6장 큐

큐(QUEUE)

- 큐: 먼저 들어온 데이터가 먼저 나가는 자료구조
- **선입선출(FIFO: First-In First-Out)**
- **(예)**매표소의 대기열

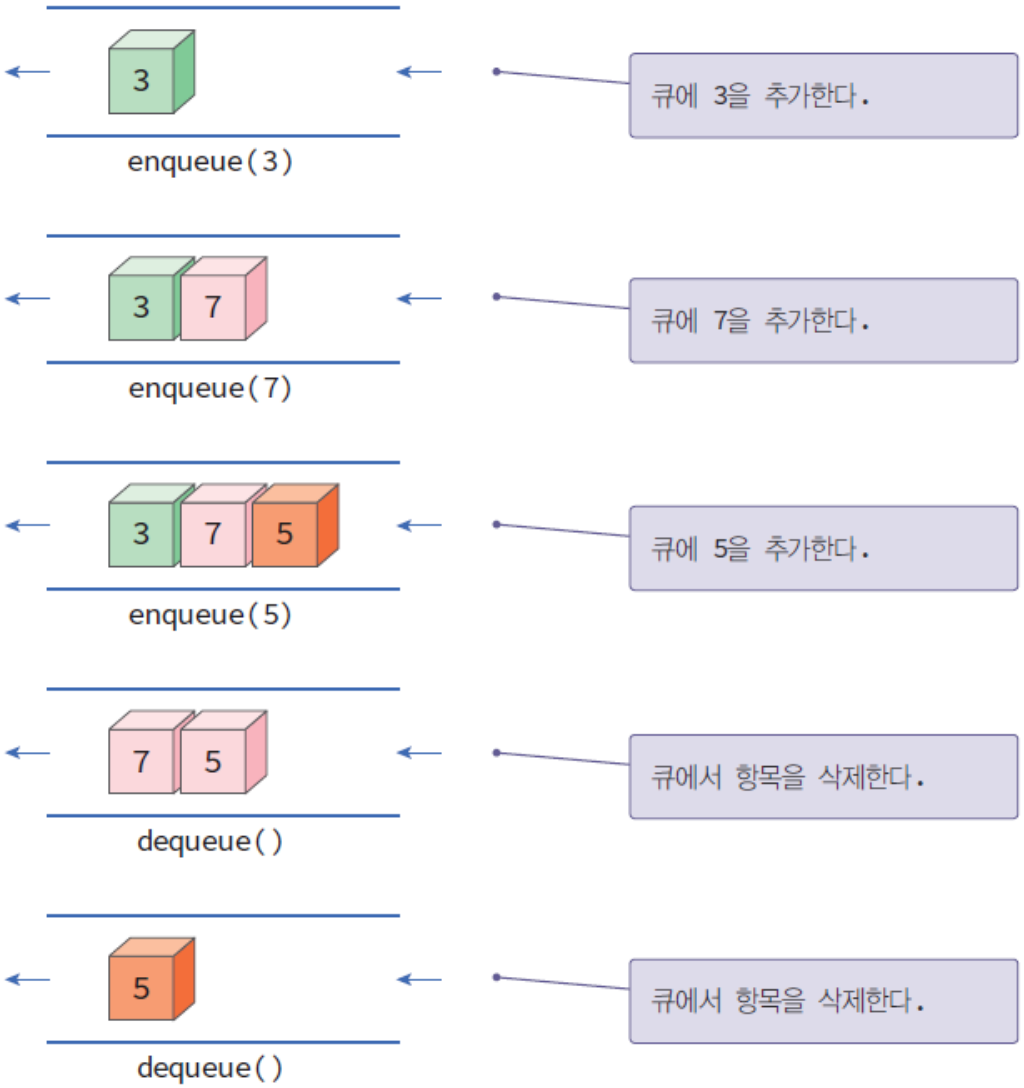
ADT

객체: 0개 이상의 요소들로 구성된 선형 리스트

.연산:

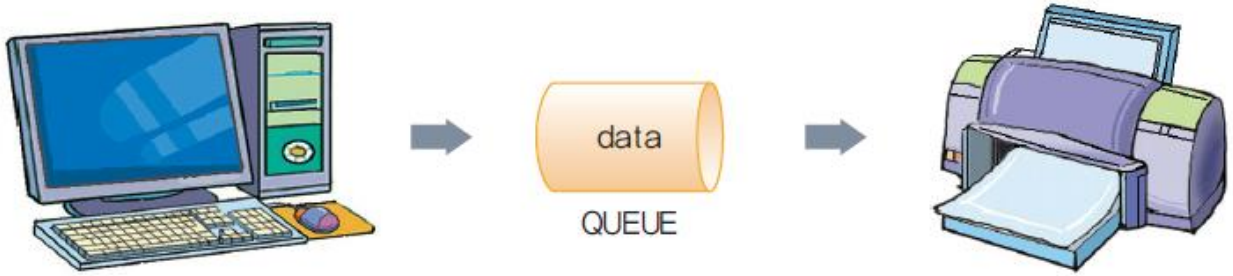
- create(max_size) ::=
  최대 크기가 max_size인 공백큐를 생성한다.
- init(q) ::=
  큐를 초기화한다.
- is_empty(q) ::=
  if(size == 0) return TRUE;
  else return FALSE;
- is_full(q) ::=
  if(size == max_size) return TRUE;
  else return FALSE;
- enqueue(q, e) ::=
  if(is_full(q)) queue_full 오류;
  else q의 끝에 e를 추가한다.
- dequeue(q) ::=
  if(is_empty(q)) queue_empty 오류;
  else q의 맨 앞에 있는 e를 제거하여 반환한다.
- peek(q) ::=
  if(is_empty(q)) queue_empty 오류;
  else q의 맨 앞에 있는 e를 읽어서 반환한다.

