

양방향 10MDSL을 위한 VDSL 시스템의 주파수할당 계획

An Effective Frequency Allocation Plan for Symmetric 10MDSL Systems

길 정 수* 권 호 열**
Kil, Jung-Su Kwon, Ho-Yeol

Abstract

In this paper, we discussed an effective VDSL frequency plan for symmetric 10MDSL service. The frequency plan 998 and plan 997 for asymmetric VDSL services have been not optimally designed for 10MDSL services. To obtain the reaches and data rates of 10MDSL, we proposed two frequency allocation schemes : Static method and dynamic method. We can select frequency bands with their fixed boundaries in static method while with their variable boundaries in dynamic method. To show the effectiveness of our proposed methods, we performed some simulations about plan 997 and plan 998, new static method, and new dynamic method. According to the simulation results, the proposed dynamic method can provide the best data rates and reaches for 10 Mbps symmetric VDSL services.

키워드 : *Frequency Plan, 10MDSL, Static method, Dynamic method*

1. 서론

최근에 인터넷의 급속한 성장과 더불어 멀티미디어 서비스에 대한 수요증대는 고속의 가입자 액세스망 구축의 필요성을 배가시키고 있다. 이러한 초고속 인터넷 망을 이루기 위해서는 현재의 대표적인 초고속 통신망 기술인 ADSL이나 케이블 모뎀 방식이 아닌 보다 고속의 새로운 기술이 필요하다. 물론 광케이블을 직접 댁내까지 끌어오는 FTTH(Fiber To The Home)서비스가 가장 이상적인 형태의 통신망 구축이 되겠지만, 현 상황에서 거의 불가능한 일이므로, FTTH로 진화해 가는 중간단계로서 고속의 서비스를 보장하는 기술이 필요하다. 이에 가장 각광 받고 있는 기술이 바로 VDSL(Very-High-Bit-Rate Digital Subscriber

Line)이다. VDSL은 여러 xDSL 기술들 중 가장 빠른 전송속도를 제공하는 기술로서 1.5km이내의 짧은 거리를 비대칭형 서비스일 경우는 하향 13~52Mbps, 상향 1.6~6.4Mbps, 대칭형 서비스일 경우에는 양방향으로 8Mbps, 13Mbps, 26Mbps의 전송 속도를 제공한다.

xDSL 시스템이 ADSL (1.104MHz 이하의 대역폭 사용)에서 VDSL(12MHz 이하의 대역폭 사용)로 진화되는 과정에서 주파수할당 계획은 Plan 997과 Plan 998이 제안되었다. 그러나 기존의 주파수할당 계획은 ADSL과 마찬가지로 상향과 하향의 전송능이 비대칭인 구조로 설계되었고, 이러한 이유로 현재 VDSL의 초기 서비스로 제안되고 있는 10MDSL은 상향의 전송능이 10Mbps 보다 낮은 시뮬레이션 결과를 보이고 있다. 이러한 10MDSL의 거리와 전송능상의 장애를 해결하기 위하여 기존의 주파수할당 계획인 Plan 997과 Plan 998에 비해 보다 효율적인 주파수활용이 가능한 새로운 주파수할당 계획의 필요성이 제기되고 있다.[1-7]

그림 1 과 그림 2는 10MDSL이 요구하는 전송능력을 초과하는 하향 채널의 주파수 대역을 축소

* 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 석사과정

** 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 교수, 공학박사

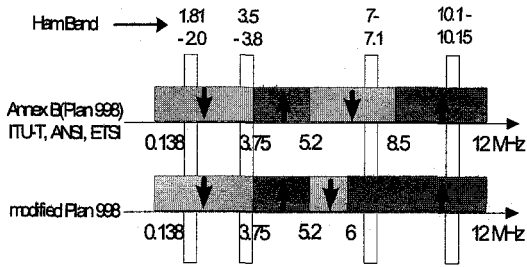
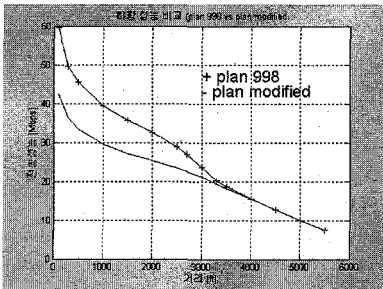
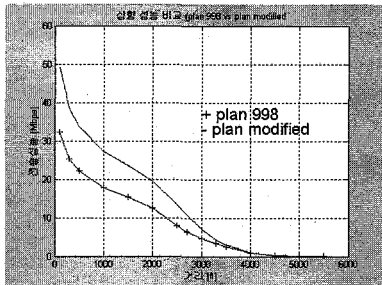


그림 1. Plan 998 과 modified Plan



(a) 하향 채널



(b) 상향 채널

그림 2. Plan 998 과 modified Plan 998의 전송 성능 비교

하고, 여분의 주파수 대역을 상향 채널에 할당함으로써 상향 채널의 전송 성능을 향상시킬 수 있음을 보이고 있다.

