

850nm 적외선을 이용한 근거리 무선통신 시스템용 송수신 모듈 제작

정회원 김근주*

(Fabrication of an IrDA transceiver module for wireless infrared communication system OPR1002)

Keunjoo Kim* *Regular Member*

요 약

적외선을 이용한 수발광 다이오드에 집적소자를 혼합한 Hybrid형 단거리 광무선 통신용 원칩모듈을 개발하였다. 발광다이오드는 850nm 의 적외선파장을 30° 지향각을 갖는 AlGaAs계 고속신호용으로서 전파지연이 60 ns 이며, PIN 포토다이오드는 Si계 반도체 수광소자로서 450-1050 nm의 파장대에서 수광 흡수율이 양호하고 필터겸용 볼록 에폭시렌즈를 750nm 파장 저역대를 여과시켰다. 데이터 전송속도는 115.2 kbps이며 IrDA1.0 SIR 표준조건에서 동작이 양호함을 확인하였다.

ABSTRACT

(A hybrid-type wireless infrared data communication module was fabricated by using the light emitting and absorption diodes with the one-chip of integrated digital circuits. The light emitting diode with the peak spectrum of 850 nm was made from compound semiconductor material of AlGaAs and shows high speed signal transmission with the delay time of 60 nsec for the light direction angle of 30°. The Si PIN photodiode shows the good absorption rate for the range of wavelength of 450-1050 nm and convex-type epoxy lens was utilized for the spectrum filtering on the visible-range spectrum below 750 nm. The data transmission speed is 115.2 kbps and the fabricated module satisfies on the IrDA 1.0 SIR standard requirements.)

1. 서론

무선호출 및 이동통신 등에 의한 무선통신의 급속한 발전으로 정보의 기동성이 한층 향상되었다. 더욱이 인터넷 등의 정보통신과 노트북 컴퓨터와 전자수첩, 개인휴대 단말기 (PDA), 무선 LAN등의 개발 등으로 이동사무실 (mobile office)의 실현이 가능해졌다.^[1-5] 특히 적외선 (infrared) 무선통신의 개발로 케이블 접속이 필요없이 데이터 송수신이 가능하여 컴퓨터 등에 연결되는 케이블이나 커넥터의 접촉 또는 접속 불량과 같은 기계적인 요인의

신뢰성 문제를 해결할 수 있다. 한편, 유선통신분야에서 광섬유를 이용한 적외선 통신시스템이 널리 실용화되었지만 케이블과 커넥터의 기계적인 접촉불량 및 손실로 인해 신뢰성이 낮고, 무선통신분야에서는 전파에 비해 대기 환경에 밀접한 영향을 받는 문제 및 전파사용의 법적 규제에 의해 실용화할 수 있는 범위가 매우 한정되어 있기 때문에 초단거리에서의 적외선통신은 매우 큰 장점을 갖는다. 이러한 적외선 무선통신은 접속코드를 사용하지 않고 (cordless), 장치의 소형화에 의한 발광다이오드 (LED) 및 수신용 포토다이오드 (photo-diode)를 장착함으로써 통신이 가능하고, 또한 반도체 칩을 이

* 울산과학기술대학교 반도체응용과 전임강사
논문번호 : 99281-0603, 접수일자 : 1999년 12월 10일

용한 낮은 소비전력을 필요로 하여, 모니터, 키보드, 마우스등에 효과적으로 이용되고 있다.

적외선을 이용한 무선 광통신은 외부의 대기환경에 무관한 실내용 컴퓨터 주변기기에 IrDA(infrared data association) 표준화규격 방식의 적외선 모듈을 장착할 수 있도록 개발되고 있다.^[6-8] IrDA 규격에는 전송속도가 최대 115.2kbps의 IrDA1.0 규격과 4 Mbps의 IrDA1.1 규격이 있다.^[3] IrDA1.0 규격은 115.2kbps의 전송속도를 갖고며 전송속도 19.2 kbps의 RS-232C 케이블용으로 개인용 컴퓨터의 시리얼 포트(serial port)를 기본으로 하고 있다. 즉 종래의 케이블, 커넥터 및 시리얼 포트가 적외선과 IrDA 포트로 대체된 것에 상응한다.

