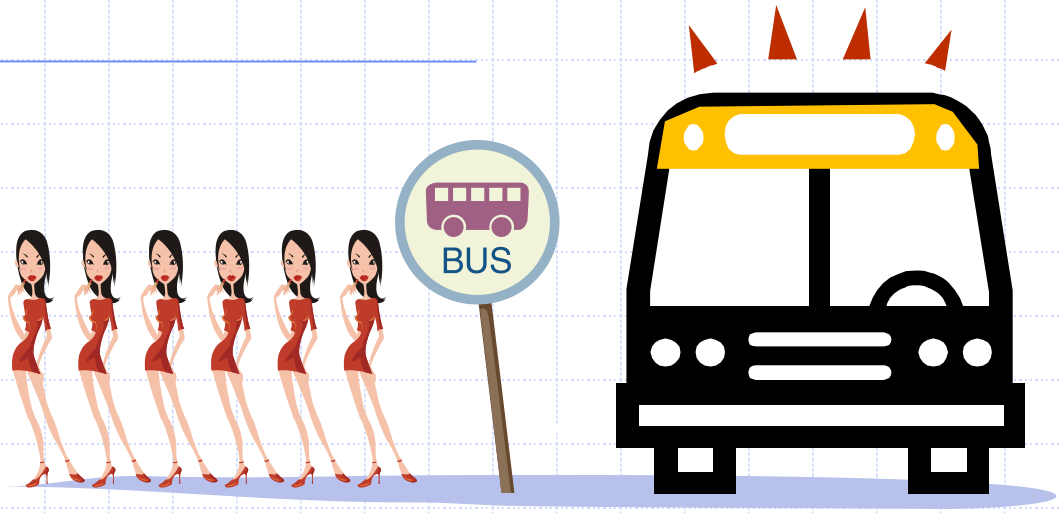
क्यू

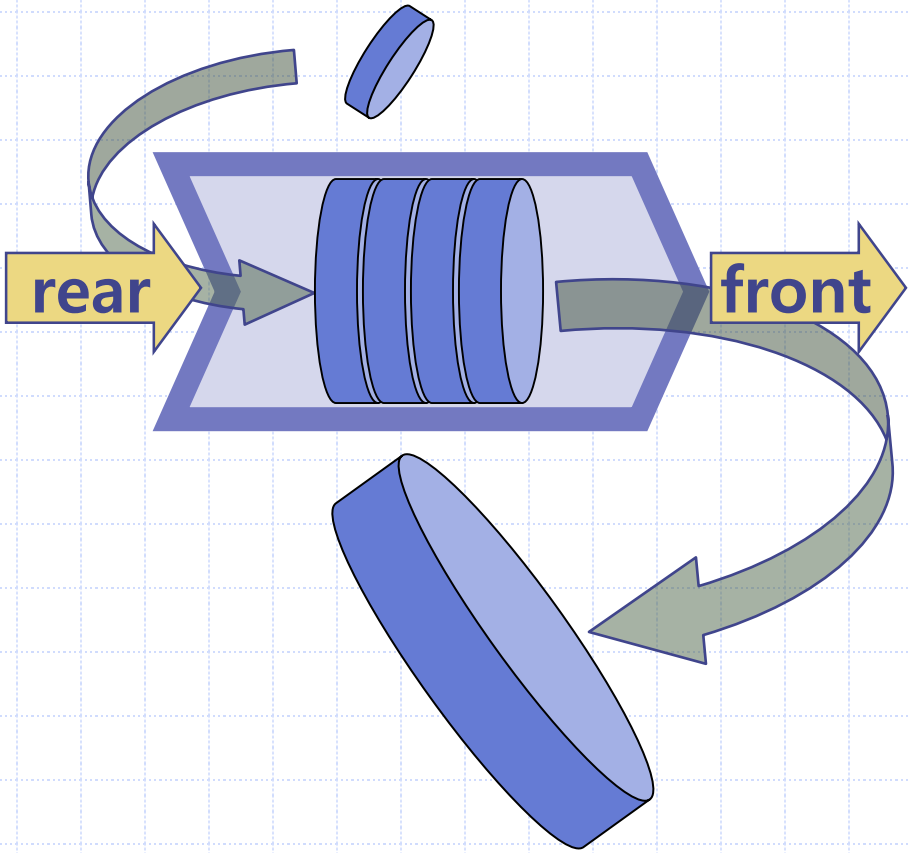


Outline

- 7.1 큐 ADT
- 7.2 큐 ADT 메쏘드
- 7.3 큐 ADT 구현
- 7.4 데크 ADT
- 7.5 응용문제

큐 ADT

- 큐 ADT는 임의의 개체들을 저장
- 삽입과 삭제는 **선입선출**(First-In First-Out, FIFO) 순서를 따른다
- 삽입은 큐의 **뒤**(rear), 삭제는 큐의 **앞**(front)이라 불리는 위치에서 수행