큐의 삽입, 삭제 연산



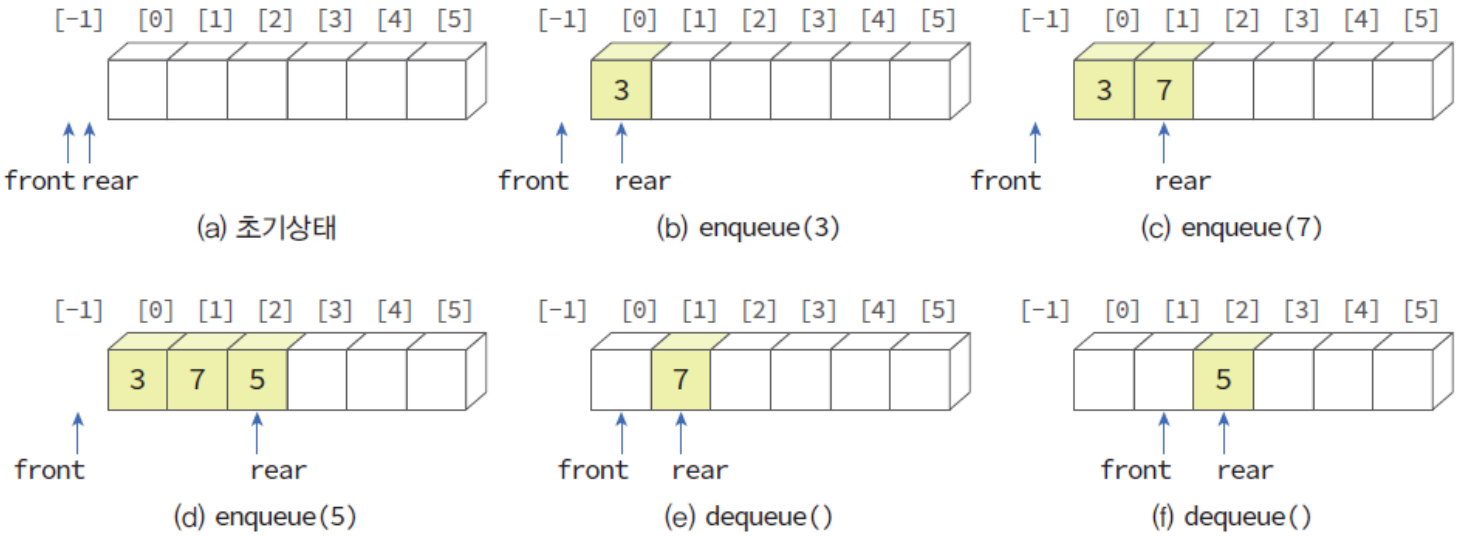
큐의 응용

- 직접적인 응용
  - 시뮬레이션의 대기열(공항에서의 비행기들, 은행에서의 대기열)
  - 통신에서의 데이터 패킷들의 모델링에 이용
  - 프린터와 컴퓨터 사이의 버퍼링
- 간접적인 응용
  - 스택과 마찬가지로 프로그래머의 도구
  - 많은 알고리즘에서 사용됨



선형큐

- 배열을 선형으로 사용하여 큐를 구현
  - 삽입을 계속하기 위해서는 요소들을 이동시켜야 함



선형큐

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define MAX_QUEUE_SIZE 5

typedef int element;
typedef struct {                                        // 큐 타입
        int  front;
        int rear;
        element  data[MAX_QUEUE_SIZE];
} QueueType;

// 오류 함수
void error(char *message)
{
        fprintf(stderr, "%s\n", message);
        exit(1);
}

void init_queue(QueueType *q)
{
        q->rear = -1;
        q->front = -1;
}
```

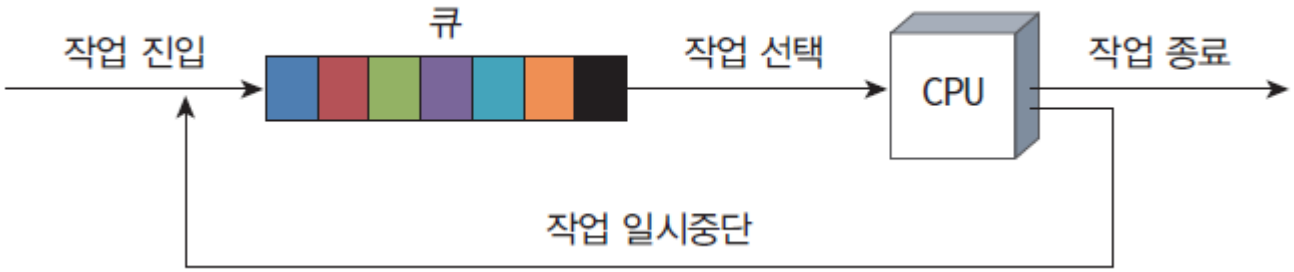
```
void queue_print(QueueType *q)
{
        for (int i = 0; i<MAX_QUEUE_SIZE; i++) {
                if (i <= q->front || i> q->rear)
                        printf("    | ");
                else
                        printf("%d | ", q->data[i]);
        }
        printf("\n");
}
int is_full(QueueType *q)
{
        if (q->rear == MAX_QUEUE_SIZE - 1)
                return 1;
        else
                return 0;
}
int is_empty(QueueType *q)
{
        if (q->front == q->rear)
                return 1;
        else
                return 0;
}
```

