

# 양방향 10MDSL 서비스를 위한 개선된 VDSL Frequency plan

길 정 수, 권 호 열  
강원대학교 컴퓨터정보통신공학과  
전화 : 033-250-6389 / 핸드폰 : 016-346-4512

## Improved VDSL Frequency plan for Symmetric 10MDSL Service

Jung-Su Kil, Ho-Yeol Kwon  
Dept. of Computer Engineering  
E-mail : unix@kwnu.kangwon.ac.kr

### Abstract

In this paper, we studied a new VDSL frequency plan mode 6 for improved symmetric 10MDSL service. The frequency plan 998 for asymmetric and frequency plan 997 for symmetric have are not optimally designed for 10MDSL service. To improve reach and rates of 10MDSL, we proposed for a new frequency plan.

According to the results of our simulation studies of newly proposed mode 6 frequency plan which compared to plan 998, 997, and others[2], the new scheme gives an improved performance in rates and reach.

### 1. 서 론

최근 인터넷 기술의 발전과 다양한 콘텐츠의 출현은 가입자와 서비스 제공자간에 넓은 대역폭의 확보를 요구하고 있다. 이에 따라 유선망의 궁극적인 목표인 FTTH(Fiber To The Home) 단계의 중간단계로서 VDSL(Very High-speed Digital Subscriber Line)이 주목을 받고 있다. VDSL은 기존의 ADSL에 비해 12

MHz 까지 대역폭을 확장함으로써 보다 고속의 서비스를 사용자에게 제공한다. 그러나 현재의 VDSL은 표준화 작업이 진행 중에 있으며, 임시적으로 ADSL 표준을 확장하여 VDSL에 적용하고 있다. 이러한 이유로 많은 부분에 있어 최적화 문제로 인한 성능 개선 연구가 진행 중에 있으며, 특히 T1 E1.4의 Working Group에 의해 ADSL/VDSL compatibility, Duplexing, Linecode, Specification, UPBO와 같은 다양한 분야에 대하여 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 이 중 Frequency plan의 최적화 문제를 살펴보고[1], 전송 성능을 개선하기 위하여 현재 Contribution에 의해 제안된 다양한 Frequency plan을 분석하였으며[2], 이러한 기존의 plan에 비해 상향전송과 하향전송의 성능이 개선된 새로운 plan을 제안한다

본 논문에서는 Asymmetric 기반의 서비스에 최적화된 Frequency plan 998(이하 plan 998)과 Symmetric 기반의 Frequency plan 997(이하 plan 997)을 Symmetric 10MDSL의 VDSL 서비스에 적용하였을 때 그 성능상의 문제점을 분석하고, plan 998와 plan 997의 전송성능 저하의 원인을 연구하며, 이를 개선하기 위하여 새로운 plan을 설계하기 위한 접근 방법을

연구하였다. 이를 통하여 기존의 plan에 비해 개선된 성능을 제공하는 새로운 Frequency plan을 제안하며, 제안된 plan을 현재 연구되고 있는 Frequency plan과 [2] 상향전송과 하향전송을 비교하여 성능의 개선 여부를 판단한다.

## 2. VDSL Frequency plan

### 2.1 VDSL 서비스와 전송률

현재의 VDSL 서비스를 위한 Frequency plan 998은 Asymmetric 서비스 환경을 기반으로 제안되었고, 이러한 목적으로 최적화가 이루어졌다[1]. 그러나 최근의 서비스 요구사항은 상향전송(Upstream)과 하향전송(Downstream)의 서비스가 같은 Symmetric 서비스가 요구되고 있다. 이러한 서비스를 제공하기 위하여 기존의 plan 998을 Symmetric 서비스 환경에 적용한 표 1과 같은 다양한 전송속도가 고려된 plan 997이 제안되었다. 그러나 plan 997은 이러한 이유로 VDSL의 초기 서비스로 고려되는, 10MDSL과 같은 서비스에서는 전송 거리와 속도에 있어서 충분한 서비스를 제공하기 어렵게 되었고, 현재 이러한 문제를 해결하기 위하여 Asymmetric 서비스에 기반 한 기존의 plan 998을 개선하여 Symmetric 10MDSL에 최적화된 새로운 Frequency plan이 연구되고 있다[7].

