2.5G SDH 전자파 감소용 저역통과필터 설계

Design of Low Pass Filter to reduce EMI from 2.5G SDH system

이성원*, 김영범**
Lee Sung Won, Kim Young Beom

Abstract

In this paper, EMI measurement, the STGU simulation being conducted, filter design, its characteristics, and its implementation to the PCB, and finally test resluts are discussed.

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

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 2.5G SDH System and a major EMI source, was employed to simulate electromagnetic interface. Using Open-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 for this study to minimize the effect of EMI between electronic components.

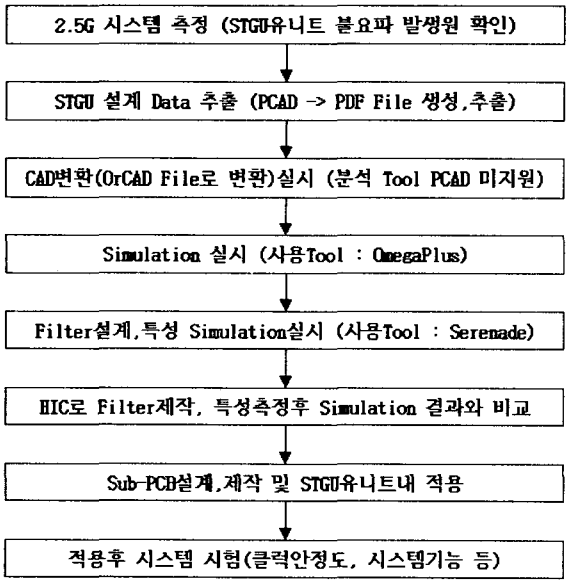
* 건국대학교 대학원 전자정보통신공학과 박사과정
** 건국대학교 전자정보통신공학과 교수

1. 서 론

통신장비의 소형화 추세에 따라 장비를 구성하는 부품의 고집적화가 이루어지고 디지털 시스템의 데이터 처리속도의 증가에 따른 사용 주파수가 높아짐에 따라 회로에서 발생하는 전자파는 점차적으로 그 잡음강도가 증가하고 있기 때문에 보다 다양한 EMI현상을 유발시킬 가능성을 내포하고 있다[1].

따라서 1970년부터 전자파환경대책의 관심과 연구는 국제적으로 CISPR(국제무선장해특별위원회)나 미국의 FCC(미연방통신위원회), 일본의 VCCI(정보처리장비 및 전파장해자주 규제협의회) 및 유럽의 CENELEC(유럽 전자기술 표준화 위원회) 등 엄격한 규정과 시험을 통해 자국의 제품 및 수입제품의 모든 전자정보기기의 환경평가를 실시하였으며 우리나라에서도 1980년부터 EMI(전자파장해)규제를 유럽에 이어 두 번째로 적용하였으며 2000년 1월 EMS(전자파내성)를 시행하여 불요전자파 문제의 심각성을 알게 해 주고 있다[2].

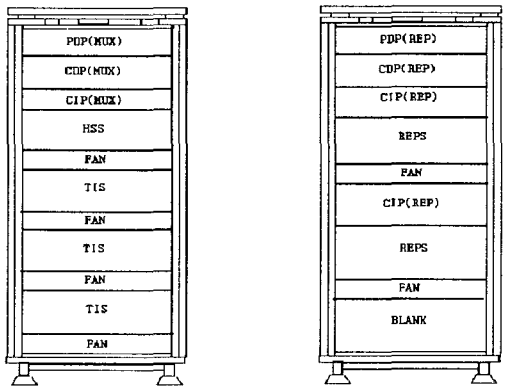
따라서 본 논문에서는 <그림 1>과 같은 절차를 거쳐 2.5G 동기식 광전송장치에서 발생하는 불요파를 측정하고 이 불요파의 발생원인 STGU유니트에 대해 PCB설계 데이타를 이용하여 PCB선로에서 발생하는 불요파의 분포와 세기를 시뮬레이션하고 이 불요파를 차단하기위한 저역통과필터를 설계, 제작하여 필터부착전,후 비교측정 결과 불요파세기가 가장 크게 발생하는 800MHz 주파수대역에서 약 20dB정도 감쇠됨을 확인하였다.



