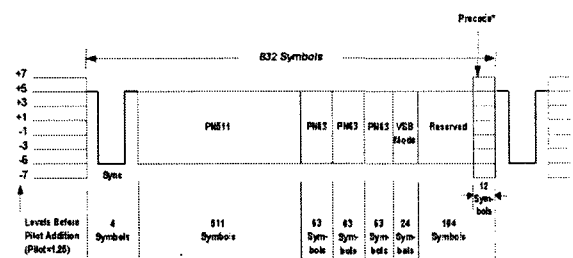


그림 1 DTV 데이터 필드 싱크[4]

DTV의 데이터는 순차적으로 송신되기 때문에 데이터프레임 속에 포함된 필드 동기 신호 또한 동일한 시간간격으로 송신되어 진다. 따라서 채널의 영향을 받게 되면 수신된 데이터는 여러 개의 시간차를 두고 수신하게 되며 비교적 먼저 수신된 신호의 세기는 늦게 수신된 신호에 비해 큰 신호세기를 가진다[5]. 이는 시간적으로 늦게 수신되는 신호가 평균적으로 더 많은 경로를 거침에 따라 그 경로를 거치는 동안 신호의 크기가 감소한다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 지연확산(Delay Spread)된 값을 정량적으로 나타내기 위해 동일한 시간 간격으로 반복되는 필드 동기신호에 포함된 PN511(Pseudo Noise)코드의

ACF값을 도출하여 이동환경에서의 채널 특성을 파악하고자 한다. 다음 그림 2는 DTV 데이터에 포함되어있는 PN 511코드 3주기의 이상적인 ACF결과를 나타낸 그림이다.

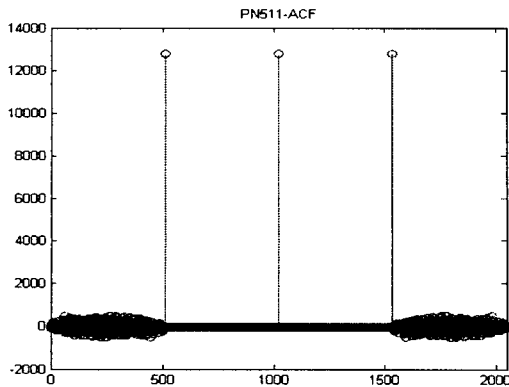


그림 2 PN 511 코드를 이용한 ACF 결과

그림 2의 ACF 결과 PN 511칩의 주기마다 자기상관 피크치를 확인할 수 있으며, 이러한 ACF 특성을 이용하여 이동채널의 Delay Profile을 도출 할 수 있다.

## 2. Delay Profile 추출을 위한 데이터 측정 및 이동 채널 분석 방법

본 논문에서 Delay Profile 추출을 위해 사용된 수신데이터는 ETRI와 공동으로 필드테스트를 통해 측정된 데이터를 사용하였다. 측정을 위해 사용된 안테나는 이동할 때 다양한 각도에서 들어오는 신호를 수신하기 위하여 무지향 안테나를 사용했으며, 이동환경의 측정을 위하여 DTV수신기, RF DTV데이터 캡처보드를 차량내에 장착하여 측정하였다. 이동 채널 측정을 위해 선택된 지형은 비교적 측정이 용이하고 다양한 채널 상황이 존재하는 여의도 지역을 선정하였으며, 선정된 지역의 지역 구분은 LOS(Line Of Sight)지역, 비가시지역인 NLOS(Non Line Of Sight)지역, LOS와 NLOS의 중간지역으로 선정하였다. LOS지역은 주로 도시의 외곽지역으로서, 측정지역 주변에 3층 이상의 건물이 거의 존재하지 않는 지역으로 선정하였고, NLOS지역은 주변에 15층 이하의 건물이 있는 경우로서 인근에 저층아파트나 주택 등의 산재되어 있는 지역으로 선정하였다. 또한, 측정된 데이터는 LOS 지역으로 구분되는 10개 지점, NLOS으로 구분되는 40개 지점, 총 50개의 지점에서 시속 4km/h, 30km/h, 60km/h로 이동하여 측정하였다.

그림 3은 측정지역으로 선정된 지역을 나타내었으며, 측정 지역 중 대표적인 LOS지역을 A지역으로, LOS과 NLOS지역의 중간 지역을 B지역으로 대표적인 NLOS을 C지역으로 대표지역을 선정하였다.