표 1. VDSL payload Bit rates

| Service Type        | Downstream (Mbps) | Upstream (Mbps) | Range kft.(km) |
|---------------------|-------------------|-----------------|----------------|
| Asymmetric plan 998 |                   |                 |                |
| Short               | 52                | 6.4             | 1 (0.3)        |
| Medium              | 26                | 3.2             | 3 (1.0)        |
| Long                | 13                | 1.6             | 4.5 (1.5)      |
| Symmetric plan 997  |                   |                 |                |
| Short               | 34                | 26              | 1 (0.3)        |
| Medium              | 13                | 13              | 3 (1.0)        |
| Long                | 6.5               | 6.5             | 4.5 (1.5)      |

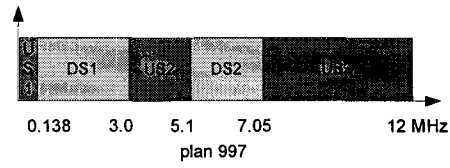
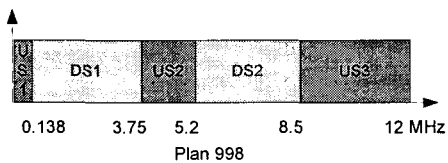


그림 1. Frequency plan 997과 998

### 2.2 대칭형 Frequency plan

Ikanos에서 연구된 Symmetric Frequency plan은 1.6km 거리에서 10Mbps의 Symmetric 서비스가 가능하도록 제안된 그림 2와 같은 plan 들이다[2]. 그러나 이 plan들은 Crosstalk이나 UPBO와 같은 VDSL의 성능에 심각한 영향을 미치는 잡음들을 고려하지 않은 plan 들로서 이러한 사실은 표 3의 Simulation 결과를 통하여 확인할 수 있다. 10MDSL 서비스를 위하여 실제의 잡음들을 고려한 plan이 필요하다는 판단을 갖게 된다.

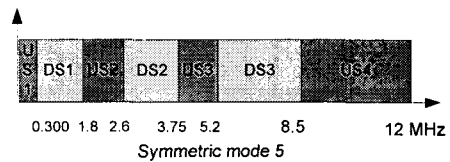
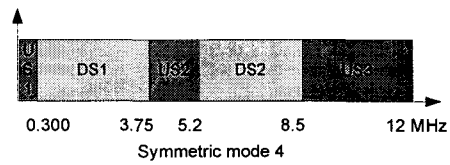
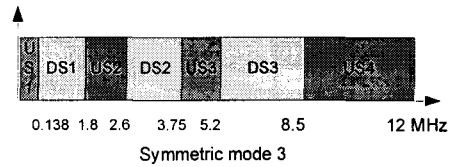
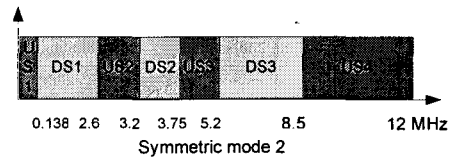
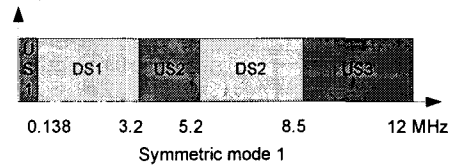


그림 2. Frequency plan

### 3. 제안된 Frequency plan

#### 3.1 Frequency plan의 설계

현재 예측되는 VDSL 서비스 환경은 그림 3과 같이 하나의 바인더 내에 복수의 가입자 Line이 존재하고, 각 Line은 VDSL, ISDN, ADSL, T1, HDSL 등 다양한 서비스가 혼재하는 서비스 환경을 구성하리라 예측되고 이러한 상황을 고려하여 plan을 설계하여야 한다. 우선 VDSL과 ADSL의 NEXT(Near End Crosstalk)에 의한 잡음의 영향을 감소시키기 위해 ADSL의 Frequency plan(Up: 25 ~ 138Hz, Down: 138 ~ 1.2 MHz)을 VDSL의 plan에 반영한다. 이렇게 함으로써 CO 쪽의 ADSL과 VDSL 간에 발생할 수 있는 NEXT의 영향을 방지할 수 있다. 또한 8.5MHz 이상의 High Frequency가 갖는 거리에 따른 급격한 신호 감쇄와 잡음의 증가로 인한 전송 성능의 저하를 고려하여 plan의 밴드를 구성한다.

