
이중 대역 방송 서비스가 가능한 비디오 광수신기 (ONU: Optical Network Unit)의 개발

이진영* · 김보남**

Development of the Video Optical Network Unit for Dual Band Broadcasting Services

Jinyoung Lee* · Bonam Kim**

요 약

FTTH 인프라 구축이 활성화됨에 따라 광섬유의 대역폭을 효과적으로 이용하기 위한 기술들이 활발히 연구되고 있다. 특히, 방송통신 융합 서비스에 대한 관심과 연구가 활발히 진행되면서 하나의 광섬유를 통해 다수의 방송 서비스를 수용할 수 있는 광 비디오 네트워크 단말장치(VONU: Video Optical Network Unit)의 연구가 요구되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 비디오 광 송신장치에서 전광 변환된 디지털 및 아날로그 CATV(Community Antenna TeleVision) 방송 신호와 위성 안테나를 통해 수신되어 전광 변환된 위성방송 신호가 하나의 FTTH 광 선로를 통해 전송되고 이를 광전 변환하여 출력하는 VONU를 개발한다. 본 연구에서 개발하는 VONU는 데이터통신 채널을 이용한 IPTV 방송과 함께 CATV, 위성방송 등 모든 방송 콘텐츠를 하나의 광섬유 코어를 통해 전송할 수 있기 때문에 경제적인 방송통신 융합 서비스의 구현이 가능해진다. 그러나, 서비스 별로 별도의 광수신기를 사용할 경우와는 달리 서비스간 간섭, 신호 왜곡, 잡음비 증가 등에 따른 방송 품질 저하 등의 병존성 문제가 발생하기 때문에 이에 대한 문제를 해결하기 위한 기술들이 필수적이다. 따라서, 본 연구에서 제시하는 VONU는 이에 대한 해결방안을 제안한다.

ABSTRACT

As an astonishing progress of FTTH infrastructure, the new technologies have been widely studied to use the tantalizing benefits of high bandwidth in fiber optic cable. In this paper, a new VONU is presented to perform all necessary optical functions. It can convert digital and analog CATV signals and satellite-based signal transmitted via one fiber optic cable to electrical signals (electric lights). However, most previous VONU systems have the problems such as interference between difference services, signal distortion, and noise increasing rate. These problems cause the quality deterioration in broadcasting. Therefore, we suggest the new VONU system to solve all problems listed above. In addition, we show that how our system performs well by measuring the real data with implemented system.

키워드

방송통신융합, ONU(Optical Network Unit), CATV, 위성방송

Key word

broadcast convergence, ONU, CATV, satellite broadcast

* 강남대학교 교양학부 부교수
** 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 (교신저자)

접수일자 : 2009. 08. 24
심사완료일자 : 2009. 09. 15

I. 서 론

FTTH(Fiber-To-The-Home) 기반으로 하는 데이터 통신과 방송 서비스의 융합은 국내뿐만 아니라 전 세계적으로 중요한 이슈로 등장하였으며, 이를 구현하기 위한 방법들이 검토되고 있다. 특히 2005년부터 국내 FTTH 서비스를 위한 인프라 구축이 활성화되고 최근에는 통신사업자가 제공하는 FTTH 서비스 가입자가 폭발적으로 증가함에 따라 광섬유의 대역폭을 효과적으로 이용하기 위한 Video Overlay 기술에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[1]. 그러나 아직 방송 서비스와 데이터 통신 서비스 사업자들은 각각 별도의 가입자망을 유지하여 독자적인 임대망 또는 자가망을 통해 서비스를 제공하고 있기 때문에 방송과 데이터 통신 서비스는 각각 고유의 영역을 확보하고 있으며, 서비스 제공자들의 이해관계에 의해서로 통합되지 못하고 있는 현실이다.

