

GNSS 수신기용 고속데이터 수집장치 설계

Design of High Speed Data Acquisition System for GNSS Receiver

박찬식¹, 김태호², 이학주³, 조종철⁴, 이상정⁴, 차은종⁵

¹ 청주시 충북 대학교, 충북BIT연구중심대학육성사업단, 전기전자컴퓨터 공학부

E-mail: chansp@cbucc.chungbuk.ac.kr

² 청주시 충북 대학교 유비쿼터스 바이오정보기술 연구센터

E-mail: maxkth@chungbuk.ac.kr

³ 청주시 충북대학교, 충북BIT연구중심대학육성사업단, 공과대학 제어계측 공학과

E-mail: micro2000@hanmail.net

⁴ 대전시 충남 대학교 공과대학 전자공학과

E-mail: nix4102@hotmail.com, essil@cnu.ac.kr

⁵ 청주시 충북 대학교, 충북BIT연구중심대학육성사업단, 의공학과

E-mail: ejcha@chungbuk.ac.kr

요 약

본 논문에서는 USB 2.0을 이용하여 고속 GNSS 데이터 수집장치 설계 및 구현을 하였으며 16bit, 5.714MHz의 샘플링 시간을 만족 시키기 위해 USB 펌웨어, 디바이스 드라이버, 응용프로그램 그리고 하드웨어부인 RF, 마이크로프로세서, USB를 설계 및 제작하여 실험 하였고 SDR 프로그램을 통하여 확인하였다.

Key Words : GNSS, SDR, USB, 데이터 수집, RF

1. 서 론

일반적인 GNSS 수신기는 마이크로프로세서, 메모리, 신호처리부, RF(Radio Frequency) 부등으로 구성되며 인쇄회로기판 상에 각각의 소자를 이용하여 구현된다[1,2]. 그러나 최근에는 반도체 기술의 발전으로 저가의 고속, 고성능 마이크로프로세서와 대용량 메모리가 개발되었으며 이를 이용한 SDR(Software Defined Radio) 및 SoC(System On Chip)에 관한 연구가 진행 중이다[3]. 또한 최근 Anti Jamming 및 Interference등의 제거를 고려한 고속 고성능 SDR 수신기의 연구도 진행 중이며, 이 경우 8bit 이상의 샘플링 데이터를 실시간으로 처리해야한다. PC(Personal Computer)의 ISA(Industry Standard Architecture) 또는 PCI(Peripheral Component Interconnect) 버스를 이용하는 경우 RF단이 컴퓨터 내부로 들어가면서 많은 잡음을 유발 할 수 있으므로 USB(Universal Serial Bus)방식을 이용하는 것이 유리하다. USB 1.1은 최고 속도가 12Mbps로 요구 조건을 만족 시킬 수 없었으나 USB 2.0은 최대 480Mbps로 충분한 데이터 수

집이 가능하다[4].

본 논문은 USB 2.0을 이용하여 SDR을 위한 고속데이터 수집장치를 설계 및 구현 하였다. 특히 Anti Jamming등의 고성능 기능을 수행하기 위해서는 샘플링 당 최소 8bit 이상의 데이터를 수집해야하며, ZARINK사의 RF Front-End를 사용할 경우 5.714MHz로 샘플링 하여야한다. 이런 요구를 만족 할 수 있도록 PHILIPS ISP 1581 칩셋의 DMA, 2중 FIFO 그리고 고속 대용량 전송모드를 사용하였다. 제작된 고속데이터 수집장치의 성능을 SDR 프로그램을 통하여 확인하였다.

2. USB 2.0을 이용한 데이터 수집 장치 설계

2.1 USB의 개요

USB는 범용 직렬 버스로 오디오플레이어, 조이스틱, 키보드, 전화, 스캐너 및 프린터등과 같은 주변기기와 컴퓨터간의 데이터 전송을 위한 플러그 앤 플레이 인터페이스이다[4]. USB는 직렬 포트와 같이 직렬로 데이터를 전송하

나 동기 방식을 사용하여 직렬포트보다 더 빠르며 USB 1.1은 최대 12Mbps, USB 2.0은 최대 480Mbps의 전송 속도를 지원한다. 표1은 USB 2.0 전송 모드별 프로토콜 오버헤드를 제외한 최대 속도를 정리한 것으로 실제 전송속도는 버스의 상태(디바이스 접속 개수, 대역폭)와 전송모드에 따라 다르며 최상의 상태는 고속 대용량 전송(High speed bulk transfer)으로 약 8%의 대역폭을 사용하여 406Mbps의 속도로 데이터를 전송할 수 있다.

