

# 초고속 VDSL 통신망에서의 라디오주파수 간섭에 관한 시뮬레이션

박인정

단국대학교 전자컴퓨터 학부  
digitallab@kornet.net

## A Simulation on Radio Frequency Interference in High Speed Network, VDSL System

In Jung Park

College of Electronics and Computer, Dankook University

### 요 약

본 논문은 멀티미디어를 위한 초고속 통신망으로서의 역할을 하고 있는 VDSL망에서, 라디오 주파수 인터피어런스(RFI:Radio Frequency Interference)가 가해진 VDSL 시스템의 데이터 전송 능력을 분석하였다. 이를 위해 ANSI 표준문서와 FSAN의 제안서를 참조하여 VDSL관점에서 ANSI DSL Standard Group T1E1.4에 제시된 VDSL Test Loop를 사용하였다. 국내에서 사용되고 있는 아마추어 무선(HAM)용 주파수 대역에 적용한 경우에 대해 VDSL 전송 능력을 파악하였으며, 이를 위해 Matlab tool을 이용하여 컴퓨터 시뮬레이션 하였다. VDSL 방식 이론에 근거한 전송 속도에 대한 계산에서, RFI 유입을 방지하기 위해 notch를 형성한 PSD(Power Spectral Density)를 사용하였으며, 이에 대한 실험을 통하여 VDSL 시스템의 전송 속도 감소를 확인하였다.

### 1. 서 론

DSL(디지털 가입자 선로, Digital Subscriber Line)은 고속 데이터 통신에 사용하기 위해 POTS가 사용하는 대역 이상을 사용하는 기술이다. VDSL(Very high-bit-rate Digital Subscriber Line)은 DSL 기술의 한 종류로 twisted-pair line(TP, UTP, 꼬임선)을 이용하여 이론상 비대칭 전송시 최대 52 Mbps까지 전송할 수 있는 초고속 통신망에 사용되는 기술이다. 최근 ADSL이 널리 보급되고 있지만, 이미 이용자들의 요구수준은 ADSL의 속도 이상을 요구하고 있다. 다음 단계를 담당할 기술대안으로 고려할 수 있는 차세대 가입자망 기술인 VDSL이 요구되고 있다.[1,2] 차세대 멀티미디어 통신을 위해 고속의 데이터를 전송하기 위한 VDSL은 1 MHz이상의 주파수 대역 및 UTP를 사용하기 때문에 여러 문제가 발생한다.

본 논문에서는 국내에서 사용되고 있는 아마추어 무선(HAM)에서 사용하는 주파수 대역을 적용하여 RFI 유입에 대한 영향을 받지 않기 위해 notch를 형성한 PSD를 사용하여 VDSL 전송능력을 Matlab tool을 이용하여 컴퓨터 시뮬레이션을 하고자 한다.

### II. VDSL 특징

VDSL 망을 구성하기 위해서는, 전화선에서 고속의 데이터전송을 하기 위해 가입자와의 거리를 1.5Km (5 Kft)정도로 제한한다. ANSI에서는 단거리(300 m), 중거리(0.9 km), 장거리(1.35 km) 세 종류의 거리를 명시하

고 있다[4]. 일반적으로 두 종류의 loop 구조가 있는데, 첫째는 FTTE<sub>x</sub> 로써 밀집된 주거지역이나 상업지역에 적용한다. 이 경우는 전화국까지의 거리가 1.5Km 이내이기 때문에 많은 가입자들은 전화국이나 교환국에 직접 접속하게 된다. 둘째는 FTTCab로써 가입자가 1.5 Km이상에 위치할 경우이다. CO, LEX에서 ONU까지는 광 케이블이 연결되며, ONU에서 가입자까지는 기존의 전화선로가 사용된다. 광 케이블을 통하여 전송되어온 광 신호는 ONU에서 전기신호로 변환된 후, 각 가입자로 보내지기 위하여 역다중화되며, 한 개의 ONU는 약 수십 가입자를 서비스한다. 또한 ONU는 가입자로부터 수신한 데이터를 네트워크로 전송하기 위하여 다중화를 거친 후 광 신호로 변환하는 기능도 수행한다.[7]

### 2.1 VDSL 시스템 참조모델

그림1은 VDSL 시스템을 나타내는 블록도로서 참조 모델이라 부른다[4,5]. VTU-O는 ONU측이며, VTU-R(VTU at Remote)은 가입자 측을 의미한다.