```
void enqueue(QueueType *q, int item)
{
        if (is_full(q)) {
                error("큐가 포화상태입니다.");
                return;
        }
        q->data[++(q->rear)] = item;
}

int dequeue(QueueType *q)
{
        if (is_empty(q)) {
                error("큐가 공백상태입니다.");
                return -1;
        }
        int item = q->data[++(q->front)];
        return item;
}
```

```
int main(void)
{
        int item = 0;
        QueueType q;

        init_queue(&q);

        enqueue(&q, 10); queue_print(&q);
        enqueue(&q, 20); queue_print(&q);
        enqueue(&q, 30); queue_print(&q);

        item = dequeue(&q); queue_print(&q);
        item = dequeue(&q); queue_print(&q);
        item = dequeue(&q); queue_print(&q);
        return 0;
}
```

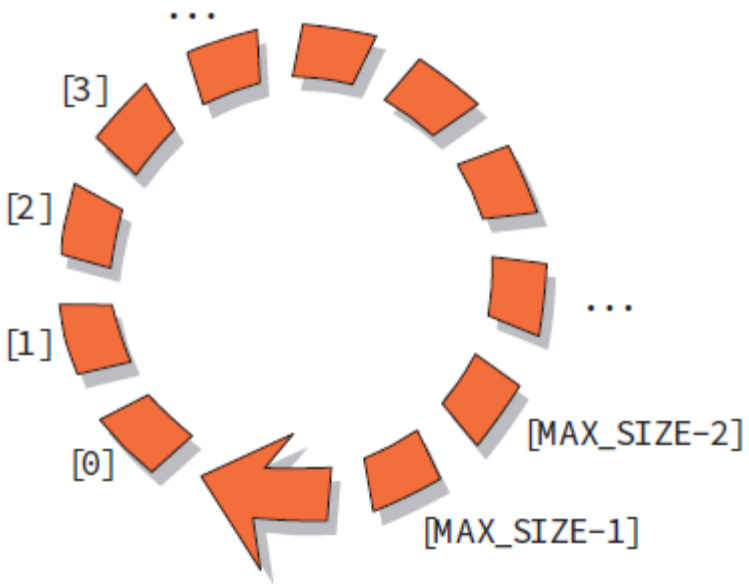
```
10 |    |    |    |    |
10 | 20 |    |    |    |
10 | 20 | 30 |    |    |
   | 20 | 30 |    |    |
   |    | 30 |    |    |
   |    |    |    |    |
```

선형 큐의 응용: 작업 스케줄링



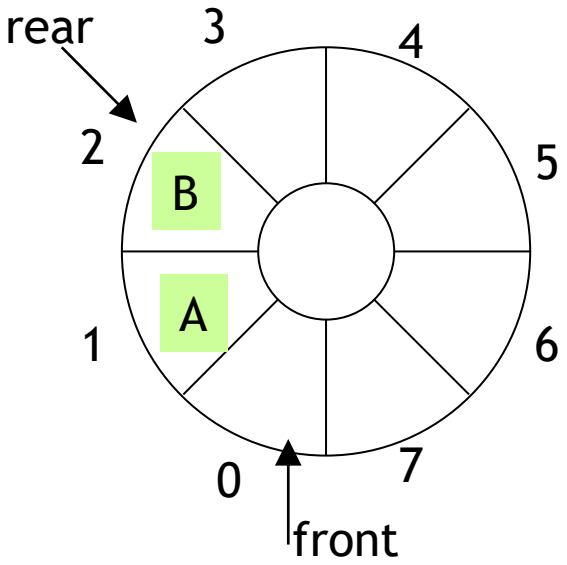
Q[0]	Q[1]	Q[2]	Q[3]	Q[4]	front	rear	설명
					–1	–1	공백 큐
Job#1					–1	0	Job#1이 추가
Job#1	Job#2				–1	1	Job#2이 추가
Job#1	Job#2	Job#3			–1	2	Job#3이 추가
	Job#2	Job#3			0	2	Job#1이 삭제
		Job#3			1	2	Job#2이 삭제

원형큐

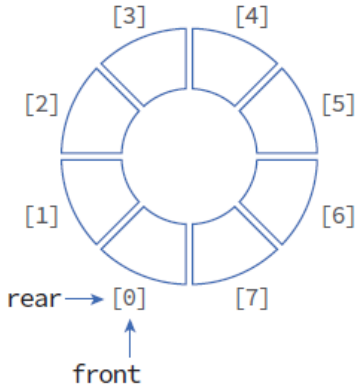


원형큐의 구조

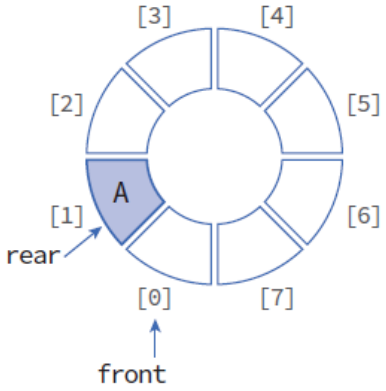
- 큐의 전단과 후단을 관리하기 위한 2개의 변수 필요
  - front: 첫번째 요소 하나 앞의 인덱스
  - rear: 마지막 요소의 인덱스



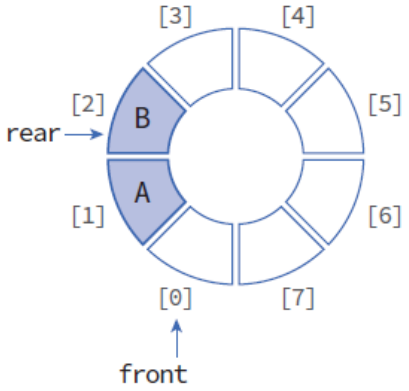
원형큐의 동작