<그림 1> 분석 및 측정절차

2. 2.5G 동기식 광전송장치

이 장치는 DS-3(44.736Kbps)신호 또는 STM-1(155,520Kbps) 및 STM-4(622,080Kbps) 광신호를 종속신호로 사용하여 이들을 동기식 디지틀 계위 16차군 신호(STM-16)로 다중 전송하고 그 역다중화 기능을 수행하는 다중장치(SMOT16-MUX), STM-16 광신호의 재생중계 기능을 수행하는 중계장치(SMOT16-REP)로 <그림 2>와 같이 구성된다[3].



<그림 2> 2.5G 시스템 구성도

2.1 불요파 측정방법

불요전자파라 함은 10kHz에서 3GHz범위 내의 무선주파수대역 내에서 발생되는 전자기적 에너지로서 통신의 기능에 장애를 줄 수 있는 전자파를 말한다.

전자파 측정은 기본적으로 open-site test와

전파무향실(anechoic-chamber) test 및 차폐실(shield room) test 3가지 방법중의 하나로 규정되어 있다. open-site test는 측정안테나 위치에서 전자계의 변화를 유발시키는 반사파의 존재가 없는 자유공간상태에서의 측정으로 가장 저가의 비용이 소요되기 때문에 가장 일반적으로 사용되고 있다. 그러나 이 방법은 외부에서 도래하는 전자파의 존재 때문에 측정지역이 갖는 외부 전자파에 대한 정확한 자료를 가지고 있어야 한다.

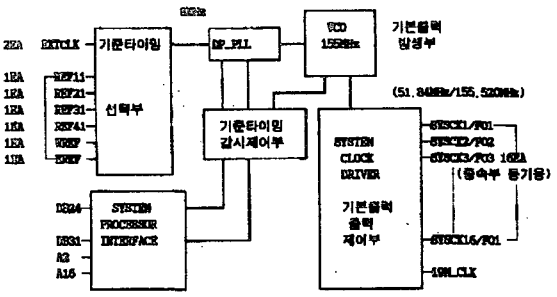
전파무향실이나 차폐실의 경우는 그 크기에 제약이 있기 때문에 소형장치의 경우 측정이 가능하나 대형컴퓨터, 교환 및 전송시스템과 같은 대형시스템에 대해서는 시스템의 이동과 설치문제 때문에 많은 어려움이 따른다. 이러한 이유로 FCC에서도 대형시스템의 open-site test나 무향실측정을 위한 설치가 불가능할 경우 user's premises test, on-site test 또는 on-premises emission test를 허용하고 있다. 이 개념은 측정하고자 하는 장비나 시스템을 지정된 측정장소로 이동시키지 않고 현재 설치된 장소에서의 동작상태 하에서 주변전자파잡음(Ambient Elect-omagnetic Noise)을 고려한 채로 측정하여 그 측정값을 보정하여 규제치와 비교하는 방법을 사용한다[4].

따라서 본 논문에서는 전송시스템의 이동이 불가능하기 때문에 불요전자파 측정을 위한 최적방법으로 on-site test방법을 사용하였다.

2.2 발생원과 수신체

전파란 전자방사(電磁放射 : electomagnetic radiation)의 파(또는 전자파)의 일종으로 전자파는 시간에 따라 변화하는 전기장과 자기장의 상호작용으로 공간을 전파해 가는 일종의 에너지 흐름을 말한다. 원하는 목적 이외의 전자파를 불요전자파라고 하는데 그 발생원으로부터 수신체에 도달하는 방식에 따라 방사와 전도로 구분한다.

STGU(System Timing Generation Unit)는 기준타이밍을 이용하여 기본클럭을 발생시켜 각 해당 유니트에 공급하는 기능을 수행하며, 기본적인 구성은 <그림 3>과 같이 기준타이밍 선택부, 기준타이밍 제어 및 감시부, DP-PLL, 기본클럭 출력제어부(SYSTEM DRIVER) 등으로 구성된다.

