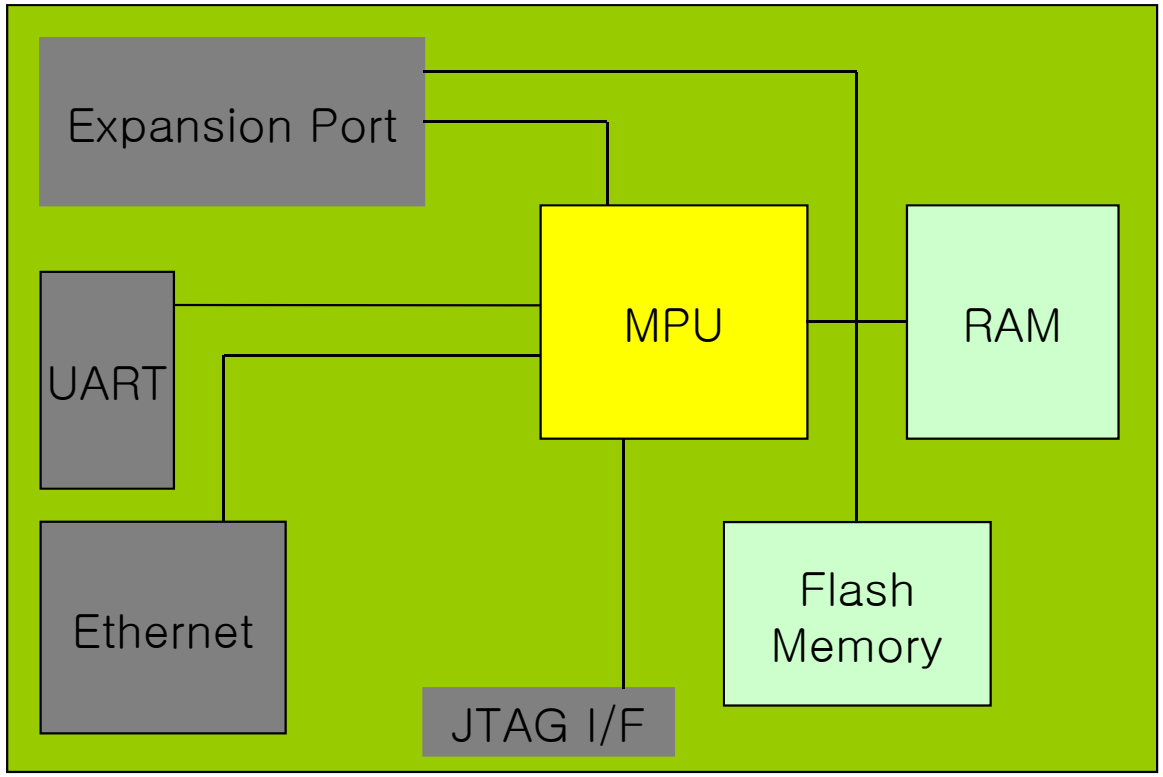
Introduction to Embedded Linux

임베디드 시스템

- 정의
  - 어떤 특정한 기능을 위해 Microprocessor/Microcontroller가 내장된 시스템

- 특징
  - 제한된 하드웨어 자원(최소한의 필요한 자원)
    - Processor, RAM, Flash memory, interfaces
  - 경량의 OS 및 Real-Time OS 사용
    - WinCE, Vxworks, Nucleus

임베디드 시스템의 **H/W**

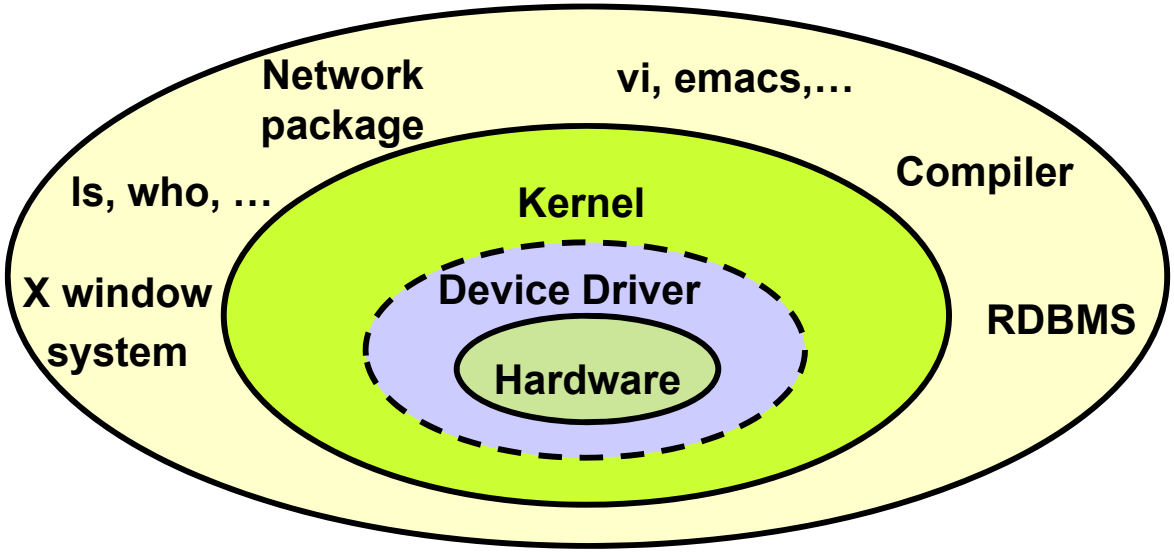


Target Board Block diagram

- JTAG(Joint Test Action Group: IEEE1149.1b)