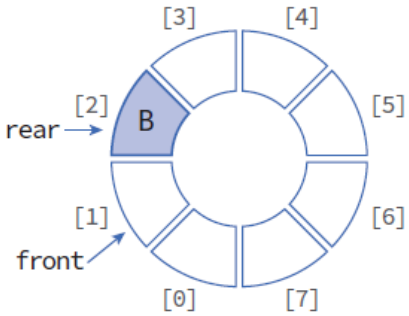
(a) 초기상태



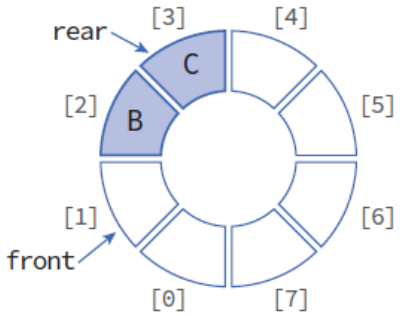
(b) A 삽입



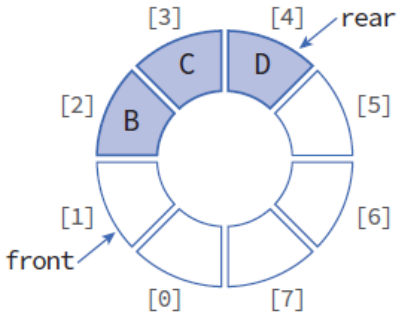
(c) B 삽입



(d) 삭제



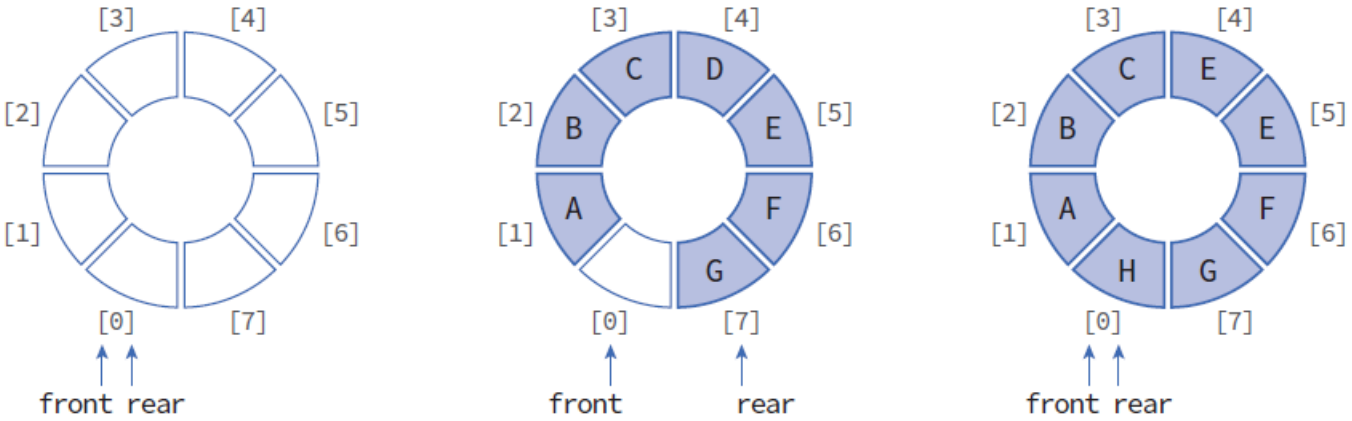
(e) C 삽입



(f) D 삽입

공백상태, 포화상태

- 공백상태: front == rear
- 포화상태: front % M==(rear+1) % M
- 공백상태와 포화상태를 구별하기 위하여 하나의 공간은 항상 비워둔다.



프로그램

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

// ===== 원형큐 코드 시작 ======
#define MAX_QUEUE_SIZE 5
typedef int element;
typedef struct { // 큐 타입
        element  data[MAX_QUEUE_SIZE];
        int  front, rear;
} QueueType;

// 오류 함수
void error(char *message)
{
        fprintf(stderr, "%s\n", message);
        exit(1);
}
```

프로그램

```
// 공백 상태 검출 함수
void init_queue(QueueType *q)
{
        q->front = q->rear = 0;
}

// 공백 상태 검출 함수
int is_empty(QueueType *q)
{
        return (q->front == q->rear);
}

// 포화 상태 검출 함수
int is_full(QueueType *q)
{
        return ((q->rear + 1) % MAX_QUEUE_SIZE == q->front);
}
```

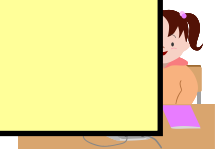
프로그램

```
// 원형큐 출력 함수
void queue_print(QueueType *q)
{
        printf("QUEUE(front=%d rear=%d) = ", q->front, q->rear);
        if (!is_empty(q)) {
                int i = q->front;
                do {
                        i = (i + 1) % (MAX_QUEUE_SIZE);
                        printf("%d | ", q->data[i]);
                        if (i == q->rear)
                                break;
                } while (i != q->front);
        }
        printf("\n");
}
```

