2.5Gbps SDH 시스템 전자파 감소용 저역통과필터 설계 및 제작

Design and Implementation of LPF to reduce EMI from 2.5Gbps SDH system

이 성 원* · 김 영 범**
Sung-Won Lee*, Young-Beom Kim**

건국대학교 전자 · 정보통신공학과
Department of Electronics · Information & Communication Eng, Konkuk Unversity

요 약

EMI(전자파간섭)은 전기/전자제품의 이상동작을 야기할수 있는 장치로부터 방사되는 10KHz에서 3GHz대역의 전자파를 말한다. 본 연구에서는 안정적이고 정상적인 동작을 위해 2.5Gbps SDH시스템에서 전자파발생원인 STGU유니트에 대하여 전자파간섭을 시뮬레이션하였으며 On-Site Test를 통하여 조화주파수에 대한 전자파 세기를 측정하였다. 또한 소자들간의 EMI를 최소화하기 위하여 2GHz의 Cut-off주파수에서 저역통과필터를 설계하였다.

저역통과필터를 STGU유니트에 적용한 결과 전자파는 약 20dBm이상 감소되었으며 동기기준클럭의 품질을 결정하는 TIE와 MTIE를 측정한 결과 ITU-T G813을 만족하였다.

Abstract

EMI(Electromagnetic Interface) is a measure of electomagnetic radiation from equipment in the range of 10KHz to 3GHz, and can cause unexpected reactions of electronics/electrical equipment.

In this study, for safe and stable communication operation, a STGU(System Timing Genetation Unit), which is a 2.5Gbps SDH System and a major EMI source, was employed to simulate electromagnetic interface. In On-Site test, the power of fundamental frequency of EMI of interest and its harmonics were measured. Also, a low pass filter at cut-off frequency of 2GHz was specifically designed to minimize the effect of EMI between electronic components.

When the low pass filter was implemented within the STGU, the power of EMI decreased more than 20dBm. Finally, when TIE and MTIE, two important quality measure in synchronous reference clcok, was assessed, ITU-T G813 requirements are satisfied.

Key Words : EMI, EMS, LPF, TIE, MTIE

I. 서 론

통신장비 소형화로 부품의 고집적화와 디지털 시스템의 데이터 처리속도의 증가로 인하여 주파수가 높아지고, 전자기기의 급속한 발전과 사용의 확대로 인해 각종 전자기기간의 전자파 방해현상이 날로 증가되고 있다.[1,2]

따라서 이에 따른 각국의 규제도 한층 강화되는 추세

이며 많은 Noise 방해현상 및 제품내부의 상호간섭에 의한 EMI(전자파장해)문제로 CISPR, FCC등의 규제를 받아오고 있으며 최근에는 EMS(전자파내성) 부문이 중요하게 대두되고 있다.[3]

우리나라에서도 1980년부터 EMI규제를 유럽에 이어 두 번째로 적용하였으며 2000년도부터 EMS(전자파내성)를 시행하고 있다.[4]

본 논문에서는 2.5Gbps 동기식 광전송장치의 불요파의 발생원인 STGU유니트에 대해 PCB설계 데이타를 이용하여 불요파의 분포와 세기를 시뮬레이션하고 이 불요파를 차단하기위한 저역통과필터를 설계, 제작하여 필터부착전,후 비교측정 결과 800MHz 주파수대역에서 약 20dB 이상 감쇠되었으며, 또한 필터부착후의 클럭특성과 시스템 기능시험결과 정상적으로 동작됨을 알수 있었다.

II. 2.5Gbps 동기식 광전송장치

이 장치는 DS-3 신호와 STM-1 및 STM-4 광신호를 종속신호로 사용하여 이들을 동기식 디지틀 계위 16차군 신호(STM-16)로 다중 전송하고 그 역다중화 기능을 수행하는 다중장치(MUX), STM-16 광신호의 재생중계 기능을 수행하는 중계장치(REP)로 구성된다.[5]

2.1 2.5Gbps 광전송장치 EMI 측정방법

일반적으로 EMI 측정시험방법은 야외 시험장(open-site)과 전파무향실 (anechoic chamber)이 있다.

전자의 경우는 전자파 간섭 영향과 반사 또는 커플링의 영향을 줄 수 있는 장애물이 없어야 하지만, 최근 전자기기 사용증가, 방송, 무선 통신시스템의 다양화 및 산업의 복잡화에 따른 인공잡음의 증대로 그 선정이 극히 어려워 도시에서 멀리 떨어진 곳에서나 가능하게 되었으며, 그외에도 기상조건에 의한 영향 및 주변 개발에 의한 잡음 환경의 변화로 성능 보존이 어렵다.