2.1.1 USB 하드웨어 구조

USB의 하드웨어 구조는 물리적 구조와 논리적 구조로 나눌 수 있다. 물리적 구조에서 USB 디바이스는 PC 호스트에 접속할 수 있으며 허브가 되는 USB 디바이스는, 다른 USB 디바이스나 허브에 접속할 수 있어 최대 127개의 디바이스를 접속할 수 있다. 데이터는 항상

표 1. USB 2.0 전송 모드별 최대 속도

전송 모드	프레임 대역폭(%)	최대 속도(Mbps)
컨트롤(Control)	3	121
인터럽트(Interrupt)	42	375
대용량(bulk)	8	406
동시성(Isochronous)	14	437

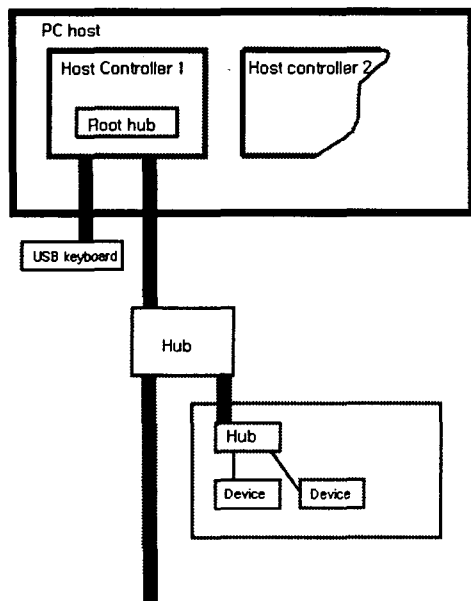


그림 1. USB 물리적 구조의 예

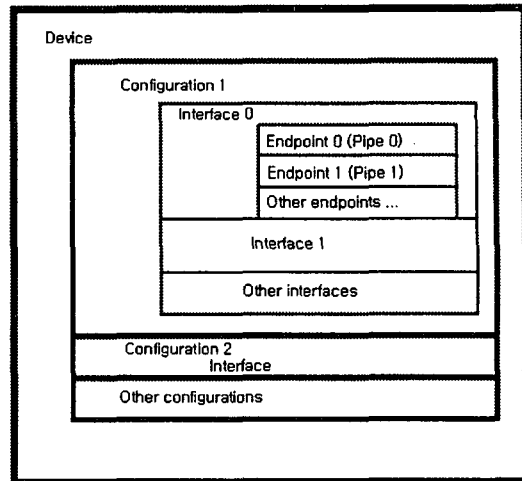


그림 2. USB의 논리적 구조

호스트와 디바이스 간에 전송되며 디바이스끼리 통신할 수 없다. 그림 1은 USB의 물리적 구조의 예로 USB 키보드가 개인용 컴퓨터 USB포트의 하나에 접속되어 있고 개인용 컴퓨터는 한 개 또는 복수의 USB 호스트 제어기를 가지고 있음을 보여 준다[6].

그림 2에서 보는 바와 같이 USB의 논리적 구조는 각 디바이스는 복수의 구성을 가질 수 있으며 각각의 구성 또한 복수의 인터페이스로 구성될 수 있다. 인터페이스는 내부에 한개 또는 복수의 논리 접속 포인트가 있다. 이 접속 포인트를 엔드포인트라 부르고, 각각의 엔드포인트에는 4개의 전송 타입 중 하나가 할당된다. 디바이스는 호스트로 적절한 엔드포인트 세트를 제공하며 관련된 엔드포인트의 세트는 인터페이스라고 부른다. 그러나 활성화되는 구성은 한 번에 하나뿐이다.

2.1.2 USB 소프트웨어 구조

USB에서의 데이터 전송 흐름은 그림 3으로 호스트 계층과 디바이스 계층으로 구분할 수 있으며, 데이터 흐름은 PC에서 운영되는 사용자 응용프로그램에서 시작되어 USB 시스템 소프트웨어, 호스트 컨트롤러, 버스 인터페이스, 논리 디바이스를 거쳐 마지막 디바이스의 기능을 수행하게 된다.

호스트 계층의 USB 시스템 소프트웨어는 USB 사용을 위해서 컴퓨터 응용프로그램과 디바이스간의 인터페이스를 필요로 하며 윈도우(98, 2000, XP) 운영체제에서는 하드웨어의 관리 및 제어를 효율적으로 하기 위하여 드라이버라는 이름으로 운영 시스템의 커널 일부가 되는 소프트웨어를 필요로 한다.