프로그램

```
// 삽입 함수
void enqueue(QueueType *q, element item)
{
        if (is_full(q))
                error("큐가 포화상태입니다");
        q->rear = (q->rear + 1) % MAX_QUEUE_SIZE;
        q->data[q->rear] = item;
}

// 삭제 함수
element dequeue(QueueType *q)
{
        if (is_empty(q))
                error("큐가 공백상태입니다");
        q->front = (q->front + 1) % MAX_QUEUE_SIZE;
        return q->data[q->front];
}
```

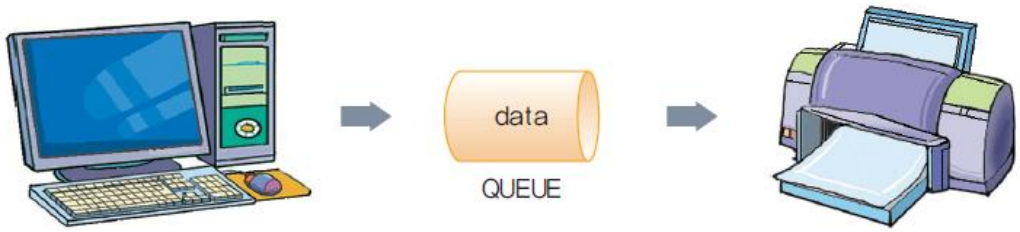
```
int main(void)
{
        QueueType queue;
        int element;

        init_queue(&queue);
        printf("--데이터 추가 단계--\n");
        while (!is_full(&queue))
        {
                printf("정수를 입력하시오: ");
                scanf("%d", &element);
                enqueue(&queue, element);
                queue_print(&queue);
        }
        printf("큐는 포화상태입니다.\n\n");

        printf("--데이터 삭제 단계--\n");
        while (!is_empty(&queue))
        {
                element = dequeue(&queue);
                printf("꺼내진 정수: %d \n", element);
                queue_print(&queue);
        }
        printf("큐는 공백상태입니다.\n");
        return 0;
}
```



실행결과

```
--데이터 추가 단계--
정수를 입력하시오: 10
QUEUE(front=0 rear=1) = 10 |
정수를 입력하시오: 20
QUEUE(front=0 rear=2) = 10 | 20 |
정수를 입력하시오: 30
QUEUE(front=0 rear=3) = 10 | 20 | 30 |
정수를 입력하시오: 40
QUEUE(front=0 rear=4) = 10 | 20 | 30 | 40 |
큐는 포화상태입니다.

--데이터 삭제 단계--
꺼내진 정수: 10
QUEUE(front=1 rear=4) = 20 | 30 | 40 |
꺼내진 정수: 20
QUEUE(front=2 rear=4) = 30 | 40 |
꺼내진 정수: 30
QUEUE(front=3 rear=4) = 40 |
꺼내진 정수: 40
QUEUE(front=4 rear=4) =
큐는 공백상태입니다.
```

큐의 응용: 버퍼



프로그램

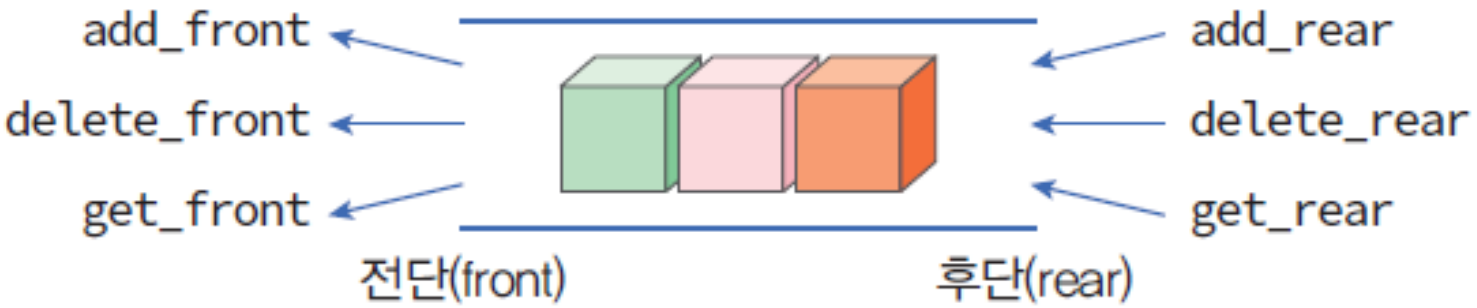
```
int main(void)
{
        QueueType queue;
        int element;

        init_queue(&queue);
        srand(time(NULL));

        for(int i=0;i<100; i++){
                if (rand() % 5 == 0) {    // 5로 나누어 떨어지면
                        enqueue(&queue, rand()%100);
                }
                queue_print(&queue);
                if (rand() % 10 == 0) {  // 10로 나누어 떨어지면
                        int data = dequeue(&queue);
                }
                queue_print(&queue);
        }
        return 0;
}
```