후자의 경우는 야외 시험장의 전자파 환경 문제점을 피할 수 있어, 도시나 혹은 제품 생산지에 설치 운용이 가능하나 비용이 과다하게 들며, 또한 안테나를 송수신원으로 사용하므로서 저주파수대 측정이 어렵고 측정시간이 많이 소요되는 문제점을 지니고 있다.[6]

또한 전파무향실은 크기에 제약이 있어 대형시스템에 대해서는 시스템의 이동과 설치문제 때문에 많은 어려움이 있어 FCC에서도 user's premises test, on-site test 또는 on-premises emission test를 허용하고 있다.

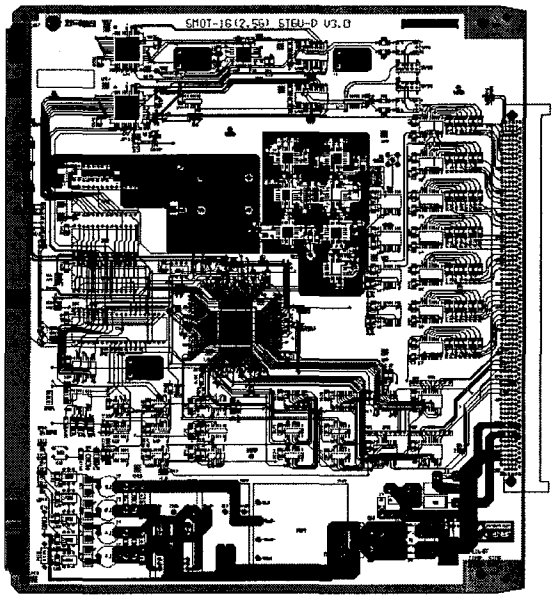
이는 측정대상 장비나 시스템을 지정된 장소로 이동하지 않고 현재 설치된 장소에서 주변전자파잡음(Amb-ient Electomagnetic Noise)을 고려한 후 측정하여 그 측정값을 보정하여 규제치와 비교하는 방법을 사용하므로 본 논문에서도 이 방법을 사용하였다.[7]

2.2 STGU 유니트 시뮬레이션

STGU (System Timing Generation Unit)는 기준타이밍을 이용하여 각 해당 유니트에 클럭을 공급하는 기능을 수행하며, 기준타이밍 선택부, 기준타이밍 제어 및 감시부, DP-PLL, 기본클럭 출력제어부 등으로 구성된다.

PCB에서의 전자파를 해석하기 위해서는 여러 가지 시뮬레이션 툴이 있는데 여기서는 OmegaPlus를 사용하였다.

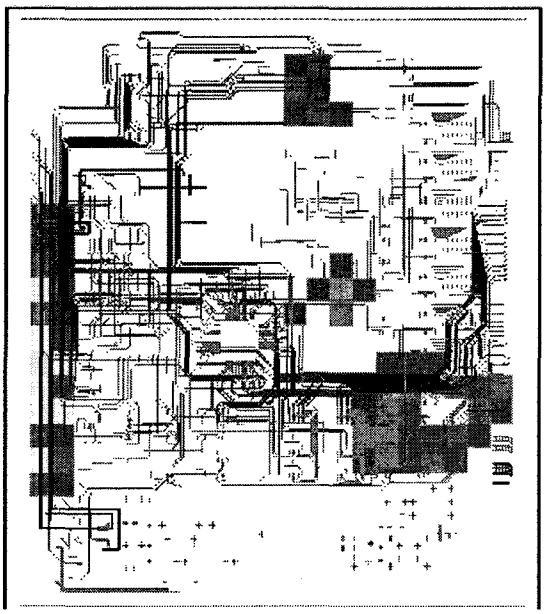
STGU PCB는 (그림 1)과 같이 PCAD로 이미 설계되어져있어 OmegaPlus 시뮬레이션 툴에서 지원이 가능한 OrCAD로 변환을 하였다.



