리눅스 부트 과정 최적화를 위한 SSD 성능평가[1)]

강동현*, 조현진*, 신동군*, 엄영익*
*성균관대학교 정보통신공학부
e-mail:{kkangsu, hjcho, yieom}@ece.skku.ac.kr,
dongkun@skku.edu

Performance Analysis of SSD for Optimized Boot-up in the Linux

Dong Hyun Kang*, Hyunjin Cho*, Dongkun Shin*, Young Ik Eom*
*School of Information and Communication Engineering,
Sungkyunkwan University

요 약

SSD는 HDD에 비해 빠른 접근 속도뿐 아니라, 무소음, 뛰어난 내구성 등의 특징을 지니고 있어 차세대 저장 장치로서의 가능성을 충분히 갖추고 있다. 그러나 현재까지의 리눅스 부트 과정은 HDD의 특성에 최적화 되어 있다. 특히, SSD와 HDD간의 하드웨어적인 차이가 존재하기 때문에 HDD을 위한 부트 과정은 SSD에 적합하지 않다. 이에 본 논문에서는 SSD에 최적화 된 부트 과정을 제시하기에 앞서 SSD와 HDD의 부트 과정에서의 성능을 비교 및 평가한다.

1. 서론

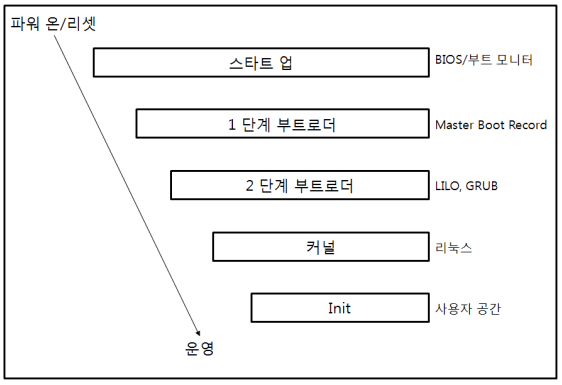
낸드 플래시 메모리 기반 SSD(Solid State Disk)는 내부에 다수의 플래시 메모리들을 병렬적으로 구성함으로써 HDD에서 발생하는 하드웨어적인 지연이 발생하지 않으며 높은 안정성과 빠른 데이터 전송 속도를 가지고 있다. 이러한 특징 때문에 최근 낸드 플래시 메모리 기반의 SSD가 기존 HDD(Hard Disk Drive)를 대체할 수 있는 차세대 저장 장치로 주목 받고 있다[1]. 그러나 현재까지의 리눅스 부트 과정은 기계적인 동작 때문에 발생하는 지연을 감소시키기 위해 리눅스 커널과 램 디스크를 압축하는 등 HDD에 최적화 되어있다[2]. 본 논문에서는 HDD와 SSD의 하드웨어적인 특징이 상이하기 때문에 발생하는 부트 과정의 차이를 알아보기 위하여 HDD와 SSD의 부트 과정을 2단계로 나누어 실험 및 분석하였다. 첫 번째 단계에서는 압축된 리눅스 커널과 압축되지 않은 리눅스 커널의 부트 시간을 실험하였고 두 번째 단계에서는 부팅 시 발생하는 I/O 지연이 발생하는 프로세스를 비교하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 리눅스 부트로더의 과정을 설명한다. 실험을 위한 환경과 각 단계별 실험 및 실험결과는 3장에서 언급하며, 마지막으로 4장에서는 실험 결과 및 향후 연구에 대해서 설명한다.

2. 리눅스 부트로더

SSD 상에서의 부팅에 소요되는 시간을 측정하기 위해서 리눅스의 부트로더를 분석하였다. 리눅스의 부트로더는 그림 1과 같이 2 단계로 구성된다[3].

부트로더의 1단계는 부팅 가능한 블록 디바이스를 찾은 후 첫 번째 섹터에 위치해 있는 MBR(Master Boot Record)을 램으로 로드시킨다. 로드된 MBR에 포함된 코드는 2단계 부트로드를 위한 코드가 포함되어 있다. 2단계 부트로더는 부팅 가능한 리눅스 커널의 리스트를 사용자에게 보여주고 압축된 리눅스 커널을 램으로 로드 및 압축 해제하는 과정을 포함한다. 우리는 1단계와 2단계 부트로더 과정을 LILO 또는 GRUB이라고 부른다.



(그림 1) 리눅스 부트 과정

3. SSD와 HDD의 부트 성능분석

본 절에서는 SSD와 HDD의 하드웨어적인 차이를 확인하기 위하여 부트 성능을 비교 및 분석한다.

3.1 실험 환경

본 논문에서 사용하는 SSD와 HDD의 사양은 표 1과

1) 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2009-(C1090-0902-0046))

같으며 성능 평가 및 분석을 위해 실험 환경을 표 2와 같이 구성하였다.