본 논문에서는 10MDL의 전송 거리를 향상시키기 위한 방법에 대하여 제안하였다. 이를 위하여 먼저 대칭형 10MDSL을 위한 주파수 할당 계획을 제안하고 시뮬레이션을 통하여 얻어진 결과를 제시하였으며, 끝으로 본 논문에 관련된 추후 연구과제에 대하여 논하였다.

2. 주파수 할당 계획

2.1 개요

VDSL 송·수신기는 12MHz의 전송 주파수 대역에 대해 상향 채널 및 하향 채널을 통한 전송으로 나

누는데 주파수분할 다중화(FDD)를 사용한다. 따라서 주파수 대역은 각각 두 개의 주파수 대역 상향(Up1, Up2)과 하향(Down1, Down2)으로 구성되고, 경계 주파수는 표 1과 같이 할당된다.

표 1. 경계 주파수 [MHz]

f_1	f_2	f_3	f_4	f_5
0.138	3.75	5.2	8.5	12

2.2 정적 주파수 할당 기법

현제의 VDSL 시스템 하에서는 송신기와 수신기 간의 주파수 할당 정보와 같은 정보 공유가 어려운 상황이다. 더구나 주파수 대역에 대하여 경계 주파수를 새로 할당하고, 이를 부채널로 할당하는 모든 정보를 송·수신기가 공유하는 것은 VDSL 시스템에 복잡도의 증가를 가져오게 된다. 이러한 여건 하에서는 정적 주파수 할당 기법이 효율적이다.

정적 할당 기법은 VDSL의 주파수 할당 계획으로 정의된 Plan 997과 Plan 998의 경계 주파수를 변경하지 않는다. Plan 997과 Plan 998의 DUDU로 구성된 주파수 대역의 순서를 조정함으로써 최적의 성능을 보이는 대역을 선택한다. 이러한 주파수 대역의 구성 조합의 경우의 수는 6가지이고, DUDU, UDDU, DDUU, UDUD, DUUD, UDDU이다.

주파수 대역의 선택은 10MDSL 요구사항의 만족여부와 전송 성능의 대칭 정도에 따라 판단된다. VDSL 시스템 내 적용은 가입자 선로에 대하여 새로운 가입의 전송 성능이 조건에 만족한다면, 정적 할당 기법을 계속 적용하는 것이다. 만약 성능이 조건을 만족하지 못한다면 주파수 대역 구성 조합을 변경함으로써 가능한 조건을 만족시키는 것이다. 그러나 이러한 정적 할당 기법은 기존의 주파수 할당 계획이 갖고 있는 비대칭 구조를 유지할 수 있다. 이러한 이유로 완벽한 대칭 구조의 전송 성능을 보장하기 어렵다.

2.3 동적 주파수 할당 기법

송·수신기가 주파수 할당 계획에 대한 정보를 공유함으로써, 모든 루프 상황에서 대칭 서비스와 최적의 성능을 제공한다. 동적 할당 기법은 VDSL의 주파수 할당 계획으로 정의된 Plan 997과 Plan 998의 경계 주파수를 변경하여 얻는다. 그림 3의 경계 주파수를 조정함으로써 최적의 성능을 보이는 주파수 할당 계획을 선택한다. 동적 할당 기법에 의해 얻어진 주파수 할당 계획은 정적 할당 기법에 의해 얻어진 주파수 할당에 비해 더 높은 전송 성능과 상향과 하향의 전송률이 대칭성을 가져야 한다.

그러나 이러한 방법은 VDSL 시스템에 복잡도를 증가시키는 단점을 가져오기도 한다. 이러한 이유로 기본적인 주파수 대역 구성은 Down/up/Down/

Up을 구성하고 두 개의 경계주파수 만을 조정하도록 하였다. 이것은 시뮬레이션을 통하여 이러한 조건일 때, 가장 우수한 성능을 보였기 때문이다.



그림 3. 동적할당 기법의 주파수 경계

2.4 주파수할당 계획의 적용

VDSL 표준 규격에서 정의한 시험선로에 대하여 각 선로의 전달함수를 측정하고, 전달함수를 이용하여 기존의 주파수할당 계획에 의한 채널용량을 측정한다. 채널용량이 10MDSL과 대칭구조를 만족하지 못하면 정적 할당 기법을 적용하여 조건들을 만족하는지 채널용량을 측정한다. 만약 정적 할당 기법도 조건들을 만족하지 못한다면 동적 할당 기법을 적용하여 선로 상황에 최적인 주파수할당 계획을 얻는다. 본 시스템에서 상향 채널과 하향 채널의 성능을 좌우하는 경계주파수 임계 값은 표 2 처럼 두 개의 주파수 경계(예를 들면 1.6 MHz와 2.0 MHz) 사이를 일정한 값(0.1 MHz)간격으로 단계적으로 증가시키면서 최적치를 찾는 방식으로 결정된다.

