

1 BeagleBone

내용

- BeagleBoard 소개
- BeagleBoard Community
- BeagleBone 사양
- BeagleBone 모습
- BeagleBone 개발자 커뮤니티
- BeagleBone 및 개발 서버 연결
- Boot Loader U-Boot
- 개발 서버에서 U-Boot로 File Transfer
- 프로그램 수행

BeagleBoard 소개

- BeagleBoard는 Texas Instrument사가 DigiKey 및 Newark Element14와 공동으로 생산하는 open source hardware/software single-board 컴퓨터임 (<http://beagleboard.org>)
- 현재까지 4종의 보드가 개발되어 저가로 판매되고 있음 (<http://www.digikey.com>)
 - 2008년 7월 28일 BeagleBoard
 - 2010년 9월 14일 BeagleBoard-xM
 - 2011년 10월 31일 BeagleBone (본 과목에서 사용)
 - 2013년 4월 23일 BeagleBone Black

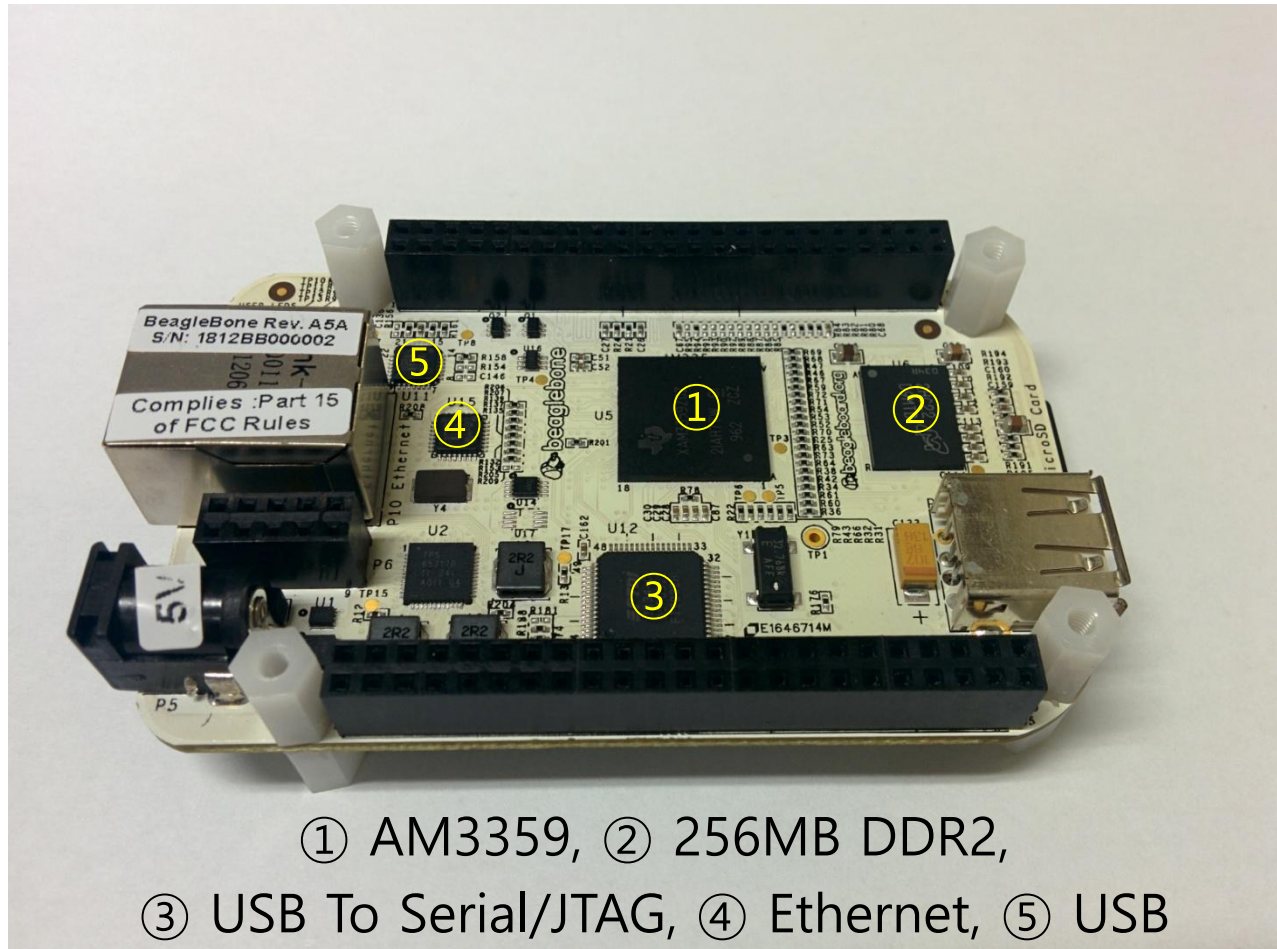
BeagleBoard Community

- BeagleBoard는 wiki 및 community를 통하여 수많은 개발 기술 정보가 공유되고 있음
 - <http://beagleboard.org/project>
 - http://elinux.org/Beagleboard:Main_Page
- Youtube에서 beagleboard 혹은 beaglebone을 search하면 수만 건의 동영상을 볼 수 있음
- 현재 Linux, Minix, FreeBSD, OpenBSD, RISC OS, Symbian, Ångström, Maemo, Windows CE, Android 등의 운영체제가 porting되어 수행됨