(그림 1) STGU PCB 설계 데이타

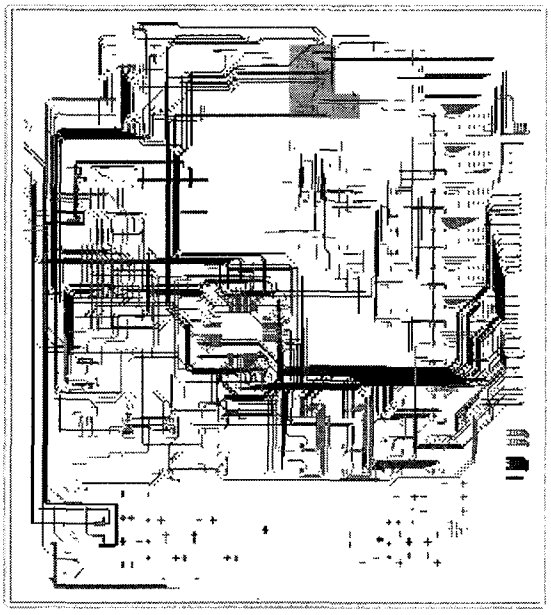
먼저 CAD간의 호환을 위해 OrCAD에서 받아들일수 있는 파일 (확장자:PDF)을 PCAD에서 생성한후 OrCAD에서는 PDF 파일을 이용하여 OmegaPlus에서 받아들일수 있는 파일(확장자:MAX)을 생성하고 불요파 발생부위를 시뮬레이션하기 위한 주파수는 기본 주파수인 51.84MHz를 모든 신호선에 대해 동일하게 적용하였다.

시뮬레이션 결과 600MHz ~ 750MHz대역의 불요파는 (그림 2)와 같이 시스템 주제어 유니트인 MPU (Main Processor Unit)와 STGU유니트간 데이터 통신을 위한 Data Bus 및 Address Bus 신호선에서 발생하는데 이는 Pulse Rate는 Processor부분에서 높고 주변기기에서는 대체로 낮기 때문에 불요복사의 크기 또한 Processor 부분에서 높게 나타남을 알수 있다.[8]



(그림 2) 600MHz ~ 750MHz대역 시뮬레이션 결과

또한 800Mhz대역에서의 불요파 발생부위는 시뮬레이션 결과 (그림 3)과 같이 발진회로부분에서 발생하였으나, 각 유니트에 51.84MHz클럭을 공급하는 출력단에는 연결회로가 없기 때문에 불요파 발생여부가 분석되지는 않았지만 출력단 신호선에서도 발생함을 유추할수 있다.

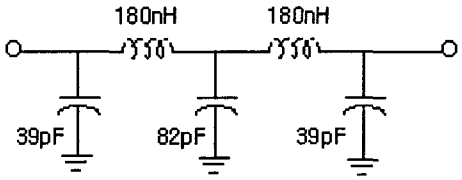


(그림 3) 800MHz대역 시뮬레이션 결과

Ⅲ. 필터 특성 및 제작

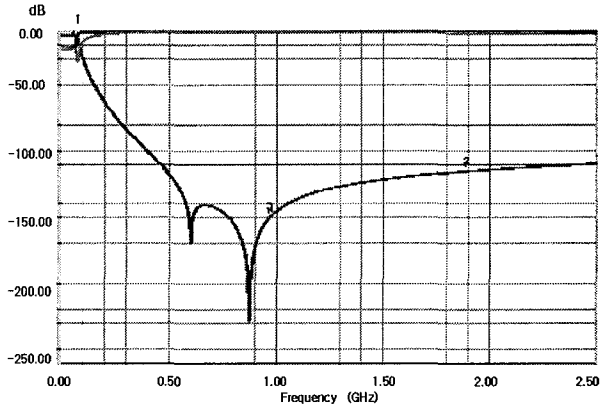
3.1 필터 특성 시뮬레이션 결과

필터는 0805사이즈로 인덕터(180nH : 2개), 캐패시터(39pF : 2개, 82pF : 1개)로 (그림 4)와 같이 설계하였다.

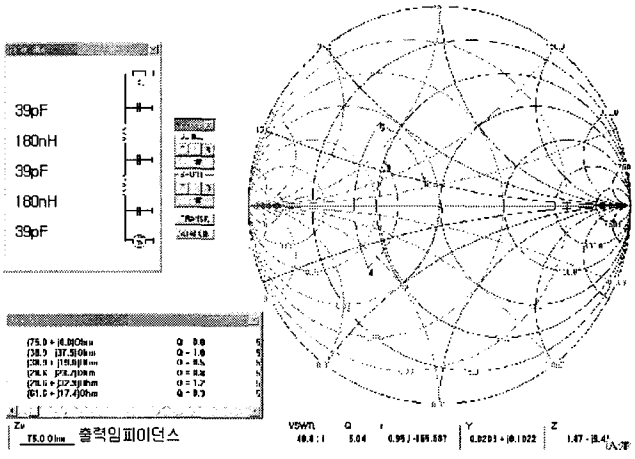


(그림 4) Filter 회로도

Serenade를 이용하여 필터특성을 시뮬레이션한 결과 통과대역인 50MHz 대역에서 -3dB의 Loss를 가지며 2GHz까지의 차단특성은 (그림 5)와 같으며 (그림 6)과 같이 출력 임피이던스도 기준치인 75[Ohm]을 만족한다.



