

고품질 양방향 서비스를 위한 HFC망 상향대역 신호분석에 관한 연구

장문중*, 현덕화, 유인철
한국전력공사 전력연구원

The Study on the Upstream Signal Analysis of the HFC Access Network

M. J. Jang, H. D. Hyun, Y. H. Ryu
Korea Electric Power Research Institute of KEPCO

Abstract - To provide more noiseless upstream service on the HFC(Hybrid-Fiber Coaxial) Access Network, we should conduct upstream band analysis and have related operation skill. In this paper, we studied the upstream signal measurement to get good transmission quality, effective operation and maintenance, also showed the method of noise analysis and that of upstream band frequency selection. Finally we tested the signal in the field and showed the analyzed result.

1. 서 론

한국전력은 전력계통 보호 및 제어를 위해 보유한 광통신 설비와 동축케이블을 이용하여 1차 지역에서 쌍방향 전송이 가능한 HFC 방식의 케이블 TV 전송망을 구축하였다. 한편에서 구축한 HFC망의 전송방식은 Sub-split 방식으로 상향은 5 ~ 30 또는 42MHz, 하향은 54 ~ 550 또는 750MHz의 주파수 대역을 사용하고 있다. 상향대역은 가입자 측에서 신호를 보낼 수 있는 대역으로 순수한 케이블TV 전송망에서는 상향대역을 사용하여 망과 가입자를 감시하는데 이용하고 있으며 케이블 모뎀은 이 대역을 통해 상향신호를 보내서 양방향 신호전송이 이루어진다. 상향대역에서 가용한 주파수 대역은 15 ~ 30 또는 45MHz 대역이고 이 주파수 대역에는 단파방송, 선박·항공통신, 아마추어무선, CB(Citizen Band)가 할당되어 있어 신호의 유입으로 인한 영향이 예상된다. 그러므로, DOCSIS(Data over Cable System Interface Specification)에서는 단파방송과 아마추어무선 사용 주파수대역에서의 잡음이 유입될 가능성을 배제하기 위하여 시스템 운용자가 상향대역의 케이블모뎀 적용시 선택할 주파수 배분을 방송만 제외한 주파수 대역과 방송, 아마추어무선, CB 대역을 제외한 주파수 배분 방안을 제안하고 있다. 그러나 실제 설치된 망에서 방송이나 아마추어무선에 할당된 주파수가 나타나지 않는 경우도 있고, 가입자측의 다른 원인에 의해 상향대역으로 유입되는 잡음도 무시할 수 없어 현장에서의 측정결과를 바탕으로 케이블모뎀 서비스를 위한 주파수 배분방안이 현실적이라고 판단된다.

2. 본 론

2.1 상향대역 잡음 분석 방법

유입잡음의 측정은 현실적으로 매우 제한적인 요소가 많으며 특정 주파수, 특정 시간대, 그리고 특정 크기의 잡음 레벨을 가지고 있기 때문에 주파수 분석기의 출력을 육안으로 보는 것 이외에 실시간 데이터를 모두 저장하고 분석하기는 불가능하다. 따라서 유입잡음의 측정은 취득한 데이터를 통계적으로 분석하는 것을 생각할 수 있으며, 여기서는 상향신호 데이터 취득 및 분석장치에 구현된 미국 케이블TV협회(National Cable Television Association, NCTA)의 DISP(Discrete Interfering

Signal Probability) 시험방법을 적용한다.

유입신호의 측정은 필수적으로 통계적 처리 과정이며 하향 신호와는 달리 상향은 운용자의 통제 범위를 벗어나서 크기, 시간, 주파수 지점 등에 있어 거의 불규칙적으로 일어난다. 이 통계적인 처리 과정은 간섭현상의 가능성을 내포하고 있는 carrier들의 평균적인 존재에 대한 시스템의 평가를 할 경우에 적용되는 방법이다. 잡음의 절대적인 크기를 측정하기가 어렵고 그것을 잡음 분석시 평가에 대한 의미를 부여할 수가 없으므로, 이 처리 과정은 미리 정해진 몇 개의 threshold를 초과하는 시간적인 퍼센트를 나타낸다. 평가되는 HFC망에는 서비스를 위한 상향신호용 carrier를 포함하고 있기 때문에 이들의 주파수들은 잡음이 아니므로 배제되어야 하며, 상향서비스를 제공하지 않고 신규로 시설된 망에서 분석을 실시하는 경우 자세한 분석을 실시할 수 있다. 그리고 측정이 통계적 처리되므로 장기간에 걸친 데이터 분석이 더 정확 결과를 제시할 수 있다.