본 연구에서는 적외선 무선통신 규격인 IrDA Version 1.0 시리얼 송/수신 모듈(OPA1002)을 설계 제작하였다. 전송속도는 115.2 kbps로 비교적 송수신이 빠르고 사용전압은 5 V에서 구동하고, 50 cm의 거리에서 효율적인 송수신이 가능하다. 사용한 LED는 Optel사 (OPA8512)의 AlGaAs 850 nm파장의 고속용 고풍력 발광다이오드이며 라이징타임(rising time)과 폴링타임(falling time)이 각각 9 nsec와 6 nsec로 매우 우수하다. 송수신 구동회로는 Novalog사의 SIRPD를 사용하여 단일칩(one-chip) 모듈을 제작하였다. 수광소자로는 Optel사 (HPI-2CR2)의 고속, 고감도의 Si PIN 포토다이오드를 사용하였다. 제작된 적외선 송/수신 단말기 모듈을 이용하여 기존의 노트북 컴퓨터에 내장시킨 RS-232 통신 모듈을 IrDA에 컨버터(converter)를 연결하고 휴대폰에 연결된 모뎀과 IrDA를 컨버터로 연결하여 적외선 통신을 수행하였다.

II. IrDA 1.0 SIR 표준규격

개인용 컴퓨터에서 사용되는 CPU와 UART(Universal Asynchronous Receiver Transmitter)에 추가하여 irDA 하드웨어는 펄스 세이빙(pulse saving)을 하는 encoder/decoder 기능, 적외발광 다이오드 및 드라이브 회로, 수신용 포토다이오드와 증폭, 검파회로가 필요하게 된다. IrDA에 있어서 인코더/디코더는 UART로부터 받은 데이터 '0'을 3/16 비트 레이트(bit rate) 또는 1.6 μ s의 송신펄스로, 데이터 '1'을 송신펄스없이 변환하는 기능이다. 수신 경우에는 이것과 반대의 동작을 한다. 인코더/디코더부는 ASIC 소자로 구성할 수 있지만, 최근에는 이 기능을 내장한 슈퍼 I/O나 IC등이 이용되고 있다. 적외선 송수신부는 개별부품으로 구성이 가능하고, 상업적으로 트랜시버 모듈이 개발되고 있다.

IrDA 1.0의 사양은 포인트-포인트(point to point), 단거리(0-3 m), 고속(115 kbps)의 베이스 밴드 통신을 기본으로 하고 있다. 사용하는 적외선의 파장은 850-900 nm이다. 주요 규격의 파라미터를 표1에 나타내었다. 수신측에서는 수신용 광 검출기가 송신된 적외선을 수신하고 디코딩하여 시리얼 포트(serial port)에 출력한다. 시스템은 반이중 통신으로 동작하기 때문에 송신, 수신을 전환하면서, 쌍방향의 통신을 하게 된다. 송신용 적외발광 다이오드의 방사강도 특성과 수신용 포토다이오드의 입력감도 특성은 $\pm 15^\circ$ 이상의 통신을 확보하도록 규정하고 있다. 송신용 발광다이오드의 방사강도는 최대 500mW/sr, 지향 반치각은 최대 $\pm 30^\circ$ 로 규정되어 있다.^[10,11]

IrDa 규정항목		IrDA 1.0(2.4-115.2 kbps)	
통신거리		1 m	
특성		최소	최대
송신측	피크파장[μ m]	0.85	0.90
	방사강도[mW/sr]	40	500
	지향반치각[도]	± 15	± 30
	상승시간 (10-90%) [ns]	-	600
	overshoot [%]	-	25
	상승시간 jitter [%]	-	± 6.5
	펄스폭	9.6 kbps [μ s]	1.41
115.2 kbps [μ s]		1.41	2.23
수신측	수신강도범위 [mW/m ²]	40	5×10^6
	지향반치각 [도]	± 15	-
송수신 전환시간 [ms]		-	10

표 1. IrDA 1.0 (SIR) 규격의 주요사항

프레임 캐릭터의 시작 (8 bit)	어드레스 (8 bit)	Control (8 bit)	정보 (m×8 bit)	프레임 체크섬 (2×8 bit)	프레임 캐릭터의 종료 (8 bit)
-------------------------------	------------------	---------------------	-----------------	-------------------------	------------------------------

표 2. IrDA1.0의 IrLAP 기본 프레임 포맷표 2

이러한 IrDA 사양은 실내공간에서 다른 적외선통신 시스템과의 간섭을 억제하기 위함이다. 또한 송신용 발광다이오드의 발광세기 T(mW/sr)와 수신용 포토다이오드의 검출감도 R(mW/m2)의 송신도달거리 x (m)와의 관계는 다음 식으로 나타내어진다.

$$\ln (T / R) = 2 \ln x \quad (1)$$

예를 들면, 송신 방사강도가 40 mW/sr, 수신입력 감도가 10mW/m2 이면 송신거리는 2 m이다.

