

〈主 題〉

# SDV 기술과 그 응용

문 두 영, 한 상 길

(LG정보통신(주) 전송연구원)

□차 례□

- |                |           |
|----------------|-----------|
| I. 서론          | IV. 채널 특성 |
| II. SDV 시스템 개요 | V. 사용 기술  |
| III. 스펙트럼 호환성  | VI. 맺음말   |

## 〈요약〉

이미 우리의 현실로 도래하고 있는 정보화 사회의 다양한 멀티미디어 서비스를 가입자에게 제공하기 위하여 초고속정보통신망의 구축이 국가적인 차원에서 점진적으로 진행되고 있으며 특히 가입자망의 분배와 광대역화는 핵심적인 부분을 차지한다. 현재 가입자망의 광대역화를 구현하기 위한 방안으로 여러 가지 다양한 방법이 고려되고 있지만 이의 구현에는 막대한 양의 투자와 많은 시간을 필요로 한다. 따라서 가입자망의 광대역화에 대한 다각적인 고찰과 이에 따른 체계적이고 경제적인 진화 계획의 수립이 요구되고 있다. 본 고에서는 가입자망 광대역화의 최종 목표인 가입자 광케이블(FTTH : Fiber To The Home)의 이전 단계인 FTTC(Fiber To The Curb)구조하에서 경제적인 FTTC 시스템을 구현할 수 있는 방안중의 하나로 부상하고 있는 SDV(Switched Digital Video)의 기술과 그 응용에 대하여 검토하여 보았다.

### I. 서론.

사회의 급격한 정보화 추세 및 단말기의 멀티미디어화에 따라 다양한 멀티미디어 공중통신 서비스를 가입자에게 제공하기 위해서는 고 신뢰의 전송 품질

과 최소한 수 Mb/s 이상의 넓은 대역폭을 필요로 하며 교환망, 전송망들을 포함한 통신망 전체의 구조를 혁신적으로 개선하는 초고속 정보통신망의 구축이 추진되어야 한다. 그러나 이러한 초고속정보통신망을 구축함에 있어서 가장 많은 투자를 요구하는 부분이 바로 가입자망 광대역화이다. 현재 고려되고 있는 가입자망의 광대역화 방안으로는 기존의 전화선로를 이용하는 ADSL(Asymmetric Digital subscriber Line) 방식, 광선로와 동선을 혼용하는 HFC(Hybrid Fiber Coax)방식, 무선을 이용한 LMDS(Local Multipoint Distribution System) 방식, 그리고 모든 구간에 대하여 광선로를 적용하는 SDV(Switched Digital Video) 방식 등으로 구분할 수 있다. 여기서 광가입자망의 구축에서 반드시 고려해야 할 사항은 기존선로를 최대한 활용하는 동시에 초기 광대역서비스 수요를 흡수할 수 있는 체계적이고 점진적인 진화계획의 수립이 필수적이다. 우리나라의 경우 광가입자망의 진화계획은 다음과 같다.

- 제 1 단계 : FTTO 구축(1997년)
- 제 2 단계 : FTTC 구축(2001년)
- 제 3 단계 : FTTH 구축(2006년)
- 제 4 단계 : FTTH 완성(2015년)

### II. SDV 시스템 개요

FTTC(Fiber To The Curb) network 구조하에서

광선로는 Curb측의 ONU(Optical Network Unit)까지 포설되며 가입자측 방향으로의 ONU는 광신호를 전기신호로 변환하여 최대 50 가입자 신호를 분배한다. 망측 방향으로의 ONU는 가입자 신호를 다중화하고 전기신호를 광신호로 변환하여 망측으로 송출한다. FTTC 구간에서 SDV는 전기신호를 UTP(Unshielded Twist Pair Cable) 또는 동축 케이블을 통하여 다양한 멀티미디어 정보를 각각의 가입자에게 제공한다. (그림.1)에 FTTC 구조에서 SDV 시스템의 일반적인 구성도를 나타내었다.

