

지연된 장치 탐색을 이용한 부팅시간 향상 기법

박우람^o 나윤주 박찬익
포항공과대학교

{wizrampa^o, thesky, cipark}@postech.ac.kr

Improving Bootup Time using Delayed Devices Probing

Wooram Park^o Yunju Na Chanik Park
POSTECH

요 약

모바일폰, MP3 플레이어, PDA와 같은 개인 휴대용 임베디드 기기가 다양해지면서, 각 기기의 부팅 시간은 제품 경쟁력을 위해 개발자가 고려해야할 중요한 이슈가 되었다. 이를 위해 Disable Console[1], Kernel XIP[2], IDENoProbe[3] 등의 기술이 제안되었지만, 부팅 시간의 80%를 차지하는 디바이스 초기화와 드라이버 등록에 대한 고려가 부족하다는 점에서 한계를 가진다.

본 연구에서는 부팅 시에 불필요한 IDE나 다른 인터페이스 채널의 초기화 과정 및 디바이스 드라이버의 등록 과정을 생략하고, 그 과정을 부팅이 완료된 후로 지연시킴으로써 부팅 시간을 단축시키는 방법을 제안한다. 본 연구를 이용할 경우 부팅 시에 불필요한 IDE 인터페이스 채널의 초기화를 생략함으로써 기존 시스템의 부팅 시간에 비해 약 7초 정도 (일반 리눅스 부팅 시간의 약 14.15% 개선)의 성능 향상을 기대할 수 있으며, 나아가 부팅 과정의 80% 정도를 차지하는 디바이스 드라이버의 등록 과정의 일부를 생략하여 부팅 성능을 개선할 수 있는 실험적 근거를 제시하였다.

1. 서론

모바일폰, MP3 플레이어, PDA와 같은 개인용 휴대 임베디드 기기가 다양해지면서, 각 기기의 부팅 시간은 제품 경쟁력을 위해 개발자가 고려해야할 중요한 이슈가 되었다. 사용자는 임베디드 기기를 사용하는데 걸리는 대기시간을 줄이기 위해 보다 빠른 부팅 속도를 요구하고 있다.

리눅스에서는 부팅 시간을 줄이기 위해서 로그를 보여주는 printk() 함수를 부팅 중에 생략하거나[1], 커널 이미지를 롬에서 직접 부팅 시키는 Kernel XIP[2]와 같은 방법이 제안되었다.

운영체제가 부팅 될 때, 시스템은 인터페이스 채널을 초기화 하고, 인터페이스 채널에 연결된 디바이스가 있다면 디바이스 드라이버를 등록한다. 이러한 과정은 전체 부팅 시간의 약 80% 정도를 차지하고 있다. 이 중에서 IDE 인터페이스 채널의 초기화에서 발생하는 부팅 시간은 약 9.3초 정도로 전체 부팅 시간의 약 19.6% 정도를

차지하며 이를 줄이기 위해 IDENoProbe[3] 방식이 제안되었다.

IDENoProbe는 디바이스가 연결되지 않은 IDE 인터페이스 채널을 부팅 시에 초기화 하는 과정을 생략함으로써 부팅 시간을 단축시키는 방식이다. 하지만 이 방식은 부팅이 완료된 후에 IDE 인터페이스 채널을 사용할 수 없기 때문에, 해당 IDE 인터페이스 채널이 부팅 이후에 사용되지 않는다는 전제가 있어야 한다.

부팅이 완료된 후에 초기화 되지 않은 인터페이스 채널을 초기화하고 해당 채널에 연결된 디바이스의 드라이버를 등록하여 사용할 수 있다면, 부팅 시에 불필요한 인터페이스 채널 초기화와 디바이스 드라이버의 등록을 부팅 이후로 지연시킴으로써 부팅 속도를 향상시킬 수 있다. 이를 위하여 본 연구에서는 지연된 장치 탐색 (Delayed Devices Probing) 기법을 개발하여 시스템의 부팅 속도를 향상시켰다.