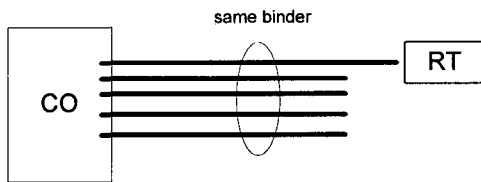


그림 3. VDSL 서비스 환경

위와 같은 조건들을 고려하여 1.2 ~ 8.5MHz의 주파수 대역에 대하여 가능한 조합들을 구성하여 US2와 DS2의 plan 밴드를 구성하여 그림 4과 같은 개선된 plan을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 그림 4의 plan과 Ikanos에서 제안하고 있는 다른 plan을[2] Simulation을 통하여 상향전송과 하향전송의 전송 성능을 비교함으로써 본 논문에서 제안하는 plan의 성능을 평가하였다.

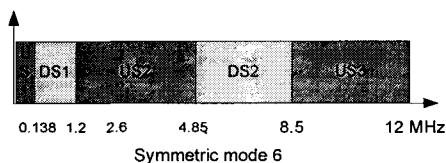


그림 4. 제안된 Frequency plan

#### 3.2 시뮬레이션 결과

지금까지 소개한 plan들에 대하여 ANSI의 VDSL 시험선로 상에서 Type A(VDSL 25), Type B(VDSL 25, ADSL 15, ISDN 5)와 같은 Crosstalk을 삽입하고, Ham band를 고려하였으며, VDSL 4의 경우 Line의 수가 20개로 한정되어 Type A(VDSL 10), Type B(VDSL 10, ADSL 5)로 고려하여 각각의 loop에 대하여 표 2와 같이 plan들의 성능을 비교 분석하였다.

표 2의 Simulation 결과를 살펴보면, VDSL 5와 같이 Bridge Tap(BT)이 2개 이상 존재하는 loop에서는 plan의 종류와 관계없이 현격히 저하된 성능을 제공함을 알 수 있었다. 결국 VDSL은 BT의 수에 따라 전송 성능이 급격히 저하됨을 확인할 수 있다.

표 2. Frequency plan Simulation

| Test loop | Crosstalk | plan 998       | plan 997       | mode 6         | mode 1         |
|-----------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|           |           | US/DS          | US/DS          | US/DS          | US/DS          |
| VDSL1     | Type A    | 17.8<br>39.47  | 26.87<br>30.0  | 32.90<br>24.35 | 20.70<br>36.81 |
|           | Type B    | 17.7<br>30.3   | 26.78<br>20.88 | 30.56<br>22.60 | 20.79<br>34.34 |
| VDSL2     | Type A    | 6.7<br>26.74   | 11.3<br>22.0   | 18.49<br>16.74 | 8.93<br>25.66  |
|           | Type B    | 5.72<br>18.25  | 9.41<br>14.04  | 12.8<br>14.8   | 7.45<br>22.74  |
| VDSL3     | Type A    | 6.2<br>26.16   | 10.47<br>21.83 | 17.79<br>16.59 | 8.25<br>25.20  |
|           | Type B    | 5.3<br>17.63   | 8.61<br>13.76  | 12.03<br>14.57 | 6.95<br>22.21  |
| VDSL4     | Type A    | 2.46<br>16.33  | 3.89<br>14.9   | 14.19<br>10.69 | 4.75<br>18.71  |
|           | Type B    | 1.99<br>10.08  | 2.29<br>8.74   | 5.59<br>8.27   | 3.82<br>16.37  |
| VDSL5     | Type A    | 18.14<br>39.91 | 27.31<br>30.39 | 33.31<br>24.65 | 37.23<br>21.0  |
|           | Type B    | 17.93<br>30.64 | 26.91<br>21.15 | 30.76<br>22.91 | 20.82<br>34.76 |

Type A: VDSL(25), Type B: VDSL(25), ADSL(15), ISDN(5)

표 3의 mode 1~5는 Ikanos에 의해 소개된 plan으로[2] 이에 대하여 Simulation을 실시한 결과이다. 이 결과를 살펴보면 상향전송과 하향전송의 전송 속도가 균등하지 않은, 즉 성능이 한쪽으로 편중된 결과를 확인할 수 있을 것이다. 또한 이러한 이유로 많은 Loop에서 상향전송의 성능이 10M에 미치지 못하는 결과를 확인할 수 있다.