주파수대역 해상도를 상향 신호의 사용 채널을 충분히 구분할 수 있을 정도로 좁은 대역폭인 100kHz로 정하여 common path inter-modulation의 성분과 유입잡음의 side band energy를 포함할 수 있도록 하였고, 각 분배센터에 보유한 HP 8591C 주파수분석기의 Span을 40MHz로 설정하면 100kHz의 해상도로 400개의 데이터를 취득할 수 있어 구현의 편의성도 고려하였다.

2.2 상향대역 서비스 주파수 선정방법

케이블모뎀 시스템이 동작하기 위해서는 수신단의 C/N비가 일정수준으로 유지되어야 한다. 또한 송신단에서는 잡음 유입에 따른 수신단의 C/N비 저하를 고려하여 송신신호 레벨을 일정 범위 내에서 조절하여 송신하는 구조로 되어있다.

현재 상용화 서비스를 제공하는 케이블모뎀 시스템은 모뎀용 제품과 DOCSIS 1.0 규격을 만족하는 제품이 적용되어 있으며, 각각 시스템이 요구하는 신호레벨과 C/N비를 정리하면 아래 표와 같다. 표에서 보면 케이블모뎀의 송신레벨의 최대값과 수신측 신호범위에 대한 수신단의 C/N비를 고려할 때 케이블모뎀 시스템이 동작하기 위한 잡음레벨은 모뎀용 시스템의 경우 -25dBmV, DOCSIS의 경우 -10dBmV 이하로 유지시켜야 할 것으로 판단되며, 시스템의 안정적인 동작을 위해서는 유입잡음 레벨을 -30dBmV 이하로 유지시켜 운영하여야 할 것으로 판단된다.

표 1.4 케이블모뎀 시스템의 동작을 위한 신호 조건

시스템	조건	수신단 C/N비	송신단 레벨	수신측 신호범위(dBmV)
모뎀용		30dB 이상	55dBmV 이하	-15 ~ +5
DOCSIS		25dB 이상	58/55dBmV 이하	-16 ~ +14 @160ksym/sec -13 ~ +17 @320ksym/sec -10 ~ +20 @640ksym/sec -7 ~ +23 @1,280ksym/sec -4 ~ +26 @2,560ksym/sec

상향대역 서비스를 시작하는 지역에서 케이블모뎀 서비스를 위한 주파수를 선정하기 위해서 각 주파수별로 일정 threshold 이하가 되는 대역을 찾아내는 것이 중요하다. 이 대역을 찾기 위한 방법으로 첫째 각 주파수에 대한 시간별 레벨을 측정한다. 유입잡음의 특성이 시간별로 변화하므로 24시간 측정을 기본으로 하며 현실적으로 측정할 수 있는 기간을 고려하여 주간 특성을 파악할 수 있도록 1주간 3~4일 이내의 측정을 실시하는 것이 바람직하다고 판단된다. 두 번째 측정한 레벨에 대해 정한 threshold를 넘어가는 포인트 수를 카운트한다. 이때 최저레벨은 -30 dBmV로 하고 모뎀이 동작할 수 있는 최대 잡음 유입레벨의 상한을 정하여 (-20 dBmV 수준) 이 값에 대한 카운트도 수행한다. 세 번째로 각 카운트수를 전체 측정회수로 나누어 발생확률을 계산한다. 이 발생확률은 케이블모뎀의 가용시간과 연관되어 있으므로 가용시간을 고려하여 계산한다. threshold 레벨을 -30 dBmV로 한 경우 95%의 최대 잡음 threshold 레벨에서는 99%의 가용성을 가짐에 따라 발생확률은 각각 5%, 1%이내가 되는 대역을 결정한다. 이 때 threshold 레벨이상의 발생확률이 많은 대역의 신호가 방송, 아마추어무선, CB 신호의 유입인지 잡음의 유입인지를 확인하여 향후 서비스 대역 활용 시 고려하여야 한다.