큐 ADT 메쏘드

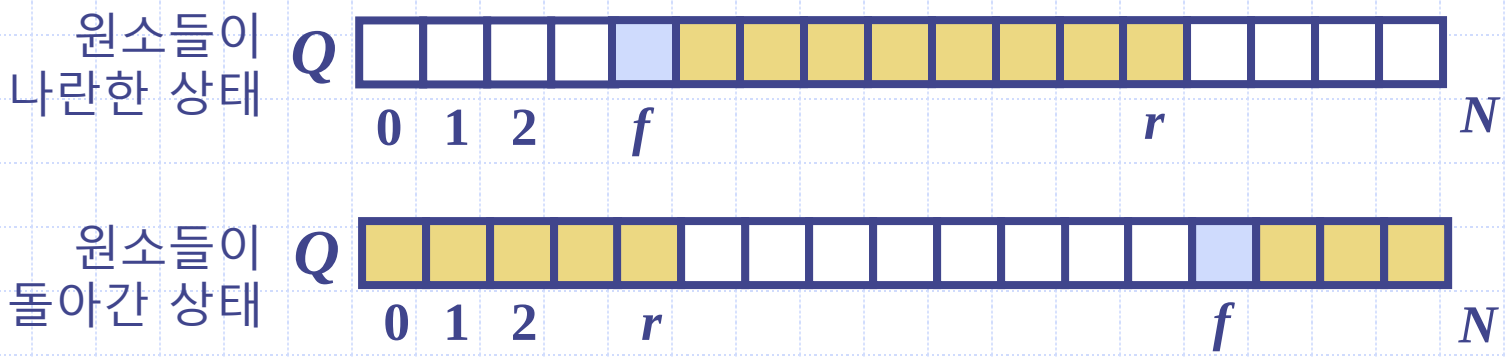
- 주요 큐 메쏘드
  - enqueue(e): 큐의 뒤에 원소를 삽입
  - element dequeue(): 큐의 앞에서 원소를 삭제하여 반환
- 보조 큐 메쏘드
  - element front(): 큐의 앞에 있는 원소를 (삭제하지 않고) 반환
  - integer size(): 큐에 저장된 원소의 수를 반환
  - boolean isEmpty(): 큐가 비어 있는지 여부를 반환
  - iterator elements(): 큐 원소 전체를 반환
- 예외
  - emptyQueueException(): 비어 있는 큐에 대해 삭제 또는 front를 수행 시도할 경우 발령
  - fullQueueException(): 만원 큐에 대해 삽입을 수행 시도할 경우 발령

큐 응용

- 직접 응용
  - 대기열, 관료적 체제
  - 공유자원에 대한 접근, 예를 들어 프린터
  - 멀티프로그래밍
- 간접 응용
  - 알고리즘 수행을 위한 보조 데이터구조
  - 다른 데이터구조를 구성하는 요소

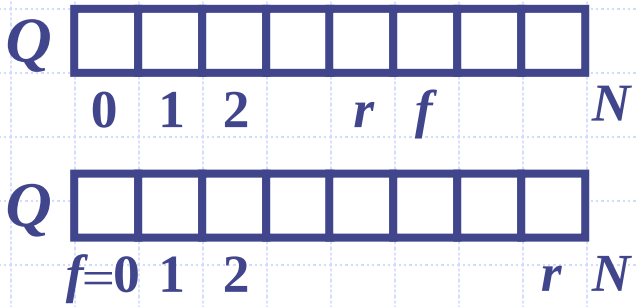
배열에 기초한 큐

- 크기 N의 배열을 **원형**으로 사용
  - 선형배열을 사용하면 비효율적임
- 두 개의 변수를 사용하여 front와 rear 위치를 기억
  - f : front 원소의 첨자
  - r : rear 원소의 첨자
- **참고:** f가 front 원소가 저장된 위치의 한 셀 앞을 가리키도록 정의하는 방식도 가능 – 단, 이에 상응하여 큐 관련 메쏘드 수정 필요
- 빈 큐를 만원 큐로부터 차별하기 위해:
  - **한 개의 빈 방**을 예비
  - **대안:** 원소 개수를 유지

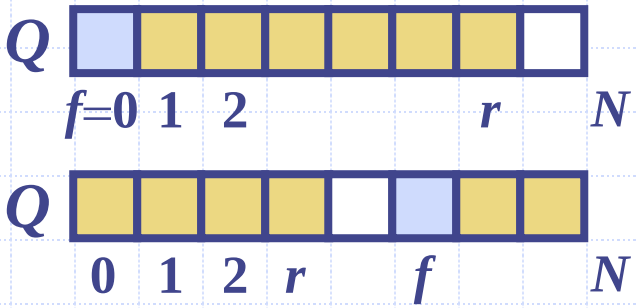


빈 큐 vs. 만원 큐

빈 큐



만원 큐



Alg ***isEmpty***()
input queue ***Q***, size ***N***, front ***f***, rear ***r***
output boolean

1. **return** (***r*** + 1) % ***N*** = ***f***

Alg ***isFull***()
input queue ***Q***, size ***N***, front ***f***, rear ***r***
output boolean