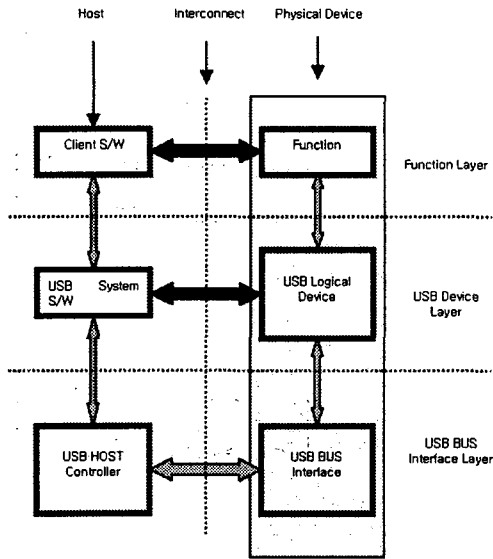


그림 3. USB 데이터 흐름 모델

이러한 드라이버는 USB 전송 방식 및 특징에 따라 다르며 디바이스와 PC 응용프로그램 사이에 인터페이스를 제공한다[6].

2.2 데이터 수집장치 설계

그림 4는 USB 2.0을 이용한 데이터 수집장치 전체 구조이며 데이터 수집장치는 PC, USB부, RF부, 마이크로프로세서부로 구분된다. 데이터 수집장치는 ZARINK사의 GP2010 RF 칩셋을 이용하는 고성능 GNSS 기반의 SDR 수신기를 위한 것으로, 최대 16bit, 5.714MHz로 데이터를 수집하여야 한다. 이는 초당 91.424Mbps 이상의 전송을 요구하므로 USB 1.1로는 불가능하며, 최대 전송 속도가 480Mbps인 USB 2.0을 사용하여야 한다. USB부에서는 RF부로부터 175ns 마다 ADC 데이터를 FIFO에 저장하며 512byte의 데이터가 FIFO에 저장되면 PC로 데이터를 전송한다. 상세한 내용은 다음과 같다.

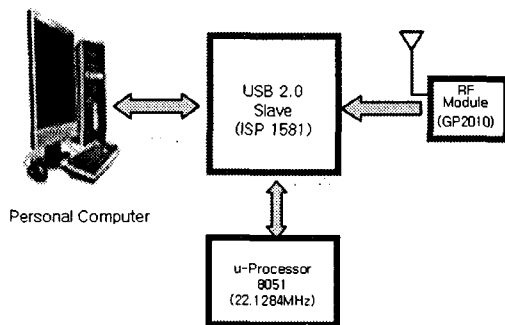


그림 4. USB 2.0을 이용한 데이터 수집장치 구조

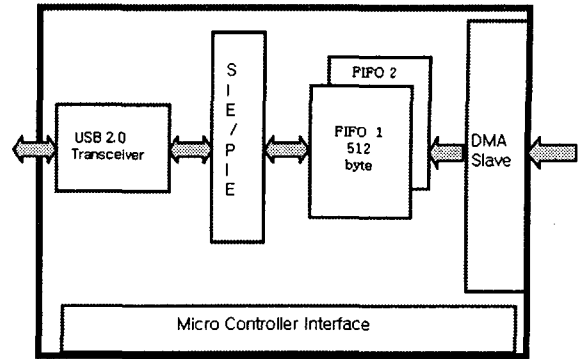


그림 5. USB부 내부 블록도

2.2.1 RF부

RF부는 ZARINK사의 GP2010을 사용하였으며 이는 안테나로부터 수신한 RF대역의 GNSS 신호를 신호처리가 용이한 중간 주파수(IF: Intermediate Frequency) 대역으로 변환하고, 5.714MHz로 샘플링한 ADC 데이터를 출력한다.