표 2. 임계 주파수의 탐색

$\text{임계 주파수} = 1.6\text{MHz} (+0.1\text{MHz}) 2.0\text{MHz}$
--

이러한 주파수할당의 조건들의 만족여부를 판단하고, 주파수할당 계획사이의 최적성능 판단을 위하여 각각의 주파수할당 기법별 채널용량에 대하여 Difference와 Average를 구한다.

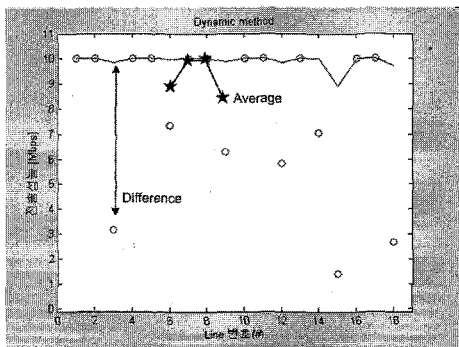


그림 4. Difference와 Average (o:상향, *:하향)

여기서 Difference는 각 루프에 대한 상향과 하향의 전송속도 차를 말하고, Average는 상향과 하향의 평균 전송속도를 말한다.(그림 4) Difference는 상향과 하향의 전송속도가 대칭구조를 보이는



그림 5. 최적성능 판단조건

지 판단하기 위하여 사용되고, Average는 주파수 할당 계획의 전송 성능을 비교하기 위하여 사용된다. 이 때 얻어진 Difference와 Average를 이용하여 최적의 성능을 갖는 주파수할당 계획을 결정한다.(그림 5)

그림 6는 최적의 주파수할당 계획을 결정하는 시스템의 순서도이다. 앞에서 언급한 내용을 적용하여 주파수할당 계획을 결정한다.

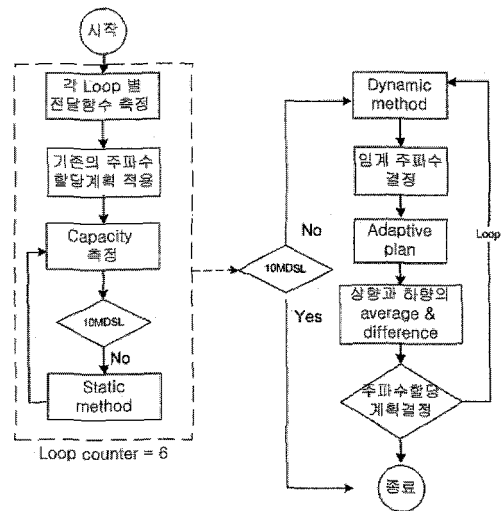


그림 6. 주파수할당 결정 순서도

3. 시뮬레이션 및 성능평가

3.1 시뮬레이션 조건 및 환경

주파수할당 계획 Plan 997과 Plan 998을 제안된 알고리즘과 비교하고, 비교를 통해서 최적의 성능을 제공하는 주파수할당 계획을 결정한다. 시뮬레이션은 ANSI에서 정의한 VDSL 시험선로, PSD masking, 아마추어 무선 대역 등을 적용하고, 주파수 대역은 138kHz ~ 12MHz의 범용 주파수 대역을 적용한다. 시뮬레이션 프로그램은 MATLAB을 사용한다. VDSL 시험선로는 그림 15와 같이 구성되고, 표 4와 같이 VDSL에서 정의한 모든 루프에 대한 시뮬레이션을 실시하였다.

VDSL 시험선로는 ANSI에서 정의한 시험선로를 사용하였으며 표 4와 같이 각 loop에 대하여 거리가 각각 단거리, 중거리, 장거리인 선로번호 #1~

표 3. 시뮬레이션 선로

선로 번호	선로 타입	케이블	거리 [ft]
# 1	VDSL 1	Tp1	1000
# 2			3000
# 3			4500
# 4		Tp2	1500
# 5			3000
# 6			4500
# 7	VDSL 2	Tp2	1500
# 8			3000
# 9			4500
# 10	VDSL 3	Tp2	1500
# 11			3000
# 12			4500
# 13	VDSL 4	Tp1	1500
# 14			3000
# 15			4500
# 16	VDSL 5		
# 17	VDSL 6		
# 18	VDSL 7		

#18 까지 시뮬레이션을 실시하였다.