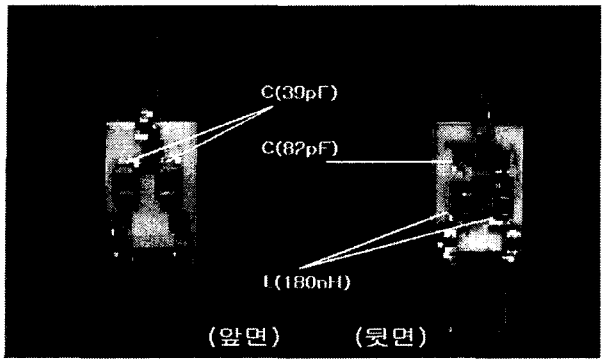
(그림 5) 필터특성 시뮬레이션결과



(그림 6) 필터 출력임피이던스

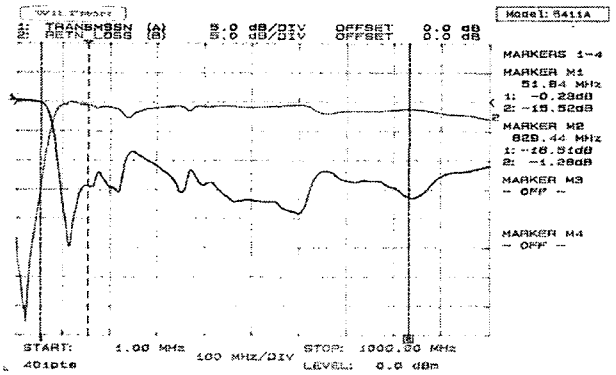
3.2 필터 제작

필터에 대한 특성을 측정하기 위해 먼저 HIC형태로 선제작하였으며 크기는 8.0X4.5(단위:mm)이며 두께는 1.0t (단위:mm)로 (그림 7)과 같이 제작하였다.



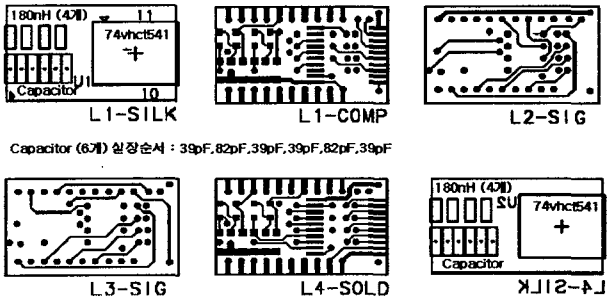
(그림 7) HIC로 제작한 Filter

Filter특성 측정 결과 (그림 8)과 같이 800MHz대역에서 약 16dB정도의 차단특성을 가지며, 또한 필터 부착전,후 약 4.7nsec의 위상차가 발생하는데 이는 필터자체의 전달 지연특성에 기인한다.



(그림 8) HIC로 제작한 Filter특성 측정결과

설계된 PCB의 크기는 22.76 X 10.26 X 0.8t(mm)로 PCB당 4개의 Filter가 양면으로 실장되며 필터 부착전,후 위상차를 보상하기 위하여 지연시간이 5nsec인 74vhct 541소자를 출력단에 추가하여 (그림 9)와 같이 4층으로 설계한후 (그림 10)과 같이 STGU 유니트에 실장하였다.