또한 이미 서비스가 이루어지는 지역에서도 위의 방법으로 측정을 수행하여 양방향신호가 존재하는 대역과 떨어진 주파수 대역의 잡음 유입에 대해 평가를 할 수 있다고 판단된다. 그러나 1차 지역에서는 서비스 대역이 협소하여 양방향 서비스를 위한 상향신호가 나타나 객관적인 성능평가를 판단하기는 힘들 것으로 생각된다.

한편 유입잡음 레벨은 양방향 가입자의 증가에 따라 커지며, 현재 케이블모뎀 가입자가 증가추세에 있어 한 셀 상향서비스를 제공받는 가입자가 200여명을 넘으면 셀 분할을 통해 상향대역의 신호전송성능을 유지하려고 노력하고 있다.

또한 순간적으로 발생하여 유입되는 잡음에 따라 망의 안정성이 떨어지는 경우가 발생할 수 있으므로 이를 대비하기 위한 상향대역 신호감시 및 분석장치의 도입이 필요하다고 판단되며, 연구팀에서는 각 SO별로 이미 보유한 주파수 분석기를 이용하여 측정된 상향대역 신호를 취득 분석할 수 있는 장치를 구현하였으며 상향신호 감시에 대한 방안을 제시하고자 한다.

2.3 신호측정 데이터 취득장치 구현

현재 CATV방송국에서 전송망센터인 본배센터에는 HP사의 주파수분석기를 보유하고 있어 이를 활용하고 저가의 상향대역 신호 측정 데이터 취득 장치를 구현하고자 하였다. 각 본배센터에서 보유한 주파수분석기는 컴퓨터와 측정된 데이터의 송수신을 위해 HP의 인터페이스가 장착되어 있고, PC를 기반으로 한 측정데이터 취득 장치는 HP의 인터페이스를 통해 주파수분석기를 제어하고 측정신호를 취득할 수 있도록 하였다. 상향신호는 본배센터의 각 셀 별로 test point를 사용하여 측정하였으며 셀을 자동으로 선택하는 셀 선택기를 사용하면 자동으로 취득 장치를 구현할 수 있으나 과제에서 제작된 장치는 셀 선택기는 포함하지 않고 특정한 셀에 대해 신호를 측정할 수 있는 장치만 구현하였다. 또한 취득된 데이터는 상향대역 주파수별로 측정된 신호 레벨에 따라 분석할 수 있는 기능도 프로그램으로 구현하여 상향신호를 분석할 수 있도록 하였다.

제작된 장치는 HP사의 8591C 주파수 분석기와 제어용 PC로 구성되며 PC는 펜티엄 II CPU를 사용한 IBM PC로 윈도우98을 탑재하였다. 주파수분석기 제어를 위해 HP 카드를 장착하였고 HP 카드 제어를 위해서 HP사에서 제공하는 구동프로그램인 SICL(Standard Instrument Control Library)을 사용하였다. 또한 PC에서 프로그램 작성은 마이크로소

프트의 Visual Basic 6.0을 이용하였다. 아래 그림은 현장에 보유한 주파수분석기와 PC를 기반으로 제작된 신호 측정 데이터 취득 및 분석장치의 구성도이다.

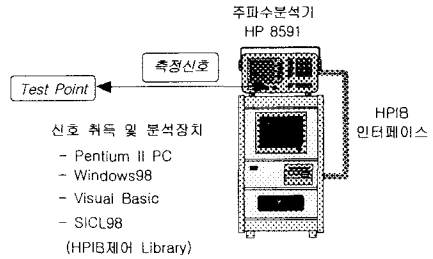


그림 1.9 상향대역 신호 측정 데이터 취득·분석 장치 구성도

프로그램은 상향대역 측정신호 취득을 위한 주파수분석기 제어 및 데이터 취득부분, 취득데이터의 파형과 DISP분석을 수행하는 부분과 상향신호를 온라인으로 측정하면서 레벨을 감시할 수 있는 상향신호 감시부분으로 나누어져 있다.