IrDA의 물리층에 추가하여 응용에 필요한 프로토콜 스택 (protocol stack)은 IrLAP (Infrared Link Access Protocol)와 IrLMP (Infrared Link Management Protocol)등으로 구성된다. IrLAP는 물리층의 바로 상위에 위치하여 교섭하는 층으로, 다른 노드 (node)와의 통신 접속을 지원한다. IrLMP는 커넥션을 관리하는 기능을 가진다. 기본 프레임 포맷은 표 2와 같다. 다른 시스템간의 통신을 하기 위해 이들 프로토콜은 매우 중요하다.

III. 적외선 통신모듈의 제작 및 송/수신 특성

그림 1은 제작된 적외선 송수신 모듈의 배선도로 A는 PIN 포토다이오드라고 B는 IC회로, C는 적외선 발광다이오드이다. 채널 1과 5는 포토다이오드의 캐소드 (cathode)에 0.1 μF와 바이패스(by pass) 콘덴서를 연결하여 접지시키고, IC 회로 연결부에서 채널 3에서 입력전압 5 V를 저항을 통해 Vdd1에 연결한다. 즉 포토다이오드의 애노드 (anode)측 표면으로 입사된 광은 역 바이어스 전압에 의해 전자 정공 쌍으로 분리되고 미소 광 전류가 애노드 측으로 흐르게 된다. 포토다이오드와 IC회로사이의 누설 전류에 의한 광 전류의 왜곡을 방지하기 위해 PCB artwork시 전면전극의 접지형태를 형성하여 누설전류를 차폐하였다. 증폭회로와 디지털 신호분리용 비교기 (comparator)를 통과하여 수신된 신호가 채널 4의 오실로스코프에 보내지고 동시에 송신측은 off 상태에 있게 된다. 채널 7과 8은 LED의 캐소드와 애노드를 나타내며 순방향으로 애노드에 입력전압 5 V가 인가되며, 송신 단의 채널 6에

서 송신신호 펄스가 주어지면 수신측은 off 상태에서 LED 램프의 광신호가 자유공간에 송신된다.^{[12],[14]}

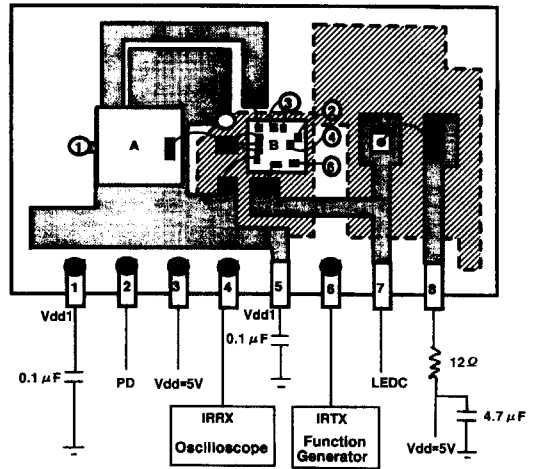


그림 1. 제작된 적외선 송수신 모듈의 배선도

그림 2는 PCB 보드에 장착된 적외선 송/수신 통신모듈의 실물사진으로 가지광을 여과하기 위한 렌즈형 필터가 장착되어 있다. 송신과 수신에 필요한 두 개의 모듈을 이용하여 송/수신 특성을 파악할 수 있다. 또한 크기의 치수 (단위 : mm)를 나타내었으며 pin수는 8개를 갖는다.