그림 3에서 측정된 DTV 데이터의 경우에는 앞서 설명한바와 같이 순차적으로 송신되기 때문에 데이터프레임 속에 포함된 PN511코드 또한 동일한 시간간격으로 송신되어 진다. 따라서 송수신간의 채널이 최적의 상황이라면 수신데이터 속에 포함된 PN511의 ACF값은 동일한 시간간격으로 나타난다. 그러나 송수신간의 채널이 이동 환경과 지형적 특성을 받게 되면 수신데이터의 PN511의 ACF값은 채널 특성의 영향을 받게 되며, 이의 분석을 통해 송수신간의 채널 Delay Profile을 파악할 수 있다.

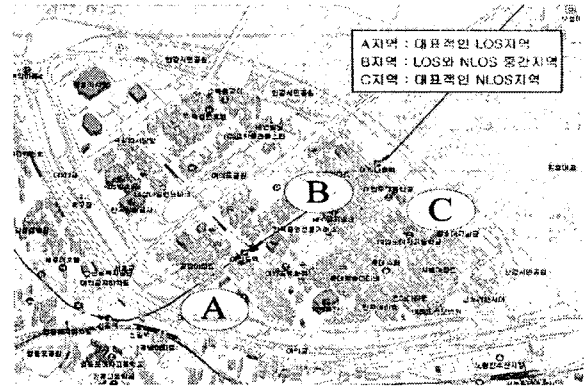


그림 3 LOS와 NLOS의 측정 지역

그림 4는 수신된 데이터의 필드동기 신호에 포함된 PN511의 자기상관값을 dB스케일로 나타낸 그림이다.

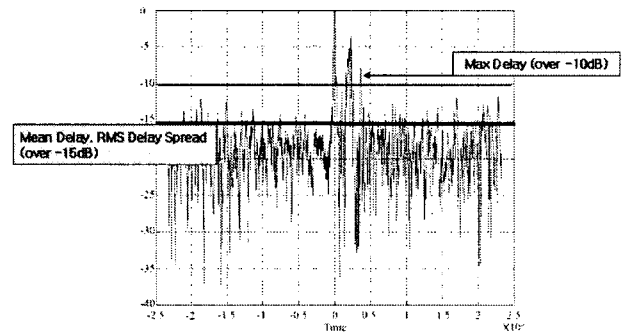


그림 4 수신데이터와 PN511의 자기상관치

일반적으로, 다중경로 채널에 의한 시간분산 특성은 일반적으로 Mean Excess Delay ( $\tau$ )와 RMS Delay Spread ( $\sigma_\tau$ )로 정량적으로 표현되며, 최대지연(Maximum Delay)은 다중경로 에너지가 일정이하의 에너지로 떨어지는 지연 시간으로 정의된다. 본 논문에서는 파워가 가장 큰 신호를 기준으로 -10dB까지 작은 신호 중 제일 늦게 수신된 신호를 최대 지연 신호로 추정하였다.

평균 지연(Mean Delay)은 다중 경로 에너지가 -15dB이하로 떨어지는 최대 지연 시간의 평균으로 추정하였으며 식 1과 같다.

$$\bar{\tau} = \frac{\sum_k P(\tau_k) \tau_k}{\sum_k P(\tau_k)} \quad (1)$$

여기서  $\tau_k$ 는 시간지연을 의미하며, 이들 지연은  $\tau_0 = 0$ 에서 첫 번째 신호에 대해 측정되었다.  $P(\tau)$ 는  $\tau$ 에서 다중 경로 요소들의 상대적인 크기이다. RMS 지연 확산(RMS Delay Spread)은 특정 지역에서 취합하여 평균한 임펄스 응답의 측정 시간 혹은 공간적 평균인 하나의 파워 지연 분석표(Power Delay Profile)로부터 정의된 값이다. 실외 무선 채널에서의 전형적인 RMS 지연 확산 값은 수  $\mu$  sec이며, 실내인 경우는 수  $n$  sec이다. 따라서, RMS 지연 확산은 파워가 가장 큰 신호를 기준으로 -15dB까지 작은 신호들로 추정하였으며 이는 식 2와 같이 표현할 수 있다.

$$\overline{\tau^2} = \frac{\sum_k P(\tau_k) \tau_k^2}{\sum_k P(\tau_k)} \quad (2)$$

여기서  $\tau_k$ 는 시간지연을 의미하며, 이들 지연은  $\tau_0=0$ 에서의 첫 번째 신호에 대해 측정된다.  $P(\tau)$ 는  $\tau$ 에서 다중 경로 요소들의 상대적인 크기이다.