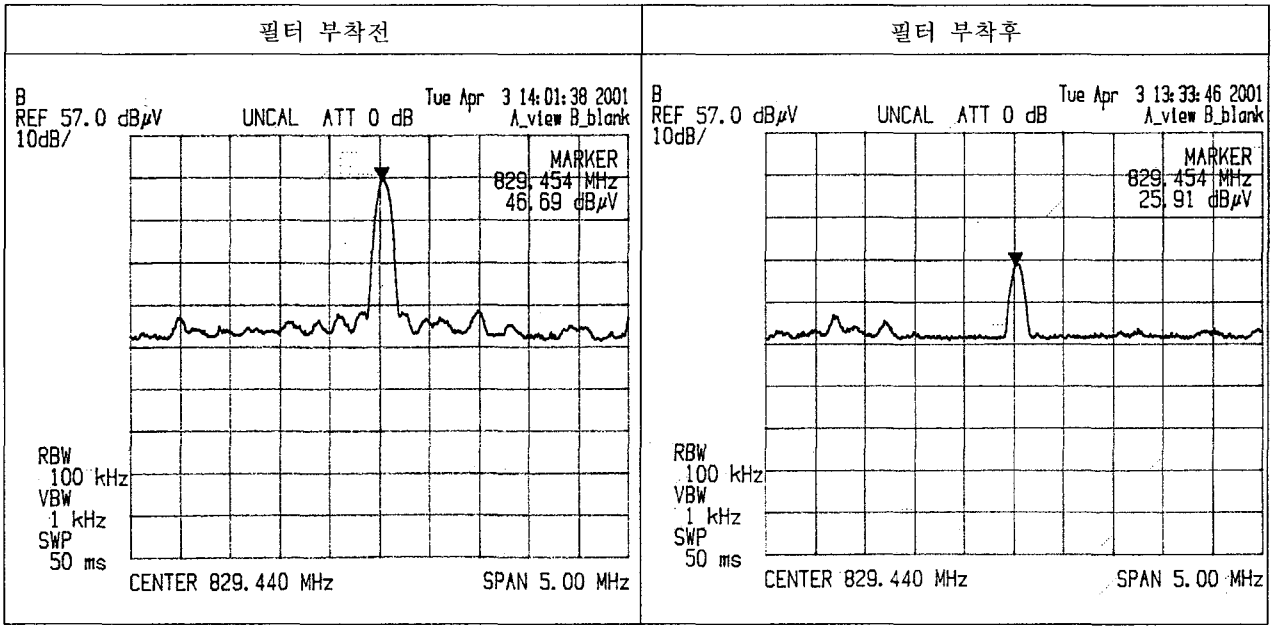
(그림 9) Sub-PCB Layout

Ⅳ. 측정결과

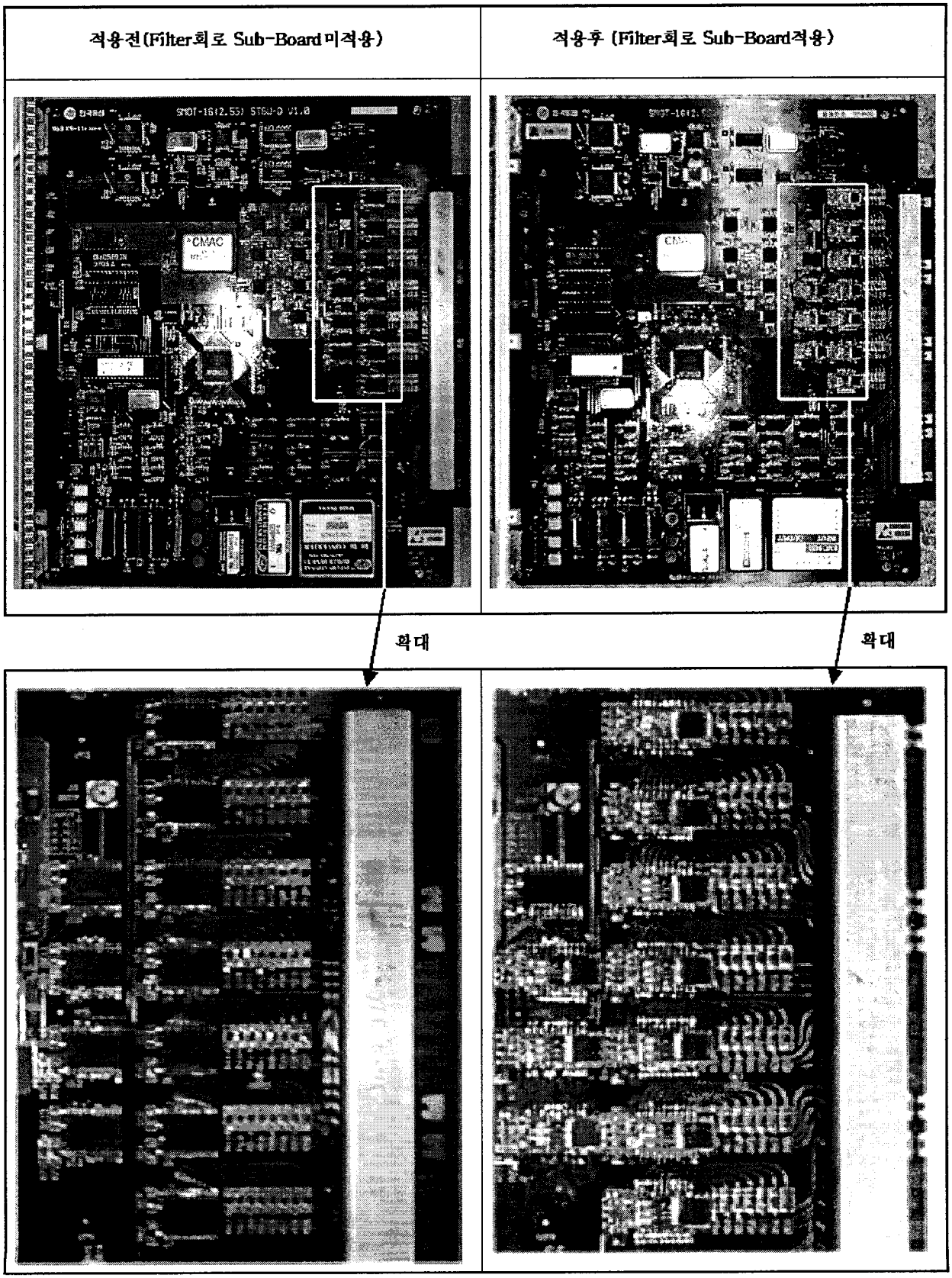
4.1 불요파 측정결과

2.5G 동기식 광전송장치에서 발생하는 800MHz대역에서의 불요파세기를 비교 측정한 결과 필터 부착전에는 (그림 11)과 같이 약 46dB로 측정되었으며 이는 정보기기류의 전자파 방사기준에서 측정주파수대역이 230MHz ~1000MHz대역에 해당하며 전자파 방사기준치인 47dB에는 적합함을 알 수 있다.[9]

필터회로를 적용한 후 불요파 세기를 비교 측정한 결과 약 26dB로 20dB이상 감소함을 알 수 있다.



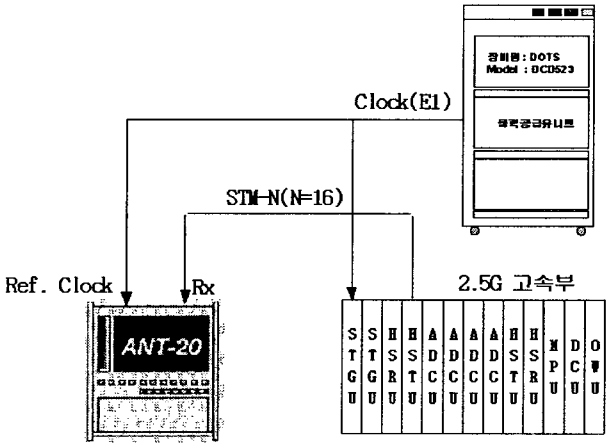
(그림 11) 필터 부착전,후 불요파세기 측정결과



(그림 10) Sub-Board 실장전후

4.2 시스템기능 시험결과

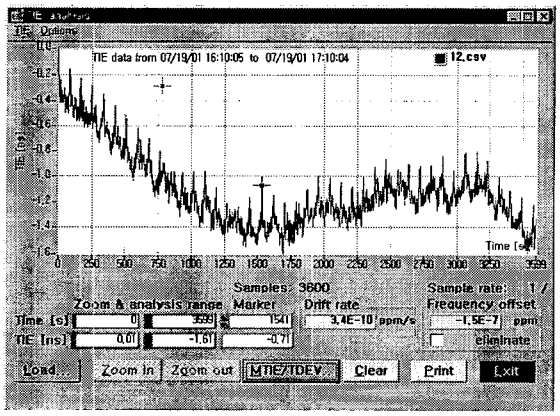
시스템 기능은 크게 (그림 12)와 같이 클럭 안정도시험과 시스템 기능시험으로 구분하여 실시하였다.