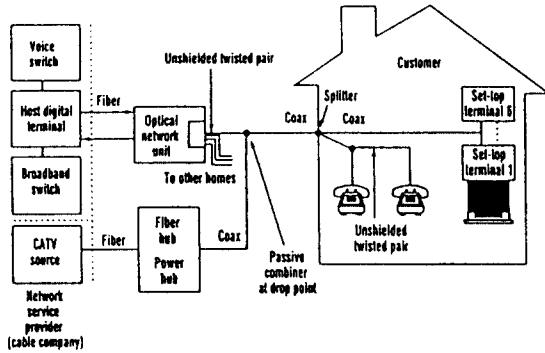


그림 1 SDV 시스템 구성도.

이 그림에서 UTP상에는 POTS(Plain Old Telephone Service)신호와 SDV 신호가 송수신되며 coax상에는 기존 아날로그 CATV신호가 송신된다. passive combiner는 UTP상의 SDV신호와 coax상의 아날로그 CATV신호를 Combine 할뿐만 아니라 가입자까지 신호전송을 위하여 임피던스 정합 기능을 수행한다. splitter는 POTS, SDV 및 아날로그 CATV신호가 복합된 동축선으로부터 POTS신호를 분리하여 전화기 접속을 제공한다. 여기서 SDV신호는 하향 채널과 상향 채널로 구분할 수 있으며 하향 채널(ONU --> set top 단말기 방향)은 51.84Mb/s의 STS-1급의 데이터 속도로, 상향 채널(set top 단말기 --> ONU 방향)은 1.62Mb/s로 동작한다. 51.84Mb/s의 하향 채널 대역폭은 현재의 영상 압축 기술로 HDTV 2 채널, NTSC 급 비디오 12 채널 또는 VHS급 비디오 30 채널을 전송할 수 있는 대역폭이다. 전송방법은 하향 채널에 대하여 16-CAP(Carrierless AM/PM), 상향 채널에 대해서는 QPSK(Quadrature Phase Shift keying)가 사용되고 있으며 이는 DAVIC (Digital Audio-visual council)규격에 정의되어 있다.

### III. 스펙트럼 호환성

일반적으로 SDV 시스템에서 사용되는 주파수 대역은 기존의 아날로그 TV, FM Audio 및 아날로그 CATV 등의 서비스가 점유하고 있는 54MHz - 550MHz 이하의 대역을 사용한다. (그림.2)에서 SDV와 아날로그 CATV 및 기타 서비스들의 스펙트럼 위치를 보여주고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 POTS 신호는 0 - 4KHz의 대역을 점유하며, SDV 신호는 30MHz 이하의 대역을 점유한다.

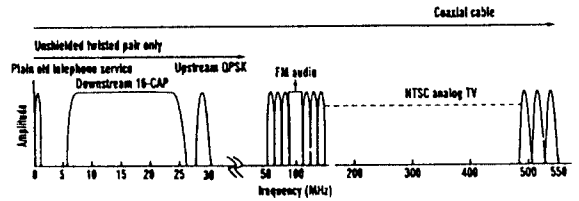


그림 2. 스펙트럼 위치

51.84Mb/s의 하향 채널은 16-CAP변조에 의하여 약 20MHz의 대역폭을 가지며 상향 채널은 약 1.6MHz의 대역폭을 갖는다. 보다 상세한 스펙트럼 위치는 다음과 같다.

	POTS [kHz]	하향 채널 16-CAP [MHz]	상향 채널 QPSK [MHz]
B/W	0 - 4	6.48 to 25.92	28.35 to 29.97
Fc [MHz]	-	16.2	29.16

### IV. 채널 특성

일반적으로 전송 채널은 여러 가지 요인에 의하여 전달특성이 열화 된다.

#### 1) 전달 손실(Propagation Loss)

UTP선로의 전달 손실 특성은  $\sqrt{f}$ 에 대하여 증가할수록 특성을 갖는다. 주파수 관점에서 전달 손실특성을 살펴보면

$$L_p(f) = a d \sqrt{f} + b d f$$

여기서,  $L_p(f)$  : 전달 손실[dB]

a, b : UTP 종류에 따른 변수  
(선로굵기, 절연종류 등...)

d : 선로 길이[kft]

f : 주파수[MHz]

예를 들어, 30 MHz에서 24 AWG(0.5mm) UTP 선로의 전달 손실을 계산하면 약 36dB/kft 정도이며, 동일한 주파수에서 RG-6 동축 케이블의 전달 손실은 약 10 dB/kft이다.