실행결과

```
...
QUEUE(front=0 rear=1) = 53 |
QUEUE(front=1 rear=1) =
QUEUE(front=1 rear=2) = 73 |
QUEUE(front=1 rear=2) = 73 |
QUEUE(front=1 rear=2) = 73 |
QUEUE(front=1 rear=3) = 73 | 96 |
QUEUE(front=1 rear=3) = 73 | 96 |
QUEUE(front=1 rear=3) = 73 | 96 |
...
```

덱(deque)

- **덱(deque)**은 **double-ended queue의 줄임말**로서 큐의 전단(front)와 후단(rear)에서 모두 삽입과 삭제가 가능한 큐



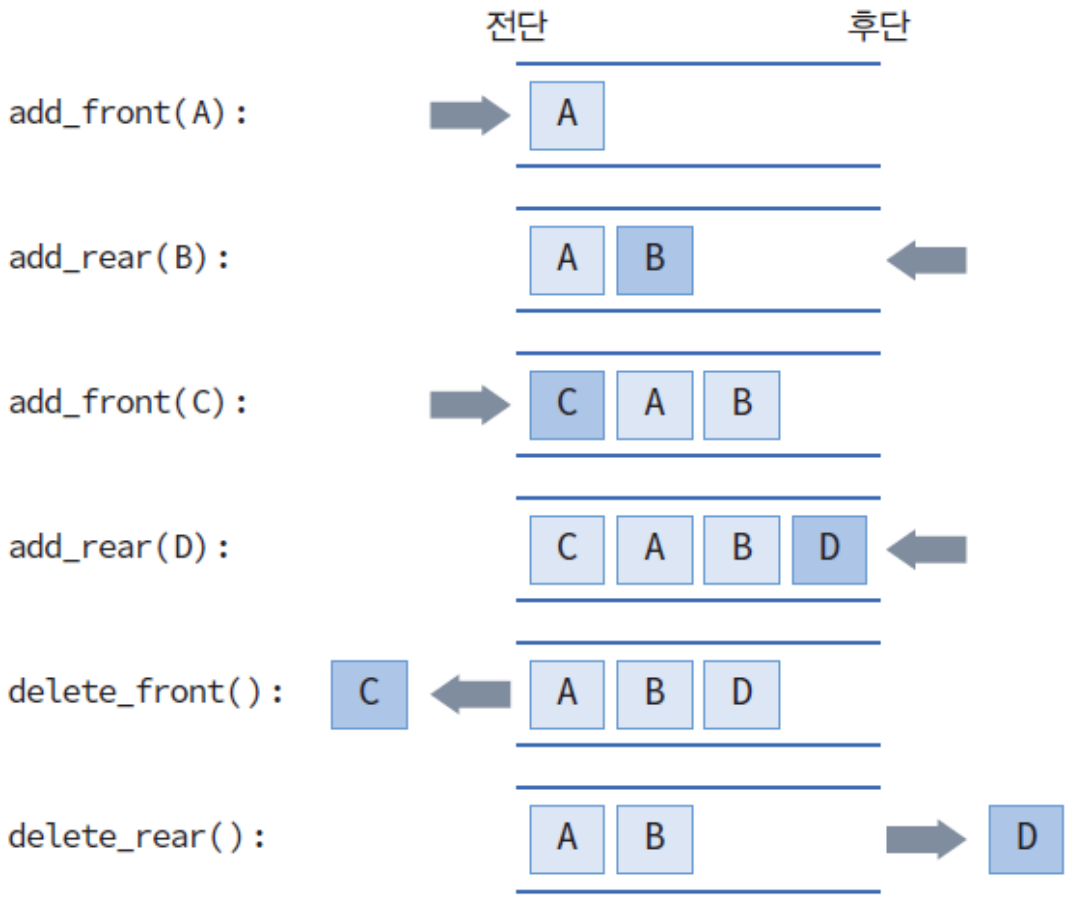
덱 ADT

·객체: n개의 element형으로 구성된 요소들의 순서있는 모임

·연산:

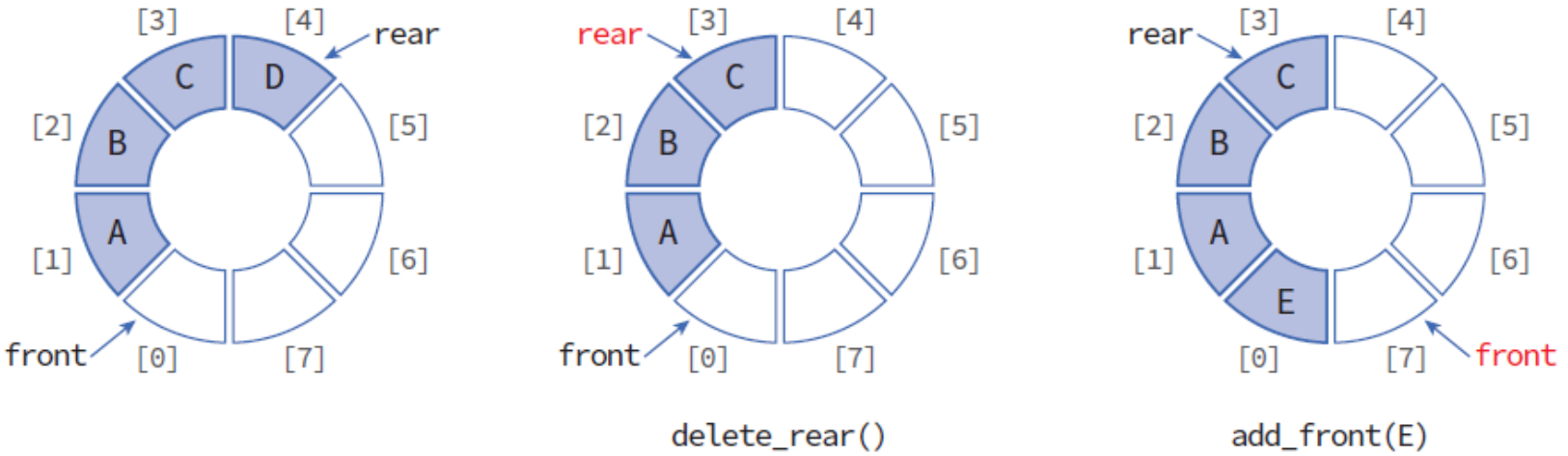
- create() ::= 덱을 생성한다.
- init(dq) ::= 덱을 초기화한다.
- is_empty(dq) ::= 덱이 공백상태인지를 검사한다.
- is_full(dq) ::= 덱이 포화상태인지를 검사한다.
- add_front(dq, e) ::= 덱의 앞에 요소를 추가한다.
- add_rear(dq, e) ::= 덱의 뒤에 요소를 추가한다.
- delete_front(dq) ::= 덱의 앞에 있는 요소를 반환한 다음 삭제한다
- delete_rear(dq) ::= 덱의 뒤에 있는 요소를 반환한 다음 삭제한다.
- get_front(q) ::= 덱의 앞에서 삭제하지 않고 앞에 있는 요소를 반환한다.
- get_rear(q) ::= 덱의 뒤에서 삭제하지 않고 뒤에 있는 요소를 반환한다.