운영체제

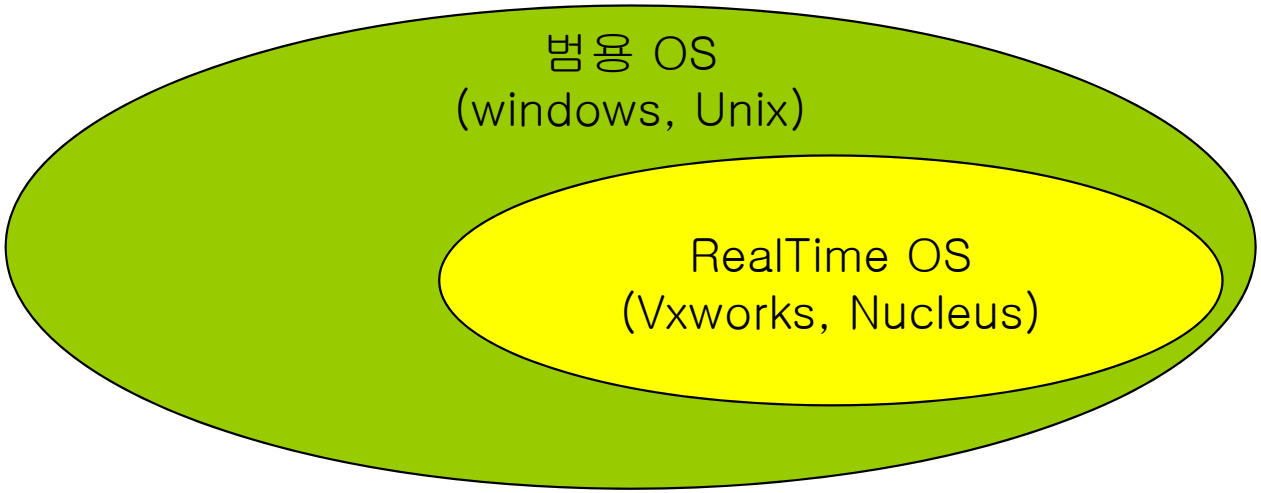
- 운영체제란?
  - 자원 관리자 (Resource Manager)
  - 응용에게 자원에 대한 서비스 제공 (Computing Environment)
- 자원의 종류
  - 물리적인 자원 : 처리기, 메모리, 디스크, 터미널, 네트웍, ...
  - 추상적인 자원 : 태스크, 세그먼트/페이지, 파일, 드라이버, 통신 프로토콜, 패킷, 보안, ...



운영체제 종류

- RTOS(Real-Time OS)
  - VxWorks, pSOS, Nucleus
- UNIX
  - SVR4, Solaris
  - BSD, HP-UX
- Linux
- Windows System
  - Windows XP, 7, 10
  - Windows CE.NET

임베디드 시스템의 **OS**



- 범용 OS
  - 모든 태스크(Task)를 공평하게 처리
- Real-Time OS
  - 우선권이 높은 태스크부터 처리

임베디드 시스템의 **OS**

- Windows CE, Windows Embedded
  - MS사에서 임베디드 시스템을 위하여 제공하는 운영체제
  - 기존의 데스크 탑 PC와 동일한 윈도우 환경 제공
  - 데스크 탑 윈도우 및 응용 프로그램과의 호환성 우수
  - 프로그램 개발 환경이 아주 우수. (특히, GUI 개발 환경 우수)
  - 실행 환경에서 요구되는 H/W 사양이 높고, 가격이 비쌈
  - MS사에서 제공되는 라이브러리에 종속적

임베디드 시스템의 **OS**

- 임베디드 자바
  - SUN사에서 제공하는 JAVA를 이용한 운영체제
  - 임베디드 환경에 맞는 개발환경을 제공하고 있으며 웹 기반의 환경에 우수
  - 스크린폰, 셋톱박스 등을 중심으로 사용
  - 휴대폰 등 이동 서비스 : K자바 기반의 KVM(Kilobyte Virtual Machine) 기술을 적용

임베디드 시스템의 **OS**

- 리눅스
  - 일반 리눅스
    - 일반 테스크 탑 환경인 고성능 프로세서와 대용량 메모리 환경에서 동작 하는 범용 컴퓨터용 리눅스
  - 임베디드 리눅스
    - 저성능의 마이크로 프로세서와 제한된 메모리 환경에서 동작하는 임베디드 시스템 용 리눅스

임베디드 시스템의 **OS**

- Real-Time System
  - 정의
    - 정해진 시간 내에 시스템이 결과를 출력하는 시스템
    - 주어진 작업을 빨리 처리하는 것이 아니고 정해진 시간을 넘어서는 안 된다는 뜻임
  - 임베디드 시스템은 대부분 실시간 적인 요소 내포
  - 임베디드 시스템에 실시간 시스템이 포함됨
  - Hard real-time system/Soft real-time system
    - Hard real-time system
      - 정해진 시간 내에 작업의 결과가 절대적으로 출력되어야 하는 시스템 – 시간 내에 처리되지 않으면 치명적인 결과를 초래하는 경우
      - 전투기의 비행제어 시스템, 핵발전소의 제어 시스템, 인공위성의 제어 시스템
    - Soft real-time system
      - 정해진 범위를 넘는 시간 지연이 발생하더라도 그것이 시스템의 에러가 되지 않는 시스템