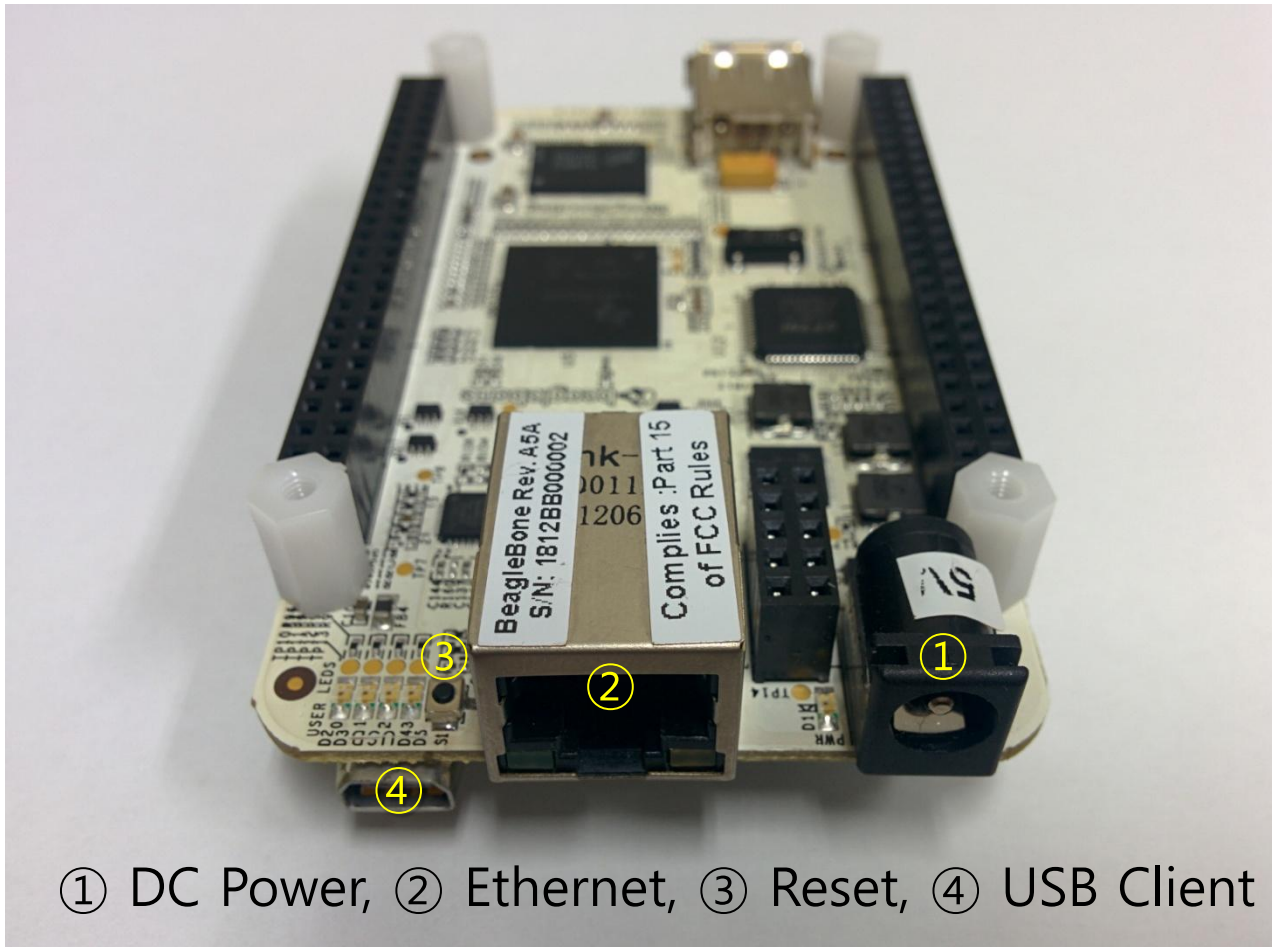
BeagleBone 사양

- Processor: AM3359 500MHZ USB/720MHZ DC
- Memory: 256MB DDR2 400MHz
- Debug Support: USB to Serial Adaptor, On Board JTAG via USB, Mini USB Connector, 4 User LEDs
- Power: USB/5V DC External Jack
- USB 2.0 Client/Host Port
- Ethernet: 10/100
- SD/MMC Connector: Micro SD
- Expansion Connectors
- Weight: 1.4 oz (39.68 g)