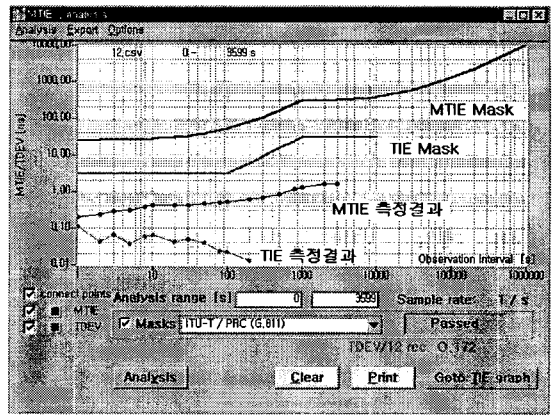
(그림 12) 클럭안정도 시험구성도

동기 클럭원의 계위를 결정하는 품질 요소는 크게 정확도(Accuracy), 안정도(Stability, Holdover Stability), 위상 변화(Phase Transients)등이 있으며 각각 기준 클럭과의 주파수차이 비율, 단위기간 동안의 주파수 변동 또는 MTIE(Maximum Time Interval Error)로 표시한다. [10]

(그림 12)와 같이 동기신호분배장치인 DOTS (Digital Office Timing Supply)에서 E1 클럭을 공급한후 2.5G시스템에서의 유도클럭 (Drived Clock)에 대해 특정기간동안 이상적인 신호에 대한 측정신호의 시간지연의 변화량을 나타내는 TIE(Time Interval Error)와 측정기간(Obser-vation Time) 동안의 Maxium Tie 값으로 Peak-to-Peak위상변화를 나타내는 MTIE (Maximum Time Interval Time)를 측정한 결과 (그림 13), (그림 14)와 같이 ITU-T 권고안 G.813에서 권고하는 특성에 적합함을 알수 있다.