본 논문에서는 위의 Time Delay 추정 방식을 적용하여 수신데이터가 측정된 50개의 지점 중 대표적인 LOS지역, NLOS지역, 중간지역을 선정 하여 속도에 따른 최대 지연, 평균지연, RMS지연 확산을 구한 뒤 속도별 Delay Profile을 다음과 같이 제시하였다.

### 3. 이동 채널 Delay Profile 결과

#### 가. LOS지역의 속도별 Delay Profile

그림 5는 앞서 선정한 LOS지역으로 송신기와 수신기 사이에 건물이 존재하지 않는 환경에서 필드테스트로 측정된 데이터를 기반으로 도출한 이동속도별 Delay Profile 특성을 나타낸 그림이다.

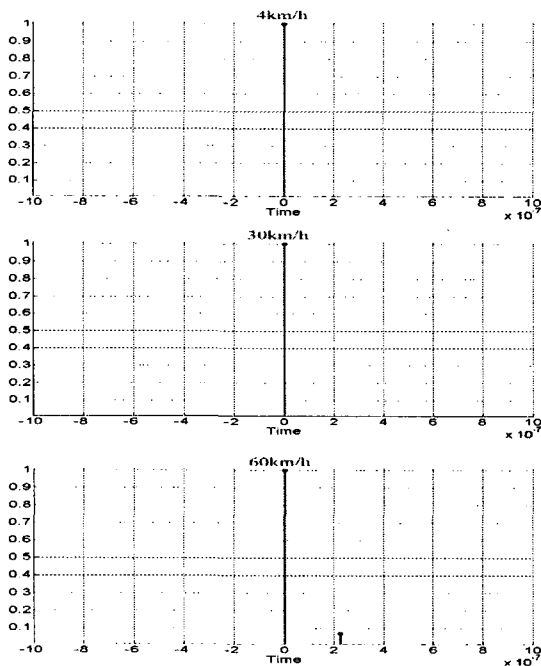


그림 5 4km/h, 30km/h, 60km/h이동시 채널의 임펄스 응답

그림 5에서의 4km/h이동시 최대 지연은 2.32 n sec 이며, RMS 지연 확산값은 36.7 n sec 이다. 30km/h이동시 최대지연은 2.32 n sec 이며, RMS 지연 확산값은 36.7 n sec 이다. 60km/h이동시 최대지연은 225 n sec 이며, RMS 지연 확산값은 268.2 n sec 이다.

LOS 지역은 지상과 DTV 데이터 수신율이 우수하여 이상적인 채널환경과 유사하게 도출됨을 확인할 수 있다.

표 1은 이러한, LOS 지역에서 이동속도별 Delay Profile의 정량화된 값으로 정리한 것이다.

표 1 LOS 지역에서의 이동속도별 Delay Profile

	LOS 지역					
	4Km		30Km		60Km	
	Amplitude (dB)	Delay (n sec)	Amplitude (dB)	Delay (n sec)	Amplitude (dB)	Delay (n sec)
P1	1.00	2.32	1.00	2.32	1.00	2.32
P2	.	.	.	.	0.0681	225.372

#### 나. LOS/NLOS 중간지역의 속도별 Delay Profile

그림 6은 앞서 선정한 LOS지역과 NLOS의 중간이 되는 지역으로 필드테스트로 측정된 데이터를 기반으로 도출한 이동속도별 Delay Profile 특성을 나타낸 그림이다.