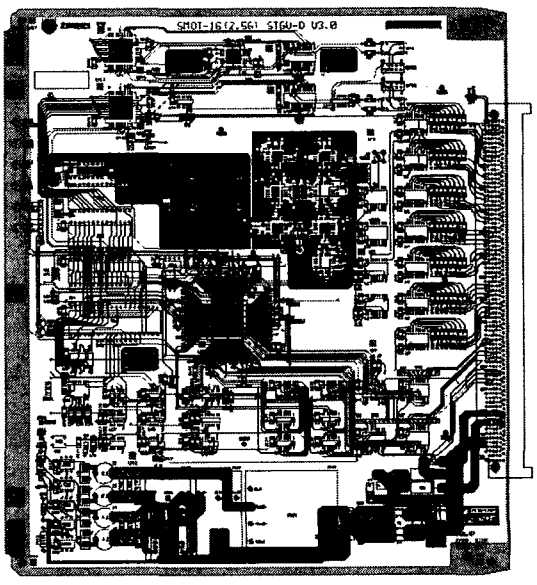


<그림 3> STGU Block Diagram

2.3 STGU 유니트 시뮬레이션

PCB에서의 전자파를 해석하기 위해서는 여러가지 시뮬레이션 툴이 있는데, 여기서는 Omega-Plus를 사용하여 시뮬레이션 하였다.

STGU PCB는 <그림 4>와 같이 PCAD로 이미 설계되어져 있어 OmegaPlus 시뮬레이션 툴에서 지원이 가능한 CAD로 변환을 하였다.

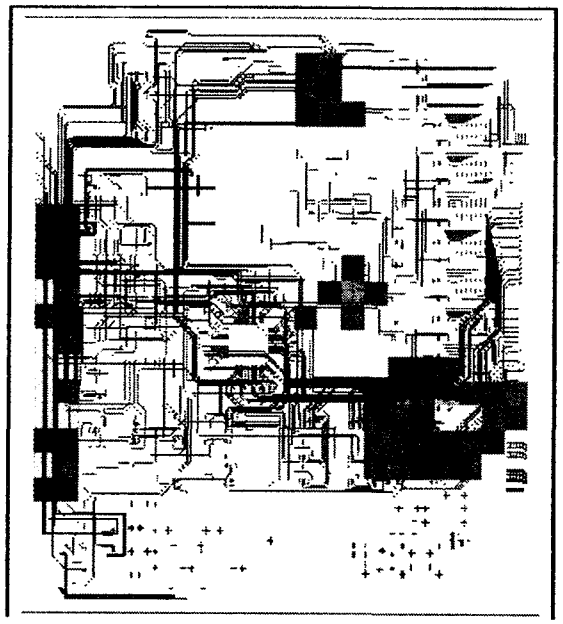


<그림 4> STGU Gerber Data

먼저 모든 CAD시스템간의 설계데이타는 완벽히 호환이 이루어지지 않지만 PCAD와 OrCAD간에의 호환을 위해 OrCAD에서 받아들일 수 있는 파일 (확장자 : PDF)을 생성한 후 OrCAD에서 OmegaPlus에서 받아들일 수 있는 파일(확장자:MAX)을 생성하여 시뮬레이션을 실시하였다.

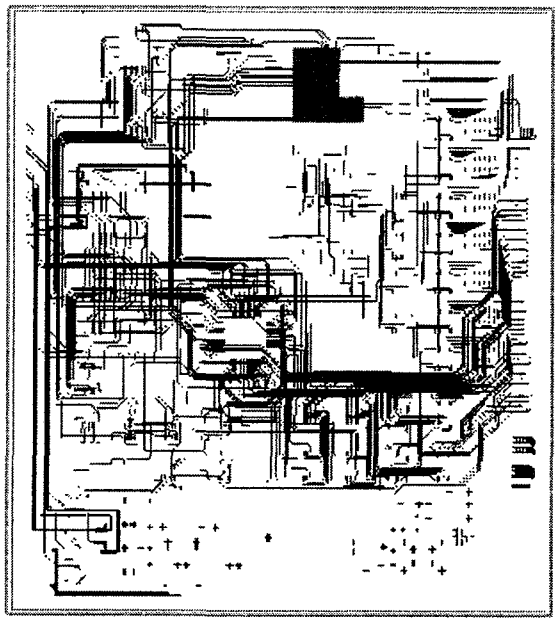
시뮬레이션을 위한 주파수는 STGU 유니트의 기본 주파수인 51.84MHz를 모든 신호선에 대해 동일하게 적용하였다.