BeagleBone 모습 - 1/3

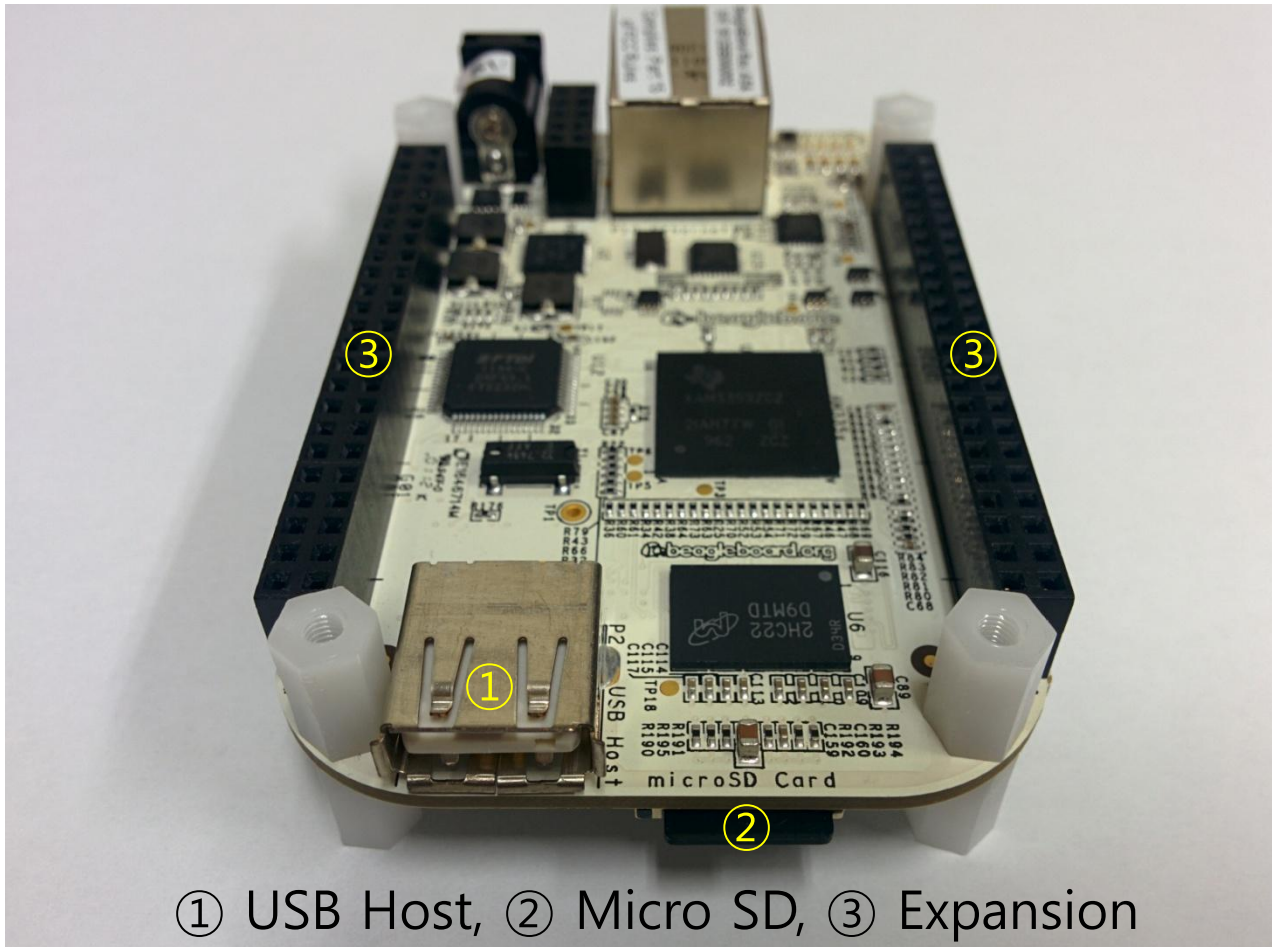


BeagleBone 모습 - 2/3



① DC Power, ② Ethernet, ③ Reset, ④ USB Client

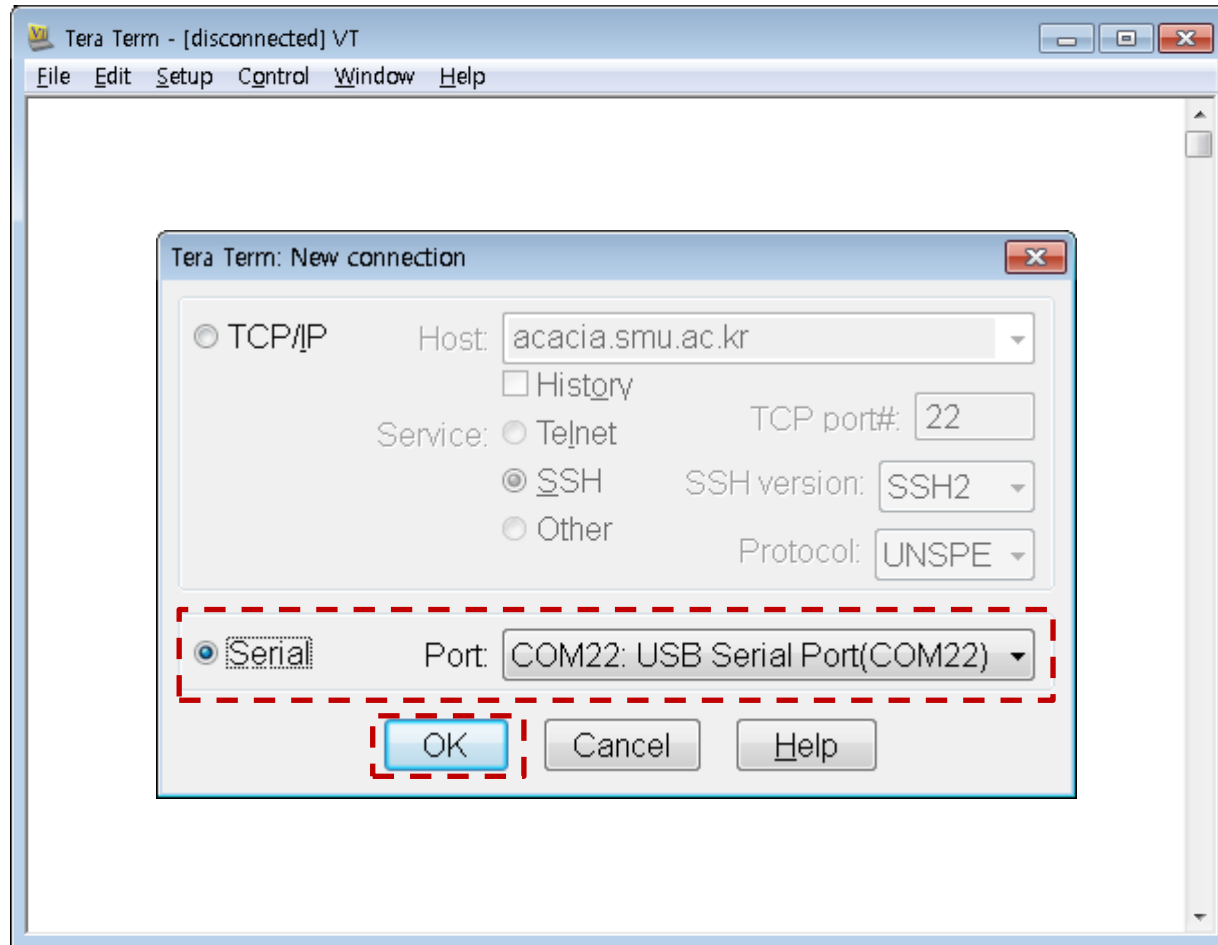
BeagleBone 모습 - 3/3



BeagleBone 연결

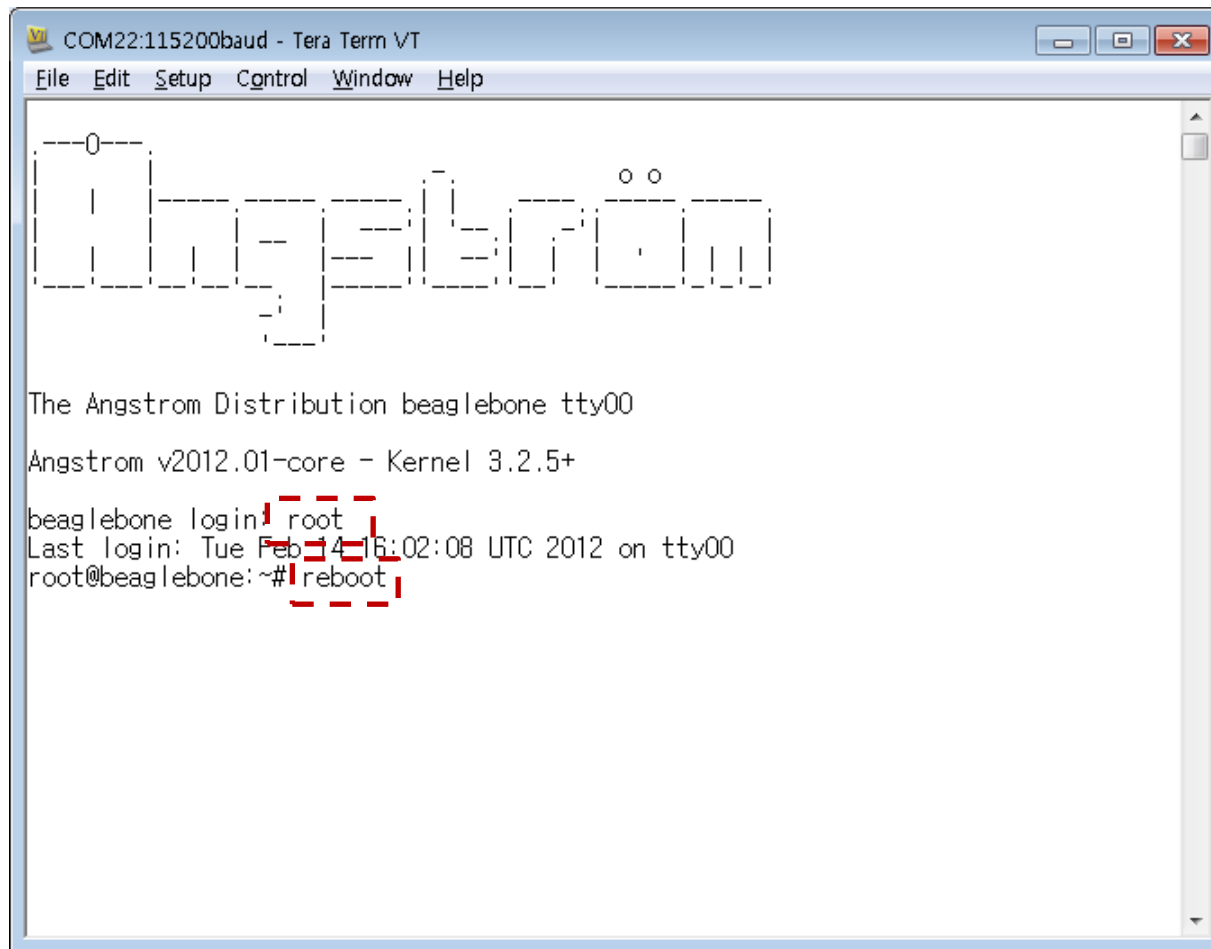
1. BeagleBone의 USB Client 포트와 Windows PC의 USB 포트를 USB 선으로 연결한다. 이때 Windows PC에서는 자동으로 드라이버가 설치되고 하나의 COMx port가 생성된다
2. Windows PC에서 Tera Term을 실행하거나 혹은 Tera Term의 메뉴 "File" -> "New connection..."을 선택한 후 Serial 포트를 선택하고 방금 생성된 "COMx: USB Serial Port(COMx)"를 선택한다
3. 화면이 나오면 Enter 키를 몇 번 쳐서 Ångström OS의 login 메시지가 나오게 한다. 여기서 root로 login한 후 명령어 "reboot"를 수행하여 BeagleBone을 재부팅한다
4. Beaglebone이 재부팅하면서 화면에 U-boot 시작 메시지가 출력되면 키보드에서 아무 키이나 입력하여 U-Boot 명령어 모드로 들어간다. 앞으로 이 화면을 "U-boot 화면"이라고 부른다. 만약 아무 키도 입력하지 않으면 몇 초 후 Micro SD 카드에 저장되어 있는 Ångström OS가 다시 부팅된다