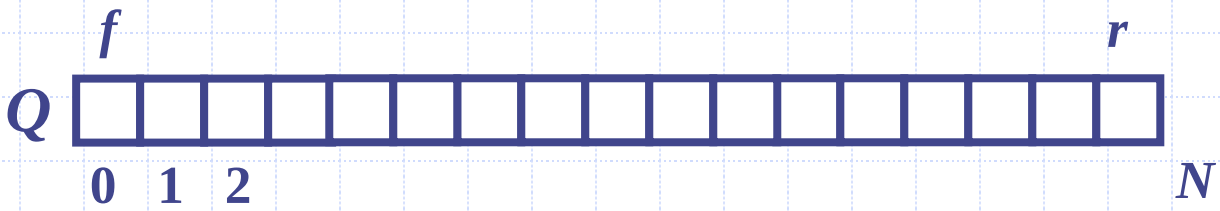
1. **return** (***r*** + 2) % ***N*** = ***f***

초기화

- 초기에는 큐에 아무 원소도 없다

Alg ***initQueue***()
input queue ***Q***, size ***N***, front ***f***, rear ***r***
output an empty queue ***Q***

1. ***f*** ← 0
2. ***r*** ← ***N*** – 1
3. **return**

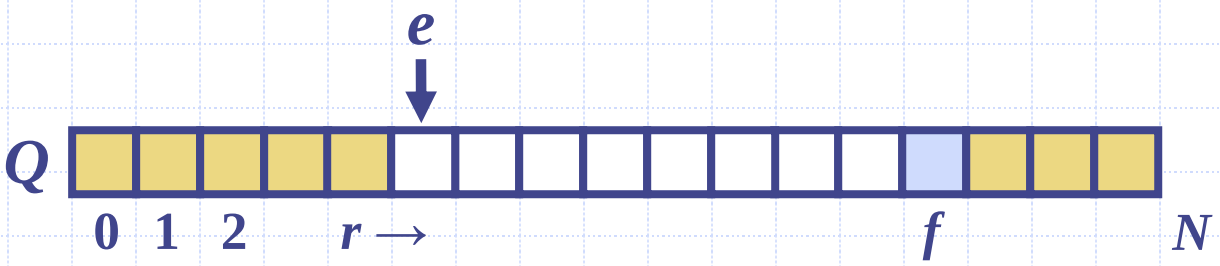


삽입

- 큐가 만원인 경우, enqueue 작업은 fullQueueException을 발령
  - 배열에 기초한 구현의 한계
  - **구현상의 오류**일 뿐, 큐 ADT 취급 상 **논리적 오류**는 아님

Alg ***enqueue*(*e*)**
  input queue ***Q***, size ***N***, front ***f***, rear ***r***, element ***e***
  output none

1. **if** (***isFull***())
   fullQueueException()
2. ***r*** ← (***r*** + 1) % ***N***
3. ***Q***[***r***] ← ***e***
4. **return**

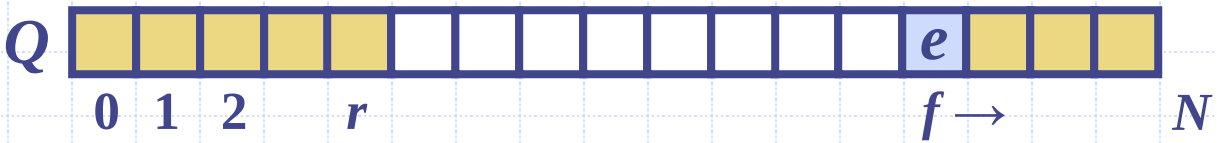


삭제

- 큐가 빈 경우, dequeue 작업은 emptyQueueException을 발령
  - 큐 ADT 취급 상 **논리적 오류**

Alg ***dequeue***()
  input queue ***Q***, size ***N***, front ***f***, rear ***r***
  output element

1. **if** (***isEmpty***())
   emptyQueueException()
2. ***e*** ← ***Q***[***f***]
3. ***f*** ← (***f*** + 1) % ***N***
4. **return** ***e***