기존의 데이터 통신 서비스 사업자들은 IPTV 서비스를 통해 방송 서비스를 제공하기 위한 시도를 진행 중인 반면 기존의 CATV를 비롯한 방송 서비스 제공자들은 방송의 디지털화 및 양방향 TV 서비스 구축을 통해 독자적인 방송통신 융합 서비스 구현을 목표로 하고 있다[2]. 이것은 비교적 인프라가 잘 구축된 국내에서 CATV, 위성방송, 초고속 인터넷 서비스가 별도로 제공되는 중복 투자라는 문제점 뿐만 아니라 각각의 가입자들에게 보유한 인프라에 비해 현저하게 낮은 품질의 서비스를 제공하고 있다. 예를 들어, 통신 사업자들이 제공하는 IPTV 서비스의 경우 현재 완벽한 서비스 품질(QoS: Quality of Service) 보장이 어렵기 때문에[3] HD급 방송 서비스가 아닌 표준화질의 TV 서비스만을 제공하고 있다. 또한 CATV 서비스 제공업체가 제공하는 인터넷을 이용하는 가입자는 다양한 방송서비스를 제공 받고 있지만, FTTH 서비스에서 제공하는 방송통신 융합 서비스는 제공받지 못하고 있다. 따라서, 기존의 데이터 전송과 함께 CATV나 위성방송과 같은 방송신호들을 효과적으로 수신할 수 있는 핵심 모듈인 VONU의 연구가 요구되어진다.

II. 제안된 이중 대역 광수신기의 개발 방법

본 연구에서 제안하는 VONU와 같은 가입자 단말 장치들은 기존의 데이터 전송 가입자 단말 장치와 연동하여 CATV나 위성방송과 같은 방송신호들을 효과적으로 수신함으로써 진정한 방송통신 융합이 가능한 중요한 요소 모듈이다. 특히, 기존의 VONU들은 광대역 신호 수신기의 어려움으로 인해 CATV용 또는 위성방송용으로 구분되어 개발되어 왔으며, 이로 인해 CATV 방송과 위성방송의 통합 전송이 불가능하였고, 사용자들도 별도의 수신기를 사용하여야 하는 불편을 겪어 왔다. 따라서 서비스 가입자들이 별도의 선로작업이나 변경작업 없이도 서비스 사업자가 제공하는 셋탑박스 장비만 연결하면 쉽게 원하는 방송 콘텐츠를 변경하거나 선택할 수 있도록 하는 VONU의 개발이 요구된다.

기존의 Video Overlay 서비스에서는 파장분할다중 방식 광전송 기술을 이용하여 서비스마다 별도의 파장을 할당하고, 수신기에서도 별도의 광수신기(ONU: Optical Network Unit)를 사용한다[4]. 이와 같은 서비스 구조는 서비스 별로 별도의 광수신기를 사용함으로써 서비스간의 간섭, 신호 왜곡 등을 방지할 수 있지만, 수신기 비용이 증가하는 단점이 있다. 따라서, 본 논문에서는 하나의 광수신기를 사용하여 Analog CATV와 SATV(Satellite Antenna TeleVision) 신호를 동시에 수신하면서도 간섭에 의한 신호 열화를 방지할 수 있는 경제적인 이중 대역 광수신기 구조를 제안하고 구현한다.

특히, 방송통신 융합을 위해 방송용 광신호와 디지털 데이터 전송용 광신호를 하나의 광섬유를 통해 동시에 전송함으로써 전송거리, 신호 간섭, 파장 선택 등의 다양한 병존성 문제가 발생하게 되기 때문에 이에 대한 해결 방안 기술이 요구되며 제품화를 위해서는 모듈화를 위한 저전력 설계와 소형화를 위한 간섭 방지 기술들이 요구된다[5][6]. 본 연구에서 적용되는 VONU는 그림1에 서와같이 CATV 신호와 SATV(위성 방송)신호를 통합한 방송통신 융합 시스템에 적용된다.

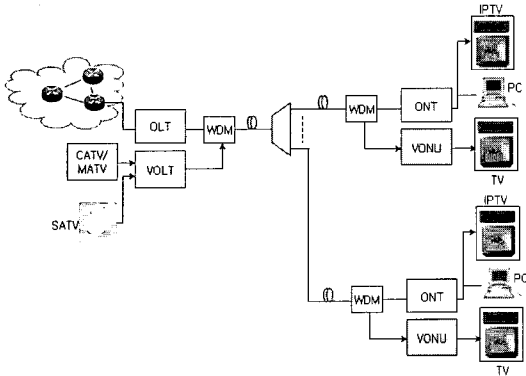


그림 1. VONU를 사용한 방송통신융합 시스템
Fig 1. VONU broadcast convergence system

제안된 방송통신 융합 시스템에서 CATV 신호와 SATV(위성방송) 신호는 VOLT(비디오송신기)를 통해 전광 변환된 후 파장분할 다중화기에서 데이터 신호 전송을 위한 OLT(Optical Line Terminal)의 입/출력신호와 결합되어 광선로를 따라 분배되어 가입자단에 전달되면 다시 데이터 신호와 분리되어 VONU에 입력된다. 본 연구에서 개발할 VONU는 전송되어 온 방송신호(CATV+위성방송)를 전광 변환하여 영상 장치인 TV로 제공하게 된다.