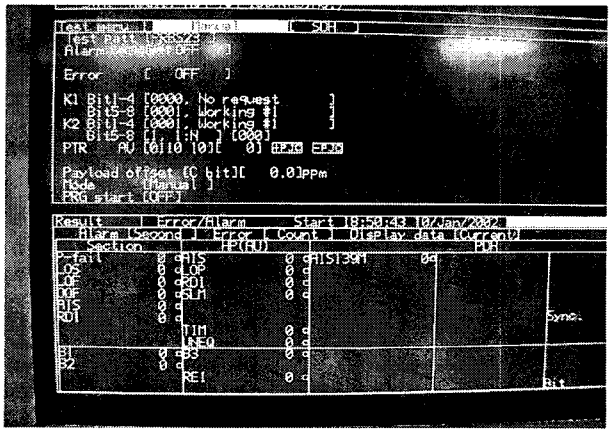
(그림 13) TIE 측정결과



(그림 14) MTIE 측정결과

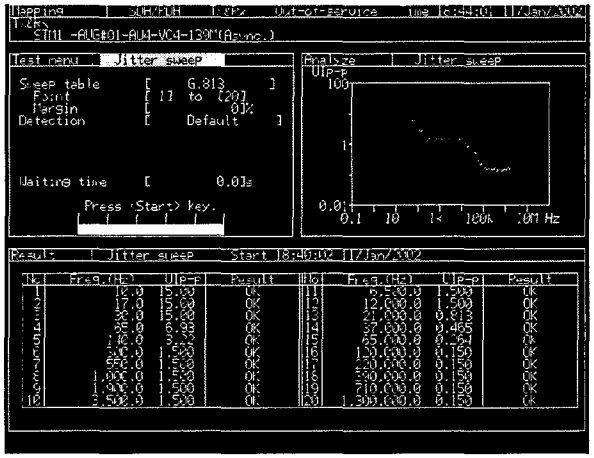
또한 시스템 기능 시험은 아래 (그림 15)와 같이 3개 노드로 구성된 환형망으로 회선을 구성하여 MP1570A SDH/SONET Analyzer계측기를 이용하여 측정한 결과 (그림 16)과 같이 트래픽이 정상적으로 측정되었다.

(그림 15) 환형망 구성

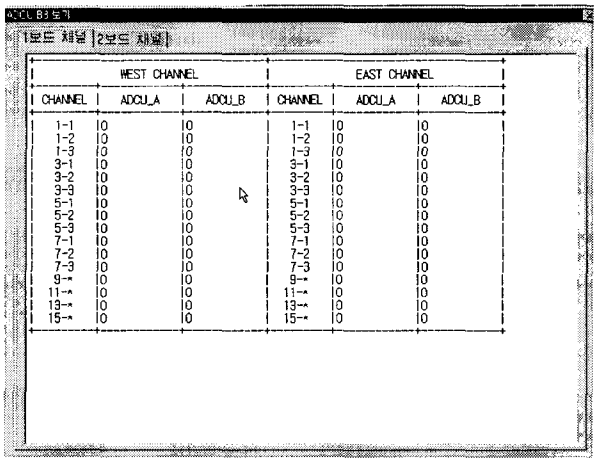


(그림 16) MP1570A 측정결과

또한 STM-4광신호를 수용하는 TI4U유니트의 Jitter특성을 측정한 결과 (그림 17)과 같이 ITU-T G.813에 적합하며 또한 (그림 18)과 같이 고속부 유니트중 ADCU 유니트에서 각 채널별 B3성능 또한 정상임을 알수 있다.



(그림 17) TI4U 유니트 Jitter측정결과



(그림 18) ADCU B3성능 조회 결과

V. 결 론

본 논문에서는 2.5G 동기식 광전송장치에서 발생하는 불요파를 측정하고 이 불요파의 발생원인 STGU유니트에 대해 불요파의 분포와 세기를 시뮬레이션하였으며 또한 이 불요파를 차단하기 위한 저역통과필터를 제작하였다.

기제작된 유니트에 적용하기위해 제한된 면적에 Sub-PCB형태로 Filter를 적용한후 800MHz대역에서의 불요파 측정결과 약 20dB이상 감쇠되었으며 클럭원 품질 측정 결과 ITU-T 권고안 G.813도 만족하였다.