Terminal 연결 프로그램 - Serial



Tera Term을 실행한 후 "Serial"을 선택하고 "USB Serial Port"를 선택함

Ångström OS의 login 화면



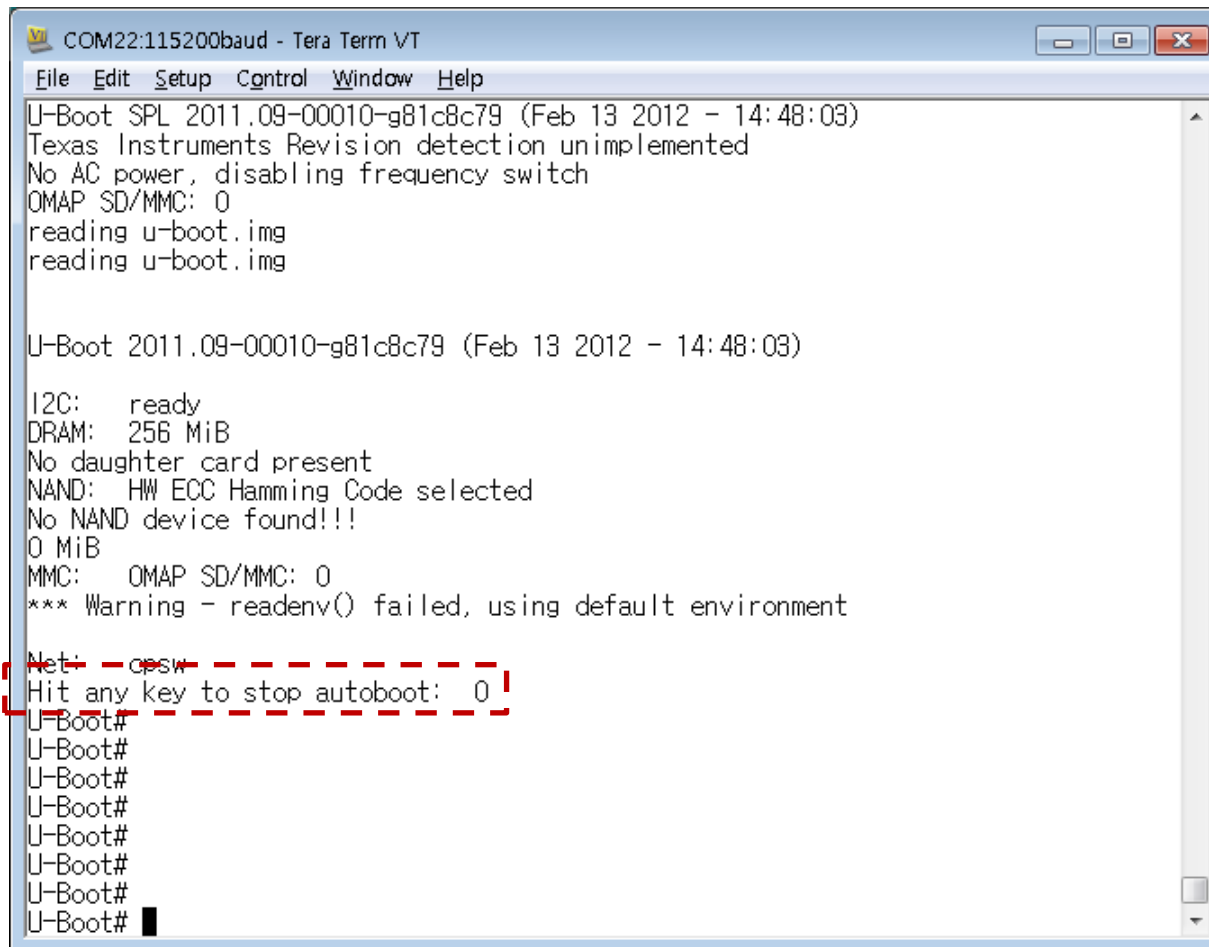
```
COM22:115200baud - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window Help

Ångström

The Angstrom Distribution beaglebone tty00
Angstrom v2012.01-core - Kernel 3.2.5+
beaglebone login: root
Last login: Tue Feb 14 16:02:08 UTC 2012 on tty00
root@beaglebone:~# reboot
```

Ångström OS의 login 화면에서 root로 login한 후 명령어 "reboot"을 수행

U-Boot 화면



```
COM22:115200baud - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window Help
U-Boot SPL 2011.09-00010-g81c8c79 (Feb 13 2012 - 14:48:03)
Texas Instruments Revision detection unimplemented
No AC power, disabling frequency switch
OMAP SD/MMC: 0
reading u-boot.img
reading u-boot.img

U-Boot 2011.09-00010-g81c8c79 (Feb 13 2012 - 14:48:03)

I2C:  ready
DRAM:  256 MiB
No daughter card present
NAND:  HW ECC Hamming Code selected
No NAND device found!!!
0 MiB
MMC:   OMAP SD/MMC: 0
*** Warning - readenv() failed, using default environment

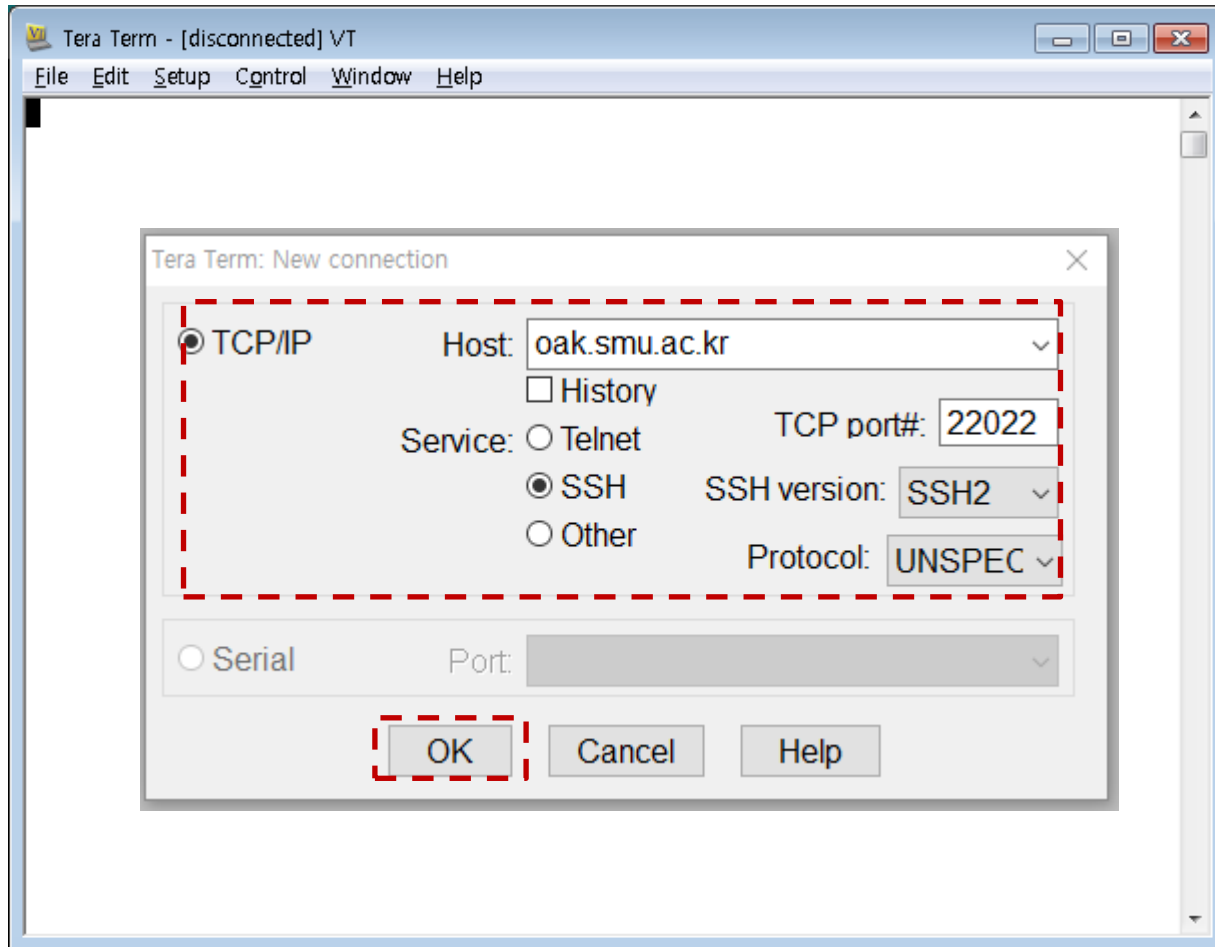
Net:  -- cpsw --
Hit any key to stop autoboot:  0
U-Boot#
U-Boot#
U-Boot#
U-Boot#
U-Boot#
U-Boot#
U-Boot#
U-Boot#
```