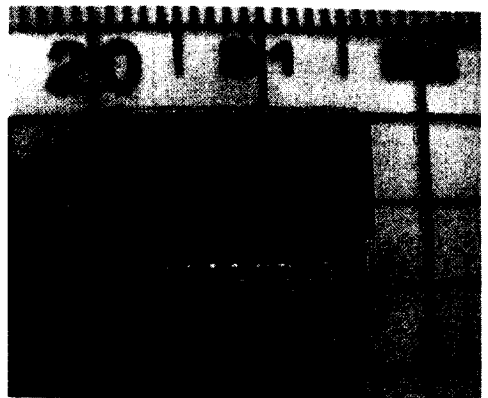


그림 2. PCB board에 장착된 IrDA 모듈의 외형도 및 크기 치수도

송신 광원으로는 파장이 850 nm 영역의 발광다이오드로서 AlGaAs/GaAs층을 적층하여 더블 헤테로 구조 (double heterostructure)를 형성함으로써, 외부 양자효율이 0.16으로 광 출력이 매우 우수하다. 50 mA의 구동전류에서 순방향 바이어스는 $V_f=1.48$ V이고 출력은 11.8 mW이며, 신뢰성이 매우 양호한 적외선 공간전송용 광소자(OPA8512, Optel사 제작)를 개발하여 이용하였다.^[15] 데이터 전송율을 확인하기 위해 라이싱타임과 폴링타임을 측정하였다. 데이터 입력에서 출력까지의 전송지연율은 60 ns로, 데이터 입력에서 LED 구동기(driver) 전류까지 8 ns, 구동기 전류에서 Photon flux까지 10 ns, Photon flux를 광전류 (photocurrent) 전환하는데 10 ns, 그리고 증폭기 지연(amplifier delay)이 32 ns정도 소요된다. 그림 3에 LED 구동기 전류와 광 출력사이의 관계를 도시하였다. 사용된 LED 구동기 전류의 라이싱타임은 7.25 ns 이고 폴링타임 3.5 ns에 대해 광출력신호에서의 광학적 라이싱타임은 9 ns이고 폴링타임은 6 ns로 전송율은 15 Mbps 정도로 가능함을 알 수 있다. LED의 순방향전류와 광 출력은 선형관계에 있으며, 광의 세기를 변조하기 위해서는 신호전류에 따른 직접변조의 아날로그 변조방식이 가능하다.

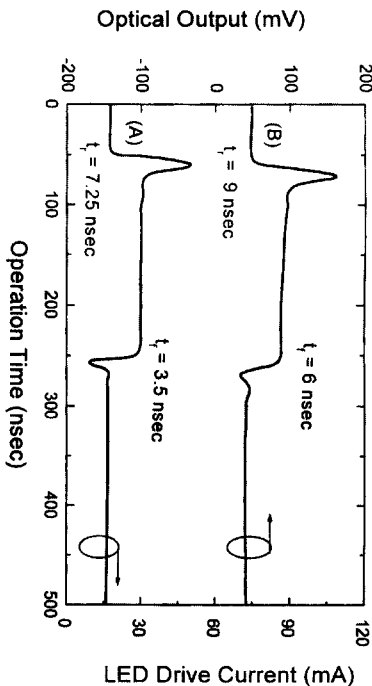


그림 3. 적외선 발광다이오드의 데이터 전송 지연율 특성 곡선

사용한 수신용 광 검출기로는 널리 쓰이는 Si PIN(p-si/i-Si/n-Si) 포토다이오드 (PD) 구조로 고속 응답특성을 나타낸다 (HPI-2CR2, Optel사 제작).^[15] 수광소자에서 단락전류는 광원의 조도가 6 mW/cm²의 조건에서 12 μ A이며, 암전류는 광원 없이 역 전압 5 V에서 0.1 μ A으로 내부저항이 50 M Ω 이고 용량 (capacitance)은 1 MHz에서 20 pF이다. 광전류는 6 mW/cm²에서 7 μ A로 매우 작아 PCB 보드 설계시에 그림 1의 빗금부분처럼 배경차폐 (ground shielding)에 유의하였다. 또한 PD의 고주파 특성은 pn 접합내부의 운반자의 시간특성과 접합의 RC 시정수에 의해 결정되므로, 고주파 수광 특성을 높이기 위해서는 등가저항과 등가용량이 작아지는 역방향 바이어스전압 및 부하 임피던스와 수광면적이 가능한 한 작게 설계하였다.

그림 4는 가시광 잡음을 차단하고, 필터점용으로 제작한 수지(resin) 렌즈의 광 투과율 특성을 나타낸다. (A)는 700 nm 파장영역에서 필터특성이 양호한 경우이고, (B)는 공기중의 수증기에 의한 흡수 파장대인 750 nm에서도 필터 특성이 우수하다. 또한 LED의 칩으로부터 나오는 광은 공기중에 확산되어 지기 때문에 입체각도의 신호광을 얻기 위해서는 적절한 렌즈형태의 광학구조를 설계하여야 한다. IrDA 모듈에 사용한 LED용 렌즈의 지향각도는 광원으로부터 20 cm거리에서 측정된 경우 $\pm 10^\circ$ 정도로 공기중에서 분산되며 IrDA규격에 매우 적합하게 설계되었다.