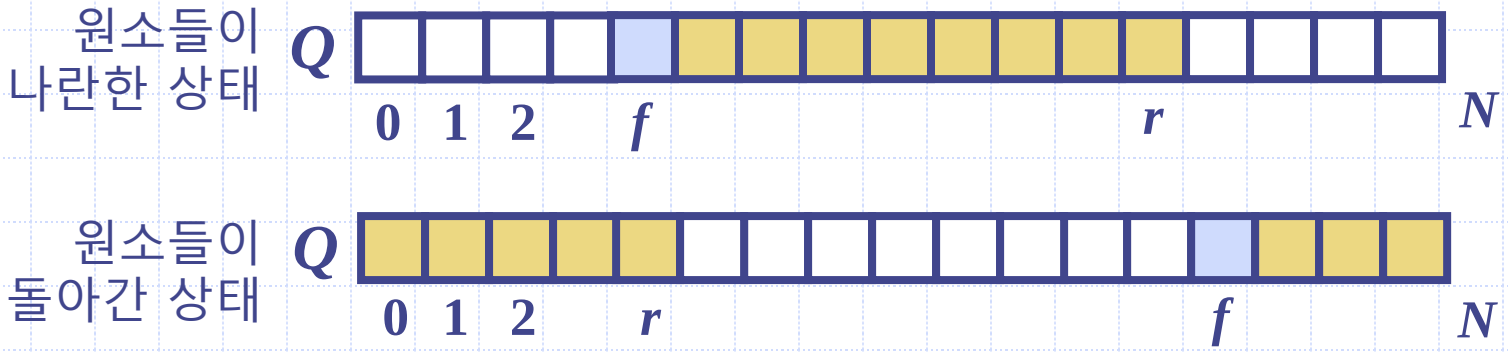


보조 메쏘드

- integer size(): 큐에 저장된 원소의 수를 반환
- element front(): 큐의 **front**에 있는 원소를 삭제하지 않고 반환

Alg ***size***()
1. **return** $(N - f + r + 1) \% N$

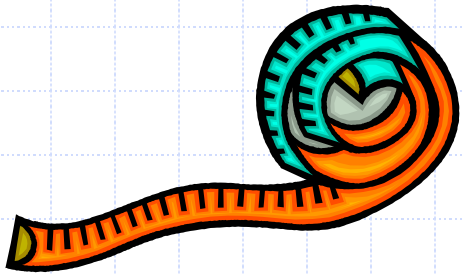
Alg ***front***()
1. **if** (***isEmpty***())
   emptyQueueException()
2. **return** $Q[f]$



성능과 제약

- 성능
  - 큐의 원소 개수를 n이라 하면,
  - 기억장소 사용: $O(n)$
  - 각 작업의 실행시간: $O(1)$
- 제약
  - 큐의 최대 크기를 예측할 수 있어야 하며 이 값은 실행 중 변경할 수 없다 (**예외:** 동적 할당)
  - 만원 큐에 새로운 원소를 enqueue 시도할 경우 구현상의 오류를 일으킨다

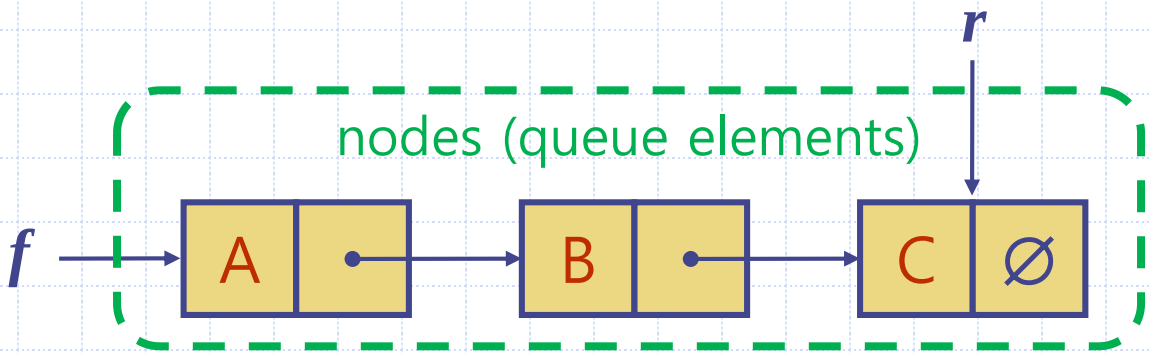
크기 기억



- 방 한 개를 예비하는 방식에 대한 **대안**
  - 변수 n을 사용하여 큐에 저장된 원소 개수를 직접 관리
  - 이렇게 하면 큐에 할당된 기억장소 남김없이 활용 가능
- 필요한 코드 변경
  - size를 단순히 현재의 n 값을 반환하도록 수정
  - isEmpty와 isFull을 n에 대한 간단한 테스트로 대체
  - initQueue, enqueue, dequeue는 n 값을 관리하도록 수정

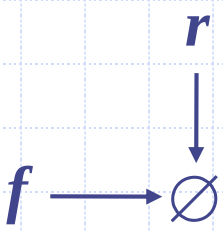
연결리스트에 기초한 큐

- **단일연결리스트**를 사용하여 큐 구현 가능
  - 삽입과 삭제가 특정위치에서만 수행되므로, **역방향링크**는 불필요 (**참고:** 스택의 경우 **헤더노드** 불필요)
- front 원소를 연결리스트의 첫 노드에, rear 원소를 끝 노드에 저장하고 f와 r로 각각의 노드를 가리키게 한다
- 기억장소 사용: $\mathbf{O}(n)$
- 큐 ADT의 각 작업: $\mathbf{O}(1)$