2. 본론

리눅스는 부팅이 시작되면 시스템을 구동시키기 위해 시스템 아키텍처에 따른 초기화를 행한 후, 커널이 사용하는 구조체를 생성한다. 그 후 커널 이미지가 설치된 드라이브를 초기화 한 후, 파일 시스템을 마운트 한다. 커널 이미지가 불러오면 rc script에 따라서 필요한 디바이스를 등록하거나 데몬을 띄우게 된다.

이러한 부팅 과정에서 리눅스에서 사용할 디바이스를 초기화 하고, 디바이스 드라이버를 등록하는 과정이 부팅 시간의 약 80% 정도가 소요한다.

이 과정에서 리눅스는 실제로 사용되지 않는 디바이스에 대해서도 probing 과정과 초기화 과정을 거치고 있으며, 부팅 과정에서 생략되어도 되는 디바이스의 초기화 과정 또한 진행되면서 부팅 시간의 낭비가 발생하게 된다.

2.1. 디자인

IDE 장치는 IDE 인터페이스 채널의 초기화와 디바이스 드라이버의 등록 과정이 완료되어야 사용할 수가 있는데 기존의 IDENoProbe는 이 두 과정을 모두 생략하여 시스템의 부팅이 완료된 후에도 IDE장치를 사용할 수가 없다. 본 연구에서는 이 방법을 개선하여 부팅 시에 불필요한 IDE 인터페이스 채널과 IDE 디바이스를 probing 하지 않음으로써 부팅 시간을 단축하고, 시스템의 부팅

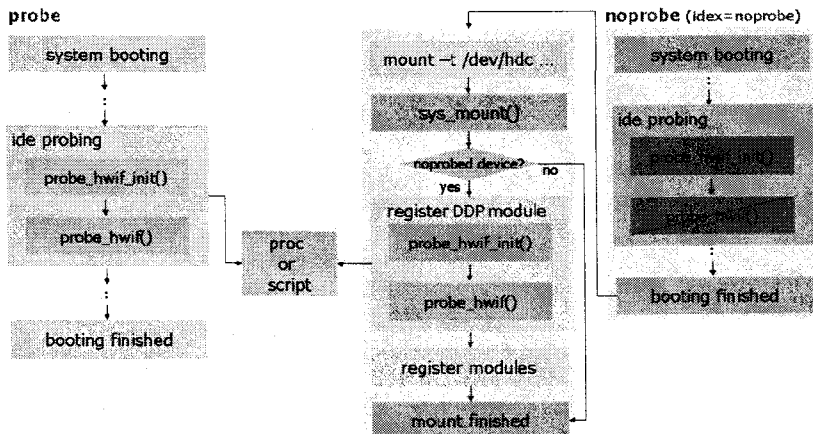
이 완료된 후에도 장치를 사용할 수 있게 하였다. 또한 다른 디바이스와 디바이스 인터페이스에까지 확장하여 사용할 수 있게 하였다.

Noprobing된 IDE 인터페이스 채널을 부팅이 완료된 후에 사용을 하기 위해서는 IDE의 하드웨어 정보를 저장하고 있는 구조체의 초기화가 필요하다. IDE 인터페이스 채널의 초기화가 완료된 후에는, 해당 디바이스에 맞는 드라이버 모듈을 등록해주어야 한다. 이를 위해서는 그 전에 사용되었던 디바이스 드라이버에 대한 정보가 필요하다.

커널을 처음 설치하고 부팅을 할 때 또는 새로운 디바이스가 추가되면, IDENoProbe 옵션을 설정하지 않고 부팅하여 디바이스 드라이버 정보를 proc나 script에 저장해둔다. 그 다음 부팅은 IDENoProbe 옵션으로 부팅하여 루트 드라이브가 연결된 IDE 인터페이스 채널을 제외한 나머지 채널의 초기화를 생략하여 부팅 시간을 단축시킬 수 있다. 부팅이 완료된 후 IDE 인터페이스 채널을 초기화하고 연결된 IDE 디바이스를 사용하고자 할 때는 처음에 저장해 두었던 proc나 script로부터 정보를 가져와서 필요한 디바이스 드라이버 모듈을 등록한다.