시뮬레이션 결과 600MHz ~ 750MHz대역의 불요파는 <그림 5>와 같이 2.5G 동기식 광전송장치의 MPU(Main Processor Unit)와 STGU유니트간 데이터 통신을 위한 Data Bus 및 Address Bus 신호선에서 발생함을 알 수 있다. 이는 Pulse Rate는 Processor부분에서 높고 주변기기에서는 대체로 낮기 때문에 불요복사의 크기 또한 Processor 부분에서 높게 나타남을 시뮬레이션결과 확인할수 있다[4].



<그림 5> 600MHz ~ 800MHz대역 불요파 발생부위 시뮬레이션 결과

또한 800Mhz대역에서의 불요파 발생부위는 시뮬레이션 결과 <그림 6>과 같이 발진회로부분에만 발생하였으나, STGU유니트에서 2.5G 동기식 광전송장치의 각 해당유니트에 51.84MHz 클럭을 공급하는 출력단에는 연결회로가 없기 때문에 불요파 발생여부가 분석되지 않았다.

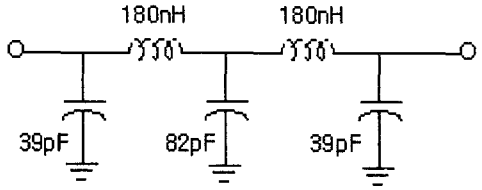


<그림 6> 800MHz대역 불요파 발생부위 시뮬레이션 결과

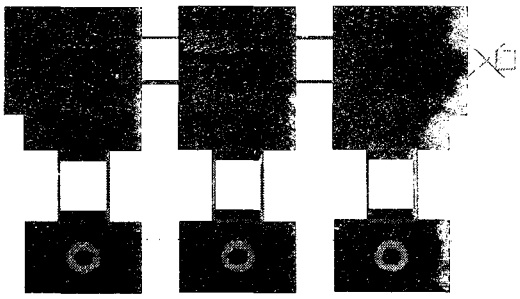
3. 필터특성 시뮬레이션 및 측정결과

3.1 필터 특성 시뮬레이션 결과

필터는 <그림 7>과 같이 0805사이즈로 인덕터(180nH) 2개, 캐패시터 39pF 2개와 82pF 1개로PCB Layout은 선로폭 3mm, 길이 1mm로 <그림 8>과 같이 설계하였다.

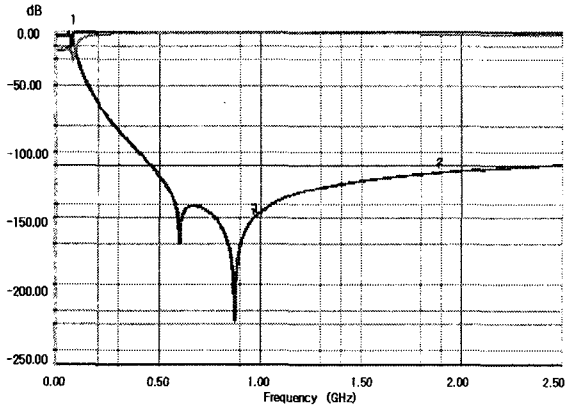


<그림 7> Filter 회로도



<그림 8> PCB Layout

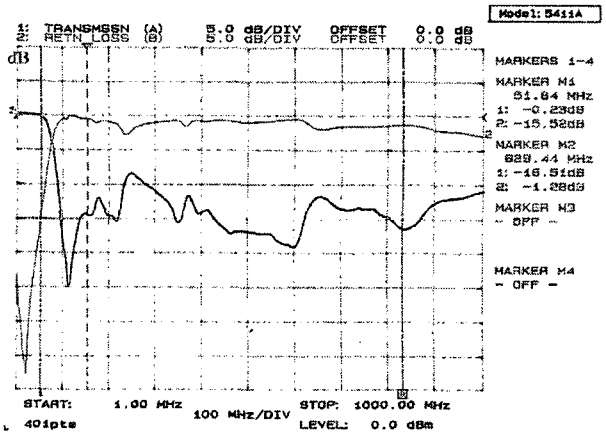
Serenade를 이용하여 설계한 Filter의 시뮬레이션결과는 통과대역인 50MHz 대역에서 -3dB의 Loss를 가지며 2GHz까지의 차단특성은 <그림 9>와 같은 특성을 가짐을 알 수 있다.