2.2.2 USB부

USB부는 호스트에서 데이터 읽기 요청시 512byte 단위로 FIFO의 데이터를 직렬화하여 전송하게 된다. 또한 쓰기 동작시에는 직렬 데이터를 병렬화하여 FIFO에 저장하여야 한다. 데이터 수집 시 호스트로부터의 데이터 읽기 요청은 최소 44.8us 마다 이루어지며 이러한 동작을 수행하기 위하여 제작된 시스템은 대용량 전송모드, 512byte 이중(Double) FIFO를 사용하였으며 고속의 데이터 획득을 위해서는 DMA 슬레이브 모드를 사용하였다. 데이터 전송이 512 byte씩 이루어짐으로 USB 디바이스에서 PC로 데이터 전송 중 새로운 데이터가 RF부에서 USB 디바이스에 입력되는 경우 데이터를 손실하게 되므로 이를 방지하기 위하여 FIFO를 이중으로 두어 USB에서 PC로 데이터 전송 중에도 RF부로부터의 데이터 입력 시에는 또 다른 FIFO에 저장하게 하였다. 아래의 그림 5는 USB부의 블록도를 나타내었다.

2.2.3 마이크로프로세서부

USB는 호스트, 슬레이브 형식의 데이터 전송을 수행하므로 디바이스 접속시 호스트는 데이터 전송을 위한 몇 가지 동작을 필요로 하게 된다. 이때 마이크로프로세서 부는 호스트로부터 USB 슬레이브 칩 셋으로 사용된 ISP 1581 설정에 대한 자료 요청 및 주소 할당 등의 일을 수행하여야만 한다. 또한 RF부의 ADC 데이터를 ISP 1581 FIFO에 저장하기 위한 DMA 설정을 필요로 한다.

ISP 1581은 크게 2가지 방식의 인터페이스인

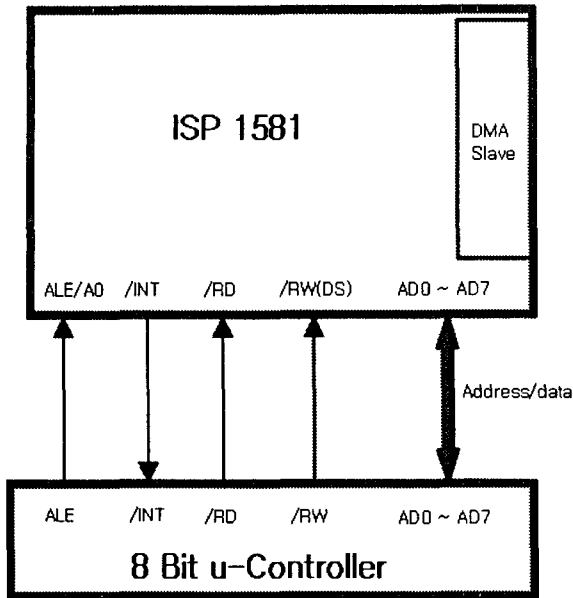


그림 6. 마이크로프로세서와 ADC부 인터페이스

Generic Processor, Split Bus 모드를 제공한다. 8bit 주소와 16 및 8bit의 데이터 버스를 따로 제공하는 Generic Processor 모드는 범용 CPU의 인터페이스를 제공한다. Split Bus 모드는 8bit의 주소와 데이터 선을 공유하여 사용하는 것으로 몇 개의 인터페이스를 제공한다. 여기서는 인텔 8051 코어 인터페이스 방식을 사용하였다. 그림 6은 마이크로프로세서와 ISP 1581간의 회로설계를 보여주고 있는 것으로 마이크로프로세서부의 어드레스와 데이터를 분리하기 위한 ALE 신호선은 ISP 1581의 ALE/A0에, ISP 1581의 인터럽트 요청시 처리를 위하여 마이크로프로세서의 외부인터럽트를 이용하였다.

2.2.4 PC부

디바이스 드라이버는 응용프로그램에서 USB를 통하여 한번에 512byte를 전송 받아 하드디스크에 저장할 수 있도록 대용량 전송 (512 byte BULK) 모드로 드라이버를 설계하였다.

응용프로그램은 USB 디바이스 입출력 및 하드디스크에 저장을 위한 파일 열기(Open) 과정을 필요로 한다. 디바이스 및 파일을 연다는 것은 입출력에 필요한 메모리 버퍼를 준비하고 입출력 중에 필요한 변수들을 할당하는 등의 모든 준비를 하는 과정으로 여기서는 응용프로그램의 실행 시간 때문에 발생하는 USB 읽기 지연문제를 해결하기 위하여 2개의 USB 읽기 핸들, 시스템 제어를 위한 1개의 쓰기 핸들 및 데이터를 하드디스크에 저장하기 위한 1개의 파일 핸들을 사용하였다.