초기화

- 초기에는 아무 노드도 없다



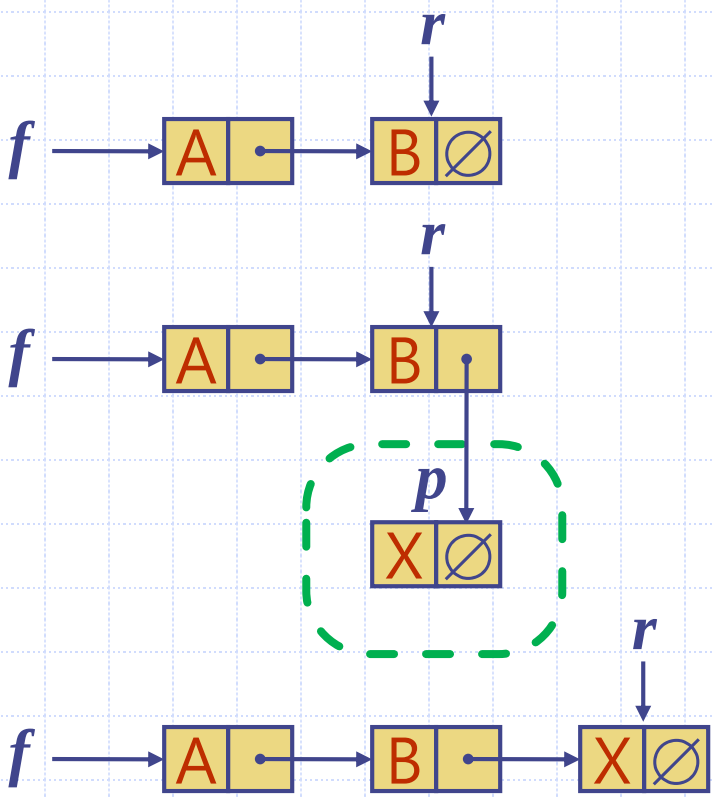
Alg ***initQueue***()
  input front ***f***, rear ***r***
  output an empty queue with
    front ***f*** and rear ***r***

1. ***f***, ***r*** ← ∅
2. **return**

Alg ***isEmpty***()
  input front ***f***, rear ***r***
  output boolean

1. **return** ***f*** = ∅ {or, ***r*** = ∅}

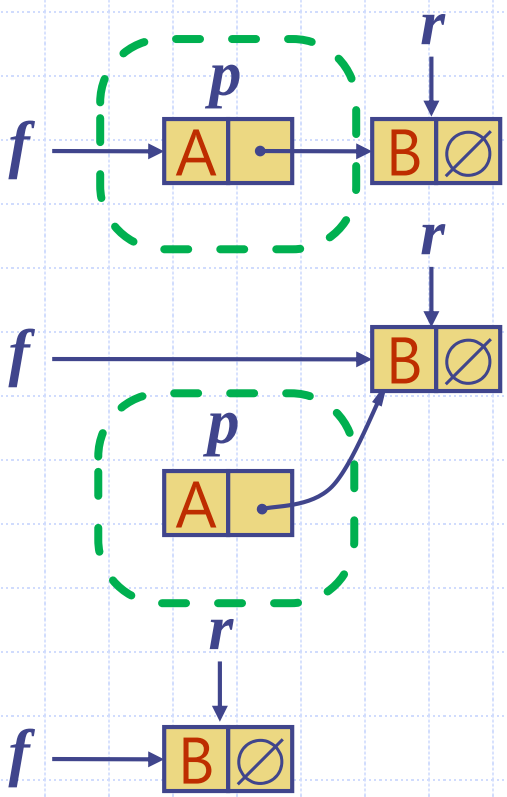
삽입



Alg ***enqueue*(*e*)**
    input front ***f***, rear ***r***, element ***e***
    output none

1. ***p*** ← ***getnode***()
2. ***p*.elem** ← ***e***
3. ***p*.next** ← ∅
4. **if** (***isEmpty***())
        f, ***r*** ← ***p***
    else
        r*.next** ← ***p
        r ← ***p***
5. **return**