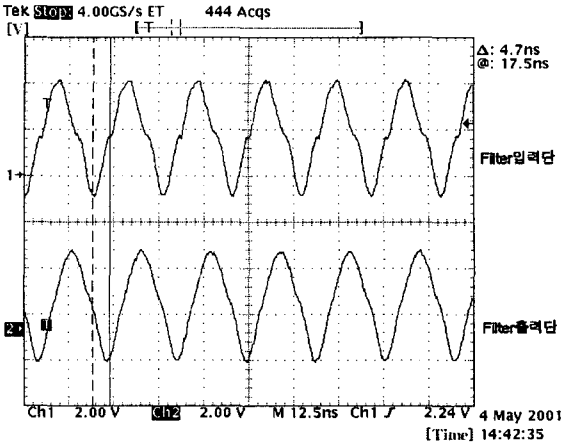
<그림 9> 필터특성 시뮬레이션결과

3.2 필터특성 측정결과

설계된 필터의 특성을 측정한 결과 <그림 10>과 같이 800MHz대역에서 약 16dB정도의 차단특성을 가지며, 또한 Filter부착전후 클럭위상차 측정결과 <그림 11>과 같이 약 4.7nsec의 위상차가 발생하였다.



<그림 10> 필터특성 측정결과

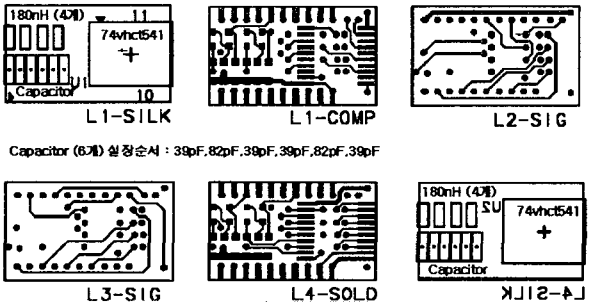


<그림 11> Filter입출력단 위상측정

따라서 이를 이미 제작된 STGU유니트내의 한정된 공간안에 적용하기 위하여 기존의 SOIC 형태의 74bct541 소자 대신에 TSSOP 형태의 74vhct541 소자를 사용하고 Filter회로를 함께 설계하였다.

설계된 PCB의 크기는 22.76 X 10.26(단위 mm)이며 두께는 0.8t(단위:mm)로 부품은 양면으로 실장되어 Sub-PCB당 4개의 필터가 실장되도록 설계하였다.

또한 Filter부착전,후 클럭간의 위상차를 보상하기 위하여 동일지연시간을 갖도록 전달지연시간(Propagation Delay)이 최대 5nsec인 TSSOP 형태의 동일한 74vhct541소자를 출력단에 추가하여 <그림 12>와 같이 4층으로 설계, 제작하여 STGU 유니트 1매에 Sub-Board의 수량은 10개가 출력단에 OSC 실장되었다.



<그림 12> Sub-PCB Layout

4. 측정결과

4.1 불요파 측정결과

2.5G 동기식 광전송장치에서 발생하는 800MHz 대역에서의 불요파를 Filter부착전,후를 비교 측정하였다.