2.2. 구현

위에서 이야기한 것을 명확하게 보여주기 위해, 본 연



< 그림 1 > Delayed Device Probing 디자인

구에서는 일반적으로 IDE1 인터페이스 채널에 연결되어 사용되는 시디롬 디바이스를 이용하여 DDP (Delayed Devices Probing) 의 초기 버전을 구현하였다.

시디롬을 사용하기 위해서는 시디롬이 연결된 IDE1의 하드웨어 정보 저장 구조체 (hwif_t structure)를 초기화 해주어야 한다. 하지만 이 구조체는 커널 내에 존재를 하기 때문에 유저모드에서 직접 접근하여 변경하는 것은 불가능하다. 그러므로 부팅이 완료된 후, 이 구조체를 초기화 해주는 모듈을 등록하여 사용한다.

사용자가 디바이스를 사용하고자 한다면, 해당 디바이스를 마운트 하거나, 디바이스에 명령을 내려서 시스템 콜이 호출될 수 있다. 시디롬의 경우, 사용자는 시디롬을 사용하기 위해서 마운트 명령을 실행할 것이다. 만약 시디롬이 연결된 IDE 인터페이스 채널이 noprobe 되어 있다면, 마운트가 수행되기 전에 해당 IDE 인터페이스 채널을 probing하고 필요한 디바이스 드라이버를 등록해주어야 한다.

마운트 명령은 시스템콜로 동작한다 (sys_mount 시스템콜이 호출). sys_mount 시스템콜이 호출되면, 매개 변수(/dev/hdx)를 확인하여 마운트 하고자 하는 디바이스가 noprobe 된 IDE 인터페이스 채널에 연결된 디바이스인가를 검사한다. 만약 noprobe 된 IDE 인터페이스 채널에 연결된 디바이스라면 해당 IDE 인터페이스 채널을 초기화 하고 probing 하여주는 DDP 모듈을 등록하고, 미리 필요한 정보가 저장된 proc나 script를 호출하여 필요한 드라이버 module을 등록한 뒤 마운트 작업을 수행하여준다. < 그림 1 >에서 IDENoProbe에 적용된 DDP의 디자인과 수행과정을 보여주고 있다.

< 그림 2 >와 < 그림 3 >은 기존의 IDENoProbe와 DDP가 적용된 IDENoProbe로 각각 부팅 한 뒤, noprobng 된 시디롬을 mount 할 때의 결과를 보여주

```

root@ss159:/dev
root@ss159:/dev# ls hd*
root@ss159:/dev# mount -t iso9660 /dev/hdc /media/cdrom
mount: special device /dev/hdc does not exist
root@ss159:/dev#
root@ss159:/dev# ls hd*
root@ss159:/dev#

```

< 그림 2 > 실행 결과 (IDENoProbe)

고 있다.

2.3. 실험

2.3.1 실험 환경

본 연구에서는 DDP의 성능평가를 위해 펜티엄4 CPU 1.60GHz와 512MB RAM으로 구성된 시스템에 리눅스 커널 2.6.12가 적용된 Ubuntu 배포판을 설치하여 실험 환경을 구성하여 사용하였다.

이 실험 환경에는 리눅스 커널이 설치된 ATA 하드디스크 드라이브가 연결되어있는 IDE0 인터페이스 채널과 ATAPI 방식의 시디롬 드라이브가 연결되어있는 IDE1 인터페이스 채널을 소유하고 있으며, IDE2~IDE5 채널에는 어떠한 IDE 디바이스도 연결되어 있지 않다.

2.3.2 실험 방법

본 연구에서는 리눅스 커널 2.6.12에 몇 가지 경우를 적용하여 실험을 하였다. 어떠한 옵션도 적용하지 않은 일반적인 리눅스 시스템의 부팅(경우1), 기존의 IDENoProbe 옵션을 적용한 후의 부팅(경우2), 그리고 본 연구에서 구현한 'Delayed Devices Probing' 을 적용한 후의 부팅(경우3)에 대하여 각각 부팅 시간과 IDE 초기화 및 탐색 (probing) 시간을 측정하여 비교하였다. 경우 1은 일반적으로 리눅스 시스템의 부팅이므로 모든 실험 결과의 기준으로 사용하였다.