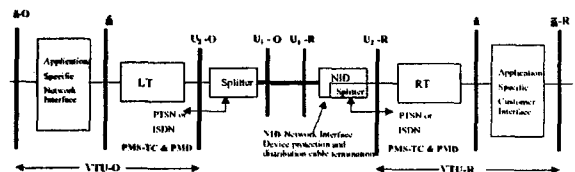


그림 1. VDSL 시스템 참조 모델

## 2.2 잡음원

잡음원 중 RFI에는 Radio Amateur RFI, AM/SW Broadcast RFI, impulse noise 등이 있으며 채널의 신호 감쇄를 유발하며 전송속도를 떨어뜨리는 요인이 된다. RFI의 가장 큰 요소로는 HAM (amateur radio) 송수신기인데, 송출전력이 50 w ~ 1.5Kw(국가별로 다르다.) 정도여서 전화선로에 수 미터로 근접할 경우 문제가 발생된다. 비록 AM 방송이 더 높은 송출전력을 사용하지만 송수신기가 전화선로에 근접하는 것이 아니기에 HAM에서 나오는 에너지에 비해 더 작은 크기로 영향을 준다. 게다가 AM방송에는 많은 방송국을 사용하기 위해 방송파를 송출하는데, 반면 HAM 송수신기 사용자는 주파수를 자주 바꾸면서 사용하고, 대부분 SSB변조된(single side-band) 신호를 송출한다. HAM 사용에는 특정 밴드만을 허용한다. ANSI에서는 HAM의 수신 RFI의 PSD를 -30 ~ -70 dBm으로 규정하고 있다.

만약 VDSL이 ANSI에서 제시한 HAM의 주파수대역에서 정의된 대역을 사용하게된다면 HAM 주파수대역에 영향을 주게된다. 규정된 VDSL의 통과대역(138 KHz ~ 12 MHz)이 HAM 밴드와 4곳이 겹침으로 이를 극복하기 위해 DMT VDSL 시스템은 HAM 대역에 Sub-channel을 사용하지 않음으로써 RFI 유출을 방지할 수 있고, QAM VDSL에서는 4개 대역에 대한 필터를 사용하여 notch를 형성한다. 한편 북미와 유럽에 사용되는 HAM대역이 서로 약간의 차이가 있지만, ANSI와 ETSI에서는 VDSL로부터 HAM에 영향을 주는 RFI 유출 문제를 해결하기 위해서는 VDSL 시스템의 송신부가 HAM 주파수 대역과 겹치는 부분의 최대 전력(Maximum transmit power) 즉 PSD를 -80 dBm이하로 제한시키는 PSD mask의 디자인이 요구된다[1]. 또한 선택사항 모드로 HAM의 영향이 없는 곳에서는 HAM 주파수 밴드의 하나 또는 두 개에 한하여 Sub-channel을 사용함으로써 VDSL의 성능을 향상시킬 수 있게 하였다[6].

## III. 실험 환경

### 3.1 시뮬레이션 툴 및 환경

본 논문에서는 VDSL 전송 능력을 측정하기 위해 ANSI DSL Standard Group T1E1.4에 제시된 VDSL test loop를 기본으로 사용하였다. line code 방식에 대한 적용은 이론에 따라 계산하는 방식을 적용한 "VDSL-theo"과 DMT방식을 적용한 "VDSL-DMT"의 전송 속도를 계산하였으며, 보다 복잡한 VDSL 시스템의 구성에 대한 실험을 위해 FSAN "Noise model A"와 "Noise mode F"를 고려하였다. 국내에서 사용되고 있는 아마추어 무선(HAM)에서 사용하는 주파수 대역을 적용하여 RFI를 방

지하기 위해 PSD Mask를 형성하였고, Matlab tool을 이용하여 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 VDSL 전송 능력을 계산하였다.

### 3.2 시험 선로

본 논문에서 사용되는 VDSL 전송 채널의 시험 모델은 그림 3에 예시한 바와 같이 ANSI T1E1.4 DSL Standard Group에서 제안하고 있는 VDSL 시스템의 시험과 평가를 위한 "VDSL Test Loop"이다.[4]

### 3.4 RFI 주파수 밴드

본 논문에서는 RFI의 영향을 줄이기 위해 notch를 형성한 PSD Mask를 사용할 경우 예상되는 속도 저하에 대한 시뮬레이션을 하였다. 한국은 ANSI에서 규정한 주파수 대역과 비슷한 대역을 사용하나, 보다 정확한 측정을 위하여 국내 사정에 적합한 주파수 대역을 사용하였다.

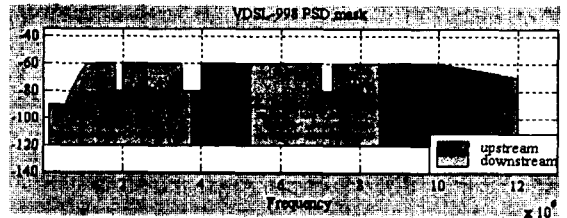


그림 2. ANSI-HAM Band

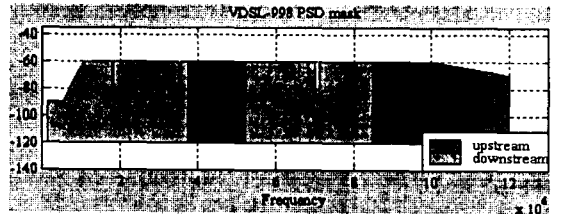


그림 3. KARL-HAM Band

## IV. 결과 및 검토

국내 HAM의 주파수 할당을 이용하여 RFI의 영향을 받지 않기 위해 해당 주파수 대역에 notch를 형성하여 VDSL 전송 속도를 계산하였다(표1).