2.1. Photo Diode를 이용한 O/E Converting 응용 기술개발

기존기술은 그림 1에서와 같이 Photo Diode의 Anode와 Cathode 양단 중에 하나를 선택하여 광전변환된 신호를 매칭시키고 사용하지 않는 다른 단을 중단시켜 RF출력을 얻는 방식이다. 이와 같은 방식은 넓은 대역에서 주파수 평탄도가 우수한 반면에 여러가지 신호가 혼합되는 경우에는 신호간의 간섭문제 등이 유발될 가능성이 높은 단점이 있다. 본 연구에서 제안되는 방식도 CATV와 위성방송 대역을 혼합하여 전송하기 때문에 동일하게 다른 서비스 대역간의 간섭문제가 발생된다. 그러나, 이러한 간섭 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 그림 2와 같이 Anode와 Cathode 양단에서 광전변환이 가능하므로 서로 다른 주파수 대역을 매칭하는 방식을 적용하여 문제를 해결하였다.

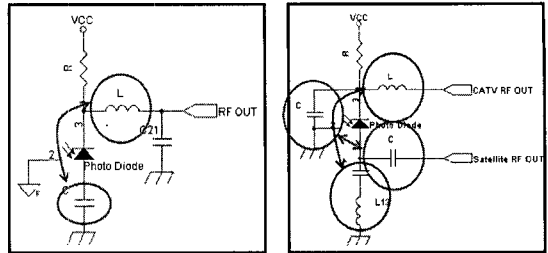


그림 2. 기존의 기술과 제안된 응용 기술
Fig 2. previous and suggested technologies

2.2. 서비스 대역간의 간섭을 억제하는 필터(Filter) 기술 개발

본 연구에서 제안된 응용기술은 광전변환된 RF신호를 CATV 대역필터와 위성(Satellite) 대역필터를 이용하여 서비스간의 대역을 완전히 분리한다. 그림3은 Low Pass Filter로 CATV 방송대역을 통과시키는 필터와 광전변환된 신호와 결합하여 측정된 결과로 S21의 값이 1.5dB이상의 주파수 평탄도와 -45dB이상의 높은 대역분리가 이루어졌다.

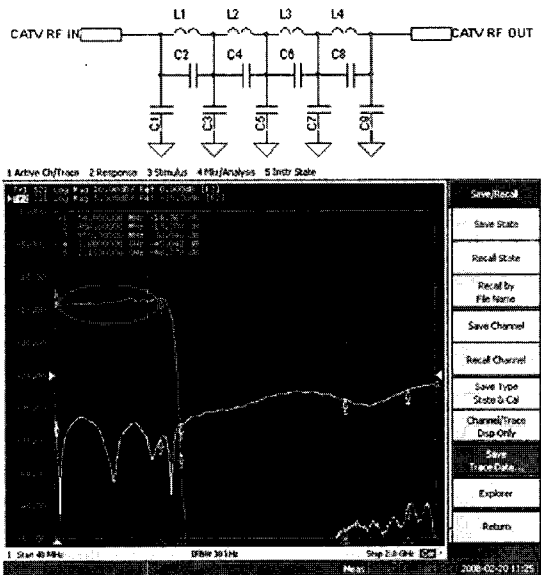


그림 3. CATV 대역 필터와 출력결과
Fig 3. Result for the CATV filter

그림4는 High Pass Filter로 위성방송대역을 통과시키는 필터와 광전변환된 신호와 결합하여 측정된 결과로 S21의 결과값이 3dB이상의 주파수 평탄도와 -35dB이상의 높은 대역분리가 이루어졌다.