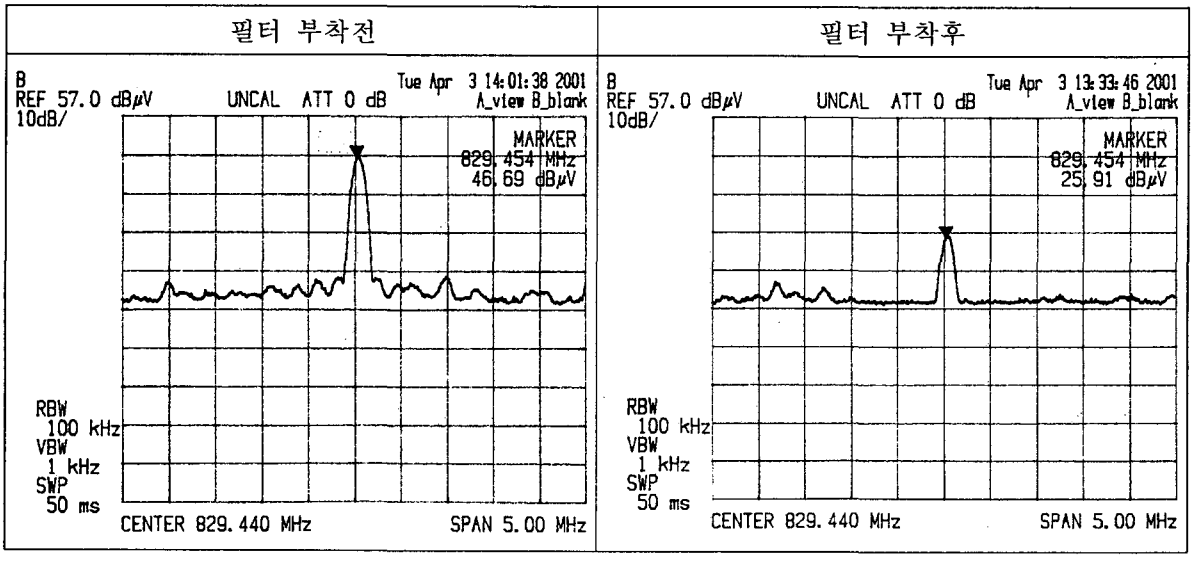
Filter부착전에는 800MHz대역에서 발생하는 불요파 세기는 <그림 13>과 같이 약 46dB로 측정되었으며, 이는 <표 1>과 같이 정보기기류의 전자파 방사기준에서 측정주파수대역이 230MHz ~ 1000MHz대역에 해당하며 측정기준인 47dB로 전자파 방사기준에는 적합함을 알 수 있다.

Filter회로를 적용한 후 불요파 세기를 비교 측정한 결과 <그림 13>에서와 같이 800MHz대역에서 약 26dB로 20dB이상 감소함을 알 수 있다.

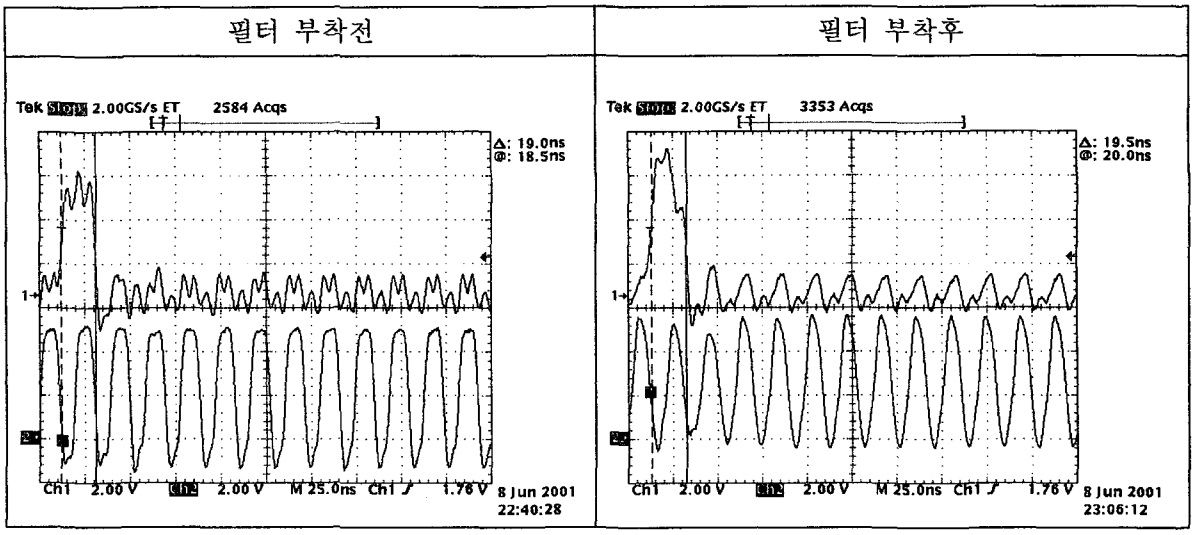
<표 1> 정보기기류의 전자파 방사기준 [5]

주파수 범위 (MHz)	준 첨두치 허용기준(dBuV/m)	
	A급기기(10m)	B급기기(10m)
30~230	40	30
230~1000	47	37

