

---

저자 (Authors)	박준형, 최용재, 최종무 Junhyung Park, Yongjae Choi, Jongmoo Choi
출처 (Source)	<a href="#">한국정보과학회 학술발표논문집</a> , 2015.12, 1588-1590(3 pages)
발행처 (Publisher)	<a href="#">한국정보과학회</a> The Korean Institute of Information Scientists and Engineers
URL	<a href="http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE06602804">http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE06602804</a>
APA Style	박준형, 최용재, 최종무 (2015). 임베디드 보드에서 커널 최적화 실험 연구. 한국정보과학회 학술발표논문집, 1588-1590
이용정보 (Accessed)	단국대학교 죽전캠퍼스 220.149.***.10 2021/02/22 00:06 (KST)

---

### 저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

### Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

# 임베디드 보드에서 커널 최적화 실험 연구

박준형<sup>0</sup> 최용재<sup>1</sup> 최종무<sup>2</sup>  
단국대학교

dkdkernel@gmail.com, bestjaee@gmail.com, choijm@dankook.ac.kr

## Experimental Study for Linux Kernel Optimization on Embedded Boards

Junhyung Park<sup>0</sup> Yongjae Choi<sup>1</sup> Jongmoo Choi<sup>2</sup>  
Dankook university

### 요 약

임베디드 보드는 특수목적 수행을 위한 하드웨어와 소프트웨어 시스템으로 구성된다. 그러나 널리 사용되는 일부 오픈보드의 경우 일반 목적으로 제작되어 많은 소프트웨어 기능들이 내장되어 많은 메모리 자원이 사용되고 있다. 본 논문은 이러한 오픈보드가 기본적으로 지원하는 배포판과 그곳에 포함된 커널을 최적화 하여 메모리 자원을 절약하는 실험과 연구이다..

### 1. 서 론

임베디드 보드는 특수 목적을 수행하기 위한 하드웨어와 소프트웨어로 구성되어 있다. 임베디드 시스템은 대개 낮은 가격으로 선택된 기능만 할 수 있도록 설계되어 하드웨어적 리소스 제한을 가진다.

그러나 최근 널리 사용 되고 있는 오픈소스 임베디드 보드의 경우 교육, 개발 등의 일반목적으로 제작되어 있다. 특히 라즈베리파이(Raspberry Pi)나 오드로이드(ODROID) 보드는 범용적인 기능을 제공하기 위해서 기본적으로 많은 소프트웨어를 제공하고 있다.

이러한 임베디드 보드의 범용적 소프트웨어 탑재는 불필요하고 과도한 메모리 자원을 사용하게 되고 자원이 부족한 임베디드 시스템 환경과 모순이 된다.

본 논문은 오픈소스 임베디드 보드인 라즈베리파이와 오드로이드 환경에서 다양한 운영체제별 메모리 사용량과 커널 최적화를 통한 커널이미지 크기 및 메모리 사용량을 비교하는 실험 연구이다.

### 2. 배 경

#### 2.1 임베디드 보드

임베디드 보드는 범용 작업을 수행하는 개인용 컴퓨터와 달리 특정 기능만 수행하도록 제작된 보드이다. 적은 비용으로 필요한 기능만 제공하기 위해 범용 컴퓨터 시스템의 하드웨어 보다 비교적 단순하게 설계되어 있고, 낮은 제작단가로 제작된다. 이러한 하드웨어적 한계 때문에 임베디드 보드에서는 일반 개인 컴퓨터용 운영체제를 사용하지 않고 ‘윈도우 CE’ 나 ‘리눅스’ 등 임베디드 환경에 맞춰진 운영체제를 사용한다.[1]

#### 2.2 커널 최적화

커널 최적화는 커널 환경설정을 통해 커널 빌드 간 사용하지 않는 기능들을 배제하고 사용자의 사용 목적에 맞게 설정하는 과정이다.

임베디드 시스템에서는 개인용 컴퓨터와 달리 리소스가 한정적이기 때문에 사용할 수 있는 제한된 리소스를 최대한 활용해야 한다. 사용하지 않는 불필요한 부분을 줄여 낭비되는 리소스를 줄이는 최적화 작업을 통해 하드웨어의 한계를 극복해야 한다. 한정된 리소스를 효율적으로 사용하지 않아 리소스가 부족하다면 성능이 떨어지거나 작업이 불가능해 지기 때문에 임베디드 시스템 환경에서 커널 최적화는 필수적이다.