임베디드 시스템의 **OS**

- 실시간 시스템에서의 S/W
  - 간단하고 단순한 순차적인 작업에 관련
  - 순차적인 프로그램으로 충분하였음
  - 8bit, 16bit 마이크로프로세서 및 마이크로콘트롤러 사용

- 임베디드 시스템에서의 운영체제
  - 시스템의 규모가 커짐에 따른 Multi Tasking 기능 요구
  - Network이나 multimedia가 시스템의 기본으로 자리 잡음
    - Networking, GUI, Audio, Video
  - 임베디드 시스템의 특성상 실시간이라는 요소를 만족해야 함
  - 지능성이 부가되고 기능이 많아지고 복잡해짐
  - 순차적인 프로그램 작성이 불가능하여 운영체제가 도입됨

임베디드 시스템의 **OS**

- 상용 RTOS : Hard Real-Time/Multi-thread/ Preemptive
  - pSOS, VxWorks, VRTX 등 다수
  - 일반 운영체제와 거의 같은 기능을 수행
  - 시간 제약성, 신뢰성 등을 일반 운영체제 보다 중요시 함
  - 일반적으로 한가지 목적에 최적화 되어있음
- 임베디드 OS : Soft Real-Time/Multi-process/ non preemptive
  - Windows CE
  - 임베디드 리눅스
  - 임베디드 자바
- 최근 동향
  - 임베디드 OS 세계시장 :
    - 최근 WinCE, 임베디드 리눅스가 기존의 RTOS 보다 시장 점유율이 높아지는 추세
- OS 선정
  - 시스템의 특성 파악 그 시스템에 적합한 OS 선정이 매우 중요

임베디드 **OS** 솔루션 고려사항**-1**

- 제품 개발 내용 및 범위의 정의
- 비용, 시간, 안정성
  - Open source vs. Proprietary Product
  - 직접 개발 vs. 외주(Outsourcing)

임베디드 OS 솔루션 고려사항-2

- Open source
  - 모든 필요한 것을 찾을 수 있다
  - Setup Time?: 솔루션 확보 및 환경구축
  - 문제 해결 방법?
  - 필요한 기술력 확보를 위한 기간?
- Proprietary Product
  - 더 편리하고 효율적인 툴
  - 빠른 Setup Time
  - 믿을 수 있는 기술 지원
  - 종속성?
- 직접개발
  - 제품 유지보수의 안정성
  - 문제해결 방법 및 기술 지원
  - 충분한 개발인력 확보
- Outsourcing
  - 빠른 제품 개발
  - 제품 유지 보수 문제

임베디드 OS의 주요 개념

- 태스크
  - 수행중인 프로그램 (an instance of a running program)
  - 프로그램의 수행 환경 (an execution environment of a program)
  - 스케줄링 단위 (scheduling entity)
  - 제어 흐름과 주소 공간의 집합 (a control flow and address space)
- 멀티 태스킹
  - 여러 개의 태스크를 동시에 실행시키는 것
  - 일반 OS 에서의 태스크
    - 각 태스크들은 대분분 무관한 프로그램임
  - 임베디드 시스템에서의 태스크
    - 하나의 큰 응용 프로그램을 논리적으로 나눈 것
      - 기능상 매우 밀접한 관계
      - 태스크 사이에 이루어지는 작업들이 많다.
    - 응용 프로그램을 실행을 위해 여러 기능들이 동시 실행 요구
      - 순차적이 아닌 동시 실행의 필요성이 있다.

임베디드 **OS**의 주요 개념

- 스케쥴러(Scheduler)
  - OS의 핵심기능
  - 다음 번에 어떤 태스크를 실행해야 하는 지를 결정하는 코드 부분
  - 태스크 선택 정책 : 우선순위 기반의 스케쥴링
    - FIFO(First In First Out), Round-robin 등
  - 선점(Preemptive)
    - 어떤 태스크가 수행되고 있을 때 커널이 중간에 그 태스크의 수행을 중지 시키고 다른 태스크의 기능을 수행시키는 기능
    - 선점형 커널 / 비선점형 커널
  - 다른 태스크로 실행이 넘어갈 때 문맥전환(context switching) 발생
- Context switching
  - 일단 현재 수행 중인 태스크 상황 하에서의 시스템 상태(문맥)를 TCB(Task Control Block)이라는 특정한 자료구조에 저장하고, 다음에 새로운 태스크의 문맥을 가져와 시스템 상태를 복원한 후에 실행하는 것
  - Context switching은 overhead이기 때문에 짧을 수록 효율적 임
    - thread의 개념을 통해 이를 보완하는 방법

임베디드 OS의 주요 개념

- Mutual exclusion
  - 두개의 태스크가 동시에 하나의 공유자원에 접근하려고 할 때 한 태스크에게 자원 사용에 대한 배타적 권리를 보장하는 것
  - Critical section : 공유자원을 access하는 일련의 코드부분
    - 다른 태스크에 의해서 중단되어서는 안 되는 일련의 명령 혹은 코드 블록
  - 상호배제 기법
    - 인터럽트 발생을 방지
      - Critical section에 들어가기 전에 인터럽트를 disable시키고 (CLI) 빠져나오면서 인터럽트를 다시 enable 시키는 방법 (STI)
      - 단일 CPU의 경우 단순하게 사용 가능
    - semaphore 이용
      - semaphore를 얻지 못하면 공유자원을 얻을 수 없으며 일단 semaphore를 얻으면 공유자원을 마음 놓고 쓸 수 있다.
      - 다른 태스크를 위해서 공유자원을 다 쓰면 semaphore를 풀어야 한다.
      - Semaphore가 0 이면 waiting한다.