2) 누화(Cross-talk)

UTP 선로 상에서 신호가 전송될 때 인접 채널간에는 누화가 발생한다. 누화는 근단누화(NEXT : Near End Cross-Talk)와 원단누화(FEXT : Far End Cross-Talk)로 구분할 수 있으며 (그림. 3)은 근단누화와 원단누화의 경로를 보여주고 있다. SDV 시스템에 있어서 상향 채널과 하향 채널이 서로 다른 주파수 대역을 사용하므로 근단누화의 영향은 무시할 수 있으며, 원단누화가 전송 품질에 영향을 미칠 수 있다. 그러나 만약 상향 채널과 하향 채널이 동일한 주파수 대역을 사용한다면, 근단누화의 영향은 원단누화에 비하여 상대적으로 매우 심각한 영향을 준다. 이 점이 SDV 시스템에 있어서 상·하향 채널의 주파수 대역을 서로 다르게 위치하는 중요한 이유인 것이다.

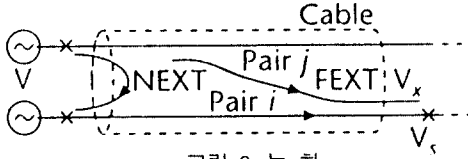


그림 3. 누 화

3) splitter.

splitter는 동축 케이블을 통하여 가입자 댁내의 서로 다른 위치로 아날로그 TV, 또는 CATV 신호를 분배하기 위하여 사용하며 일반적으로 하나의 입력 단자와 최대 6개 까지의 출력 단자로 구성되어 있다. 그러나 splitter는 크게 2 가지의 채널 전달 특성을 열화 시키는 요소를 갖고 있다. 하나는 splitter를 통

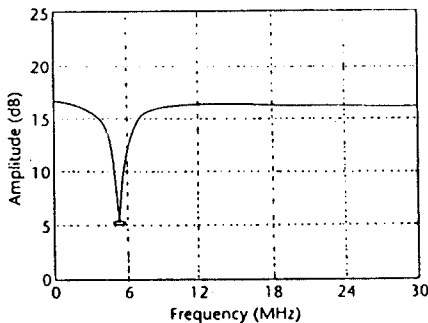


그림 4. splitter의 전달 특성.

과하면 약 3 - 6 dB정도의 전달 손실이 발생하며, 또 다른 하나는 약 5 - 6 MHz 이하의 주파수 대역에서 매우 큰 null이 존재한다. (그림. 4)는 splitter의 전달 특성을 보여주고 있다.

또한 상용화되어 있는 splitter들은 일반적으로 주파수 영역 등과 같은 전기적 특성에 대하여 아직 규정되지 않고 있다. 위 그림과 같은 null은 또한 RFI(Radio Frequency Interference)에 의해서도 발생할 수 있으며, 이러한 null의 영향은 DFE(Decision Feedback Equalizer)를 사용함으로써 극복할 수 있다.

4) 충격성 잡음.

충격성 잡음은 가입자 댁내의 조명 기구 등에 의하여 발생하며 (그림. 5)는 조명기구에 의하여 발생하는 충격성 잡음의 특성을 보여 주고 있다.

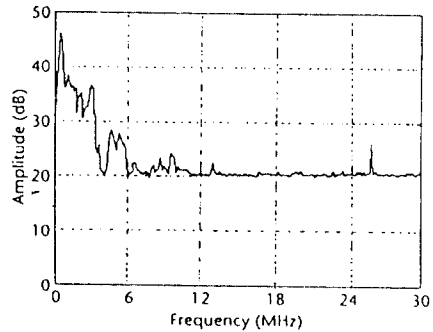


그림 5. 충격성 잡음 특성.