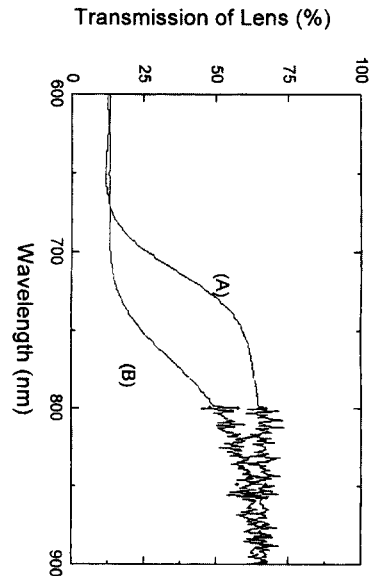


그림 4. 렌즈의 가시광 필터특성

항 목	조 건	최 소	최 대
논리 High 입력전압 (1), VIH	VDD=5V	0.8VDD	VDD+0.5V
논리 Low 입력전압(0), VIL	VDD=5V	-0.5 V	0.15VDD
논리 High 출력전, VOH	IRRX=-100 μ As	2.4 V	5.5V
논리 Low 출력전압, VOL	IRRX, IOL=1.0 mA	0 V	0.4V
논리 Low 출력전압, VOL	LEDC IOL=600 mA, Duty Cycle=20%	0 V	0.6V
출력누설전류	PD="1"	-5 μ A	+5 μ A
입력누설전류	PD	-5 μ A	+5 μ A
입력전류	IRTX="1"	6 μ A	200 μ A
논리 High 입력광, EIH		0.0036 mW/cm ²	500 mW/cm ²
논리 Low 입력광, EIL			0.3 mW/cm ²
동작온도, T		0 $^{\circ}$ C	70 $^{\circ}$ C

표 3. 입출력 신호의 동작범위

IrDA의 시리얼 적외선 (Serial Infrared: SIR) 물리층 링크 (physical layer link)에 준해서 적외선 통신모듈을 완성하였다. 발광소자 LED와 수광소자 PD를 구동하는 회로를 포함하여 단일칩 형태의 모듈을 제작하였으며, 특히 송신 구동회로와 수신신호용 증폭회로, 잡음필터 및 비교기를 포함하는 IC 회로로 구성된다. 송신 드라이브회로는 펄스신호를 송신할 경우에 적외선 발광다이오드에 약 0.3 A의 전류가 흐르기 때문에 TTL 레벨의 디지털 인터페이스를 가지는 회로이다. 적외선 잡음을 차단하기 위한 방법으로는 밴드패스 필터와 비교기를 이용하여 수신신호의 유무를 디지털화 하였다.

IrDA 회로의 블록 다이어그램을 그림 5에 나타내었다. IC회로의 칩은 미국 foundry인 Novalog사의 SIR PD 115.2 kbps IrDA 트랜시버로 수광 PIN 포토다이오드 cathode에 0.1 μ f를 접지시키고

(VDD1), 수신된 광신호가 IC 구동전류 20 mA에 반송되어 과부하 클램프 증폭기를 통과시켜 dc 성분을 보상한다. 다시 high-pass 필터를 통과시켜 광신호만 분리하고 증폭하여, 비교기에서 디지털신호의 유무를 분류한다. 이때 전원장치 (power supply)에서 인가 받은 바이어스 네트워크 (bias network)의 구동전압 VDD=5 V를 공급받는다. 입력 high의 전압 (Logic 1)은 0.8VDD에서 VDD+0.5V 영역이며, 입력 low 전압 (Logic 0)은 0.5 V에서 0.15 VDD 영역이다. 바이어스 네트워크로 구동된 디지털-아날로그 변환기 (DAC)로부터 변환된 디지털 신호가 비교기에서 분류된 후 OR 게이트와 OP 앰프를 통과하여 IR 수신입력단 (IRRX)의 I/O나 UART로 입력된다. 송/수신 제어기인 Power down (PD)이 입력신호가 있을 때 Active High로 작동하여 IRRX는 ON이 되고 이때에 NOT 게이트에 연결되

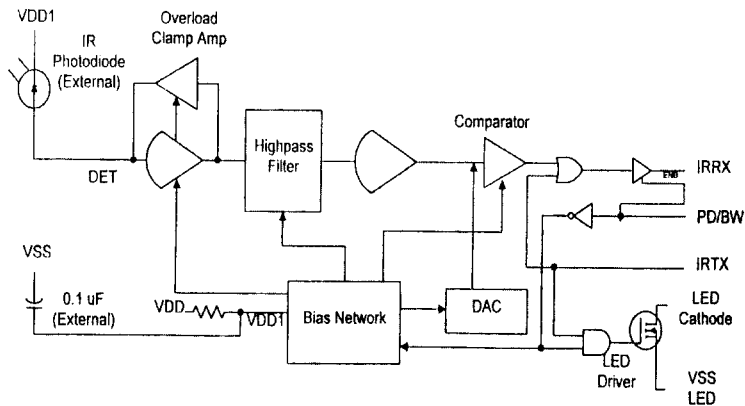


그림 5. IrDA 회로의 블록 다이어그램

고 AND 게이트에서 작동하는 On-chip LED Power MOSFET Driver는 OFF상태에서 송신신호가 UART로부터 전송되지 않고, 바이어스 네트워크는 작동모드를 갖는다.^[16,17]

