Embedded System Software [CSE4116]

과제 1

Department of Computer Science and Engineering, Sogang University, Seoul, South Korea

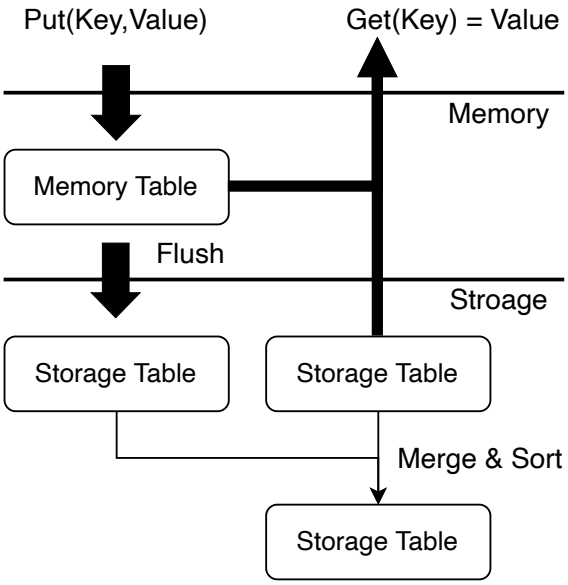
Data-Intensive and Computing and System Laboratory

1. 목표

디바이스 컨트롤과 IPC를 이용하여 Simple Key-Value Store를 만든다.

2. Key-Value Store 아키텍처

Key-Value Store(KVS)는 NoSQL 데이터베이스에서 주로 사용되며 Key를 고유한 식별자로 Key-Value 쌍으로 데이터를 저장한다.



위 그림은 아주 간단한 KVS의 아키텍처를 나타낸다. 이번 과제에서 구현할 KVS의 구성요소와 Operation은 다음과 같다.

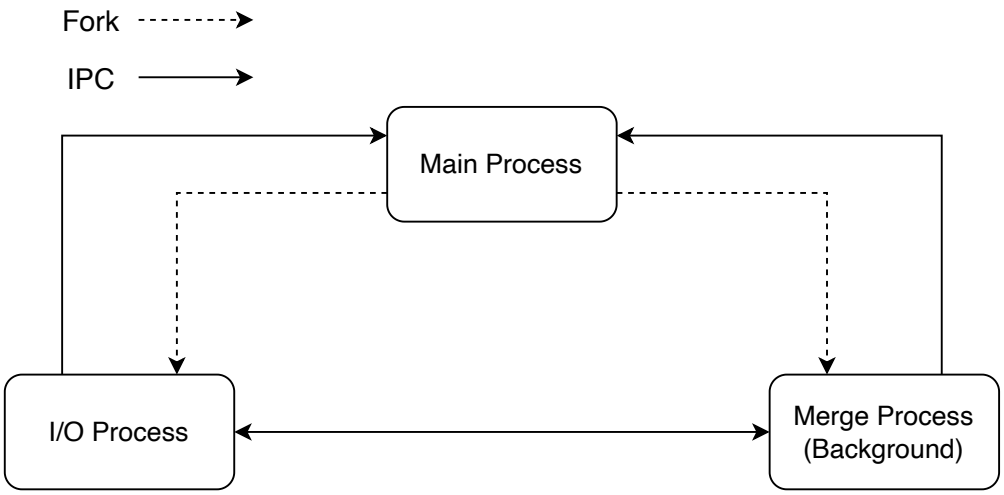
2.1. 구성요소

- Memory Table : Put 으로부터 들어온 Key-Value 쌍을 Append 기반으로 Memory 에 저장된다.
- Storage Table : Memory Table 크기가 지정된 한계에 도달하면 파일을 생성해 Storage 에 저장된다.

2.2. Operation

- Put : (Key,Value) 쌍으로 데이터를 입력받는다.
- Get: Key 를 입력받아 현재 KVS 해당 Key 를 가진 Value 가 있으면 반환한다.
- Flush : Memory Table 크기가 지정된 한계에 도달한 경우 파일을 생성하여 Storage 에 저장한다.
- Merge : Storage Table 개수가 지정된 개수에 도달한 경우 전체 Storage Table 을 확인하여 중복된 Key 를 갖는 Value 를 제거하고 Key 를 정렬하여 새로운 Storage Table 을 만든다.

3. 구현



Main process는 처음 3개의 프로세스를 fork한다. 본 프로그램은 총 4개의 프로세스로 구성되고, 프로세스간의 통신은 IPC를 사용한다. 이번 과제에서 IPC는 Shared Memory 방법을 사용하여 구현하고 이를 보고서에 상세히 명시해야 한다. 각 프로세스의 구성은 다음과 같다.