#### 2.3 오픈소스 임베디드 보드

오픈소스 임베디드 보드란 소스코드나 설계도를 공개하여 누구나 특별한 제한 없이 사용, 복제, 배포 수정할 수 있는 오픈소스 소프트웨어를 기반으로 한 임베디드 보드이다. 일부 오픈보드는 일반 목적으로 제작되며 대표적으로, 영국의 라즈베리 파이 재단이 교육용으로 제작한 ‘라즈베리파이(Raspberry Pi)’가 있다.

오픈소스 임베디드 보드의 특성상 진입비용이 낮고, 빠르고 유연한 개발이 가능해 보통 교육, 개발 등의 일반 용도로 사용된다. 보통 오픈소스 임베디드 보드는 다양한 사용자들을 위해 다양한 기능을 포함하고 있는 범용 운영체제가 함께 제공되는데 이는 많은 소프트웨어가 포함되어 메모리 자원 낭비로 이어진다. 하드웨어적 한계가 있는 보드상의 범용 운영체제는 보드 사용 목적과 환경에 맞는 최적화를 필요로 한다.

본 논문에서는 ‘라즈베리파이 (Raspberry pi)2’, ‘오드로이드(ODROID XU-3)’ 오픈소스 임베디드 보드를 사용해, 운영체제 선택과 기본 제공되는 리눅스 커널 최적화를 통해, 불필요한 리소스 낭비를 줄여 메모리 자원을 절약하는 실험 연구를 진행하였다.

### 3. 실 험

#### 3.1. 라즈베리파이 2

##### 3.1.1. 실험환경

실험에 사용된 타겟 보드는 라즈베리파이2(Raspberry Pi2) 보드이다. ARM Cortex-A7 쿼드코어 프로세서, 1GB의 메모리, 100Mbps 이더넷, USB포트, 외장 마이크로 SD 메모리 카드를 지원하고 5V 800mA의 저전력 환경에서 구동 가능한 임베디드 보드이다. 상세한 보드의 스펙은 표 1과 같다.[3]

표 1. 라즈베리파이2 상세 스펙

구분	스펙	비고
SoC	BCM2836	
프로세서	900 Mhz ARM Cortex-A7	
메모리	1 GB	
파워	5V 800 mA	
운영체제	Arch Linux ARM, 데비안 6.0, Raspbian, Ubuntu, Windows 10 IoT Core, OpenWrt	

해당 보드에 탑재할 수 있는 운영체제는 OpenWrt, 라즈비안, 우분투, 데비안, 아치 리눅스, Pidora, FreeBSD 10 ARM 등 많은 운영체제가 해당 보드를 지원하고 있고 보드 지원을 위한 추가적인 연구가 지속적으로 진행되고 있다.

타겟 보드인 라즈베리 파이2가 지원하는 이러한 운영체제 중 OpenWrt, Raspbian, Ubuntu의 메모리 자원 사용량을 비교하고 Ubuntu의 커널 최적화를 통해 커널 이미지 용량을 줄이는 실험을 수행하였다.

메모리 사용량은 부팅 직후 메모리에 적재된 용량 중 캐시와 버퍼 크기를 제외한 메모리 용량을 측정했으며, 최댓값과 최솟값을 제외한 데이터 중 평균값을 메가바이트 소수점 0.1 단위로 반올림한 값을 메모리 사용량으로 측정하였다.

실험에 사용된 OpenWrt는 15.05-rc1-brcm2708-bcm2709 버전, Raspbian은 2015년 05월 07일에 공식 릴리즈된 버전, Ubuntu는 2015년 03월 02일에 릴리즈된 trusty버전을 대상으로 실험을 실시했다.

특히 우분투는 커널 3.18 버전을 사용했으며 일반적으로 사용되지 않는 ext4, FAT 이외의 일부 파일 시스템, 사용하지 않는 일부 디바이스 드라이버, 리눅스 보안 모듈, 일부 디버깅 기능을 제거하여 커널 이미지 용량을 절감하였다.

커널 소스는 해당보드의 공식 코드 저장소를 참조하였고, 커널 이미지는 데스크탑에서 크로스컴파일 하여 생성되었으며, 보드 환경에서 사용된 설정파일을 기반으로 컴파일 한 이미지와, 커널 최적화 설정 후 컴파일 한 이미지의 압축되지 않은 용량을 비교하였다.