임베디드 OS의 주요 개념

- Semaphore
  - 공유변수 사용
  - mutual exclusion을 만들어 공유자원을 제어
  - 태스크 사이의 동기화에 사용 가능
  - 사용 방법
    - 공유자원에 해당하는 semaphore를 만든다.
    - 공유자원을 사용하기 직전에 해당 semaphore 얻는다.
      - 변수 값이 0이 아닌 경우 그 변수 값을 1 감소 시킨다.
      - 0이면 양수가 될 때까지 기다린다. (SLEEP상태)
    - 공유자원을 다 쓰면 그 값을 1 증가 시킨다.
  - 종류
    - Binary semaphore : 공유자원의 변수가 0,1인 경우
    - Counting semaphore : 1이상의 값

임베디드 OS의 주요 개념

- Task communication
  - 태스크간에 통신하는 방법
    - Global variable을 쓰는 방법 / message passing 방법
  - Global variable
    - exclusive access를 해야 하며, ISR이 포함된 인터럽트를 disable해야 한다.
    - Task 사이에서는 인터럽트를 disable하는 방법 외에 semaphore를 사용할 수 있다.
  - message passing
    - Mailbox, queue, pipe – message의 크기에 따라 결정됨
- Task synchronization
  - 태스크 간의 동기화 기능
  - Semaphore/event flag/signal 등을 사용

임베디드 **OS**의 주요 개념

- Interrupt service
  - Asynchronous event를 CPU에 알리는 방법
  - Interrupt는 외부에서 들어오는 중요한 신호로서 시간에 민감한 경우가 있기 때문에 interrupt latency가 짧은 것이 좋음.
  - ISR자체도 짧은 것이 좋은데 그 이유는 ISR 자체가 길어지면 interrupt nesting이 되기 쉽기 때문.
  - ISR에서는 보통 그에 상응하는 태스크 수준의 service routine을 부르고(HISR) 끝나도록 구성.
  - HISR에서는 마치 태스크처럼 존재해서 수행이 된다.

임베디드 OS의 주요 개념

- Reentrancy code
  - 인터럽트, 선점의 개념과 연관
  - 하나의 함수를 여러 태스크가 동시에 수행 가능
  - ‘Reentrant하다’
    - 태스크 1에서 함수 1을 수행하다가 도중에 태스크 2로 제어권이 넘어가고 이 함수를 다시 호출해도 함수 1이 제대로 동작하는 것
    - 전역변수를 사용하지 말 것
      - 전역 변수는 shared resource이기 때문에 mutual exclusive 하도록 만들어 주지 못하는 문제가 생긴다.
    - Reentrant하지 못한 code는 공유하지 않거나, 공유해야 하는 경우에는 semaphore를 쓴다거나 동일 우선 순위를 갖는 태스크 사이에서 round-robin을 하지 않아야 한다.

임베디드 리눅스

- 임베디드 리눅스
  - 임베디드 시스템을 위해 경량화된 리눅스
  - 임베디드 시스템에 포팅(Porting)된 리눅스

- 포팅(Porting)
  - 어떤 프로그램을 특정 플랫폼에서 동작될 수 있도록 프로그래밍 하는 기술

  - 예
    - 윈도우 기반의 MSN Messenger → Linux 기반의 MSN Messeger
    - Intel processor PC 기반의 Linux → ARM processor 보드 기반의 Linux

임베디드 리눅스 특징

- 장점
  - Open Source
    - 학습 용이
  - PowerPC, ARM, MIPS 등 다양한 CPU Platform지원함
  - 로열티가 없으므로 가격 경쟁력이 우수
  - 사용자 층이 넓어 오류 수정이 빠르고 안정성이 우수
- 단점
  - 커널 크기
    - 상용 RTOS< Linux < 범용OS
  - 완전하지 못한 Real Time
    - 제한적 preemption
  - 개발 환경의 부족
    - 일반적으로 Text 기반
  - 불투명한 안정성
  - GUI 환경을 개발하기 어려움
  - 제품화하기 위한 솔루션 구성이 어려움
  - 많은 업체들과 개발자들이 독자적으로 개발하고 있어 표준화가 어려움