또한 시스템 기능 시험은 3개 노드로 구성된 환형망으로 회선을 구성하여 시험한 결과 트래픽이 정상적으로 측정되었다.

따라서 이미 제작되어진 유니트에 대하여 필터회로를 적용하기 위해서는 부품교체등 재작업이 필요함에 따라, 디자인 단계에서부터 시험 및 양산 단계까지 EMI를 줄이는 기술이 적용되어야만 최소의 EMI 문제를 가진 제품을 개발할 수 있다.

따라서 PCB설계단계에서도 신호의 지연이나 반사, 누화등으로 인한 EMI문제가 발생하고 있다. 이는 PCB 레이아웃 설계용 CAD들도 네트 선로의 형태와 기판의 구성등에 따른 SI(Signal Integrity) 해석이나 EMI규제에 대응하기 위한 복사파의 예측기능이 필요하다. [11,12]

먼저 초기 기대치를 설정하여 그에 합당한 설계가 필요하므로 여러 가지 대책 및 기법을 적용하여 제품개발의 초기 단계에서 전자파 장해현상을 미리 예측하여 제어하는 것이 바람직하며 디자인 단계에서 전혀 EMI에 대한 고려 없이 설계되면 그 원인을 찾는 분석 방법이 상당히 어려우며 EMI를 줄이기 위해서 부가적인 부담이 발생하게 된다. [13]

따라서 EMI를 축소 시키는 기술은 각 단계에서 다양하게 존재하지만, 디자인 단계에서는 생산 또는 테스트 단계에서 보다 EMI 축소를 위한 기술이 많고 더 저렴한 비용으로 구현할 수 있다.

접수일자 : 2002. 2. 14 수정완료 : 2002. 4. 30

참고문헌

[1] 주재철, 박범준, 김종국, 이현영, 박동철 "외부 전자파에 의한 LAN 케이블의 유도전압"전자파학회 마이크로파 및 전파학술대회 논문집 1999.5

[2] 박이섭, 이중근 "PCB선로에서 복사되는 불요전자파를 억제하기 위한 기술" 한국전자파학회 학술논문지 제11권 제7호 2000.10

[3] 이상규 "음성/영상수신기에 대한 EMI/EMS기준비교" 한국전자파학회 전자파기술 1996 v.7, n.2, pp.30-37

[4] 배대환, 김동일, 배재영 "인입선 Break-box내의 EMC 대책용 필터 개발에 관한 연구" 한국전자파학회논문지 제 12권 제2호 2001.2

[5] 이성원, 김영범 "기포설된 광케이블 특성측정과 이 선로조건에 대한 SDH 및 DWDM광전송장치 전송특성 측정과 시뮬레이션" 한국신뢰성학회 신뢰성응용연구논문 제1권 제2호 2001.10

[6] 윤재훈 "저가의 EMI/EMS 측정 시스템 - 표준, 개량형 TEM Cell" 한국전자파학회 전자파기술 1993 v.4, n.1, pp.51-58

[7] 엄익준,류대원,김철수,김형석 "Upper-Band에 Notch가 들어가는 LC Filter의 설계 및 개발" 순천향대학교 산업기술연구소논문집 제3권 2호 p289~293,1997

[8] 윤현보 "전전자교환기 가입자회로의 EMI대책설계연구" 93통신학술연구과제 1994.3

[9] 정부통신부고시 제 2000-79호 "전자파 장애 방지기준" 2000.10
[10] ITU-T Recommendation G.813 "Timing caractristics of SDH equipment slave clocks (SEC), 1996.8
[11] 박학병외 3명 "EMC Design Rule을 이용한 통신 System의 EMC Design" 한국전자파학회논문 제12권 제1호 p77~83, 2001.1
[12] 심환우 "High-speed PCB설계를 위한 EMI 분석 시스템 개발" 한국전자파학회지-전자파기술 1997 v.9, n.1, pp.26-33
[13] http://www.antsys.kr/tech_sim_hsbd-1.html "고속 Interconnection 및 Package"

이성원(Sung-Won Lee)
準會員
1990. 2 숭실대학교 전자공학과 졸업
1994. 8 숭실대학교 산업대학원 전자공학과 졸업
1990~1998 대우통신(주)선임연구원
1999~현재 한국통신 통신망 관리단 전송 기술팀 재직중
2000~현재 건국대학원 전자정보통신공학과 박사과정

김영범(Young-Beom Kim)
正會員
1984년 서울대학교 전자공학과 졸업
1986년 서울대학교 전자공학과 석사
1996년 미국 매릴랜드주립대 (College Park, MD)전자공학 박사
1986년~1988년 한국통신 품질 보증단 전임연구원
1997년~현재 건국대학교 정보통신대학 전자공학부 조교수