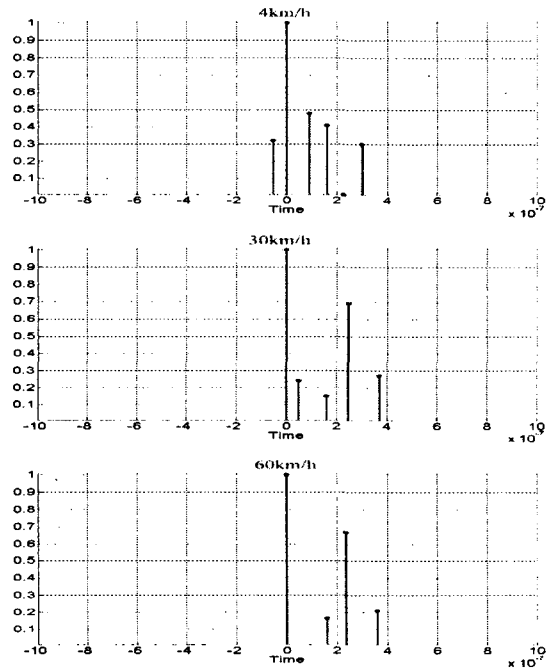


그림 6 4km/h, 30km/h, 60km/h이동시 채널의 임펄스 응답

그림 6에서의 4km/h이동시 최대 지연은 299.72 n sec 이며, RMS 지연 확산값은 763.1 n sec 이다. 30km/h이동시 최대지연은 367.10 n sec 이며, RMS 지연 확산값은 798.7 n sec 이다. 60km/h이동시 최대지연은 364.77 n sec 이며, RMS 지연 확산값은 874.9 n sec 이다.

LOS지역과 NLOS의 중간이 되는 지역은 앞서 도출한 LOS 환경보다 불규칙하게 지연된 간섭성분이 도출됨을 확인할 수 있다.

표 2는 이러한, LOS지역과 NLOS의 중간지역에서 이동속도별 Delay Profile의 정량화된 값을 정리한 것이다.

표 2 중간지역에서의 이동속도별 Delay Profile

	중간 지역					
	4Km		30Km		60Km	
	Amplitude (dB)	Delay (n sec)	Amplitude (dB)	Delay (n sec)	Amplitude (dB)	Delay (n sec)
P1	1.00	2.32	1.00	2.32	1.00	2.32
P2	0.31	-58.08	0.23	85.96	0.15	162.63
P3	0.47	88.29	0.153	162.63	0.66	232.34
P4	0.41	162.63	0.68	241.63	0.21	364.77
P5	0.28	299.72	0.26	367.10	.	.

**다. NLOS지역의 속도별 Delay Profile**

그림 6은 앞서 선정한 NLOS지역으로 전방에 높은 건물들로 인해 송신기와 수신기 사이에 장애물이 존재하는 환경에서 필드테스트로 측정된 데이터를 기반으로 도출한 이동속도별 Delay Profile 특성을 나타낸 그림이다.

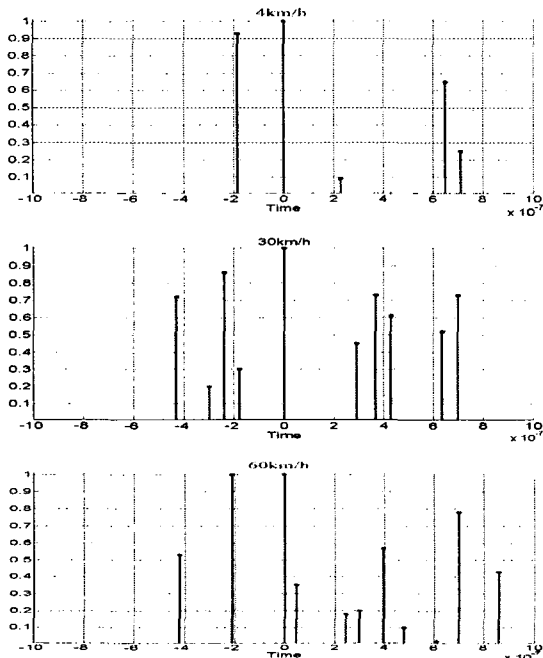


그림 7 4km/h, 30km/h, 60km/h이동시 채널의 임펄스 응답

그림 7에서의 대표적인 NLOS지역으로 선정된 C지역에서의 4km/h이동시 최대 지연은 713.29 n sec 이며, RMS 지연 확산값은 1001.3 n sec 이다. 30km/h이동시 최대지연은 2314.1 n sec 이며, RMS 지연 확산값은 1143.8 n sec 이다. 60km/h이동시 최대지연은 1066.4 n sec 이며, RMS 지연 확산값은 1247.1 n sec 이다. NLOS 지역은 다른 지역에 비해 지연된 간섭성분이 많이 분포되어 있음을 확인할 수 있으며, 이동속도가 증가됨에 따라 Delay Profile 특성이 열악해지는 것을 확인할 수 있다. 표 3은 이러한, NLOS 지역에서 이동속도별 Delay Profile의 정량화된 값으로 정리한 것이다.