표 3. Frequency plan Simulation[2]

| Test loop | Crosstalk | mode 2 | mode 3 | mode 4 | mode 5 |
|-----------|-----------|--------|--------|--------|--------|
|           |           | US/DS  | US/DS  | US/DS  | US/DS  |
| VDSL1     | Type A    | 21.26  | 23.06  | 17.59  | 23.06  |
|           |           | 36.23  | 34.41  | 40.01  | 34.41  |
|           | Type B    | 21.39  | 22.06  | 17.71  | 22.06  |
|           |           | 33.75  | 32.61  | 37.88  | 32.54  |
| VDSL2     | Type A    | 9.82   | 11.18  | 7.05   | 11.18  |
|           |           | 24.72  | 23.35  | 27.60  | 23.35  |
|           | Type B    | 8.65   | 8.56   | 5.93   | 8.56   |
|           |           | 21.75  | 20.90  | 24.97  | 20.84  |
| VDSL3     | Type A    | 9.21   | 10.55  | 6.44   | 10.55  |
|           |           | 24.19  | 22.84  | 27.07  | 22.84  |
|           | Type B    | 8.16   | 7.99   | 5.48   | 7.99   |
|           |           | 21.14  | 20.3   | 24.37  | 20.23  |
| VDSL4     | Type A    | 6.29   | 7.31   | 3.60   | 7.31   |
|           |           | 17.15  | 16.02  | 19.88  | 16.01  |
|           | Type B    | 4.34   | 4.52   | 3.28   | 4.52   |
|           |           | 14.80  | 13.87  | 17.85  | 13.78  |
| VDSL5     | Type A    | 21.59  | 23.41  | 17.88  | 23.41  |
|           |           | 36.58  | 34.75  | 40.4   | 34.75  |
|           | Type B    | 21.64  | 22.32  | 17.93  | 22.32  |
|           |           | 34.09  | 32.94  | 38.27  | 32.88  |

Type A: VDSL(25), Type B: VDSL(25), ADSL(15), ISDN(5)

본 논문에서는 Symmetric 10MDSL, 즉 상향전송과 하향전송에 대하여 10M의 전송성능을 보장하는 plan의 설계 조건을 살펴보고, 표 2를 통하여 이러한 조건에 가장 적합한 plan은 mode 6임을 알 수 있었다. mode 6은 plan 998과 plan 997에 비하여 상향전송과 하향전송을 합한 전체 전송 성능과 양방향 10M의 지원에 있어서 개선된 성능을 보이고 있으며 Ikanos에 의해서 제안된 plan에[2] 대해서도 보다 높은 전송 성능을 보이고 있다.

Simulation 결과에 따르면 본 논문에서 제안된 mode 6의 plan이 현재의 VDSL Test loop 상에서는 가장 우수한 성능을 보임을 알 수 있었으며, 이러한 접근 방법을 통하여 표1과 같은 다양한 Symmetric 서비스에 대하여 가장 우수한 성능을 제공하는 plan을 설계할 수 있으리라 생각된다.

### 3. 결론

본 논문에서는 Symmetric 10MDSL 상에서 개선된 전송 거리와 전송 성능을 제공하기 위하여 연구되고 있는 여러 plan과[2], 본 논문이 제안한 plan을 비교·분석하여 제안된 plan이 기존의 plan에 비하여 개선된 전송 성능을 보임을 증명하였다. 또한 새로운 plan을 설계하는데 있어서 고려해야 할 조건들을 살펴보았다.

본 논문에서는 VDSL 전송 성능을 측정하기 위하여 ANSI 표준안이 제공하는 Test loop를 사용하였다. 그러나 이러한 Test loop도 Frequency plan과 같이 개선의 여지가 있음을 Working Group을 통해서 알 수 있고[7], 향후 개선된 Test loop의 환경에서 제안된 plan의 개선 여부를 확인하는 연구가 있어야 할 것이다. 또한 외국과는 다른 한국적 선로모형에 대한 Frequency plan의 최적화 문제도 연구가 진행되어야 한다.

### 참고문헌

- [1] Alcatel, "Coexistence of VDSL and 10MDSL" T1E1.4 Contribution, 2002. 3.
- [2] Ikanos "Programmable Frequency Multiple Access-nodes (PFMA)" T1E1.4 Contribution, 2002. 3.
- [3] Ikanos "Proposed band plan for 10MDSL system" T1E1.4 Contribution, 2002. 4.
- [4] T1E1.4 "Draft proposed American National Standard, Spectrum Management for Loop Transmission Systems, Issue 2" 2002. 4.
- [5] J.A.C. Bingham "ADSL, VDSL and Multicarrier Modulation" Wiley Interscience, 2002.
- [6] FSAN Working Group "FTW xDSL Simulation tool Version 2.3"
- [7] Working Group "Proposal for New Committee Project: 10MDSL" T1E1.4 Contribution 2002. 2.