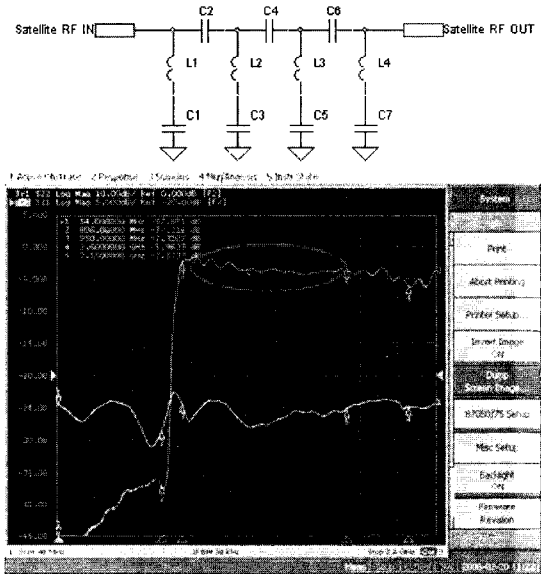


그림 4. 위성방송 대역필터 출력
Fig 4. Result for the Satellite broadcast

이상의 측정 결과에 따라 Photo Diode의 두 개의 단자를 이용하여 CATV와 위성방송대역을 완전히 분리하였고 이러한 대역 분리를 통해 RF 증폭기의 높은 출력이득을 얻을 수 있으며, 간섭 노이즈의 유발 및 유입을 방지할 수 있기 때문에 선형성을 향상시킬 수 있다.

2.3. CATV 대역과 위성 방송대역 결합

가입자택 내의 세대함에서 TV 유니트 단자까지 하나의 동축 선로로 방송신호를 전송하기 위해 대역 분리된 CATV 대역과 위성 방송대역의 신호를 다시 결합하여야 한다. 또한, 분리된 신호를 각각의 증폭기로 증폭하게 되면 2차적인 간섭 노이즈가 발생되기 때문에 이를 방지하기 위해서는 두 신호를 결합할 수 있는 대역필터가 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 High Pass Filter와 Low Pass Filter를 결합한 형태의 Diplexer Filter를 적용하였으며 그림5는 Diplexer Filter의 회로도이며 그림 6은 CATV 대역과 위성방송대역의 S21을 측정할 결과이다.

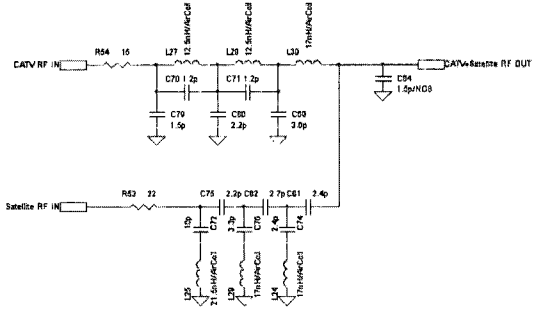


그림 5. Diplexer Filter 회로도
Fig 5. Picture of Diplexer Filter Circuit

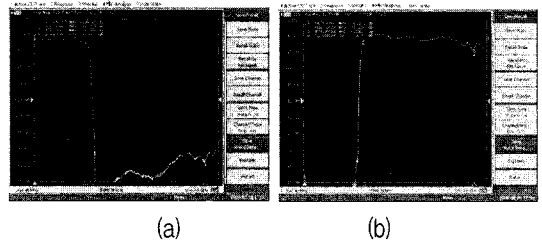


그림 6. Diplexer Filter 측정결과
(a) CATV 대역 (b) 위성방송 대역
Fig 6. Result for the Diplexer Filter (a) CATV band (b) Satellite broadcast band

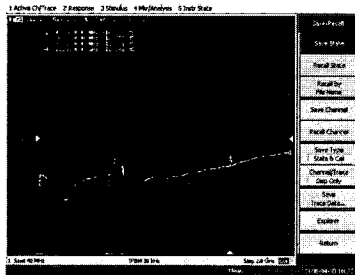
그림 6의 (a)는 Diplexer Filter의 CATV대역을 측정한 S21 결과이며 (b)는 Diplexer Filter의 위성방송 대역을 측정한 S21 결과이다. 각각의 결과를 보면 위성방송 대역에 대하여 분리도가 -40dB 이상으로 측정되었고 CATV 대역에 대하여 분리도가 -57dB 이상으로 측정되었다. 상기 결과에서 보여주듯이 두 대역간의 분리도가 높아 결합시 두 대역간의 간섭이 거의 없다. 즉 각각의 서비스 대역을 통해 발생하는 스퓨리어스(Spurious) 성분을 다른 대역과 결합될 때 제거할 수 있다.