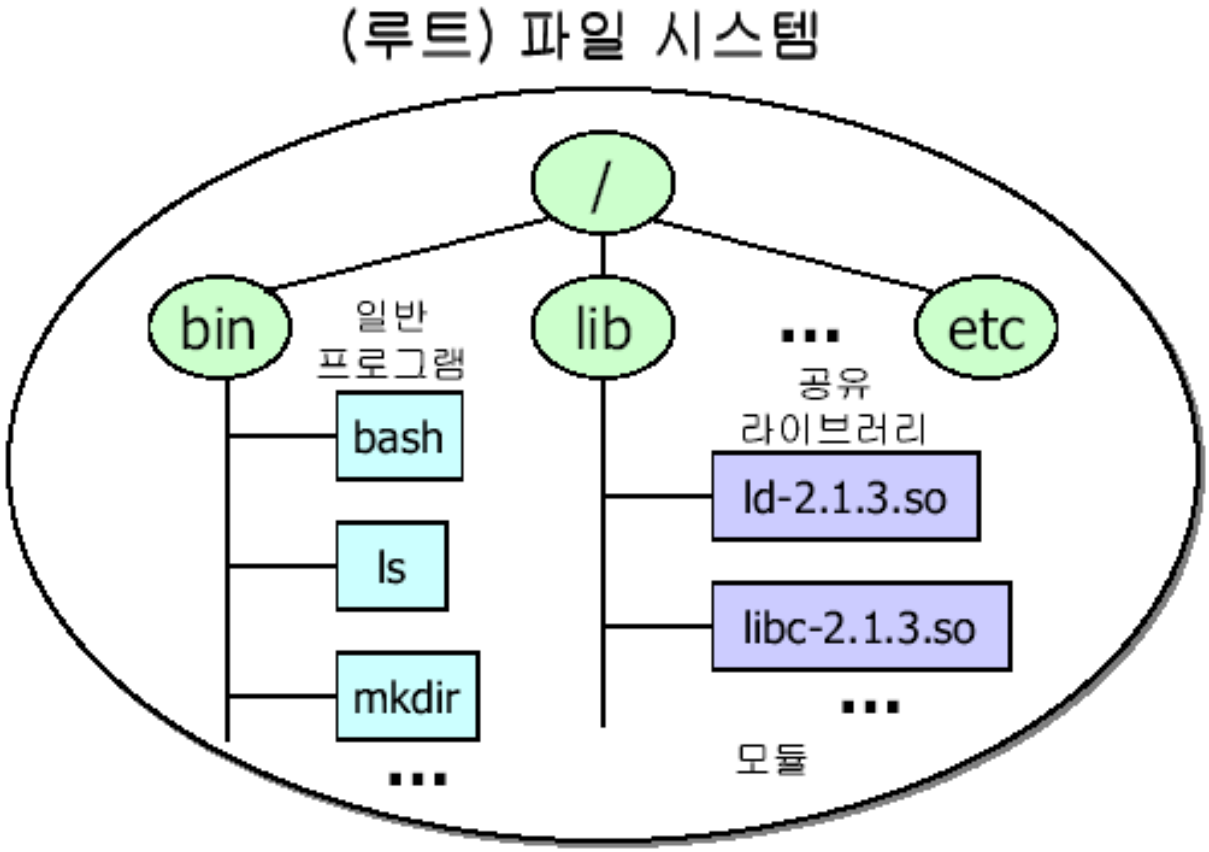
임베디드 리눅스 특징

- 커널 버전의 선택
  - 임베디드 시스템의 크기를 고려
  - 필요한 기능을 고려
  - 확장성을 고려
  - 커널 버전
    - 버전 숫자 : X.Y.ZZ
      - X : 커널의 버전
      - Y : 릴리즈 번호, 홀수->개발 중, 짝수->안정된 버전
      - ZZ : Modifications, 사소한 변화를 의미
    - 최신 버전
      - 새로운 다양한 기능이 이미 추가되어 있음
      - 크기가 매우 크다는 단점이 있음