상향대역 측정신호 취득을 위한 주파수분석기 제어 및 데이터 취득부분은 현장에 보유한 HP사의 8591C 주파수 분석기가 한 번의 명령어에 400개의 주파수 포인트에 대해 데이터를 취득하므로 상향대역 주파수 계산을 편하게 하기 위해 기본적으로 5~45MHz의 주파수에 대해 100KHz 단위로 데이터를 취득하도록 프로그램 하였으며 조정이 가능하도록 되어 있다. 또한 취득 회수 조정을 통해 측정시간이 정해지도록 하였으며, 주파수 분석기의 1회 측정 시간은 1초 내외로 3000개의 데이터를 취득하는데 약 1시간 이내의 시간이 소요된다. 측정시간 조정을 위해 측정을 위한 제어신호 발생후 일정시간 시간지연을 두어 장기간 데이터 취득이 가능하도록 하였다.

취득데이터 분석부분은 크게 두 가지의 분석을 수행할 수 있으며 파형보기와 DISP 분석으로 나누어지며 데이터를 읽거나 메모리에서 불러오는 명령어 버튼을 포함하고 있으며 DISP 분석은 주파수를 기본으로 한 분석, 특정주파수에 대해 시간을 기본으로 한 분석을 수행할 수 있도록 나누어 구현하였다.

상향신호감시 부분은 이미 취득한 데이터 파일이나 주파수분석기제어를 통해 취득한 데이터를 저장하면서 실시간으로 평균을 계산하여 일정 threshold를 넘는 시간이 정해진 값 이상이 되면 알람을 낼 수 있는 알고리즘을 구현하였다.

아래 그림은 프로그램이 시작되는 초기화면을 표시하고 주파수분석기 제어 및 데이터 취득을 위한 컨트롤이 있는 화면이 먼저 나타나도록 되어 있다.

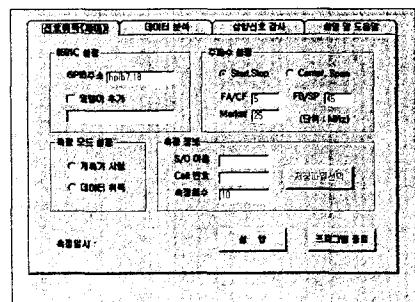


그림 1.10 프로그램 초기화면(주파수분석기 제어 및 데이터 취득부분)

2.4 데이터 취득과 분석 기능을 이용한 현장 시험 및 결과

구현된 상향신호 측정 데이터 취득 및 분석장치의 동작을 중심으로 시험하기 위해 현장시험을 실시하였다. 대표적인 상향대역의 신호 유형으로는 15MHz 이내의 대역에 유입되는 단파와 서비스가 제공되는 케이블모뎀 신호, 그리고 서비스가 제공되는 20~30MHz 대역에 유입되는 잡음으로 각각 위의 그림에 표시하였다.

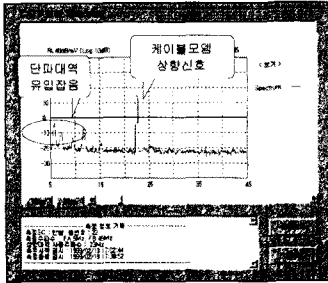


그림 1.11 대표적인 상향대역 신호 유형

현장시험 장소로는 대전 한발SO를 선택하여 지정한 몇 개의 셀에서 측정을 실시하였다. 1주일 동안 3600개의 데이터를 취득하였으며 주파수 분석기는 약 3분간격으로 데이터를 취득하였다. 이 데이터의 시간에 따른 취득결과를 분석하면 측정기간 동안 상향대역에 유입된 유입잡음의 추세를 알 수 있으며 장애기록 등과 비교하면 장애시 잡음의 유형도 파악할 수 있을 것으로 판단된다. 현재 상향감시장치가 설치되어 있지 않지만 구현된 장치를 이용하여 장애가 발생할 경우 스펙트럼을 데이터 베이스화 한다면 HFC망의 유지보수에 많은 도움이 될 것으로 생각된다. 또한 상향감시를 통한 유입잡음 제어시스템과 연계하여 상향대역 품질 유지보수를 위한 장치로도 유용하게 사용될 것으로 판단된다.

아래 그림은 데이터분석을 위한 프로그램 화면을 나타내며 파형분석, 주파수별 DISP분석, 시간별 DISP분석을 수행할 수 있는 명령이 수행된다. 그리고 각 측정SO 별로 주요분석항목에 해당하는 시간별, 주파수별 DISP 분석결과이다.