U-boot 시작 메시지가 출력되면 키보드에서 아무 키이나 입력

개발 서버 연결

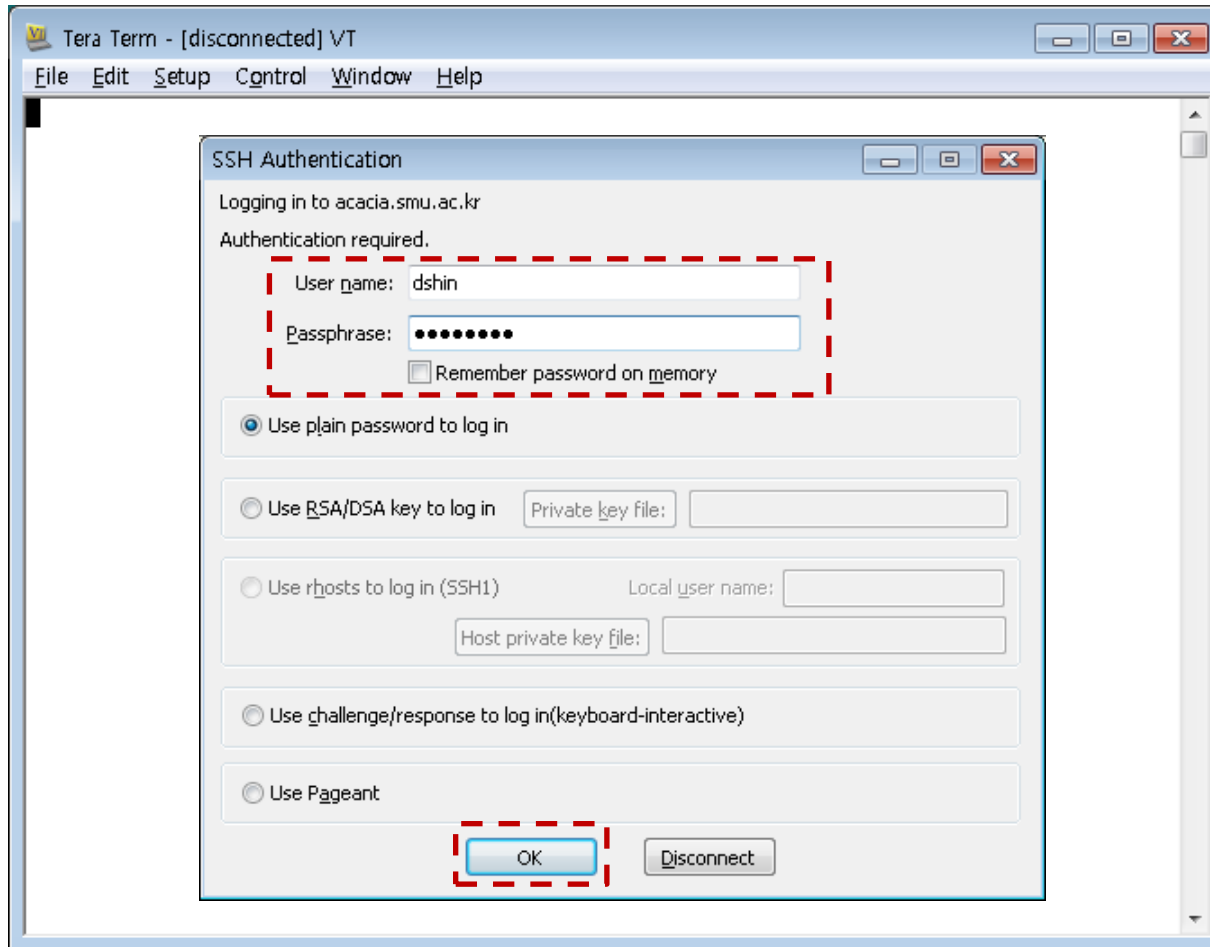
1. Windows PC 상에서 Tera Term을 실행하거나 Tera Term의 메뉴 "File" -> "New connection..."을 선택한 후 "TCP/IP"를 선택하고 서버 정보 Host=oak.smu.ac.kr, Service=SSH, TCP port#=22022를 입력한다
2. Tera Term의 다음 화면에서 Username 및 Passphrase에 개발 서버의 login ID 및 password를 입력하고 "OK"를 선택하여 개발 서버에 들어간다. 이 때의 화면을 "개발 서버 화면"이라고 부른다

Terminal 연결 프로그램 - TCP/IP



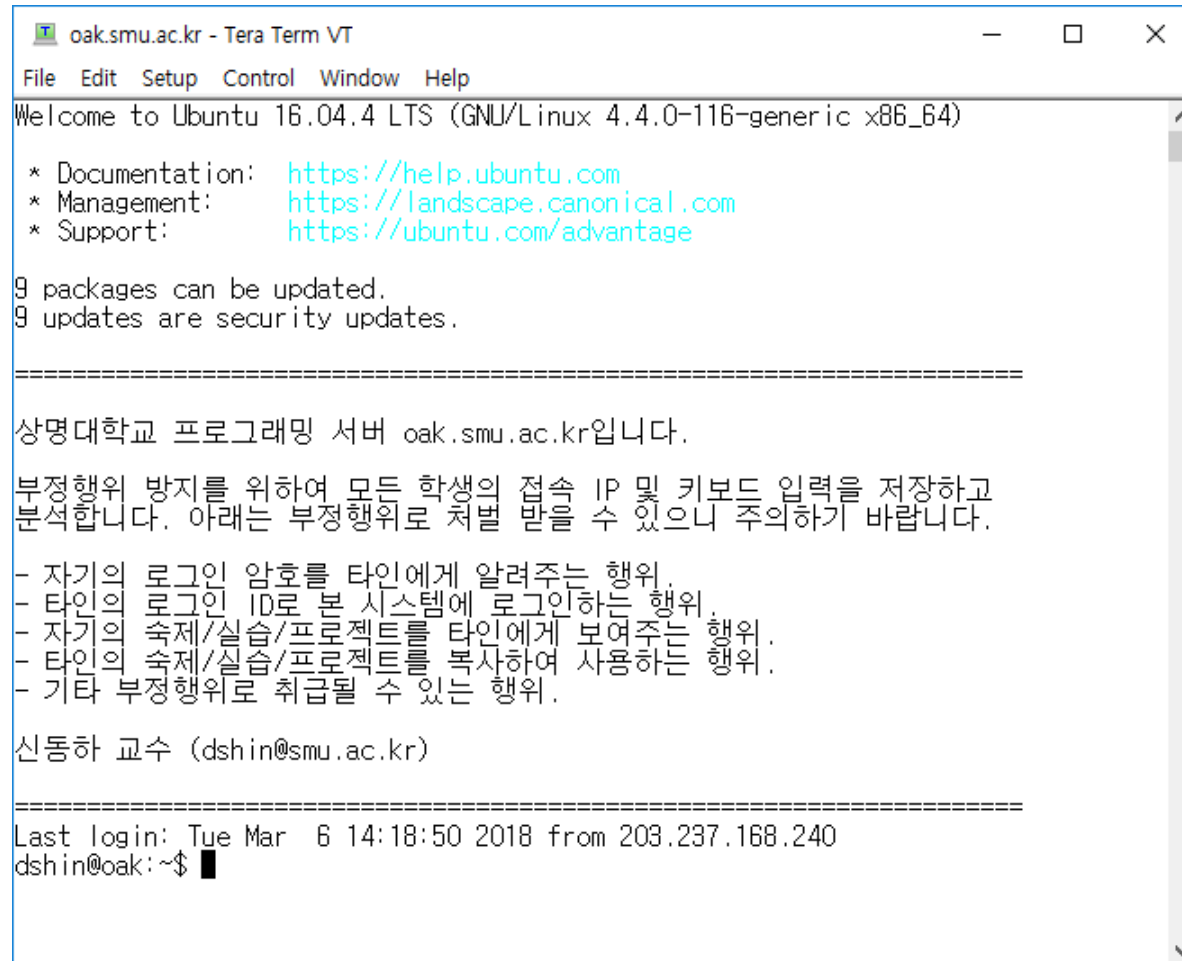
Tera Term을 실행한 후 "TCP/IP"를 선택하고 개발 서버 정보를 입력함