표 3 NLOS지역에서의 이동속도별 Delay Profile

	NLOS 지역					
	4Km		30Km		60Km	
	Amplitude (dB)	Delay (n sec)	Amplitude (dB)	Delay (n sec)	Amplitude (dB)	Delay (n sec)
P1	1.00	2.32	1.00	2.32	1.00	2.32
P2	0.92	-192.84	0.30	-178.9	0.34	62.73
P3	0.06	236.98	0.861	-239.31	0.98	-225.37
P4	0.66	645.91	0.45	292.75	0.17	248.61
P5	0.24	713.29	0.20	-299.72	0.20	311.33
P6	.	.	0.73	369.42	0.57	388.01
P7	.	.	0.61	429.83	0.53	-448.42
P8	.	.	0.72	-429.83	0.1	-476.3
P9	.	.	0.52	636.62	0.01	622.6
P10	.	.	0.73	699.35	0.76	697.02
P11	.	.	0.22	1223.7	0.42	880.57
P12	.	.	0.28	-1768.1	0.17	1066.4
P13	.	.	0.15	2098	.	.
P14	.	.	0.14	2216.5	.	.
P15	.	.	0.23	2314.1	.	.

**4. Delay Profile 특성 분석 및 고찰**

본 논문에서는 이동환경에서 ATSC-DTV의 채널 특성을 도출하는 방법으로 PN511코드를 이용한 채널 분석 기법을 제시하였다. 본 논문은 필드테스트를 통해 ATSC-DTV의 이동 채널 데이터를 수집하였으며, 수집한 데이터의 분석을 통해 측정 지역의 최대지연, 평균지연, RMS 지연 확산을 도출하여 대표적인 세 지역을 선정할 후, 이동환경의 채널 모델링을 실시하였다.

표 4는 대표지역으로 선정할 A, B, C지역에서의 4km/h, 30km/h, 60km/h 속도에 따른 이동 채널 모델을 최종적으로 정리하여 도출하였다.

표 4 지역별 이동 채널 Delay Profile

	LOS 지역			중간지역			NLOS 지역		
	4km/h	30km/h	60km/h	4km/h	30km/h	60km/h	4km/h	30km/h	60km/h
다중경로수	1	1	2	6	5	4	5	15	12
최대지연 (nsec)	2.32	2.32	225	299.72	367.1	364.77	713.29	2314.1	1066.4
Mean Delay (nsec)	8.9	-8.8	53	139	119	106	213	173	136
RMS Delay (nsec)	36.7	36.7	268.2	763.1	798.7	874.9	1001	1144	1247
진폭	1로 정규화함								

**5. 결론**

본 논문에서는 이동환경에서 ATSC-DTV 수신기의 성능 개선 연구를 위해 PN 511 칩 코드의 ACF를 이용한 지상파 DTV 이동 채널의 Delay Profile을 제시하였다. 도출한 지상파 DTV 이동 채널의 Delay Profile을 기반으로 하여 적절한 채널 추정기법의 도입 및 등화기 등의 여러 가지 방법을 적용하여 지상파 DTV 이동채널에 적합한 수신기의 성능개선에 진전을 가져 올 수 있다. 또한, 제시한 지상파

DTV 이동 채널의 Delay Profile은 국내외 ATSC-DTV 수신기의 이동환경에서 성능 개선을 위해서는 반드시 선행되어야 하는 중요한 과정중 하나이며, 향후 향상된 수신 기술을 기반으로 현재 이동수신이 되지 않는 ATSC-DTV에 진전을 가져올 것으로 기대된다.

## Reference

- [1] 정보통신부, 주관연구기관 한국방송공사, "지상파 디지털TV방송 테스트베드 구축지원에 관한 연구" 2000.10.31
- [2] Digital Broadcasting Experts Group "Comments on the ABERT/SET Final Report",2000
- [3] 한국방송영상산업진흥원, "디지털TV 방송 실시를 위한 필드 테스트"방송동향과 분석 통권 134호
- [4] 김강수, "디지털 텔레비전 전송기술", 커뮤니케이션북스, 2002, 5
- [5] KBS 기술연구소, "지상파 디지털 TV방송연구", 2001년 기술보고서