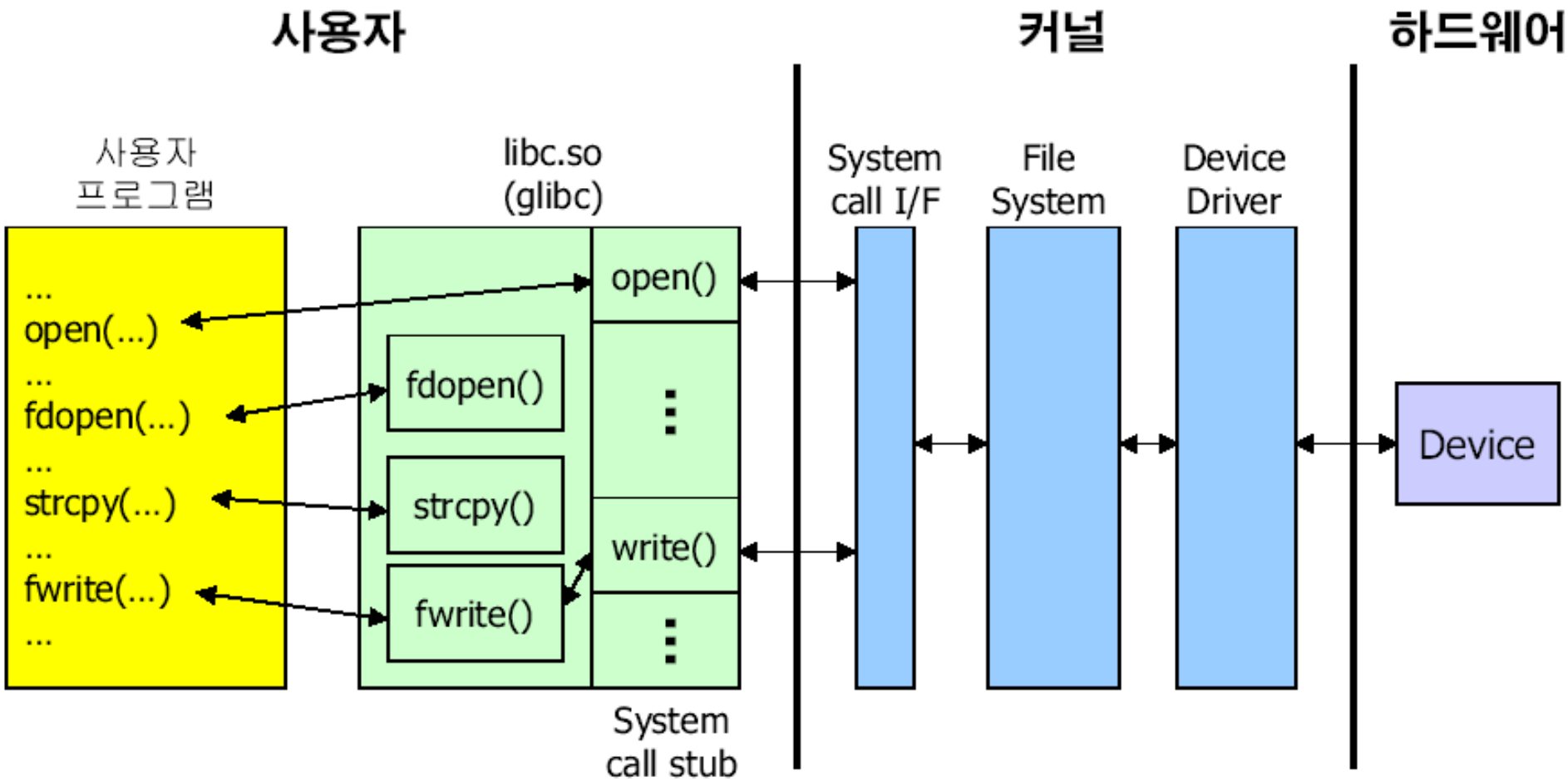
임베디드 리눅스 구성

커널이미지

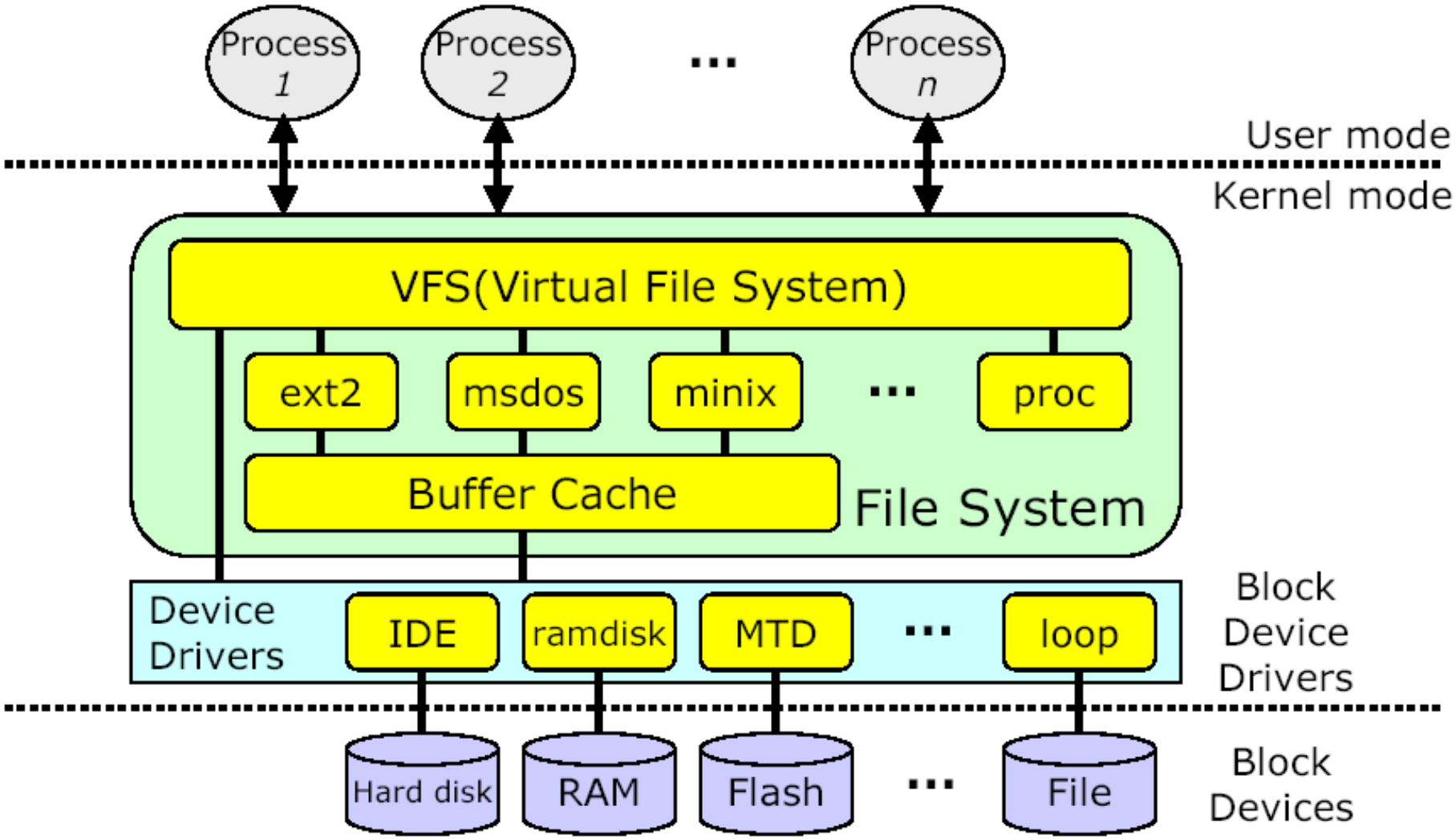
bzImage



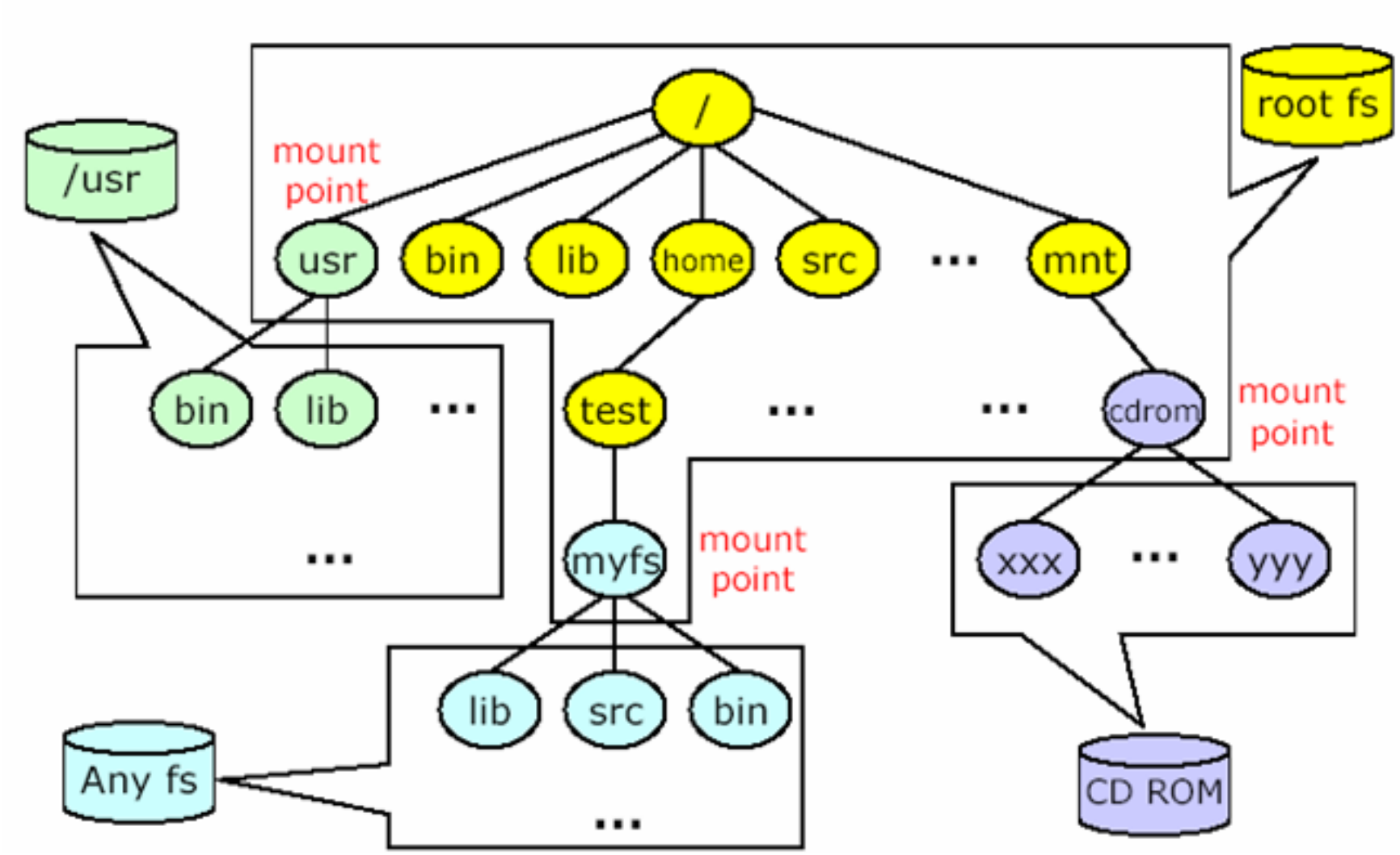
시스템 호출, 라이브러리 예



파일 시스템


Process 1
Process 2
...
Process n
User mode
Kernel mode
VFS(Virtual File System)
ext2
msdos
minix
...
proc
Buffer Cache
File System
Device Drivers
IDE
ramdisk
MTD
...
loop
Block Device Drivers
Hard disk
RAM
Flash
...
File
Block Devices