그리고 커널을 컴파일 할 때, menuconfig에서 사용하고자 하는 디바이스의 개수를 줄여서 결과를 비교하였다. 이것은 경우3에서 usb, video, sound, ipv6 드라이버를 제거(경우4)하고 시스템의 부팅 시간을 측정하였다. 이 실험을 통해 부팅 과정에서 불필요한 디바이스를 초기화하지 않고 디바이스 드라이버의 등록을 생략함으로써 부팅 시간이 얼마나 줄어들 수 있는가를 보여주고자 한다.

```

root@ss159:/dev
root@ss159:/dev# ls hd*
root@ss159:/dev# mount -t iso9660 /dev/hdc /media/cdrom
mount: block device /dev/hdc is write-protected, mounting read-only
root@ss159:/dev#
root@ss159:/dev# ls hd*
root@ss159:/dev#

```

< 그림 3 > 실행 결과 (IDENoProbe & DDP)

```

root@ssi159:~
[4294671.833000] NET: Registered protocol family 1
[4294671.853000] Uniform Multi-Platform E-IDE driver
[4294671.853000] ide: Assuming 33MHz system bus spe
[4294672.189000] ICH2: IDE controller at PCI slot 0
[4294672.189000] ICH2: chipset revision 5
[4294672.189000] ICH2: not 100% native mode: will p
[4294672.189000] ide0: BM-DMA at 0xb800-0xb807,
[4294672.189000] ide1: BM-DMA at 0xb808-0xb80f,
[4294672.189000] Probing IDE interface ide0...
[4294672.453000] hda: ST360021A, ATA DISK drive
[4294673.065000] ide0 at 0x1f0-0x1f7,0x3f6 on irq 1
[4294673.065000] Probing IDE interface ide1...
[4294673.737000] hdc: LG CD-RW CED-8120B, ATAPI CD/D
[4294674.349000] ide1 at 0x170-0x177,0x376 on irq 1
[4294674.350000] Probing IDE interface ide2...
[4294674.863000] Probing IDE interface ide3...
[4294675.375000] Probing IDE interface ide4...
[4294675.887000] Probing IDE interface ide5...
[4294676.413000] hda: max request size: 128KiB
[4294676.414000] hda: 117231408 sectors (60022 MB)
[4294676.414000] hda: cache flushes not supported
[4294676.414000] /dev/ide/host0/bus0/target0/lun0:
[4294676.574000] kjournald starting. Commit interv

```

< 그림 4 > 경우1

```

root@ssi159:~
[4294668.304000] input: AT Translated Set 2 keyboar
[4294668.337000] ide_setup: ide1=noprobe
[4294668.337000] ide_setup: ide2=noprobe
[4294668.337000] ide_setup: ide3=noprobe
[4294668.337000] ide_setup: ide4=noprobe
[4294668.337000] ide_setup: ide5=noprobe
[4294668.337000] Uniform Multi-Platform E-IDE driver
[4294668.337000] ide: Assuming 33MHz system bus spe
[4294668.385000] NET: Registered protocol family 1
[4294668.732000] ICH2: IDE controller at PCI slot 0
[4294668.732000] ICH2: chipset revision 5
[4294668.732000] ICH2: not 100% native mode: will p
[4294668.732000] ide0: BM-DMA at 0xb800-0xb807,
[4294668.732000] ide1: BM-DMA at 0xb808-0xb80f,
[4294668.732000] Probing IDE interface ide0...
[4294668.996000] hda: ST360021A, ATA DISK drive
[4294669.608000] ide0 at 0x1f0-0x1f7,0x3f6 on irq 1
[4294669.624000] hda: max request size: 128KiB
[4294669.624000] hda: 117231408 sectors (60022 MB)
[4294669.624000] hda: cache flushes not supported
[4294669.624000] /dev/ide/host0/bus0/target0/lun0:
[4294669.790000] kjournald starting. Commit interv
[4294674.231000] Adding 996020K swap on /dev/hda2.