송/수신을 전환하여 쌍방향 통신이 가능한 반이중 통신의 IrDA에서는 송신상태에서 수신상태로 전환할 때에, 수신 입력감도가 정상상태로 귀환되기까지의 최대전환시간이 0.2 msec로 10 msec의 IrDA규격을 잘 만족하며, 제작된 모듈의 쌍방향통신 특성이 양호함을 알 수 있다.

이러한 직렬식 송수신 모드에서, 다시 UART에서 신호가 IrDA로 송신 출력단(IRTX)을 통해 전송될 때는 PD가 active low 상태로 OFF되어 바이어스 네트워크가 ON 모드에서 IRRX가 OFF상태에 있게 되고, LED 구동기는 ON 상태에서 발광다이오드를 구동하게 된다. 제작된 OPR1002 모듈의 디지털 입출력 신호의 동작범위는 표 3에 나타내었다.

그림 1의 배선도에서처럼 PCB에 저항/콘덴서를 첨가하여 펄스발생기 (pulse generator)와 오실로스코프 (oscilloscope)를 이용하여 송/수신 데이터 통신실험을 하기 위한 시스템을 구성하였다. 펄스를 5 V 인가전압에서 오실레이터 (oscillator)로 구동하여 송신단 IrDA의 LED에서 송신하여 다시 수신단 포토다이오드에서 신호를 받아 다시 디지털신호로 오실로스코프로 재생하였다. 소비전력은 34 mW 정도로 LED 구동에 대부분 소모된다.

그림 6(a)는 50 kHz의 주파수를 갖는 펄스를 구동하여 송수신거리 d=50cm에서 측정한 경우보다 거리가 d=100, 150cm 멀어짐에 따라, duty cycle이 49.9에서 59.8, 76.6%로 상승됨을 보여 주고 있다. 그림 9(b)는 20 kHz의 주파수에서 구동되는 신호가 d=50, 100, 150cm의 거리에서 측정된 경우로 duty cycle이 각각 67.9, 82.2, 92.8%로 50 kHz의 주파수에서보다도 높게 나타났다. 이는 주파수 응답특성이 거리에 따라 second harmonic 특성이 증가하고 비교적 높은 주파수영역에서 응답특성이 향상됨을 알 수 있다.

이러한 주파수 응답특성은 그림 10(a)에서의 주파수 스펙트럼이 50 kHz의 주파수와 통신거리 d=50 cm에서 2차 harmonic 항만 보이다가 통신거리가 증가하여 d=150cm에서는 자유공간의 배경 적외선 신호잡음이 증가되면서 그림 7(b)에서와 같이 잡음 주파수의 동반을 증가시키기 때문이다.

제작된 적외선 송수신 단말기 모듈을 이용하여 기존의 노트북 컴퓨터에 RS-232 통신 모듈과 휴대

폰에 연결된 모뎀사이를 분리하여 각각 IrDA모듈을 연결한 다음, 적외선 통신을 수행하였다.