(주)A급기기:업무용 기기, B급 기기:업무용 기기외 기기



<그림 13> 필터 부착전,후 불요파세기 측정결과



<그림 14> 필터 부착전,후 FS와 클럭간의 위상차 비교측정

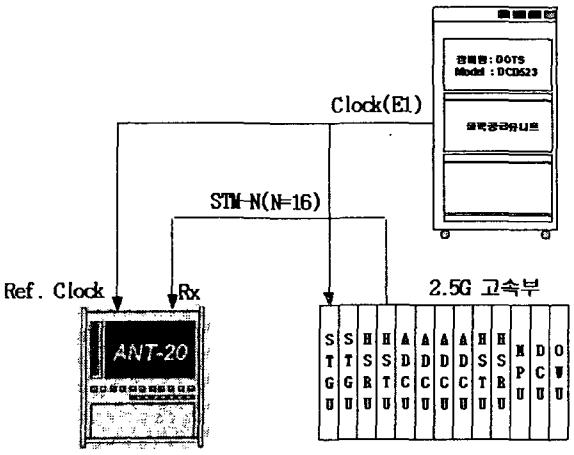
4.2 클럭특성 측정결과

클럭 특성에 대한 시험은 크게 클럭과 FS신호간의 위상차 및 클럭안정도 측정으로 구분하여 실시하였다.

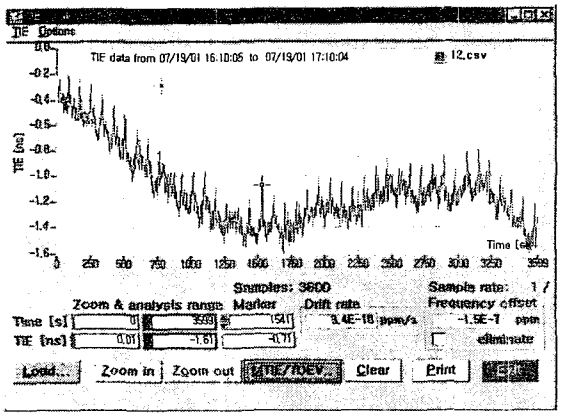
먼저 필터 부착전,후 <그림 14>와 같이 8kHz FS신호와 51.84MHz 클럭간의 위상차는 동일하게 측정되었으며 이는 Filter특성에 의한 전달지연시간에 대해 FS신호에 대해서도 동일한 지연시간을 갖는 버퍼를 추가하여 보상함으로써 가능하였다.

또한 동기 클럭원의 계위를 결정하는 품질 요소로는 크게 정확도(Accuracy), 안정도(Stability, Hold-over Stability), 위상 변화 (Phase Transients) 등이 있으며 각각을 기준 클럭과의 주파수 차이 비율, 단위 기간 동안의 주파수 변동 또는 MTIE(Maximum Time Interval Error)로 표시한다[8].

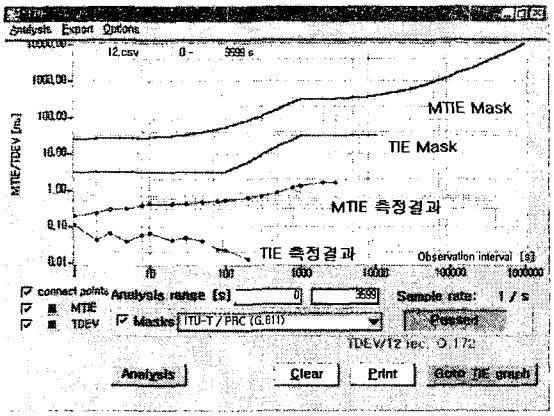
<그림 15>와 같이 동기신호분배장치인 DOTS (Digital Office Timing Supply)에서 E1 Clock을 공급한후 2.5G시스템에서의 유도클럭 (Drived Clock)에 대해 특정기간동안 이상적인 신호에 대한 측정신호의 시간지연의 변화량을 나타내는 TIE(Time Interval Error)와 측정기간(Obser-vation Time) 동안의 Maxium Tie 값으로 Peak-to-Peak 위상변화를 나타내는 MTIE (Maximum Time Interval Time) 측정 결과 <그림 16>, <그림 17>과 같이 ITU-T 권고안 G.813에서 권고하는 특성에 적합함을 알 수 있다.