III. 연구 결과 및 분석

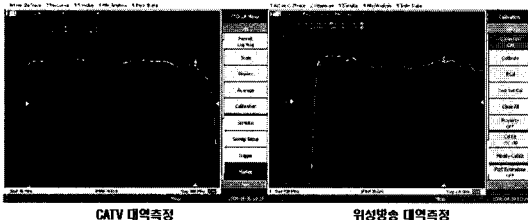
개발된 제품은 외형적으로 크게 광 입력을 받는 SC/APC Optical Connector와 광전변환 된 방송신호를 출력하는 75ohm RF Connector, 전원을 공급하는 DC IN Adapter, VONU의 상태를 모니터 할 수 있는 Monitor LED, 방송신호의 출력레벨을 조정할 수 있는 레벨조정

단자로 구성된다.

그림7. 반사손실 및 주파수응답 측정결과는 개발된 제품의 반사손실 및 주파수 응답을 측정한 결과로 그림7의 (a)의 반사손실 측정결과를 보면 Maker1에서 Maker2 내의 대역이 CATV의 방송대역으로 -16dB 이하로 측정되었으며, Maker3에서 Maker4내의 대역이 위성방송 대역으로 -12dB 이하로 측정되었다. 따라서, 반사손실에 대하여 개발 목표치인 -12dB 이하를 달성하였다. 그림7의 (b)의 주파수 응답을 측정한 결과 CATV대역 경우 2dB 이내이고, 위성방송 대역 경우 3dB 이내로 측정되어 주파수 응답에 대하여 개발 목표치인 3dB 이내를 달성하였다.



(a)

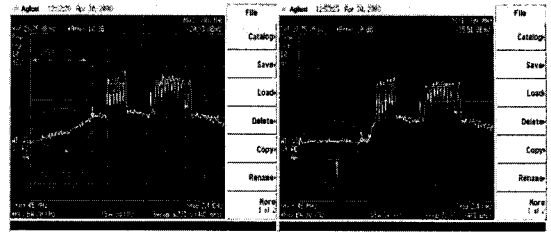


(b)

그림 7. 반사손실 및 주파수응답 측정결과
(a) 반사손실 측정 (b) CATV와 위성방송대역의 주파수 응답 측정

Fig 7. Reflection loss and Frequency Response
(a) reflection loss (b) CATV and satellite broadcast frequency response

그림8은 위성방송 대역의 신호가 CATV 대역에 간섭을 일으키는 결과를 측정한 것이며, 필터를 이용하여 간섭 노이즈를 제거시킨 결과를 보여준다. 수신된 위성신호는 그림8에 (a)와 같이 CATV 대역에 노이즈를 발생시키고, 노이즈에 의해서 CATV 방송품질에 심각한 영향을 미치게 된다. 시제품에 적용된 필터를 거치게 되면 (b)와 같이 노이즈가 제거된다.



(a)

(b)

그림 8. 위성 노이즈 제거

(a) 수신된 위성신호 (b) 필터적용 시 위성신호
Fig 8. Satellite noise remove (a) the receipt of a satellite signal (b) filtered satellite signal

그림9은 방송신호와 위성신호를 동시에 전광변환하여 전송하고, 개발 제품을 통해 광전변환된 측정결과이다. CATV 신호와 위성신호를 동시에 수신하였으며, 대역별 간섭이 없음을 알 수 있다.