3.1. Main Process

- I/O Process 로 부터 IPC 를 통해 전달받은 요청(Put, Get, Delete, Merge)을 처리한다.
- Delete 요청은 IPC 를 통해 Delete Process 로 전달한다.
- Merge 요청은 IPC 를 통해 Merge Process 로 전달한다.

3.2. I/O Process

- Device Control 을 사용하여 입출력을 관리한다.
- 사용자로부터 요청된 Operation 을 IPC 를 통해 Main Process 로 전달한다.

3.3. Merge Process (Background)

- Main Process 로부터 IPC 를 통해 전달받은 Merge 요청을 처리한다.
- 또는 Storage Table 이 지정된 개수에 Background 로 Merge 를 수행하여 Storage 공간을 확보한다.

3.4. Device Control

- LED 디바이스는 mmap()함수를 사용하고, 나머지 디바이스들은 디바이스 드라이버를 사용하여 프로그램을 구현한다. 이를 보고서에 상세히 명시해야 한다.

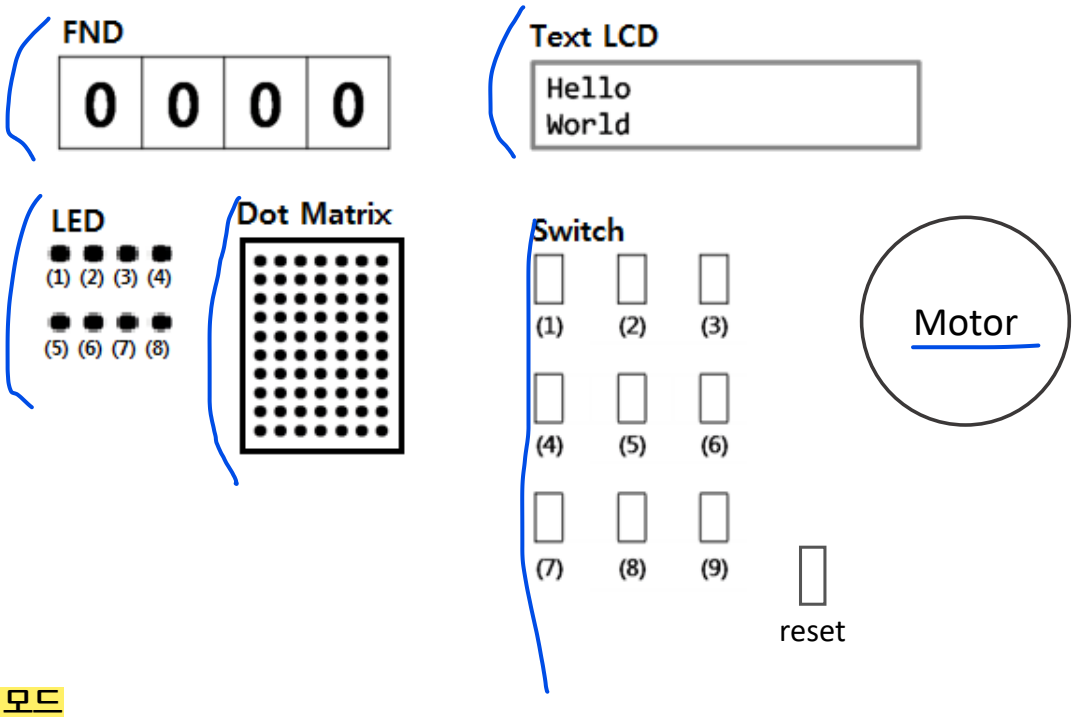
4. 기능

Put, Get, Delete, Merge 기능을 구현한다. 모드 1에서는 Put 기능을, 모드 2에서는 Get 기능을, 모드 3에서는 Merge 기능을 구현한다. 기본적으로 모드가 변경되면, 각 모드의 초기 상태가 된다. 각 모드에서 언급이 없는 나머지 디바이스의 초기 상태는 빈 화면, 혹은 불이 모두 꺼진 상태이다.
또한, 프로그램 시작 시 기본 모드(default mode)는 모드 1이다. 각 모드 변경 시, 현재 사용 중인 모드를 제외한 다른 모드에서 사용하는 디바이스들은 모두 초기화 시킨다. 전체 프로그램은 "BACK" 키를 입력하였을 때만 정상 종료되며 이 때 모든 device는 각자의 가장 초기 상태가 된다. (FND 0000, 나머지 device off)

4.1. READKEY

- BACK : 프로그램 종료
- PROG
- VOL+ : Mode 변경 Put → Get → Merge → Put
- VOL- : Mode 변경(역방향) Put → Merge → Get → Put

4.2. FPGA 모듈



4.3. Put 모드

Key-Value 쌍을 설정하여 Put 요청을 전송한다. Key-Value쌍은 Memory Table에 저장된다. Memory Table이 꽉 찬 경우 Merge Process를 호출하여 Memory Table 공간을 확보하기 전까지 Put은 정지된다.