```

< 그림 5 > 경우2

```

root@ssi159:~
[4294671.572000] input: AT Translated Set 2 keyboar
[4294671.586000] ide_setup: ide1=noprobe
[4294671.586000] ide_setup: ide2=noprobe
[4294671.586000] ide_setup: ide3=noprobe
[4294671.586000] ide_setup: ide4=noprobe
[4294671.586000] ide_setup: ide5=noprobe
[4294671.586000] Uniform Multi-Platform E-IDE drive
[4294671.586000] ide: Assuming 33MHz system bus spe
[4294671.633000] NET: Registered protocol family 1
[4294671.978000] ICH2: IDE controller at PCI slot 0
[4294671.978000] ICH2: chipset revision 5
[4294671.978000] ICH2: not 100% native mode: will p
[4294671.978000] ide0: BM-DMA at 0xb800-0xb807,
[4294671.978000] ide1: BM-DMA at 0xb808-0xb80f,
[4294671.978000] Probing IDE interface ide0...
[4294672.242000] hda: ST360021A, ATA DISK drive
[4294672.854000] ide0 at 0x1f0-0x1f7,0x3f6 on irq 1
[4294672.869000] hda: max request size: 128KiB
[4294672.870000] hda: 117231408 sectors (60022 MB)
[4294672.870000] hda: cache flushes not supported
[4294672.870000] /dev/ide/host0/bus0/target0/lun0:
[4294673.031000] kjournald starting. Commit interv
[4294673.031000] EXT3-fs: mounted filesystem with o
[4294677.497000] Adding 996020K swap on /dev/hda2.

```

< 그림 6 > 경우3

< 표 1 > 부팅 시간과 probing 시간 비교

| | Case 1 | Case 2 | Case 3 |
|------------------|----------|-----------|-----------|
| Total Boot Time | 47.29sec | 40.162sec | 40.596sec |
| IDE Probing Time | 4.698sec | 0.892sec | 0.891sec |

2.3.3 결과

< 그림 4 >와 < 그림 5 >를 비교해보면, 경우2에서 IDE1~IDE5 인터페이스 채널의 probing 과정이 생략된 것을 알 수 있다. < 표 1 >에서 보듯이, 5개의 인터페이스 채널의 probing 과정이 생략된 경우2가 경우1에 비해 부팅 시간이 줄어든 것을 알 수 있다.

이 때, 실제 전체 부팅 시간은 IDE probing 시간보다 더 크게 감소를 하였는데, 그 이유는 < 그림 7 >에서 볼 수 있듯이, probing이 생략된 IDE 인터페이스 채널에 연결된 디바이스 드라이버를 등록하고 초기화 하는 과정이 생략되었기 때문이다.

< 그림 5 >과 < 그림 6 >를 비교해보면, 두 경우의 부팅 과정은 변화가 없다는 것을 알 수 있다. 왜냐하면 두

경우 모두 noprobe option을 사용하였고, DDP는 부팅이 완료된 이후 시스템을 사용하는 중에 요청이 들어오면 해당 인터페이스 채널을 초기화 하고 디바이스 드라이버를 등록한 후 실행이 되기 때문에 부팅 순서에는 영향을 크게 미치지 않기 때문이다. < 표 1 >을 보았을 때, 두 경우의 부팅 시간과 probing 시간은 거의 동일함을 알 수 있다. 경우3이 경우2에 비해 부팅 시간이 0.434초 더 걸리는 이유는 DDP가 추가되면서 마운트 시스템콜에서 디바이스가 연결된 IDE 인터페이스 채널이