덱의 연산



배열을 이용한 덱의 구현

```
front ← (front-1 + MAX_QUEUE_SIZE) % MAX_QUEUE_SIZE;
rear ← (rear-1 + MAX_QUEUE_SIZE) % MAX_QUEUE_SIZE;
```



```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

#define MAX_QUEUE_SIZE 5
typedef int element;
typedef struct { // 큐 타입
        element  data[MAX_QUEUE_SIZE];
        int  front, rear;
} DequeType;

// 오류 함수
void error(char *message)
{
        fprintf(stderr, "%s\n", message);
        exit(1);
}

// 초기화
void init_deque(DequeType *q)
{
        q->front = q->rear = 0;
}
```

```
// 공백 상태 검출 함수
int is_empty(DequeType *q)
{
        return (q->front == q->rear);
}
// 포화 상태 검출 함수
int is_full(DequeType *q)
{
        return ((q->rear + 1) % MAX_QUEUE_SIZE == q->front);
}
// 원형큐 출력 함수
void deque_print(DequeType *q)
{
        printf("DEQUE(front=%d rear=%d) = ", q->front, q->rear);
        if (!is_empty(q)) {
                int i = q->front;
                do {
                        i = (i + 1) % (MAX_QUEUE_SIZE);
                        printf("%d | ", q->data[i]);
                        if (i == q->rear)
                                break;
                } while (i != q->front);
        }
        printf("\n");
}
```

프로그램

```
// 삽입 함수
void add_rear(DequeType *q, element item)
{
        if (is_full(q))
                error("큐가 포화상태입니다");
        q->rear = (q->rear + 1) % MAX_QUEUE_SIZE;
        q->data[q->rear] = item;
}

// 삭제 함수
element delete_front(DequeType *q)
{
        if (is_empty(q))
                error("큐가 공백상태입니다");
        q->front = (q->front + 1) % MAX_QUEUE_SIZE;
        return q->data[q->front];
}
```

프로그램

```
// 삭제 함수
element get_front(DequeType *q)
{
        if (is_empty(q))
                error("큐가 공백상태입니다");
        return q->data[(q->front + 1) % MAX_QUEUE_SIZE];
}

void add_front(DequeType *q, element val)
{
        if (is_full(q))
                error("큐가 포화상태입니다");
        q->data[q->front] = val;
        q->front = (q->front - 1 + MAX_QUEUE_SIZE) % MAX_QUEUE_SIZE;
}
```

프로그램

```
element delete_rear(DequeType *q)
{
        int prev = q->rear;
        if (is_empty(q))
                error("큐가 공백상태입니다");
        q->rear = (q->rear - 1 + MAX_QUEUE_SIZE) % MAX_QUEUE_SIZE;
        return q->data[prev];
}

element get_rear(DequeType *q)
{
        if (is_empty(q))
                error("큐가 공백상태입니다");
        return q->data[q->rear];
}
```