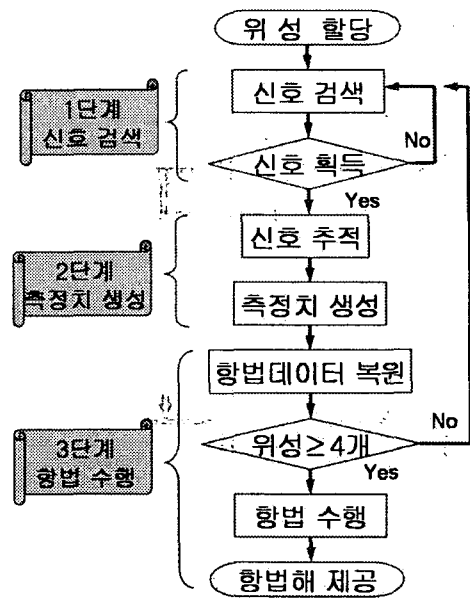


그림 7. SDR의 동작 과정

3. SDR 수신기 구조

SDR 기반의 수신기는 RF부와 마이크로프로세서부로 구성되며 RF부는 1GHz 이상의 반송파 주파수를 가지는 신호에 대하여 직접 샘플링이 가능한 ADC가 아직까지 가용하지 않으므로 일반적인 GNSS 수신기와 같이 신호 처리가 용이한 IF 대역으로 변환하여 사용한다. 본 논문에서 사용된 ZARINK사의 RF 칩셋인 GP2010은 수신된 1575.42MHz의 신호를 3단계의 주파수를 낮추는 과정을 거쳐 IF로 변환한다. 변화된 IF 신호는 5.714MHz의 샘플 클럭으로 2bit(SIN/MAG) 신호로 이산화되어 신호 처리부 데이터로 사용된다.

SDR의 동작 과정은 그림 7과 같으며 크게 신호검색, 측정치 생성 그리고 항법 수행으로서 3단계로 나뉜다. 동작 과정은 각 채널에 위성을 할당하고 첫 번째 신호 검색 단계에서는 생성한 반송파와 코드를 이동하면서 가시 위성에 대한 신호 획득을 시도한다. 만일, 신호획득이 이루어지면 측정치 생성 단계에서는 신호 획득에 성공한 위성 신호로부터 코드와 반송파정보를 이용하여 정밀 추적을 수행하며 TOA(Time Of Arrival)을 생성한다. 이때 TOA는 1msec의 정수배에 해당하는 수치와 이하 소수점으로 구성된다. 마지막으로 항법 수행 단계에서는 추적되는 위성으로부터 정보를 알아내기 위해 항법 데이터를 복원하고 4개 이상의 측정치로부터 의사거리를 구한 값과 항법 데이터 복원에서 얻은 위성 정보를 이용하여 항법을 수행하고 최종적으로 위치, 거리, 속도를 제공한다.

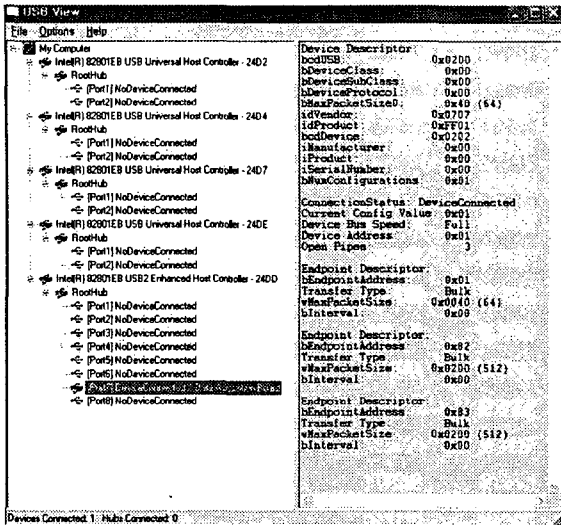


그림 8. USB 모드 및 전송 크기

4. 실험 및 성능 분석

개발된 데이터 수집 장치는 마이크로 프로세서부로는 80c51, 32Kbyte ROM, 시리얼 통신을 위한 UART, USB부는 PHILIP사의 ISP 1581 그리고 RF부로 ZARINK사의 GP2010으로 구성되어 있다. 8051 컴파일러로는 IAR 시스템사의 80751 Workbench를 디바이스 드라이버 컴파일러로는 마이크로소프트의 XP DDK 그리고 응용 프로그램 개발을 위해서는 마이크로소프트의 비주얼 스튜디오 6.0을 사용하였다. 그림 8은 구현된 USB장치가 Windows XP 상에서 호스트에 인식된 상태를 보여주고 있으며 데이터 전송에는 고속 대용량 모드를 위한 2개의 입력 엔드포인트를, 출력을 위해서는 1개의 대용량 엔드포인트가 할당되어 있음을 보여주고 있다. 이것은 대용량 전송 모드로 1회 전송 시 512byte 전송을 의미하며 406Mbps의 데이터 전송이 가능함을 의미한다.