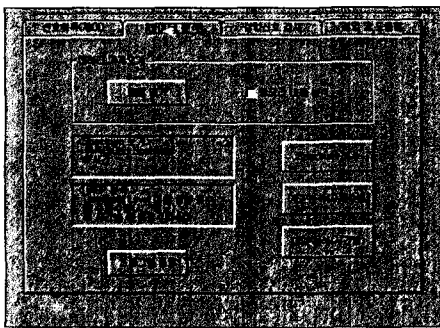


그림 1.12 데이터 분석 프로그램 화면

아래 그림은 한발SO의 22번 셀에서 측정기간동안 16MHz±500 KHz대역의 시간별 레벨변화를 표시하였다. 이 주파수대역에서 상향신호(잡음)의 평균적인 레벨을 -22 dBmV 수준을 유지하다가 1750번과 1830번 측정포인트에서 유입되는 잡음을 관찰할 수 있다. 그림과 같은 방법으로 분석주파수를 변화시키면서 시간에 따른 유입잡음의 레벨변화를 분석할 수 있다.

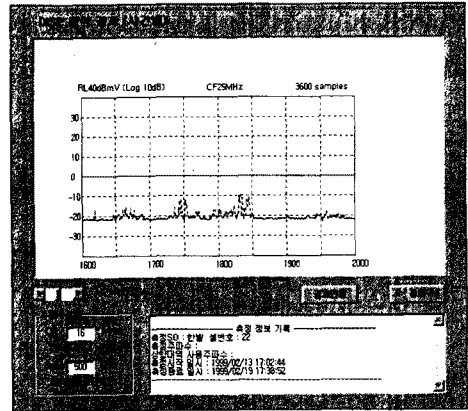


그림 1.13 한발SO 시간별 신호레벨 변화

현장시험 결과 측정 셀의 성능을 분석하기 위해서는 장시간 측정이 이루어져야 할 것으로 판단되며 취득된 데이터를 가지고는 개략적인 추세를 판단하는데 도움을 줄 수 있는 수준이라 생각된다.

3. 결 론

HFC망을 이용한 양방향 서비스는 현재 초기단계이며, 망의 상향대역의 신호에 대한 분석자료가 부족하고 가입자의 증가에 따른 신호대잡음비를 유지할 방안이 제시되지 못한 실정이다. 또한 미국의 cheetah tech에서 HFC망 감시 및 관리 시스템이 개발되어 있으나 시스템의 도입비용이 커서 현실적으로 적용하기는 힘든 실정이라 생각된다.

본 연구에서는 현재 HFC망 운용에 활용되는 주파수 분석기를 이용하여 저가의 시스템을 구현하는 방법을 제시하였다. 현재 개발된 장치는 HFC망 운영에 필요한 상향대역 신호 스펙트럼을 분석할 수 있다.

한편 상향대역 스펙트럼은 HFC망 운용에 필수적인 자료로서 망의 장애나 특이한 잡음 유입현상을 분석할 수 있는 유용한 자료라 생각된다. 현재 개발된 장치를 보완하여 네트워크를 통한 주파수분석기 기능을 포함하면 지역 운영센터에서 각 SO와 셀의 상향대역 스펙트럼을 분석할 수 있을 것이라 생각된다.

(참 고 문 헌)

- [1] NCTA, "Recommended Practices for Measurements on CATV Systems 2ed Supplement on Upstream Transport Issues", Oct., 1997
- [2] HP, "Programmer's Guide HP8590 E-series and L-series Spectrum Analyzers and HP8591C Cable TV Analyzer", Aug., 1995
- [3] 박승권, "케이블TV 전송망의 디지털 신호전송 성능평가", 한양대학교 정보통신기술연구소, 1996
- [4] 장태우, 윤일환, 임병택, "케이블TV 전송망을 이용한 초고속 가입자망의 구축", 제 8회 통신정보융합기술대회 논문집, pp.401-405, Apr., 1998
- [5] 한전정보네트웍(주) CATV기술팀, "CATV 가입자 전송망 상향 품질측정 실무", Jan., 1998
- [6] 한전 전력연구원, "초고속 가입자망 구축기술 연구", Mar., 2000