삭제

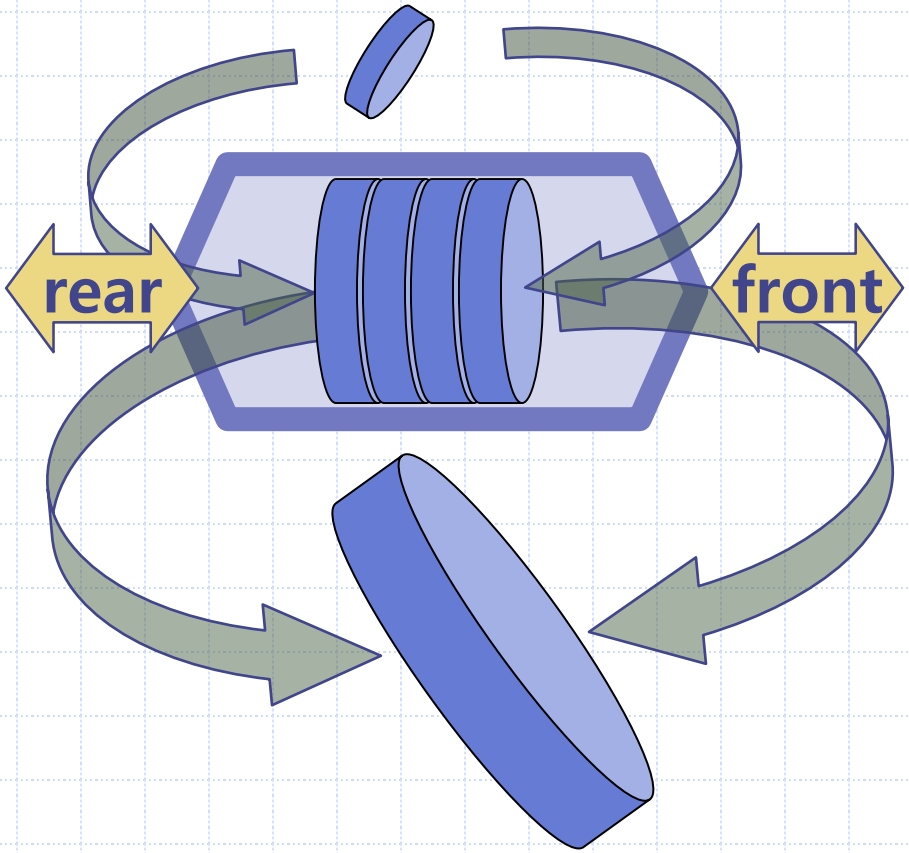


Alg ***dequeue***()
    input front ***f***, rear ***r***
    output element

1. **if** (***isEmpty***())
        emptyQueueException()
2. ***e*** ← ***f*****.elem**
3. ***p*** ← ***f***
4. ***f*** ← ***f*****.next**
5. **if** (***f*** = ∅)
        r ← ∅
6. ***putnode***(***p***)
7. **return** ***e***

데크 ADT

- 데크 ADT는 임의의 개체들을 저장
- **데크**(double-ended queue, **deque**)는 스택과 큐의 합체 방식으로 작동
- 삽입과 삭제는 **앞**(front)과 **뒤**(rear)라 불리는 양쪽 끝 위치에서 이루어진다

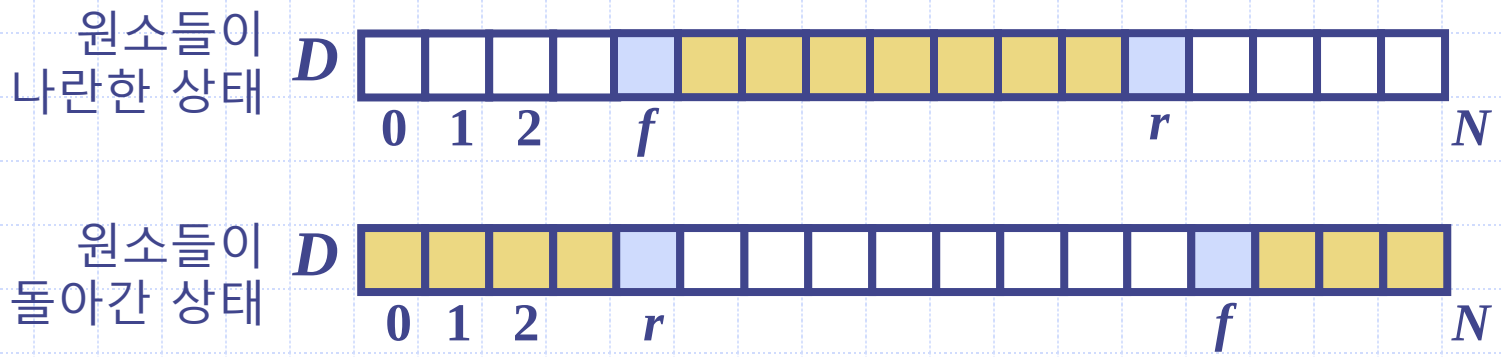


데크 ADT 메쏘드

- 주요 메쏘드
  - push(e): front 위치에 원소를 삽입
  - element pop(): front 위치의 원소를 삭제하여 반환
  - inject(e): rear 위치에 원소를 삽입
  - element eject(): rear 위치의 원소를 삭제하여 반환
- 보조 메쏘드
  - element front(): front 위치의 원소를 반환
  - element rear(): rear 위치의 원소를 반환
  - integer size(): 데크에 저장된 원소의 수를 반환
  - boolean isEmpty(): 데크가 비어 있는지 여부를 반환
- 예외
  - emptyDequeException(): 비어 있는 데크로부터 삭제를 시도할 경우 발령
  - fullDequeException(): 만원인 데크에 대해 삽입을 시도할 경우 발령