### 3.1.2 실험결과

운영체제별 메모리 사용량을 실험한 결과 표 2와 같이 네트워크 장비에 주로 사용되는 OpenWrt가 가장 적은 메모리를 사용하고, Raspbian, Ubuntu순으로 메모리를 사용하고 있다.

표 2. 운영체제별 메모리 사용

	OpenWrt	Raspbian	Ubuntu
메모리(MB)	19.3	26.0	30.3

OpenWrt는 기본적으로 많은 시스템 라이브러리와 사용자 프로그램을 지원하지 않고 BusyBox와 경량화 된 셸을 사용하는 등 작은 자원 환경에서 사용하기 적합하도록 최적화가 많이 이루어져 있었다.

반면 데스크탑 환경에서 많이 사용되고 있는 우분투는 많은 시스템 라이브러리와 사용자 프로그램을 지원하고 있어 범용성이 강한 반면 많은 메모리를 사용하고 있다.

이러한 우분투를 임베디드 환경에서 사용하기 적합하도록 커널 최적화를 통한 메모리 최적화 결과 표 3과 같이 커널 이미지 용량을 9.26MB에서 7.77MB로 약 16% 절감하였다.

표 3 최적화 전후 커널 크기 비교

커널 최적화 전	9.26MB
커널 최적화 후	7.77MB

보드의 사용 목적과 환경에 맞도록 디바이스 드라이버 또는 네트워크, 라이브러리, 가상화의 커널 설정 파일을 조정 편집하여 이 이상의 메모리 절감이 가능 하다.

## 3.2 안드로이드 XU-3

### 3.2.1. 실험환경

ODROID는 안드로이드 개발자를 위한 플랫폼을 표방한 오픈소스 임베디드 보드로 기본으로 내장, 지원해 주는 OS는 안드로이드이며, 우분투(Ubuntu)도 정식 제공한다.

실험에 사용된 타겟 보드는 하드커널 사에서 만든 오드로이드-XU3 (ODROID-XU3) 보드이다. 엑시노스 5 Octa(Exynos 5422)를 채용하여 ARM에서 지원하는 HMP(heterogeneous multi-processing)를 사용할 수 있다. 최대 동작 클럭은 A15코어의 2ghz, 메모리는 2GB LPDDR3 RAM, 4개의 USB슬롯과, 100Mbps 이더넷, 외장 마이크로 SD 메모리 카드를 지원한다. ODROID-XU3의 스펙은 표 4와 같다.[4]

표 4 ODROID-XU3 세부 스펙

항목	세부 스펙
Soc	Arm-v7
프로세서	Samsung Exynos5 Octa ARM CortexTM-A15 Quad 2Ghz and CortexTM-A7 Quad 1.3GHz CPUs
메모리	2Gbyte LPDDR3 RAM at 933MHz (14.9GB/s memory bandwidth) PoP stacked
저장장치	8GB Micro SD UHS-1
파워	5V 4A Power

ODROID-XU3 보드에서는 임베디드 환경에 맞추어진 영체제 ‘Lubuntu’를 사용하여 커널 최적화를 통해 커널 이미지 용량을 줄이는 실험을 진행하였다.

임베디드 시스템을 최적화하여 메모리 사용을 줄이기 위해선 사용자의 목적에 맞는 필요 모듈들만 선별해 커널을 구성한 뒤 컴파일 설정 파일을 수정해 컴파일을 진행한다. 커널 환경설정에서 일반적으로 사용하는 make menuconfig를 이용하여 설정하였다. make menuconfig를 실행하게 되면 커널의 /arch/arm/config.in 파일을 참조하여 메뉴 형식의 화면이 나타나게 되고 필요한 기능을 선택해 설정을 진행한다. 설정을 마친 후 /.config 파일과 /include/linux/autoconfig.h 파일이 생성된다.[1]

본 논문에서는 컴퓨터 대용으로 소형 보드를 사용하는 일반 사용자를 가정하여 불필요한 부분을 설정에서 제외시켰다. Lubuntu 커널 3.10 버전을 사용 했으며, 하드웨어와 직접 연관이 있어 부팅에 영향을 주지 않는 부분 중 NetworkingSupport에서 Radio, Infrared, NFC, WiMAX를 Device Drivers에서 Parallel port, block devices, EDAC, Virtualization driver, Industrial I/O를 File Systems에서 ext4제외 다른 파일시스템, 사용하지 않는 Debug, Cryptographic API, Filterdecoder 등을 제외하고 컴파일 진행하였다.