- FND : 입력할 Key 값을 출력한다.
- LCD : 입력할 Value 값을 출력한다. Put 완료 시 KVS 에서 저장순서, Key, Value 를 순서대로 출력한다. 첫 번째 저장하는 Key-Value 쌍이 (1000, A) 인 경우 다음과 같다.

(1, 1000, A)

이후 두번째로 (2000, B) 를 저장하면 다음과 같다.

(2, 2000, B)

- LED : 초기 상태는 (1)번 LED 에만 불이 들어온 상태이다.
  - Key 입력을 시작하면 (3)번 (4)번 LED 가 1 초에 하나씩 번갈아 가면서 불이 들어오게 한다.
  - Value 입력을 시작하면 (7)번 (8)번 LED 가 1 초에 하나씩 번갈아 가면서 불이 들어오게 한다.
  - Put 이 완료되면 전체 LED 에 불이 들어왔다가 이후 다시 (1)번 LED 에만 불이 들어오게 한다.
- Reset : Key 와 Value 입력을 전환한다. 최초에는 Key 입력으로 시작한다.
- Swtich : 알파벳과 숫자를 입력 받는 버튼이다. 알파벳과 숫자를 입력해서 Key 와 Value 값을 설정한다.
  - Key 입력시에는 FND 에 출력하고, Value 입력시에는 LCD 로 출력한다.

〈기능〉

(1) .QZ	(2) ABC	(3) DEF
(4) GHI	(5) JKL	(6) MNO
(7) PRS	(8) TUV	(9) WXY

초기 상태는 숫자 입력이다.

새로운 버튼의 입력이 한 번 들어올 때마다 한 글자씩 출력한다. 한번 눌렀던 버튼을 다시 누를 때마다 해당 알파벳을 입력 횟수에 맞게 변경한다. 즉 (2)번 버튼을 1 번 누르면 A 를 출력하고, (2)번 버튼을 3 번 입력하면 C 를 출력한다. (8),(9)번 버튼의 입력이 한꺼번에 들어오지 않으면 LCD 에 출력되는 string 은 항상 덧붙여 출력한다.

(5), (6)번 버튼을 한꺼번에 누르면 알파벳 입력에서 숫자 입력으로 바꾼다. LCD 에 출력되는 string 의 값은 변하지 않고, 기존에 입력된 text 에 덧붙여 입력한다. 한 번 누를 때마다 해당하는 숫자를 출력한다. 숫자 입력 시에는 같은 버튼을 여러 번 누르면 버튼을 누를 때마다 새로운 숫자를 출력한다.

Ex) (2)(6)(9)(9)(2)(2) : AMXB

(2)(2)(2)(2)(5)(5)(4)(3)(1)(1) : AKGDQ

(연달아 같은 버튼에 위치한 알파벳을 입력하는 테스트는 수행 안함, Ex) AA, ABC)

버튼 2 개를 동시에 누를 때는 다음과 같은 기능을 수행한다.

(2), (3) : 입력중인 Key 또는 Value 초기화. 이 입력이 들어오면 FND 또는 LCD 에 있던 값을 없애고 다시 빈 상태로 만들어준다.

(5), (6) : 영어 → 숫자, 숫자 → 영어의 입력을 바꿔준다.

(8), (9) : 설정된 Key,Value 쌍을 저장(Put 요청)한다.

- Key 입력시에는 FND 에 출력하므로 알파벳 입력이 불가능하다.
- 언급이 없는 나머지 디바이스는 빈 화면, 혹은 불이 모두 꺼진 상태

4.4. Get 모드

Key를 설정하여 Get 요청을 전송한다.

- FND : 입력할 Key 값을 출력한다.
- LCD : Get 성공 시 KVS 에서 저장순서, Key, Value 값을 다음과 같이 출력한다.

```
(1, 1000, A)
```

  요청한 Key 값이 없을 경우 Error 를 출력한다.
- LED : 초기 상태는 (1)번 LED 에만 불이 들어온 상태이다.
  - Key 입력을 시작하면 (3)번 (4)번 LED 가 1 초에 하나씩 번갈아 가면서 불이 들어오게 한다.
  - Get 이 완료되면 전체 LED 에 불이 들어왔다가 이후 다시 (1)번 LED 에만 불이 들어오게 한다.
- Swtich : 숫자를 입력(Put 과 동일) 받는 버튼이다. 숫자를 입력해서 Key 값을 설정하고 FND 에 출력한다.
- Reset : Get 요청을 보낸다.