개발 서버 연결 – ID/Password 입력



개발 서버의 login ID 및 password를 입력함

개발 서버 화면



```
oak.smu.ac.kr - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window Help
Welcome to Ubuntu 16.04.4 LTS (GNU/Linux 4.4.0-116-generic x86_64)

* Documentation:  https://help.ubuntu.com
* Management:    https://landscape.canonical.com
* Support:        https://ubuntu.com/advantage

9 packages can be updated.
9 updates are security updates.

=====

상명대학교 프로그래밍 서버 oak.smu.ac.kr입니다.

부정행위 방지를 위하여 모든 학생의 접속 IP 및 키보드 입력을 저장하고
분석합니다. 아래는 부정행위로 처벌 받을 수 있으니 주의하기 바랍니다.

- 자기의 로그인 암호를 타인에게 알려주는 행위.
- 타인의 로그인 ID로 본 시스템에 로그인하는 행위.
- 자기의 숙제/실습/프로젝트를 타인에게 보여주는 행위.
- 타인의 숙제/실습/프로젝트를 복사하여 사용하는 행위.
- 기타 부정행위로 취급될 수 있는 행위.

신동하 교수 (dshin@smu.ac.kr)

=====

Last login: Tue Mar  6 14:18:50 2018 from 203.237.168.240
dshin@oak:~$
```

개발 서버는 Linux 운영체제를 사용하고 있음

Boot Loader U-Boot

- 일반적으로 Boot loader는 임베디드 시스템을 power reset하면 처음 수행되는 프로그램임
- Boot loader 프로그램은 ROM 혹은 SD 카드 등에 저장되어 있다가 power reset하면 RAM으로 복사된 후 수행함
- U-Boot는 다양한 임베디드 시스템에서 가장 많이 사용되는 공개 소스 boot loader임
- BeagleBone은 power reset 시 Micro SD 카드에 저장되어 있는 U-boot를 SDRAM으로 load하여 수행함
- 본 과목에서 공부하는 Firmware 프로그램은 BeagleBone의 U-Boot 환경 상에서 수행함

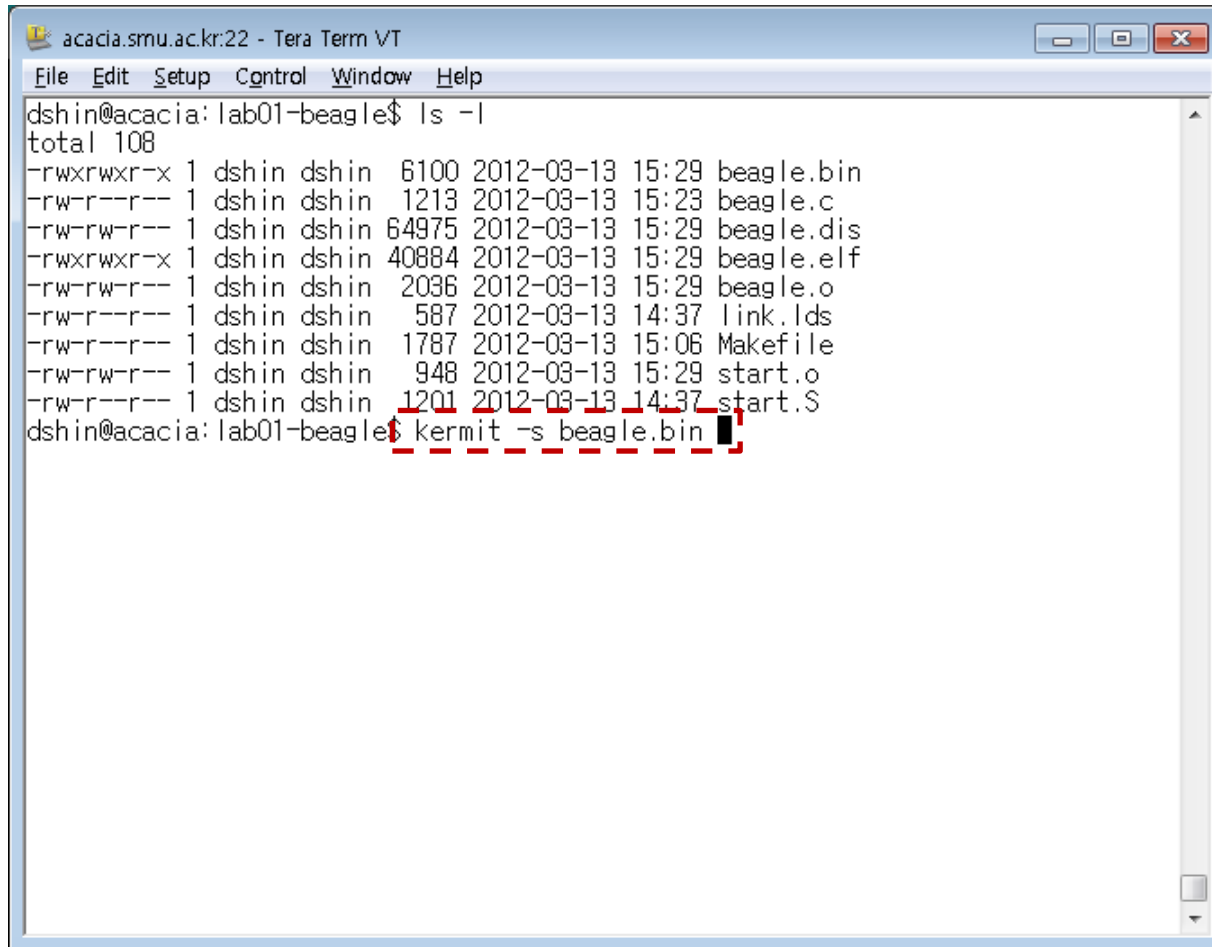
U-Boot 주요 명령

- loadb address
 - Kermit 프로토콜을 사용하여 전달되는 데이터를 메모리의 주소 address(16진수임)에서 부터 load함
- go address arg1 arg2 ...
 - 메모리의 주소 address(16진수임)에 저장되어 있는 함수를 호출한다. 함수 호출 시 인수 arg1, arg2, ...를 줄 수 있음
- boot
 - Deafult로 설정된 boot 명령어를 실행함
 - BeagleBone의 경우 Micro SD 카드에 저장된 Ångström OS가 부팅됨

개발 서버에서 U-Boot로 File Transfer

1. Tera Term의 "개발 서버 화면"에서 Linux 명령어 "kermit -s xxx.bin"을 수행하여 서버에서 Windows PC로 파일 xxx.bin을 send한다
2. Tera Term의 "개발 서버 화면"에서 메뉴 "File" -> "Transfer" -> "Kermit" -> "Receive"를 선택하여 개발 서버가 send한 파일을 Windows PC에서 receive한다
3. Tera Term의 "U-Boot 화면"에서 U-Boot 명령어 "loadb 82000000"을 수행하여 파일의 receive를 준비한다. 여기서 82000000은 파일 xxx.bin을 receive하여 로드 할 메모리 시작 주소이다
4. Tera Term의 "U-Boot 화면"에서 메뉴 "File" -> "Transfer" -> "Kermit" -> "Send..."를 선택한 후 send할 파일을 선택한다