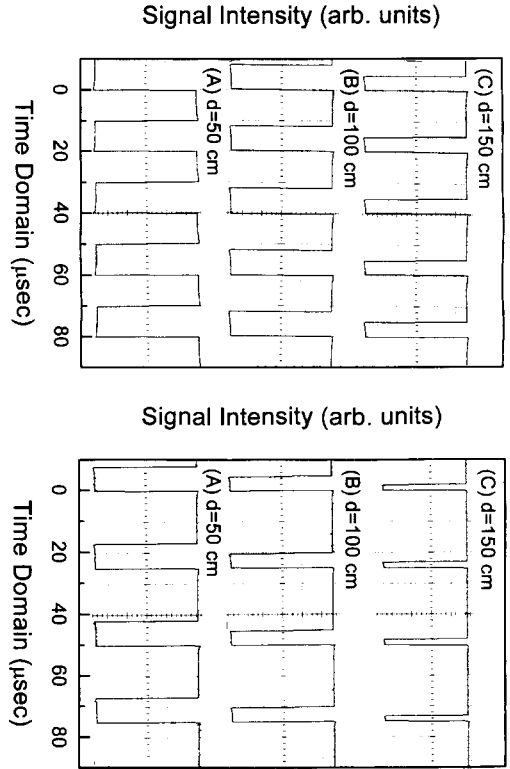
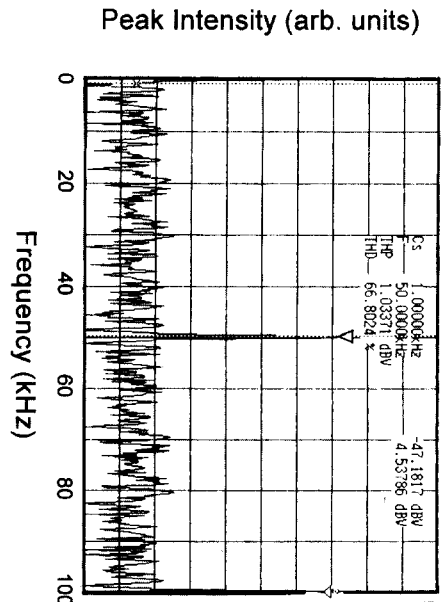


그림 6. (a) f=50 kHz의 주파수와 (b) f=20 kHz의 주파수에서 송수신 파형의 응답특성.



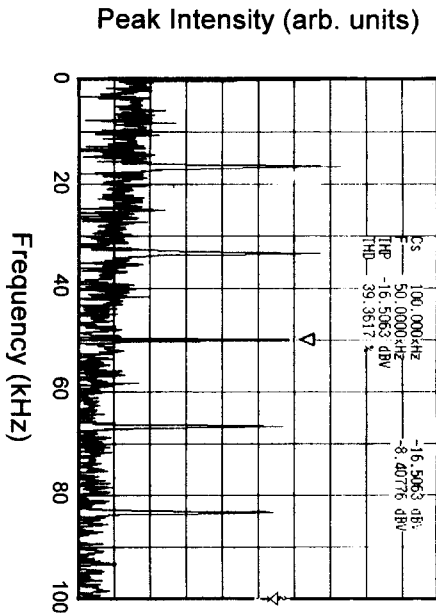


그림 7. (a) 적외선 통신거리 d=50 cm와 (b) d=150 cm에서 주파수 스펙트럼의 harmonic 항 발생특성

강력한 I/O 기능과 UART를 내장하고 있는 PIC16c74 원칩 마이크로프로세서를 기반으로 하는 RS-232-to-TrDA 모듈사이 및 IrDA-to-Modem 사이를 각각 converter로 연결하고 하이텔에 접속하여 image data 파일을 성공적으로 다운로드 (download) 하였다. 24.5 M용량의 데이터를 다운로드하는데 4분 정도 소요되었으며, 비트에러율 (BER)이 3×10^{-6} 정도로 양호하게 수행되었다. 제작된 OPR1002에는 HP1100에는 없는 power down 모드가 있으며 HP1100과 TEDS6000과의 호환성이 있으며 송/수신 전환시간이 0.2msec로 매우 짧아 타사제품이나 IrDA 사양인 10 msec보다 매우 우수하며, 쌍방향통신이 가능하다.

IV. 결론

적외선 무선통신 규격인 IrDA Version 1.0 Serial 송수신 모듈을 설계 제작하였다. 사용한 LED는 Optel사 (OPA8512)의 AlGaAs 850 nm파장의 고속용 발광다이오드로 적외선통신 송신용으로 개발하여 탑재하였으며, 라이징타입과 폴링타입이 각각 9 nsec와 6 nsec로 매우 우수하다. 송수신 구동회로는 Novalog사의 SIRPD를 사용하여 원칩모듈을 제작하였다. 수광소자로 PIN 포토다이오드는 Optel사

(HPI-2CR2)를 사용하였다. PCB보드에 장착한 후 와이어본딩을 하였고, 다시 실리콘 코팅하여 와이어를 보호하고 광량을 증가시켰다. 특히, 역 방향 바이어스전압을 포토다이오드에 인가하여 7 μ A의 미소 광 전류를 얻을 수 있으며, IC회로에서의 누설 전류에 의한 신호왜곡을 방지하기 위해 전면전극의 접지형태를 설정하여 정상적인 동작상태를 확인하였다. 전송속도는 115.2 kbps로 송/수신이 가능하고 사용전압은 5 V에서 구동하고, 50 cm의 거리에서 효율적인 송수신이 가능하다. 20 kHz에서 보다는 50 kHz에서의 주파수의 응답특성이 더욱 양호하였다. 특히 이미지 파일을 다운로드하는 경우, 평균 100 kbps의 전송속도로 성공적으로 수행됨을 확인하였으며, 제작된 모듈은 HP사(HP1100)의 모듈과 매우 양호한 호환성을 갖음을 알 수 있었다.