<표 1> SSD와 HDD의 사양

제조사	OCZ	WD
모델	SSD 2.5″ 32GB	HDD 2.5″ 80GB
인터페이스	SATA(MLC)	SATA(5400RPM)

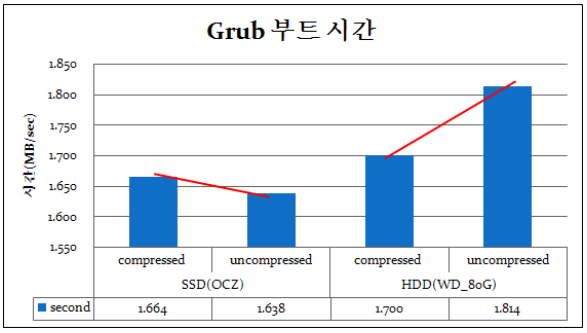
<표 2> 시스템 제원

시스템	Pentium(R) 4 CPU 3.00 GHz
메모리	2 GB
운영체제	Ubuntu Linux 9.04(Linux 2.6.27)
부트로더	GRUB 0.97
파일시스템	Ext3

리눅스에는 다양한 파일 시스템이 존재하지만 본 실험에서는 Ext3를 사용하였다. 본 실험은 SSD와 HDD의 전반적인 부팅과정을 측정하기 위하여 2단계로 진행되었다. 첫 번째 실험은 압축된 리눅스 커널과 압축되지 않은 리눅스 커널의 부트 시간을 SSD와 HDD에서 측정하여 비교하는 것이며 두 번째 실험은 리눅스 커널이 로드된 이후부터 GUI화면이 표시 될 때까지의 프로세스와 I/O 지연 시간을 확인함으로써 SSD와 HDD의 차이를 분석하였다.

3.2 부트 과정의 차이점

1단계 부트 과정의 실험을 위해 GRUB 0.97 버전의 소스 코드를 수정하였다. 수정된 코드는 압축된 커널과 압축되지 않은 elf 형식의 커널을 로드하기 위한 부분이며 호출된 커널의 Init 함수로 정상적인 커널 로드를 확인하였다. 또한, 부트 시간 측정을 위해 본 실험에서는 RDTSC (Read-time Stamp Counter) 레지스터를 이용하였으며 Init 함수가 호출될 때 부트 시간을 확인하였다.



(그림 2) 1단계 Grub 부트 실험 결과

그림 2에서 HDD의 Grub 부트 시간을 확인해 보면 압축된 리눅스 커널이 압축되지 않는 커널에 비해 0.114초 빠르게 부팅되는 것을 확인할 수 있다. 반면 SSD의 Grub 부트 시간은 압축되지 않은 리눅스 커널이 압축된 커널보다 0.026초 빠르게 부팅되었다. 이것은 이미지 로드 시간과 압축 해제 시간을 포함한 압축된 리눅스 커널 보다 이미지 로드 시간만 포함한 압축되지 않은 커널의 로드가 읽기 속도가 빠른 SSD에게 유리하다는 것을 의미한다.

2단계 부트 과정의 실험을 위해 리눅스의 [PID]/stat의 각 프로세스 파일을 부팅 시 0.2초 간격으로 모니터링 하였다. 표 3은 SSD와 HDD의 모니터링 된 프로세스 중 I/O에 의해 지연이 가장 많이 발생하는 프로세스의 순위를 보여준다.

<표 3> I/O를 위해 지연되는 프로세스

순위	OCZ(SSD)	WD(HDD)
1	khubd	readahead-list
2	modprobe	modprobe
3	scsi_eh_4	khubd
4	readahead-list	vol_id
5	hid2hci	rc

HDD의 경우 I/O를 위해 지연되는 프로세스의 첫 번째는 readahead-list 프로세스이다. 반면 SSD에서의 첫 번째는 khudb 프로세스이며 readahead-list 세 번째로 I/O를 위해 지연되는 프로세스로 확인되었다. readahead-list 프로세스는 I/O을 많이 발생 시키며 읽기 속도가 빠른 SSD의 경우 I/O 때문에 발생하는 지연이 HDD와 다르다는 것을 알 수 있다.

4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 SSD의 부트 과정 최적화를 위하여 HDD와 SSD의 부트 시간을 측정하였으며 부팅 시 발생하는 I/O의 지연이 많이 발생하는 프로세스에 대해서 성능을 분석하였다. 1 단계 부트 과정에서는 압축된 리눅스 커널과 압축되지 않은 커널을 비교함으로써 읽기 시간이 HDD에 비해 상대적으로 빠른 SSD에서의 부트 과정을 분석하였다. 또한, 2 단계 부트 과정 분석을 통해 각 프로세스의 I/O 지연시간을 확인함으로써, 블록 디바이스 별로 지연이 많이 발생하는 프로세스가 다른 것을 알 수 있었다. 향후 연구로는 두 가지의 실험결과를 기반으로 SSD에 최적화된 리눅스 부트 과정을 제안한다.

참고문헌

[1] Todd Dinkelman, "SSDs A Shift in Data Storage," Flash Memory Summit, 2008.

[2] K. H. Chung, M. S. Choi, and K. S. Ahn, "A Study on the Packaging for Fast Boot-up Time in the Embedded Linux," RTCSA, pp.89-94, 2007.

[3] Inside the Linux boot process, http://www.ibm.com/developerworks/library/l-linuxboot/index.html