프로그램

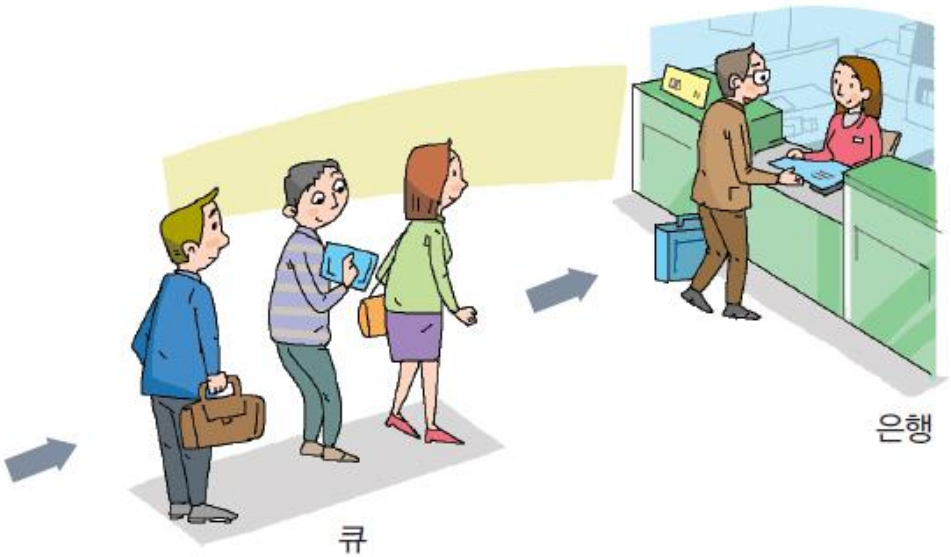
```
int main(void)
{
        DequeType queue;

        init_deque(&queue);
        for (int i = 0; i < 3; i++) {
                add_front(&queue, i);
                deque_print(&queue);
        }
        for (int i = 0; i < 3; i++) {
                delete_rear(&queue);
                deque_print(&queue);
        }
        return 0;
}
```

실행결과

```
DEQUE(front=4 rear=0) = 0 |
DEQUE(front=3 rear=0) = 1 | 0 |
DEQUE(front=2 rear=0) = 2 | 1 | 0 |
DEQUE(front=2 rear=4) = 2 | 1 |
DEQUE(front=2 rear=3) = 2 |
DEQUE(front=2 rear=2) =
```

큐의 응용: 시뮬레이션

- 큐잉모델은 고객에 대한 서비스를 수행하는 서버와 서비스를 받는 고객들로 이루어진다
- 은행에서 고객이 들어와서 서비스를 받고 나가는 과정을 시뮬레이션
  - 고객들이 기다리는 평균시간을 계산



큐의 응용: 시뮬레이션

- 시뮬레이션은 하나의 반복 루프
- 현재시각을 나타내는 clock이라는 변수를 하나 증가
- is_customer_arrived 함수를 호출한다. is_customer_arrived 함수는 랜덤 숫자를 생성하여 시뮬레이션 파라미터 변수인 arrival_prov와 비교하여 작으면 새로운 고객이 들어왔다고 판단
- 고객의 아이디, 도착시간, 서비스 시간 등의 정보를 만들어 구조체에 복사하고 이 구조체를 파라미터로 하여 큐의 삽입 함수 enqueue()를 호출한다.

큐의 응용: 시뮬레이션

- 고객이 필요로 하는 서비스 시간은 역시 랜덤숫자를 이용하여 생성된다.

- 지금 서비스하고 있는 고객이 끝났는지를 검사: 만약 service_time이 0이 아니면 어떤 고객이 지금 서비스를 받고 있는 중임을 의미한다.
- clock이 하나 증가했으므로 service_time을 하나 감소시킨다.

- 만약 service_time이 0이면 현재 서비스받는 고객이 없다는 것을 의미한다. 따라서 큐에서 고객 구조체를 하나 꺼내어 서비스를 시작한다..

프로그래

```
# include <stdio.h>
# include <stdlib.h>


// 프로그램 5.2에서 다음과 같은 부분을 복사한다.
// ================ 원형큐 코드 시작 ================
typedef struct { // 요소 타입
        int id;
        int arrival_time;
        int service_time;
} element;                          // 교체!
// ...
// ================ 원형큐 코드 종료 ================

int main(void)
{
        int minutes = 60;
        int total_wait = 0;
        int total_customers = 0;
        int service_time = 0;
        int service_customer;
        QueueType queue;
        init_queue(&queue);
```

프로그램

```
        srand(time(NULL));
        for (int clock = 0; clock < minutes; clock++) {
                printf("현재시각=%d\n", clock);
                if ((rand()%10) < 3) {
                        element customer;
                        customer.id = total_customers++;
                        customer.arrival_time = clock;
                        customer.service_time = rand() % 3+1;
                        enqueue(&queue, customer);
                        printf("고객 %d이 %d분에 들어옵니다. 업무처리시간= %d분
\n",
                                customer.id, customer.arrival_time,
customer.service_time);
                }
```

프로그램

```
                        if (service_time > 0) {
                                printf("고객 %d 업무처리중입니다. \n", service_customer);
                                service_time--;
                        }
                        else {
                                if (!is_empty(&queue)) {
                                        element customer = dequeue(&queue);
                                        service_customer = customer.id;
                                        service_time = customer.service_time;
                                        printf("고객 %d이 %d분에 업무를 시작합니다. 대
기시간은 %d분이었습니다.\n",
                                                customer.id, clock, clock -
customer.arrival_time);
                                        total_wait += clock - customer.arrival_time;
                                }
                        }
                }
                printf("전체 대기 시간=%d분 \n", total_wait);
                return 0;
}
```

실행결과

```
현재시각=0
현재시각=1
고객 0이 1분에 들어옵니다. 업무처리시간= 2분
고객 0이 1분에 업무를 시작합니다. 대기시간은 0분이었습니다.
현재시각=2
고객 0 업무처리중입니다.
현재시각=3
고객 1이 3분에 들어옵니다. 업무처리시간= 1분
고객 0 업무처리중입니다.
현재시각=4
고객 1이 4분에 업무를 시작합니다. 대기시간은 1분이었습니다.
현재시각=5
고객 1 업무처리중입니다.
현재시각=6
고객 2이 6분에 들어옵니다. 업무처리시간= 2분
```