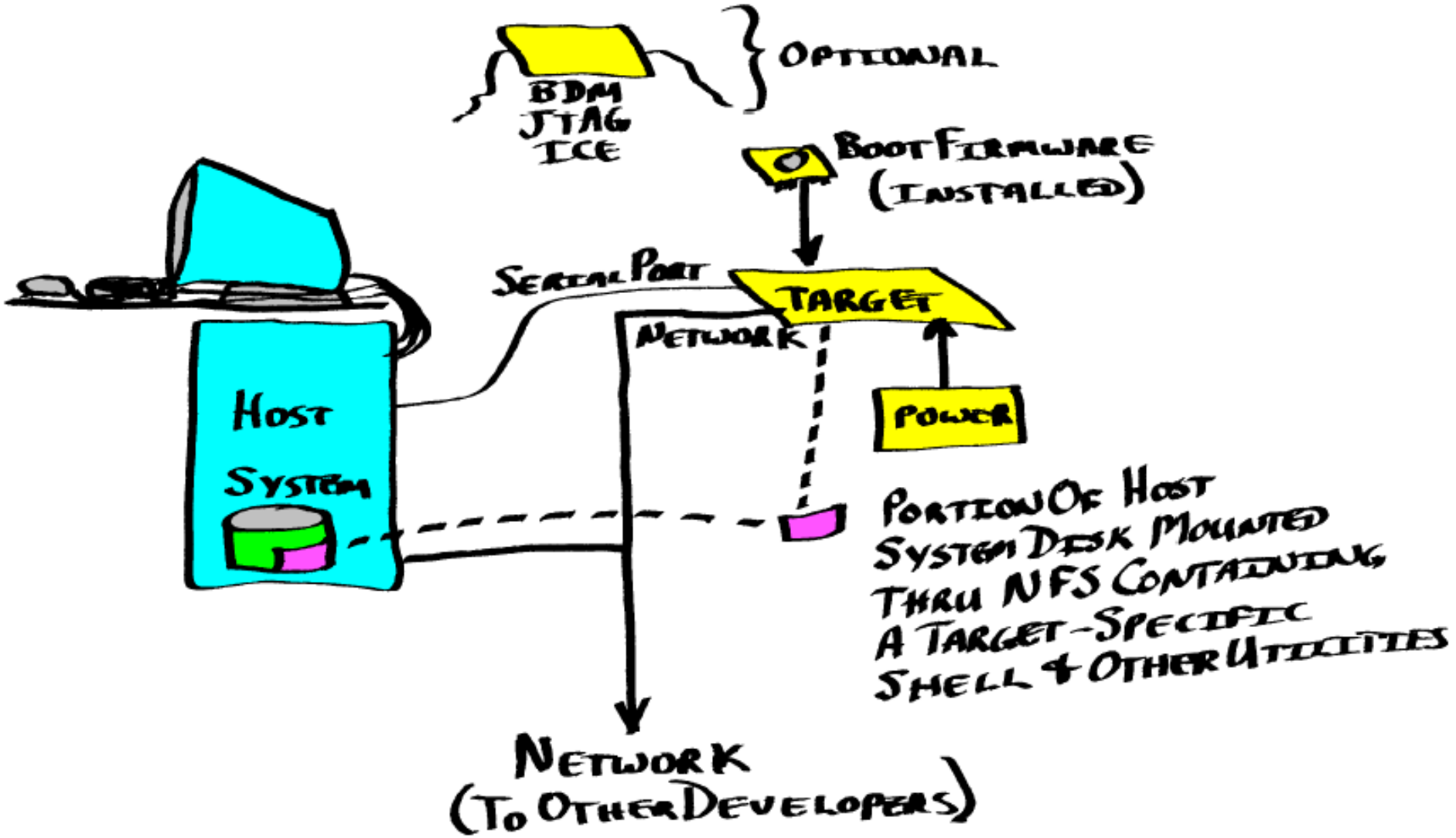
파일 시스템 (Mount)


/
root fs
/usr
mount
point
usr
bin
lib
home
src
...
mnt
bin
lib
...
test
...
...
cdrom
mount
point
...
myfs
mount
point
xxx
...
yyy
lib
src
bin
Any fs
...
CD ROM

개발 과정

- H/W 개발
- 부트로더 개발
- 커널 포팅
- 디바이스 드라이버 개발
- 응용 프로그램 개발
- 시스템 통합 (패키징)

개발 환경-1


BDM
JTAG
ICE
OPTIONAL
BOOT FIRMWARE
(INSTALLED)
SERIAL PORT
TARGET
NETWORK
HOST
SYSTEM
POWER
PORTION OF HOST
SYSTEM DISK MOUNTED
THRU NFS CONTAINING
A TARGET-SPECIFIC
SHELL & OTHER UTILITIES
NETWORK
(TO OTHER DEVELOPERS)

개발환경-2

- 호스트 시스템
  - 일반 PC 또는 워크스테이션
  - 크로스 컴파일(Cross Compile) 환경이 설정됨
    → 타겟의 모든 S/W 개발
  - 시리얼 라인을 통하여 타겟 시스템의 콘솔 역할
  - TFTP, NFS 서비스 제공
- 타겟 시스템
  - 리눅스를 올릴 장비
  - 호스트 시스템에서 작성된 S/W들이 다운로드되어 실행됨

- 크로스 컴파일
  - S/W가 타겟 시스템(processor)에서 돌아갈 수 있도록 하는 컴파일
  - 호스트와 타겟 시스템은 일반적으로 프로세서가 다름