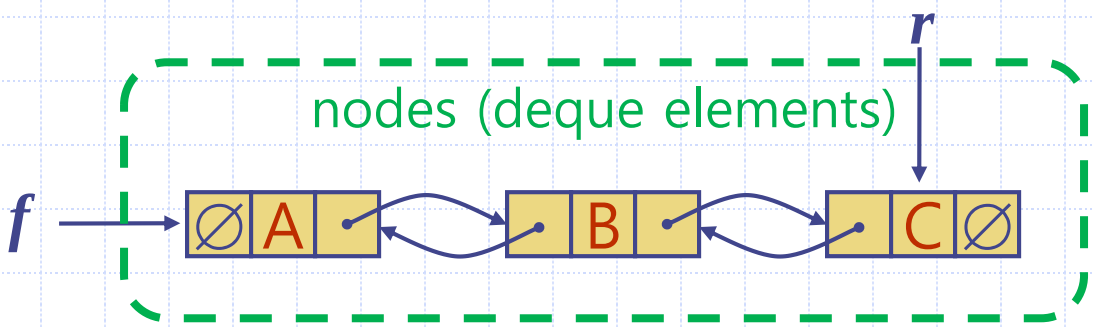
배열에 기초한 데크

- 크기 N의 배열을 **원형**으로 사용
  - 선형배열을 사용하면 비효율적
- 두 개의 변수를 사용하여 front와 rear 위치를 관리
  - f : front 원소의 첨자
  - r : rear 원소의 첨자
- 빈 큐를 만원 큐로부터 차별하기 위해:
  - **한 개의 빈 방**을 예비
  - **대안:** 원소 개수를 기억



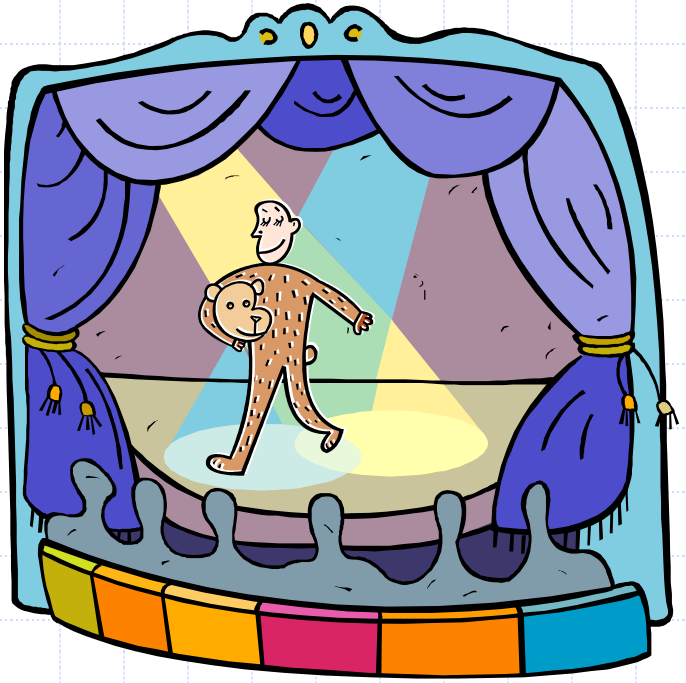
연결리스트에 기초한 데크

- **이중연결리스트**를 사용하여 데크 구현 가능
  - 삽입과 삭제가 특정위치에서만 수행되므로, 특별노드는 불필요
- front 원소를 연결리스트의 첫 노드에, rear 원소를 끝 노드에 저장하고 각각의 노드를 f와 r로 가리키게 한다
- 기억장소 사용은 $\mathbf{O}(n)$이며, 데크 ADT의 각 작업은 $\mathbf{O}(1)$ 시간에 수행



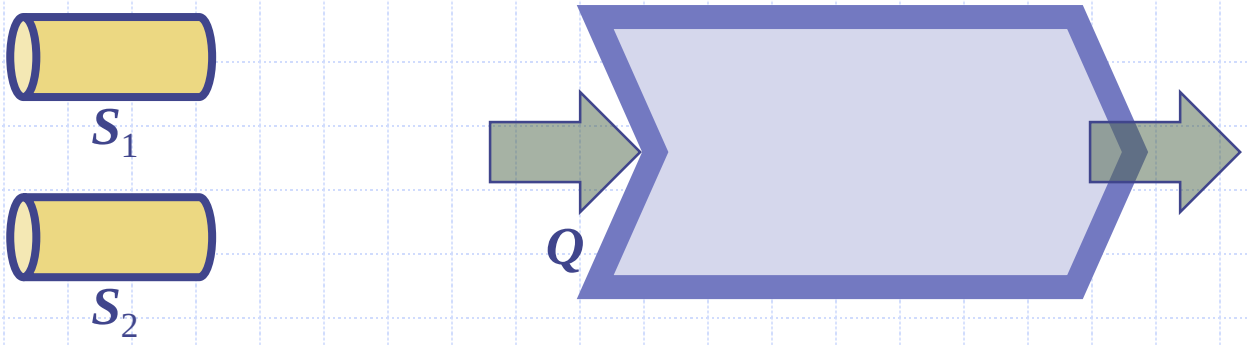
응용문제

- 두 개의 흥미로운 설계 문제를 통해 어떻게 **스택**과 **큐**가 서로를 위한 보조 데이터구조로 각각 사용되는지 공부한다
- 설계 문제
  - 두 개의 스택으로 큐 만들기
  - 두 개의 큐로 스택 만들기