개발 서버에서 Kermit Send

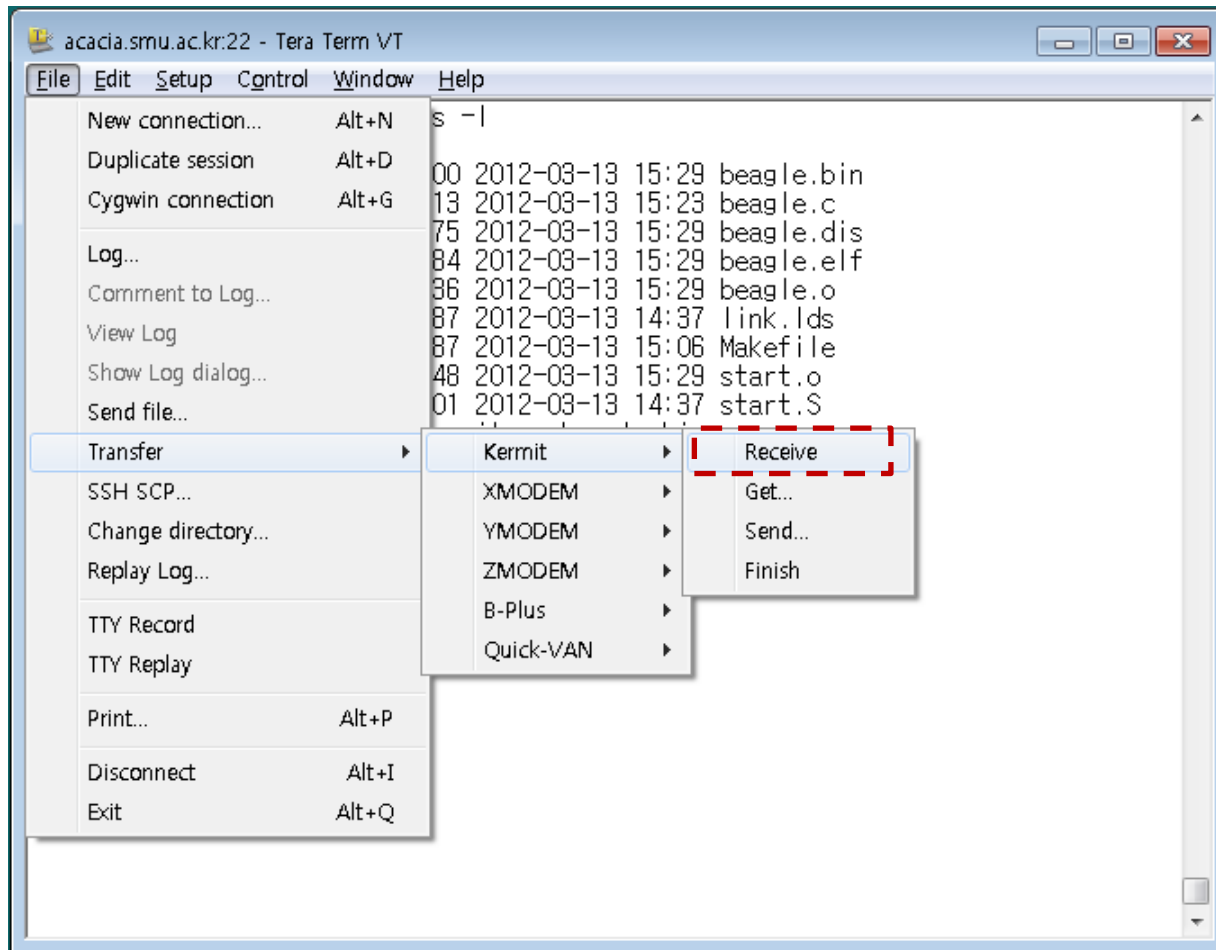


The screenshot shows a terminal window titled "acacia.smu.ac.kr:22 - Tera Term VT". The terminal displays the output of the command "ls -l" and the command "kermit -s beagle.bin" being entered. The file listing shows several files including beagle.bin, beagle.c, beagle.dis, beagle.elf, beagle.o, link.lds, Makefile, start.o, and start.S. The command "kermit -s beagle.bin" is highlighted with a red dashed box.

```
acacia.smu.ac.kr:22 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window Help
dshin@acacia: lab01-beagle$ ls -l
total 108
-rwxrwxr-x 1 dshin dshin 6100 2012-03-13 15:29 beagle.bin
-rw-r--r-- 1 dshin dshin 1213 2012-03-13 15:23 beagle.c
-rw-rw-r-- 1 dshin dshin 64975 2012-03-13 15:29 beagle.dis
-rwxrwxr-x 1 dshin dshin 40884 2012-03-13 15:29 beagle.elf
-rw-rw-r-- 1 dshin dshin 2036 2012-03-13 15:29 beagle.o
-rw-r--r-- 1 dshin dshin 587 2012-03-13 14:37 link.lds
-rw-r--r-- 1 dshin dshin 1787 2012-03-13 15:06 Makefile
-rw-rw-r-- 1 dshin dshin 948 2012-03-13 15:29 start.o
-rw-r--r-- 1 dshin dshin 1201 2012-03-13 14:37 start.S
dshin@acacia: lab01-beagle$ kermit -s beagle.bin
```