<그림 15> 클럭안정도 시험구성도



<그림 16> TIE 측정결과



<그림 17> MTIE 측정결과

5. 결론

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

이를 이미 제작된 STGU유니트 내의 한정된 공간안에 실장하기 위하여 Sub-PCB형태로 Filter 를 제작하여 적용한 후 800MHz 대역에서의 불요파 측정결과 약 18dB 이상 감쇠됨을 확인하였으며, 또한 클럭원 품질을 측정한 결과 ITU-T권고안 G.813도 만족하였다.

따라서 이미 제작되어진 유니트에 대하여 필터회로를 적용하기 위해서는 부품교체등 재작업이 필요함에 따라 하나의 시스템을 구현할 때, 디자인 단계에서부터, 테스트 단계, 생산 단계까지 일관되게 EMI를 줄이는 기술이 적용되어야만 최소의 EMI 문제를 가진 제품을 개발할 수 있음을 알게 되었다.

일반적으로 EMI를 고려한 PCB설계에 있어서는 먼저 초기 기대치를 설정하여 그에 합당한 설계가 필요하므로 여러 가지 대책 및 기법을 적용하여 제품개발의 초기 단계에서 전자파 장해현상을 미리 예측하여 제어하는 것이 바람직하다.

따라서 이러한 방법들은 제품의 초기 단계에는 매우 다양하게 선택될 수 있고, 대책에 투입되는 비용도 적으나, 최종 단계로 갈수록 선택할 수 있는 대책 방법의 폭은 매우 좁아지고, 비용 역시 커진다[9].

디자인 단계에서 전혀 EMI에 대한 고려 없이 설계되면 테스트 단계에서부터 EMI 문제가 발생하기 시작하며, 이렇게 차후에 EMI 문제가 발견되는 경우, 그 원인을 찾는 분석 방법이 상당히 어려워질 뿐 아니라 EMI를 줄이기 위해서 불필요한 부품이나 장치가 추가되어 결국 장비의 크기, 중량, 전력 소모, 가격에 대한 부가적인 부담이 발생하게 된다. EMI를 축소시키는 기술은 각 단계에서 다양하게 존재하지만, 디자인 단계에서는 생산 또는 테스트 단계에서 보다 EMI 축소를 위한 기술이 많고 더 저렴한 비용으로 구현할 수 있다.

참고문헌

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

[2] 배대환, 김동일, 배재영 "인입선 Break-box 내의 EMC 대책용 필터 개발에 관한 연구" 한국전자파학회논문 제 12권 제2호 2001.2

[3] 이성원 "2.5G SDH-F/O 유니트별 신뢰도 분석을 통한 적정예비 유니트 산출" 한국신뢰성학회 춘계학술대회논문 2000.4

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

[5] 정부통신부고시 제 2000-79호 "전자파 장애방지기준" 2000.10

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

[7] 박학병, 박종성, 이승한, 강석환 "EMC Design Rule을 이용한 통신 System의 EMC Design" 한국전자파학회논문 제12권 제1호 p77~83, 2001.1

[8] ITU-T Recommendation G.813 "Timing caracteristics of SDH equipment slave clocks (SEC), 1996.8

[9] http://www.antsys.kr/tech_sim_hsbd-1.html "고속 Interconnection 및 Package"

저자소개

이성원

1990. 2 숭실대학교 전자공학과 졸업
1994. 8 숭실대학교 산업대학원 전자공학과 졸업
1990. 1 ~ 1998.12 머큐리(舊 대우통신) 선임연구원
국설 및 수출형 교환기 H/W개발, 개량개선 및 인증업무 수행, DELMONS (전용회선집중보전시스템) 국산화 업무 수행
1999. 2 ~ 현재 한국통신 통신망관리단 전송기술팀 재직중
2000. 3 ~ 현재 건국대학교 대학원 전자정보통신공학과 박사과정
관심분야 : 교환 및 광전송시스템(WDM), 통신망 신뢰도 분석 및 통신망관리

김영범

1984년 서울대학교 전자공학과 졸업
1986년 서울대학교 전자공학과 석사
1996년 미국 메릴랜드주립대(College Park, MD) 전자공학 박사
1986년 ~ 1988년 한국통신 품질보증단 전임연구원
1997년 ~ 현재 건국대학교 정보통신대학 전자공학부 조교수