< 표 2 > 경우 3과 경우4 비교

| | Case 3 | Case 4 |
|------------------|-----------|----------|
| Total Boot Time | 40.596sec | 19.8sec |
| IDE Probing Time | 0.891sec | 0.885sec |

```

root@ss159:~#
207 [4294696.036000] Real Time Clock Driver v1.12
208 [4294696.357000] input: PC Speaker
209 [4294696.581000] hdc: ATAPI 32X CD-ROM CD-R/RW driv
210 [4294696.581000] Uniform CD-ROM driver Revision: 3.
211 [4294701.261000] FCI: Found IRQ 5 for device 0000:0
212 [4294703.334000] NET: Registered protocol family 10
213 [4294703.334000] Disabled Privacy Extensions on dev
214 [4294703.334000] IPv6 over IPv4 tunneling driver
    
```

< 그림 7 > 시디롬 드라이버의 등록(경우1)

probing 되었는지 확인하는 부분이 추가되어 발생한 오버헤드라고 볼 수 있다.

또한 < 표 2 >를 보았을 때, 경우3에 비해 경우4는 많은 시간 단축을 보여주고 있다. 따라서 IDE 인터페이스 채널뿐만 아니라 사용하지 않거나, 혹은 부팅 시에 바로 사용될 필요가 없는 인터페이스 채널과 디바이스 드라이버를 등록하는 과정을 생략하면 더 빠르게 부팅이 가능하다.

2.3.4. 향후 연구과제

구현된 DDP 기술은 부팅이 완료된 후, 사용자가 실제 디바이스를 사용하기를 요청할 때만 진행되지 못한 초기화 작업을 진행하고, 디바이스 드라이버를 등록한다. 이 경우 해당하는 장치에 대한 요청이 있을 때마다 probing이 되었는지 확인을 하는 오버헤드가 발생하며, 사용자의 요청이 들어왔을 때, 대기 시간이 추가로 발생하게 된다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 DDP 데몬과 같은 백그라운드 프로세스를 구현하여, 시스템이 대기 상태일 때 부팅 시에 초기화 및 probing 을 하지 않은 디바이스와 각 인터페이스 채널의 초기화 및 probing 과정의 진행을 하도록 하여야 할 것이다.

또한 IDE 인터페이스 채널뿐 아니라, PCI나 USB와 같은 시스템 내의 다른 인터페이스 채널에 이 기법을 적용하여 부팅 시간을 줄일 수 있도록 할 것이다.

3. 결론

리눅스 부팅 시간에서 IDE를 probing 하는 과정은 전

체 부팅 시간의 약 15%를 차지할 정도로 길다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 IDENoProbe가 제안되었고 부팅 시간을 줄이는데 효과적이었다.

하지만 이 기술을 적용할 경우, probing 되지 않은 IDE 인터페이스 채널은 사용하지 못하는 한계를 가지게 된다. 만약 IDE 인터페이스 채널에 사용해야 할 디바이스가 연결되어 있다면, 그 디바이스가 연결된 IDE에는 IDENoProbe 옵션을 적용해서는 안되며, 결과적으로 부팅 시간을 크게 줄이지 못하게 된다.

이러한 문제를 해결하기 위해, 본 연구는 DDP를 적용하여 디바이스가 연결된 IDE 인터페이스 채널을 probing 하지 않더라도 부팅이 완료된 후에 그 디바이스를 사용할 수 있게 하였다. 결과적으로 기존의 IDENoProbe 보다 부팅 시간을 줄이면서 IDE 디바이스를 사용할 수 있었다.

또한, DDP를 응용해서 IDE 뿐만 아니라, 부팅 시에 필요하지 않은 장치들의 초기화를 부팅 이후로 지연 시킴으로써 부팅 시간을 단축시킬 수 있다.

참고문헌

- [1] CE Linux Forum (CELF) Disable Console
<http://tree.celinuxforum.org/CelfPubWiki/DisableConsole>
- [2] CE Linux Forum (CELF) Kernel XIP
<http://tree.celinuxforum.org/CelfPubWiki/KernelXIP>
- [3] Tim R.Bird., " Methods to Improve Bootup Time in Linux ", Proceedings of the Linux Symposium, 2004.