그 외 크로스 컴파일 환경 구성은 라즈베리 파이와 동일하게 커널 소스는 해당보드의 공식 코드 저장소를 참조하였고, 커널 이미지는 데스크탑에서 크로스컴파일 하여 생성되었으며, 보드 환경에서 사용된 설정파일을 기반으로 컴파일 한 이미지와, 커널 최적화 설정 후 컴파일 한 이미지의 압축되지 않은 용량을 비교하였다. 메모리 사용량은 부팅 직후 메모리에 적재 된 용량 중 캐시와 버퍼 크기를 제외한 메모리 용량을 측정했으며, 최댓값과 최솟값을 제외한 데이터 중 평균값을 메가바이트 소수점 0.1 단위로 반올림한 값을 메모리 사용량으로 측정하였다.

### 3.2.2 실험결과

기존의 커널은 사용자가 실제로 사용하지 않는 모든 기능들을 지원해야하기 때문에 커널의 크기가 커질 수밖에 없다. 기존 최적화 되지 않은 커널 이미지와 임베디드 시스템의 목적에 맞추어 커널을 최적화 시켜 만들어진 커널 크기, 부팅이 완료된 후 메모리 상태를 비교하였다.

표 5는 기존 커널과 최적화 커널의 크기를 비교한 표이다. 기존 커널대비 최적화된 커널 이미지가 16%가량 감소하였고, 메모리 사용량이 12%가량 감소하였다.

표 5. 기존 커널과 수정 커널의 크기 비교

	Image Size	MemoryUsage
Lubuntu-kernel	9.69MB	226.0MB
Optimizing-kernel	8.14MB	201.0MB
비교	-1.55MB	-25.0MB

라즈베리파이와 마찬가지로 보드의 사용 목적과 환경에 맞도록 디바이스 드라이버 또는 네트워크, 라이브러리, 가상화의 커널 설정 파일을 수정하여 추가적인 메모리사

용 감소를 통한 리소스 확보를 할 수 있다.

### 3. 결 론

임베디드 시스템은 특정한 목적을 위해 설계되고 그 목적 달성을 위한 특정 응용 프로그램을 실행시킨다. 임베디드 시스템은 대개 낮은 가격으로 선택된 기능만 수행할 수 있도록 설계된다. 이는 하드웨어의 충분한 리소스를 보장하지 못해 리소스 제한을 야기하게 된다. 한편, 널리 사용되고 있는 오픈소스 임베디드 보드는 많은 사용자들의 다양한 목적을 수행할 수 있도록 많은 소프트웨어가 포함되어 있다. 이는 임베디드 시스템 환경과 모순되어 소프트웨어 최적화가 필요하다.[2]

본 논문에서는 커널 컴파일을 이용하여 임베디드 시스템 소프트웨어 최적화 작업 및 메모리 사용량 변화 확인 실험을 진행하였다. 임베디드 시스템에서 널리 쓰이는 리눅스기반 운영체제인 라즈베리파이 보드와, 오드roid 보드를 사용하였다. 각 보드를 최적화하기 위하여 운영체제별 메모리사용 확인을 통한 운영체제 선택과 불필요한 모듈 제거를 통해 커널이미지의 크기를 줄였다. 커널 이미지 크기 경량화는 메모리 사용을 줄이며, 이는 곧 제한된 리소스의 효율적인 활용을 나타낸다.

본 논문에서 제외한 커널 모듈 외 사용 목적에 따른 추가적인 커널 설정 파일 수정을 통해 추가적인 메모리 사용 감소와 이에 따른 성능 향상이 기대된다.

### 참고문헌

- [1] 이태우, 커널 최적화를 이용한 임베디드 시스템의 성능 개선, 한국엔터테인먼트산업학회 춘계 학술대회 논문집, 2011
- [2] 이재진, 임베디드 소프트웨어의 Post-Pass 최적화 기법, 전자공학회지, 2004, pp1398-1404
- [3] <http://www.raspberrypi.org/>
- [4] <http://www.hardkernel.com/>

이 논문은 2015년 정부(미래창조과학부)의 재원으로 (재)스마트 IT융합 시스템 연구단(글로벌프런티어사업)의 지원을 받아 수행된 연구임((재)스마트 IT 융합시스템 연구단-2011-0031863)