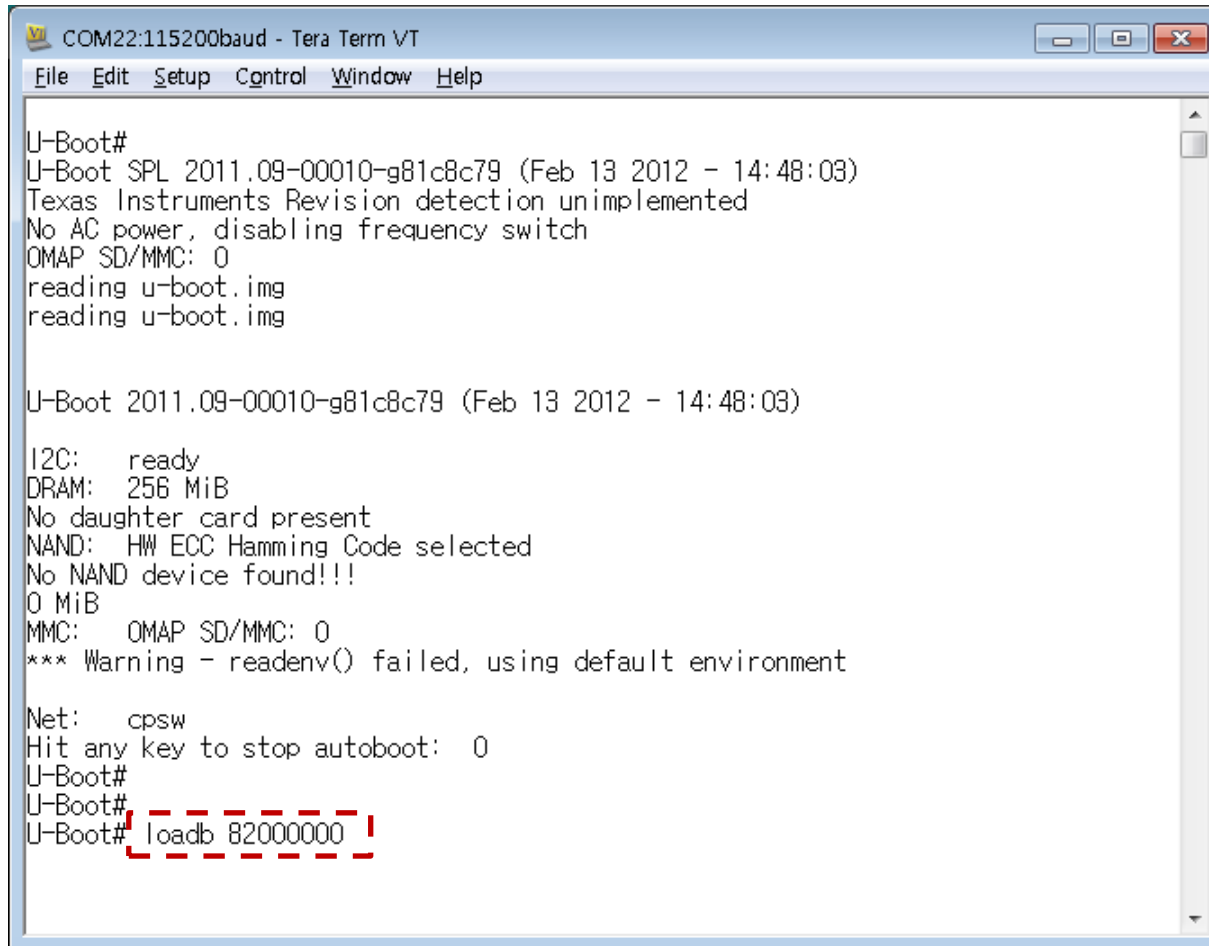
Linux 명령어 "kermit -s beagle.bin" 수행

PC에서 Kermit Receive



메뉴 "File" -> "Transfer" -> "Kermit" -> "Receive"를 선택

U-Boot에서 Kermit Receive



```
COM22:115200baud - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window Help

U-Boot#
U-Boot SPL 2011.09-00010-g81c8c79 (Feb 13 2012 - 14:48:03)
Texas Instruments Revision detection unimplemented
No AC power, disabling frequency switch
OMAP SD/MMC: 0
reading u-boot.img
reading u-boot.img

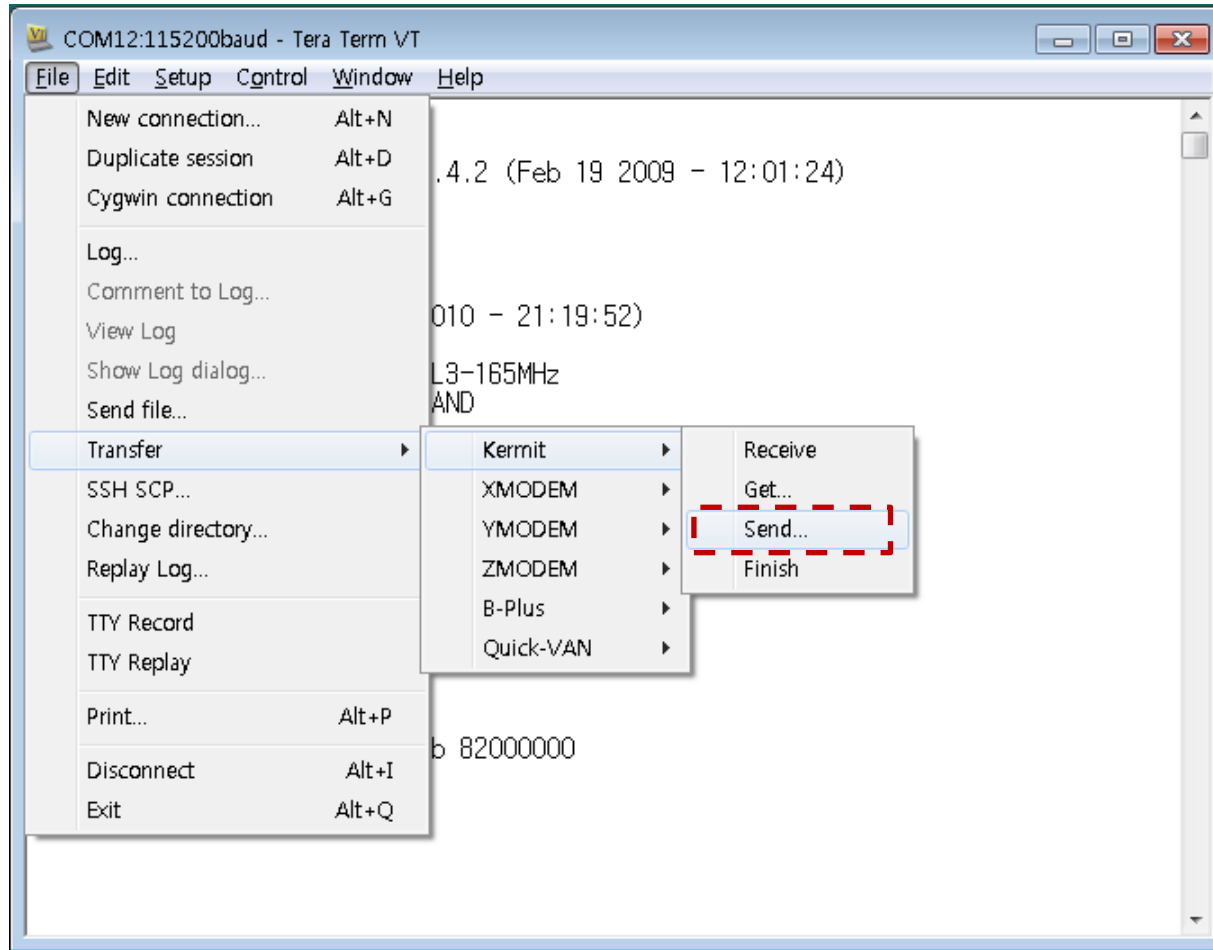
U-Boot 2011.09-00010-g81c8c79 (Feb 13 2012 - 14:48:03)

I2C: ready
DRAM: 256 MiB
No daughter card present
NAND: HW ECC Hamming Code selected
No NAND device found!!!
0 MiB
MMC: OMAP SD/MMC: 0
*** Warning - readenv() failed, using default environment

Net: cpsw
Hit any key to stop autoboot: 0
U-Boot#
U-Boot#
U-Boot# loadb 82000000
```

U-Boot 명령어 "loadb 82000000" 수행

PC에서 Kermit Send



메뉴 "File" -> "Transfer" -> "Kermit" -> "Send"를 선택한 후 파일 BEAGLE.BIN 선택

프로그램 수행

- "U-boot 화면"에서 U-Boot 명령어 "go 82000000"을 수행하여 BeagleBone 메모리 주소 82000000에 저장된 프로그램을 수행한다

프로그램 수행

```
COM22:115200baud - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window Help
I2C: ready
DRAM: 256 MiB
No daughter card present
NAND: HW ECC Hamming Code selected
No NAND device found!!!
0 MiB
MMC: OMAP SD/MMC: 0
*** Warning - readenv() failed, using default environment

Net: cpsw
Hit any key to stop autoboot: 0
U-Boot#
U-Boot#
U-Boot# loadb 82000000
## Ready for binary (kermit) download to 0x82000000 at 115200 bps...
## Total Size      = 0x0000119c = 4508 Bytes
## Start Addr     = 0x82000000
U-Boot# go 82000000
## Starting application at 0x82000000 ...

[ ASCII Art Logo ]

## Application terminated, rc = 0x0
U-Boot#
```

U-Boot 명령어 "go 82000000" 수행

참고 자료

1. BeagleBoard.org, <http://beagleboard.org>, 2015.
2. BeagleBoard.org, BeagleBone Rev A5 System Reference Manual, Revision 0.1, February 2, 2012.
3. DENX Software Engineering, Das U-Boot the Universal Boot Loader, <http://www.denx.de/wiki/U-Boot>, 2014.
4. DENX Software Engineering, The DENX U-Boot and Linux Guide (DULG) for Canyolands, 2014.
5. Tera Term Home Page, <http://ttssh2.sourceforge.jp/index.html.en>, 2014.
6. Tera Term Manual, <http://ttssh2.sourceforge.jp/manual/en>, 2014.