V. 후기

본 연구는 공업기반기술 개발사업(971-27-03) 일환으로 광전자반도체(주)의 “무선 데이터통신을 위한 전화기용 IrDA 단말 개발” 지원으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] Street A. M., Stavrinou P. N., Obrien D. C. and Eswards D. J., “Indoor Optical Wireless Systems- A Review”, Optical and Quantum Electronics, Vol. 29, No.3, 1997.
- [2] Suita K., Hirabayashi M., Yamazaki H., Nagashima N., Takeuchi H. and Kawaradani M., “Infrared Link Module for IrDA Based Data Transmission NL1100”, NEC Technical Journal Vol. 50, No. 3 1997.
- [3] Infrared Data Association, Physical Link Layer Specification. Ver 1.0, 1.1(1995), Serial Infrared Link Access Protocol. Ver 1.0, 1.1 (1996), IrDA Link Management Protocol. Ver 1.0, 1.1 (1996)
- [4] Arai. M., “IrDA Application”, Proceedings of the 4th International Workshop on Mobile Multimedia Communications, KICS, Korea 1997.
- [5] Takagawa Y., “IrDA Application for consumer

Digital Still Cameras”, Proceedings of the 4th International Workshop on Mobile Multimedia Communications, KICS, Korea 1997.

[6] Matsumoto M., Onishi T., and Tominaga H., “The Trial of the Interoperability Test for Infrared Communication Systems”, Proceedings of the 4th International Workshop on Mobile Multimedia Communications, KICS, Korea 1997.

[7] Anzawa K., Hamada K., and Nagata k., “Technology for Real-Time Audio Transmission on IrDA”, Proceedings of the 4th International Workshop on Mobile Multimedia Communications, KICS, Korea 1997.

[8] Kim E and Ingham B, “IrDA Promotion and Future Technology”, Proceedings of the 4th International Workshop on Mobile Multimedia Communications, KICS, Korea 1997.

[9] Canosa J., “Seeing Red: the IrDA Protocol”, Embedded Systems Journal, Vol. 10, NO. 12, 1997.

[10] Wettroth J., “Circuit allows any 8051 Microcontroller to Speak IrDA”, Electronics Design, Vol. 45, No. 19, 1997.

[11] Matsui K., Usui Y., Satoh A., Matsuyama K., Ikeda R., and Ueda T., “64bit MIPS Processor VR4111 Integrating Peripherals for Personal Digital Assistance”, NEC Technical Journal, Vol. 51, NO. 3, 1998.

[12] Katori S., Tamura K. and Chiba T., “PC Interface Macro”, NEC Technical Journal Vol. 50, NO. 3 1997.

[13] Ingham B. and Helms R., “Infrared’s Role in Wireless Communication Expands with IrDA”, Electronics Design, Vol. 45, No. 15 1997.

[14] Jiang Q., Kavehrad M., Pakravan M. R. and Tai M., “Wideband Optical Propagation Measurement System for Charactrization of indoor Wireless Infrared Channels”, Proceedings of the International Conference on Communications ICC’95 -Volume 2 IEEE 1995.

[15] Optel Semiconductor Corporation, Products Catalogue, 1997.

[16] Hager R., Klemets A., Maguire G. Q., Smith M. T. and Reichert F., Proceedings of the 1993

IEEE 43th Vehicular Technology Conference, IEEE 1993.

[17] Marsh G. W. and Kahn J. M., “Channel Reuse Strategies for Indoor Infrared Wireless Communications”, IEEE Transactions on Communications Vol. 45, No. 10, 1997.

김 근 주(Keunjoo Kim)

정회원



1983년 2월 : 전북대학교 기계공학과 졸업(학사)

1985년 8월 : 전북대학교 물리학과 졸업(석사)

1994년 8월 : 미국 University of Alabama at Birmingham 물리학과 졸업(박사)

1994년 9월~1997년 1월 : 전북대학교 반도체물성센터 연구원

1997년 2월~1999년 2월 : 광전자반도체(주) 부설연구소 책임연구원

1999년 3월~현재 : 울산과학기술대학 반도체응용과 전임강사