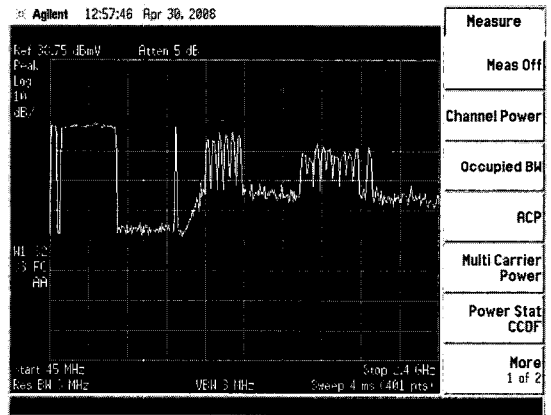
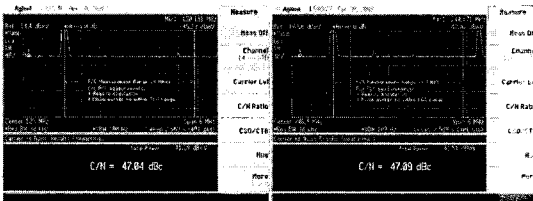


그림 9. VONU 출력

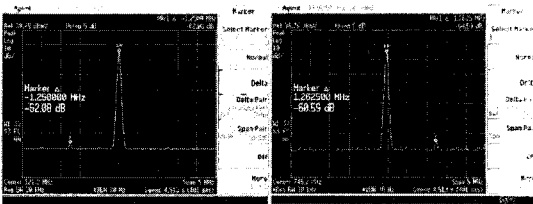
Fig 9. Result for VONU

수신된 신호의 왜곡 특성을 측정하고 좀 더 신뢰성 있는 데이터를 얻기 위해 CATV 신호는 NTSC 채널 중 낮은 주파수 대역과 높은 주파수 대역에 해당하는 124.25MHz (14채널)와 745.25MHz (116채널)를 측정하였다. 그림 10은 디지털 통신 시스템의 성능을 측정하기 위한 파라미터인 14번 채널과 116번 채널의 CNR (Carrier to Noise Ratio) 측정 결과로 목표치인 47dBc를 달성하였다.



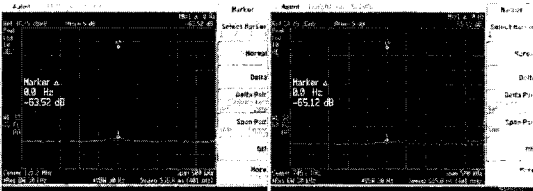
(a) (b)
 그림 10. CNR 측정
 (a) 14ch CNR 측정 (b) 116ch CNR 측정
 Fig 10. CNR measured value
 (a) 14ch CNR (b) 116ch CNR

그림11은 14번 채널과 116번 채널의 2차 비선형성(second-order non-linearities)으로 인한 왜곡치의 평균값 가운데 최고치를 의미하는 CSO(Composite Second Order beat) 측정 결과로 목표치인 58dB 이상을 달성하였다.



(a) (b)
 그림 11. CSO 측정
 (a) 14ch CSO 측정 (b) 116ch CSO 측정
 Fig 11. CSO measured value
 (a) 14ch CSO (b) 116ch CSO

그림 12는 14번 채널과 116번 채널의 3차 비선형성(third order non-linearities)으로 인한 왜곡치의 평균값 가운데 최고치를 의미하는 CTB(Composite Triple Beat) 측정 결과로 목표치인 63dB 이상을 달성하였다.



(a) (b)
 그림 12. CTB 측정
 (a) 14ch CTB 측정 (b) 116ch CTB 측정
 Fig 12. CTB measured value
 (a) 14ch CTB (b) 116ch CTB

그림13는 위성방송 대역에 대한 RF왜곡 특성을 측정 한 결과이다. 측정내용은 IMD2 특성으로 2 Tone을 전송 하여 측정하였다. 2 Tone 측정결과 60dB 이상으로 위성 방송전송에 적합한 성능을 보여준다.

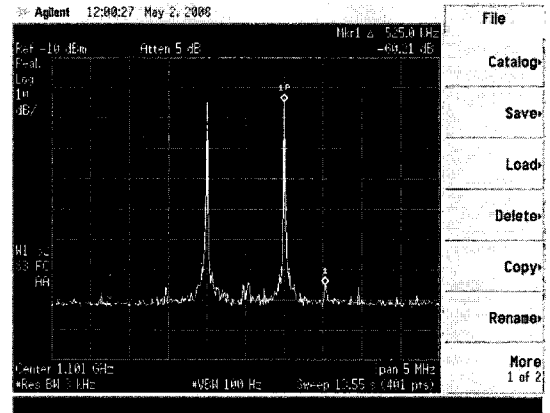


그림 13. IMD2 측정
 Fig 13. IMD2 measured value

개발된 제품의 통합검증 내용을 초기 개발 목표치와 비교하면 표1과 같다.