그림에서 보는 바와 같이 충격성 잡음의 에너지는 대부분 6 MHz 미만의 대역에 존재하며, 이 잡음에 의하여 발생하는 오류는 interleaving과 Read-Solomon code 와 같은 전방향 오류정정(FEC : Forward ErrorCorrection)을 통하여 극복할 수 있다.

V. 사용 기술.

1) CAP(Carrierless AM/PM)

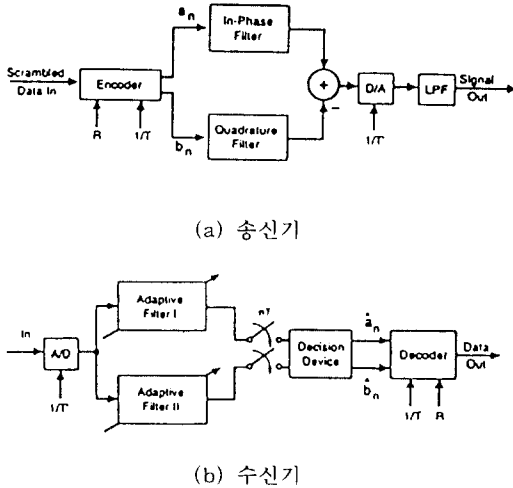
일반적으로 선로부호에 따른 대역 효율은 1 Hz 당 전송할 수 있는 bit의 수로서 계산할 수 있으며 다음과 같은 식으로 구현된다.

$$\text{대역 효율} = R/W \text{ [bps/Hz]}$$

여기서, R = Bit rate

W = 사용 채널의 대역폭

CAP은 QAM(Quadrature Amplitude Modulation) 과 유사한 대역 효율이 우수한 2 차원 passband 전송 방식이다. (그림. 6)은 CAP 송, 수신기의 구조를 나타내고 있다.



(a) 송신기

(b) 수신기

그림 6. CAP 송, 수신기.

송신기는 위 그림(a)에서 보는 바와 같이 스크램블된 데이터는 2 차원 인코더(또는 bit to symbol mapper)를 통하여 2 개의 symbol 스트림  $a_n$  과  $b_n$  으로 출력된다. 이 symbol stream  $a_n$  과  $b_n$  에 의하여 표현되는 것을 신호 격자도(Signal constellation)이라 하며 (그림. 7)은 16-CAP 송신 신호 격자도의 모습을 보여주고 있다. in-phase 와 quadrature 디지털 필터를 통과한  $a_n$  과  $b_n$  이 서로 합해져서 D/A (Digital-to-Analog) 변환기와 저역 통과 필터(LPF : Low Pass Filter)를 통과하여 전송 채널로 출력된다.

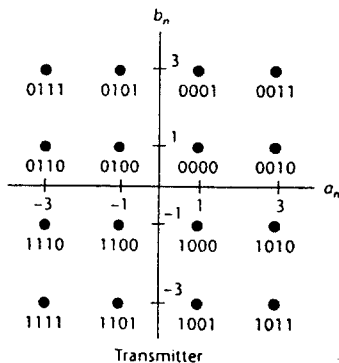


그림 7. 송신 신호 격자도.

출력된 신호를 수학적으로 표현하면,

$$S(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n p(t-nT) - \sum_{n=-\infty}^{\infty} b_n \hat{p}(t-nT)$$

여기서,  $p(t)$  : in-phase 필터의 임펄스 응답 특성  
 $\hat{p}(t)$  : quadrature 필터의 임펄스 응답 특성

수신기는 (b)에서 보는 바와 같이 채널로부터 입력된 신호는 A/D(Analog-to-Digital) 변환기를 거쳐 2 개의 adaptive 필터로 입력되며, 이 필터는 일반적으로 등화기(Equalizer)라 한다. 이 등화기의 2 개 출력을 symbol rate 1/T로 sampling한  $a_n$  과  $b_n$  의 값으로 표현되는 것이 (그림. 8)의 수신 16-CAP 신호 격자도의 모습이다.