VDSL-DMT에 대해 HAM 사용시 발생하는 RFI의 영향을 받지 않기 위해 해당 주파수 대역에 notch를 형성하여 VDSL 전송 속도를 계산하였다.

또한 "VDSL-theo"과 "VDSL-DMT"에 대해 VDSL test loop 1, TP2, short, medium, long과 VDSL test loop 5, 6, 7의 test loop를 이용하여 국내 실정에 맞게

KARL에서 명시한 HAM 밴드를 이용하여 RFI에 대한 영향을 측정하였다(표2). 이 경우는 RFI의 영향을 받지 않기 위해 해당 주파수 대역에 notch를 형성한 PSD를 이용하여 VDSL 전송 속도를 계산하였다.

표 1. RFI에 대해 notch를 형성한 PSD 사용시 VDSL 전송 속도 계산 (단위 : Mbps)

Line Code		Theory	Simulation Result	
RFI		KARL-HAM	KARL-HAM	
Test Loop				
Loop 1 (TP2)	S	DS	36.09	36.23
		US	16.81	16.19
	M	DS	29.14	29.04
		US	9.06	8.08
	L	DS	18.42	17.45
		US	2.80	2.52
Loop 5	·	DS	39.97	39.82
		US	19.07	18.85
Loop 6	·	DS	23.33	22.41
		US	4.69	4.49
Loop 7	·	DS	12.49	12.13
		US	0.26	0.00

표 2. VDSL-DMT 전송 속도 계산 (단위 : Mbps)

RFI		KARL-HAM 적용		
X-talk		Noise Model A에 적용	Noise Model F에 적용	
Test Loop				
Loop 1 (TP2)	S	DS	32.28	23.20
		US	15.84	15.24
	M	DS	24.78	5.52
		US	7.46	1.37
	L	DS	14.07	0.35
		US	2.25	0.00
Loop 5	·	DS	36.14	26.58
		US	18.33	17.13
Loop 6	·	DS	17.52	0.52
		US	4.01	0.00
Loop 7	·	DS	8.40	0.00
		US	0.00	0.00

IV. 결 론

본 논문에서는 VDSL 시스템의 전송 능력을 평가하기 위해 MATLAB을 이용하여 시뮬레이션 하였다. 이를 위

해 Line code 방식 VDSL-theo과 VDSL-DMT을 적용하였다. 사용된 선로 모델로는 ANSI에서 제공되는 VDSL Test Loop 1, TP2, Short, Medium, Long과 loop 5, 6, 7를 사용하였다. 그리고 외부의 누화 잡음원으로 ANSI에서 발표된 FSAN "Noise model A"와 "Noise mode F"과 WGN을 적용하였다. 국내에서 사용되고 있는 HAM에서 발생하는 RFI 영향을 고려하기 위해 DMT 방식에서 사용하는 notch를 이용한 PSD Mask를 사용한 경우 전체 평균 1%이내의 전송 속도 감소가 있음을 측정하였다. VDSL-DMT를 적용하고 외부의 간섭이 있는 경우와 없는 경우의 전송 속도를 비교할 때, 외부의 간섭이 없는 경우에 대해 downstream과 upstream을 포함한 전체 평균 전송 속도에 대해 첫째 RFI 방지를 위해 notch 형성을 위한 PSD를 사용하고 Noise Model A를 적용한 경우 평균 86.96%로 감소되고, 둘째 RFI 방지를 위해 notch 형성을 위한 PSD를 사용하고 Noise Model F를 적용한 경우 평균 43.18%로 감소됨을 확인하였다.

본 연구의 결과를 이용하여 VDSL 시스템을 네트워크에 설치하기 전에 미리 발생될 수 있는 문제점과 속도 저하 요인을 밝혀내며 현저하게 속도를 떨어뜨리는 주요 요소들을 분석하여 VDSL 시스템 개발에 적극 활용할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 강규민, 임기홍, "VDSL 가입자 전송기술 개발 및 표준화 동향", 한국통신학회지, 제 16권 10호, pp.1214-1226, 1999년 10월.
- [2] 멀티미디어 통신기술(xDSL 중심) 워크샵 프로시딩, 대한전공학회 멀티미디어연구회, 1999년 11월 11일-12일.
- [3] 초고속 멀티미디어 통신네트워크 "ADSL 및 VDSL 기술 강좌", 한국xDSL포럼, 2001년 2월 19일-20일.
- [4] ANSI T1E1.4/2001-009R3 "Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line(VDSL) Metallic Interface, Part1:Functional Requirements and Common Specification", Feb 19-23, 2001.
- [5] 전원기, 조용수 외, "DMT방식의 xDSL 모뎀 기술", 한국통신학회지, 제 16 권 10 호, pp.1239-1257, 1999년 10월.
- [6] ANSI T1E1.4/2000-013R4 "Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line(VDSL) Metallic Interface, Part3 : Technical Specification for a Multi-Carrier Modulation Transceiver November 13-17, 2000.
- [7] 임기홍 외. "FTTC/VDSL 가입자 전송기술 51.84 Mb/s 16-CAP과 1.62 Mb/s QPSK Burst TDMA", pp.169-179, 한국통신학회지, 제15권 7호,1998년 7월.