표 1. 개발 제품의 통합검증 데이터
 Table 1. Integrated verification data for the products

평가 항목	단위	개발 목표치	시제품 성능	기타 (측정대역)
CNR	dBc	47	47	CATV
CSO	dB	58	60	CATV
CTB	dB	63	63	CATV
주파수 응답	dB	3	3	CATV 및 위성
반사 손실	dB	12	12	CATV 및 위성
IMD2	dB	50	60	위성

IV. 결론

본 연구에서는 방송통신 융합 기술의 일환으로 CATV 방송과 위성방송의 통합 수신기 가능한 ONU 개발과 그에 따른 핵심 기술을 제안하였다. 특히, 하나의 선로에서 CATV 방송과 위성 방송을 동시에 수신할 경

우 발생하는 서비스간의 간섭, 신호 왜곡 등의 방송 품질을 저해하는 요인을 제거하기 위해 서비스 대역간의 간섭을 억제하는 필터(Filter)를 제안하였다. 아울러, 광케이블의 거리에 따른 RF 손실과 이에 따른 증폭소자 적용에 따른 RF 포화(Saturation) 현상을 방지하기 위해 적정 레벨을 조정할 수 있도록 광대역이득감쇠 조정기를 개발·적용하였다.

따라서, 본 연구에서 적용된 기술들은 데이터 기반의 AON, EPON, BPON FTTH 전송 시스템에서 안정적인 방송융합 방식을 제공할 수 있으며 45MHz~2.15GHz의 넓은 광대역 아날로그 광 수신기 개발로 45MHz~870MHz의 CATV 방송과 950MHz~2.15GHz의 위성 방송 뿐만 아니라 폭넓은 대역을 활용한 다양한 서비스와 새로운 응용 기술들을 적용할 수 있다. 향후 연구로는 CATV 방송과 위성 방송 뿐만 아니라 지상과 방송까지 통합할 수 있는 시스템의 수신기 개발과 HFC망을 이용한 홈 네트워크 시스템의 개발이 요구되어지며 케이블 길이에 따른 주파수 응답 특성에 따른 보완으로 증폭기의 연구가 요구된다.

참고문헌

- [1] T. E. Darcie et al, IEEETrans.Microwave theory tech., vol. 38, Issue. 5, pp 524-533 (1990).
- [2] 김국진, 방송통신 융합의 이해, ㈜나남출판, p.105, 2007.3.25
- [3] 임화섭, 강미구, 방송통신융합과 IPYV기술 동향, 한국 인터넷 정보학회, 제8권 제1호, p42, 2007.3
- [4] K. H. Han et al, "Multipurpose fiber-optical access network", Journal of Optical Networking, vol. 1, no. 10, pp 338-343 (2002).
- [5] NARUMI N. et al, "Shrinking the Optical Network Unit(ONU) toward Fiber To The Home", NTT REVIEW. Vol9. No.6. Nov. 1997. pp. 75-85
- [6] Nonoru Ishihaea et al., "Low-Voltage, Adjustment free Analog Critical and Low-Power Logic LSI Technologies for Optical Network Termination Unit", NTT REVIEW, Vol.9, No.6, Nov. 1997, pp. 86-94.

저자소개



이진영(JinYoung Lee)

1995년 단국대학교 대학원
전산통계학과 졸업(석사)
1998년 단국대학교 대학원
전산통계학과 수료(박사)

1999년~현재 강남대학교 교양학부 부교수
※관심분야: 소프트웨어공학, 이미지프로세스, 생체 인식, 방송통신융합, etc



김보남(Bonam Kim)

1991년 단국대학교 전산통계학과
졸업 (학사)
2003년 Auburn University Computer
Science and Software
Engineering 졸업 (석사)

2006년 Auburn University Computer Science and
Software Engineering 졸업 (박사)

2007~현재 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 BK21
신진연구원

※관심분야: 무선 ad-hoc, sensor, mesh 네트워크, 네트워크 보안, Mobile Network