3.2 시뮬레이션 결과

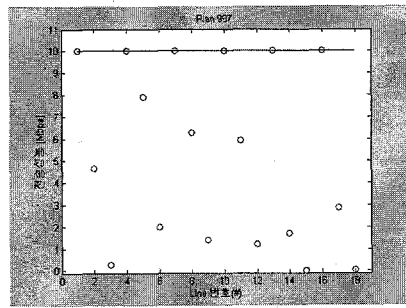
그림 7에 나타난 결과를 보면, 동적할당 기법이 Plan 997과 Plan 998에 비해 Difference 가 작아지고, 반대로 Average는 전체적으로 향상되었으며, 따라서 기존의 주파수할당 계획에 비해 향상된 대칭구조를 보여준다.

이러한 시뮬레이션 결과를 통하여 현재의 선로 환경에서 VDSL 서비스를 위한 최선의 주파수할당 계획은 동적할당 기법임을 알 수 있다.

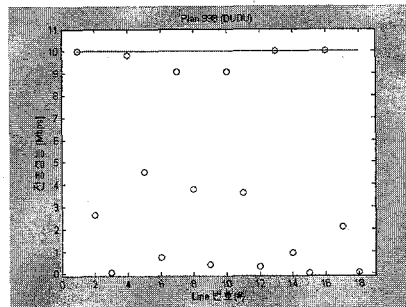
4. 결론

본 논문에서는 VDSL의 초기 서비스인 10MDSL의 전송 거리와 성능을 개선하기 위하여 새로운 주파수할당 계획을 제안하였다. 새로운 주파수할당 계획이란 기존의 주파수할당 계획인 Plan 997과 Plan 998의 비대칭 서비스로 인해 발생하는 상향의 성능저하를 해결하기 위하여 주파수 할당 계획을 동적으로 구성하여 선로 상황에 적합한 주파수할당 계획을 결정하고 이를 통해서 상향과 하향의 전송 속도가 10MDSL을 만족하는 시스템을 구축하는 것이다.

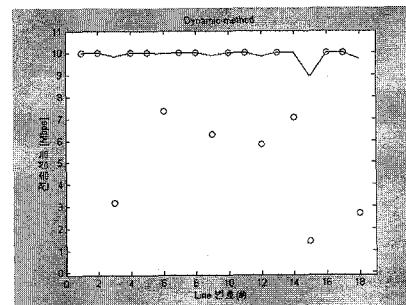
이를 위하여 기존에 주파수할당 계획의 경계주파수 정보를 유지하면서 선로 내의 모든 사용자 선로에 10MDSL을 제공하는 정적할당 기법을 제안하였고, 정적할당 기법에 의해 10MDSL을 만족하지 못하는 사용자 선로에 대해서는 동적으로 경



(a) Plan 997



(b) Plan 998



(c) 동적할당 기법

그림 7. 주파수 계획별 성능비교 (o:상향, ·:하향)

계주파수 정보를 변경하여 선로에 최적인 주파수할당 계획을 결정하는 동적할당 기법을 제안하였다. 이러한 정적할당 기법과 동적할당 기법에 의해서 선로에 존재하는 모든 사용자는 10MDSL 서비스를 제공받게 되고 제공받는 상향과 하향의 전송 성능은 균등한 대칭구조를 갖게 된다. 또한 시뮬레이션을 통해서 기존의 주파수할당 계획에 비해 본 논문에서 제안한 VDSL 시스템이 향상된 성능을 보임을 확인할 수 있다. 또한 DSM에 의해 월등히 개선된 성능을 보이는 DMT 방식의 시스템에서도 쉽게 적용이 가능하다.

본 연구에 이어서 더 연구되어야 할 부분으로는 VDSL 시스템의 또 다른 변·복조 방법인 QAM 방식에서 주파수할당 계획의 변경이 성능향상에 영향을 미치는가이다. 앞에서 언급하였듯이 QAM

의 단점은 데이터 전송시 잡음에 민감하다는 것인데, 주파수할당 계획을 QAM에 적용함으로써 이러한 잡음 문제 해결에 도움이 되는지에 대해 연구하는 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Alcatel, "Coexistence of VDSL and 10MDL", T1E1.4/2002-109
- [2] Ikanos, "Programmable Frequency Multiple Access-nodes (PFMA)", T1E1.4/2002-102
- [3] Ikanos, "Proposed band plan for 10MDSL systems", T1E1.4/2002-149R1
- [4] Alcatel, Ikanos, "Improved VDSL upstream performance by use of low-frequency spectrum" T1E1.4/2002-140
- [5] J. Cioffi, "Draft Sections 1 and 4 proposed, Dynamic Spectrum Management", T1E1.4/2002-040
- [6] J. Cioffi, J. Lee "10MDSL Beyond All Goals, and Spectrally Compatible with ADSL and VDSL, from CO or RT", T1E1.4/2002-129
- [7] J. Cioffi, J. Lee "Coordinated level 2 DSM Results: Vectoring of multiple DSLs", T1E1.4/2002-059