4.5. Merge 모드 & Background Job

Merge는 이 모드에서 직접 수행하거나 I/O Process로 부터 호출되는 두가지 경우가 가능하다.
Merge 수행은 가장 오래된 2개의 Storage Table에서 1) 중복된 key를 갖는 key-value 쌍을 가장 최근에 입력된 key-value 쌍 하나로 merge하고 2) key를 순서대로 정렬하여 3) 새로운 Storage Table를 만들어 저장한다.
아래는 Merge 모드에서 직접 수행 시 기능이다. 단 Motor는 I/O Process로 부터 호출되어 수행되는 경우에도 회전한다.

- LCD : Merge 성공 시 생성된 Storage Table 의 이름과 Key-Value 쌍의 개수를 출력한다.
- Reset : Merge 요청을 보낸다.
- Motor : Merge 수행 시 1-2 초(적당히)간 회전한다.

5. Key-Value Store 상세 구현 설명

5.1. Memory Table

- Memory Table 은 Merge Process 와 공유해야 하므로 Shard Memory 를 사용한다.
- 최대 Key-Value 쌍 저장 개수는 3 개이다.
- Key-Value 쌍이 3 개 이후 Put 이 발생하면 먼저 입력된 3 개의 Key-Value 를 Storage Table 로 저장한다.
- 반드시 메모리에 저장해야 한다 (파일 사용 x).
- 프로그램 종료 시 Memory Table 에 남아있는 데이터는 3 개가 되지 않더라도 반드시 Storage Table 에 저장해야한다.

5.2. Storage Table

- 확장자는 .st 를 사용한다.
- 1 개의 key-value 쌍은 파일에서 1 줄을 차지한다.
- key-value 쌍은 KVS 에서 순서, Key, Value 가 공백으로 나누어 순서대로 저장된다.
  첫번째로 (1000,A), 두번째로 (2000,B), 세번째로 (3000,C) 가 저장된 Storage Table 의 경우 다음과 같다.

```
1 1000 A
2 2000 B
3 3000 C
```

5.3. Get/Put

- Get 은 반드시 가장 최근에 입력된 순서대로 탐색해야 한다 (Memory Table → Storage Table).

5.4. Merge

- Merge 가 시작되는 Storage Table 개수는 3 개이다.
- Merge 수행시에도 중복된 Key 가 없어 Key-Value 개수를 줄일 수 없는 경우 정렬만 하여 3 개 이상의 개수를 갖는 Storage Table 을 생성한다.
- Merge 예시 1

(수행 전)

1.sst	2.sst
6 3000 F 5 4000 E 4 3000 D	3 1000 C 2 2000 B 1 1000 A

(과정)

1.sst	2.sst
6 3000 F 5 4000 E 4 3000 D (중복제거)	3 1000 C 2 1000 B (중복제거) 1 1000 A (중복제거)

(수행 후)

3.sst (파일명은 가장 마지막 순서)
3 4000 E 2 3000 F 1 1000 C

- Merge 예시 2

(수행 전)

1.sst	2.sst
6 5000 E 5 1000 A 4 6000 F	3 4000 D 2 2000 B 1 3000 C

(수행 후)

3.sst
6 6000 F 5 5000 E 4 4000 D 3 3000 C 2 2000 B 1 1000 A

5.5.기타

- 프로그램 재실행 시 KVS 의 Storage Table 의 Database 는 유지되어야 한다. 구현(Metadata 관리 등)은 자유롭게 하되 명세서에 상세히 작성해야 한다.
- 명세서에 나와있지 않은 예외처리는 자유롭게 구현하되 명세서에 상세히 작성해야 한다.

6.제출 방법

- 아래 제출 파일을 사이버 캠퍼스에 업로드
  - 소스코드, Makefile, Readme, 보고서 파일을 포함한 [HW1]학번.tar.tz
    Ex) [HW1]20231234.tar.gz
  - 보고서는 반드시 pdf 로 저장
  - 파일 압축 방법 : 학번 폴더를 생성하고, 그 안에 숙제 관련 파일을 저장한 뒤, 학번 폴더가 있는 위치에서 tar -cvzf [HW1]학번.tar.gz ./학번폴더
- Due Date : 2023 년 4 월 16 일 23:59 분

7.평가 기준

- 프로그램 80%(주석 점수 포함), 문서 20%.
- Late : 하루에 10% 감점 / 5 일 이상 late 시 0 점.
- 제출 형식 틀린 경우 10% 감점.
- Copy 적발 시 0 점.

8.참고

Input process 작성 시 "readkey"를 다음과 같이 non-blocking 방식으로 사용 할 수 있습니다.
실습 자료에 있는 readkey.c 의 코드에서 파일 open 하는 부분을 아래와 같이 수정하여 사용하시길 바랍니다.

```
char* device = "/dev/input/event0";
if((fd = open (device, O_RDONLY|O_NONBLOCK)) == -1) {
    printf ("%s is not a vaild device₩₩n", device);
}
```