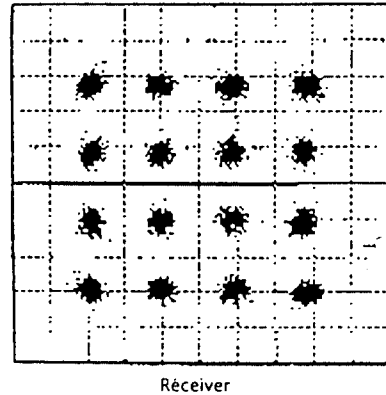


그림 8. 수신 신호 격자도

### 2) SDV 송, 수신기

앞에서 언급한 바와 같이 SDV 시스템의 51.84Mb/s 하향 채널에 대하여 DAVIC은 이미 16-CAP으로 결정하였으며, 현재 고려되고 있는 16-CAP 송수신기와 QPSK 송수신기 설계 파라미터는 다음과 같다.

구분	기호	기준
bit / symbol	m	4
symbol rate	1 / T	12.96 Mbaud
excess B/W	a	0.5
center주파수	$f_c$	16.2 MHz
lowest주파수	$f_{max}$	6.48 MHz
highest주파수	$f_c$	25.93 MHz
대역폭	W	19.44 MHz
shaping 필터	Square-root raised-cosine	

16-CAP 파라미터

구 분	기 호	기 준
bit / symbol	m	2
symbol rate	1 / T	0.81 Mbaud
excess B/W	a	1
center주파수	$f_c$	29.16 MHz
lowest주파수	$f_{min}$	28.35 MHz
highest주파수	$f_{max}$	29.07 MHz
대역폭	W	1.62 MHz

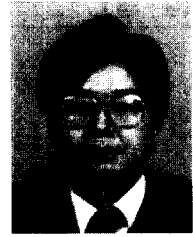
## QPSK 파라미터

## Ⅵ. 맺 음 말

지금까지 본 고에서는 앞으로 다양한 광대역 멀티미디어 서비스를 위하여 우리가 궁극적으로 목표하는 FTTH로 전환하는 과정의 중간단계에 있는 FTTC의 구조하에서 현실적으로 가장 경제적인 시스템을 구현함으로써 광대역 서비스의 활성화에 기여할 수 있는 SDV 기술과 그 응용에 대하여 살펴보았다. SDV 기술 및 그 응용은 FTTC 구조하에서는 물론 FTTH가 일반화될 것으로 예상되는 2015년 이후에도 최종 가입자의 고속 데이터 Access용 장치로 널리 사용될 수 있을 것이다. 그러나 향후 발생가능한 모든 서비스들에 대처하기 위해서는 51 Mb/s 급 이외에 보다 더 다양한 전송 속도를 지원할 수 있는 SDV 장치에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다.

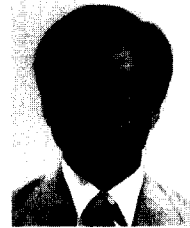
## 참 고 문 헌

- [1] 텔레콤 제 10 권, 제 2 호
- [2] T1E1.4 / 92-149 Aug 19, 1992 "Design of Digital carrierless AM/PM Transceiver"
- [3] IEEE J. Selected areas Comm. vol.13, No. 9, Dec, 1995 "Bandwidth-Efficient Digital transmission over Unshielded Twisted-pair Cable"
- [4] IEEE J. Selected areas Comm. vol.13, No. 9, Dec, 1995 "Broadcast digital Subscriber Lines"
- [5] IEEE J. Selected areas Comm. vol.13, No. 9, Dec, 1995 "ADSL and VADSL splitter Design and Telephony performance"
- [6] DAVIC 1.2 Specification
- [7] GR-253-CORE issue 1, Dec. 1994 "SONET Transport system : common Generic Criteria"



문 두 영

- 1980년 : 한양대학교 전자공학과 졸업
- 1980년 : 금성 전기(주) 입사
- 1987년 : LG정보통신(주) 입사



한 상 길

- 1986년 : 한양대학교 전자공학과 졸업
- 1990년 : LG정보통신(주) 입사