제작된 고속 데이터 수집장치의 성능 평가를

CH	SV	ELV	AZI	DOPP	NEO	LERE	SF	P1err	P2err	IOPerr	DIFFC	LOCK	SNR	
1	15	33	55	-1508	2630	2	3	-2510.9	0.1	0.0	0.0	03F	+10.6	
2	03	56	30	-1917	2518	2	3	-2540.1	-0.0	0.0	0.0	03F	+11.2	
3	08	0	0	+0	-2320	2	3	0.0	0.0	0.0	0.0	03F	+10.3	
4	09	0	0	+0	-4597	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	C	+3.0	
5	13	16	248	-2398	3496	2	3	-2542.2	-0.1	0.0	0.0	03F	+10.0	
6	16	0	0	+0	3405	0	3	0.0	0.0	0.0	0.0	03F	+10.4	
7	14	0	0	+0	2902	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	+3.0	
8	27	37	307	*2417	-1317	2	3	-2485.7	0.3	0.0	0.0	U	U3F	+10.5
9	12	0	0	+0	-4597	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	+3.0	
10	15	33	55	-1508	2630	2	3	0.0	0.0	0.0	0.0	03F	+10.6	
11	11	26	184	*3455	-2382	2	3	-2501.8	0.3	0.0	0.0	03F	+10.4	
12	19	0	0	+0	-4597	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	+3.0	

그림 9. 수집된 데이터 평가

위하여 Ellisys사의 USB 프로토콜 분석기를 이용하여 512byte씩 수집되는 데이터의 시간을 측정하여 데이터의 누락 유무를 검사 하였으며 최종적으로 RF부로부터 ADC된 2bit의 데이터를 수집하여 제작된 SDR을 이용하여 검증하였다. 그림 9는 제작된 데이터 수집장치를 통하여 수집된 데이터가 SDR상에서 신호 추적 및 항법을 하고 있는 모습으로 추적되는 8개의 위성 중 5개로 항법을 수행하였으며 구해진 위치는 위도 +128.733520도, 경도 +36.016872도, 고도 +58.43m 이고 PDOP는 4.04를 나타낸다.

5. 결론

본 논문에서는 USB 2.0을 이용한 고속의 데이터 수집장치를 설계하여 GNSS 수신기에 적용 하였다. RF부에는 ZARINK사의 GNSS Front End인 GP2010을 사용하였으며, USB부는 내부 DMA 컨트롤러, INTEL 8051 코어 인터페이스 제공, 구입과 제작이 용의함 및 USB 2.0 슬레이브 기능을 가지는 PHILIPS사의 ISP 1581로 설계 하였다. 5.174MHz의 샘플링 클럭 시간 한도 내에 RF부에서 USB부로 데이터 전송은 ISP 1581의 DMA기능을, USB부에서 PC로 데이터 전송을 위해서는 USB 2.0의 대용량 모드를 사용하였다. 실제 제작된 데이터 수집장치를 이용하여 고속의 데이터를 수집 하였고 수집된 데이터는 SDR을 통하여 신호 추적 및 항법이 가능함을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] E. D. Kaplan, "Understanding GPS principles and applications," Artech House Publishers, Norwood, 1996.
- [2] B. Parkinson, J. Spilker, "Global Positioning System Theory and Application," 1996 AIAA.
- [3] Tsui, James Bao-yen, "Fundamentals Of Global Positioning System Receivers A Software Approach," John Wiley & Sons, 2000.
- [4] Compaq, Hewlett-Packard, Intel, Lucent, Nec, Microsoft and Phillips, "Univeral Serial Bus Specification," April, 2000.
- [5] Chris Cant, "Writing Windows WDM Device Drivers," 2002.
- [6] 이봉석, " 디바이스 드라이버 구조와 원리 그리고 제작 노하우," 가남사, 12, 2004.
- [7] 김태호 외 3명, "고성능 소프트웨어 GPS 수신기를 위한 USB 2.0 데이터 수집장치 설계," 제12회 GNSS 워크샵, 제주, 12월, 2005