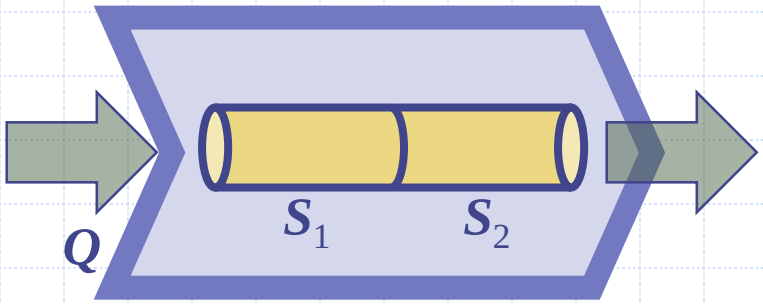
응용문제: 두 개의 스택으로 큐 만들기

- 두 개의 **일반 스택**을 이용하여 어떻게 큐 ADT를 구현할지 설명하라
- **전제:** 주어진 스택들은 isEmpty, top, push, pop 등의 기본 메쏘드들을 상수시간에 수행(size 메쏘드는 지원하지 않음)
- **주의:** 큐 ADT에는 중복 원소들의 저장이 가능

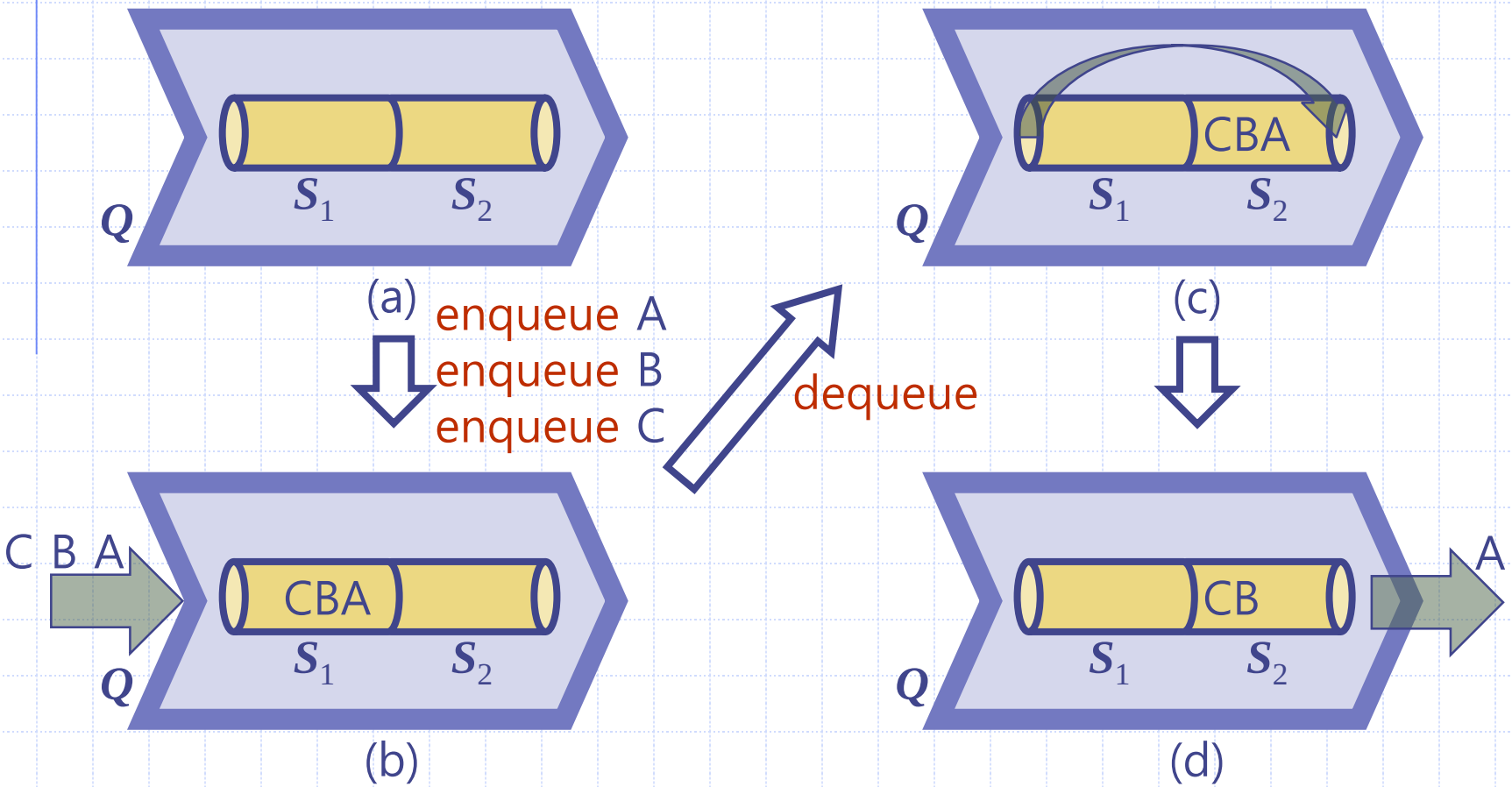


해결: 합동스택

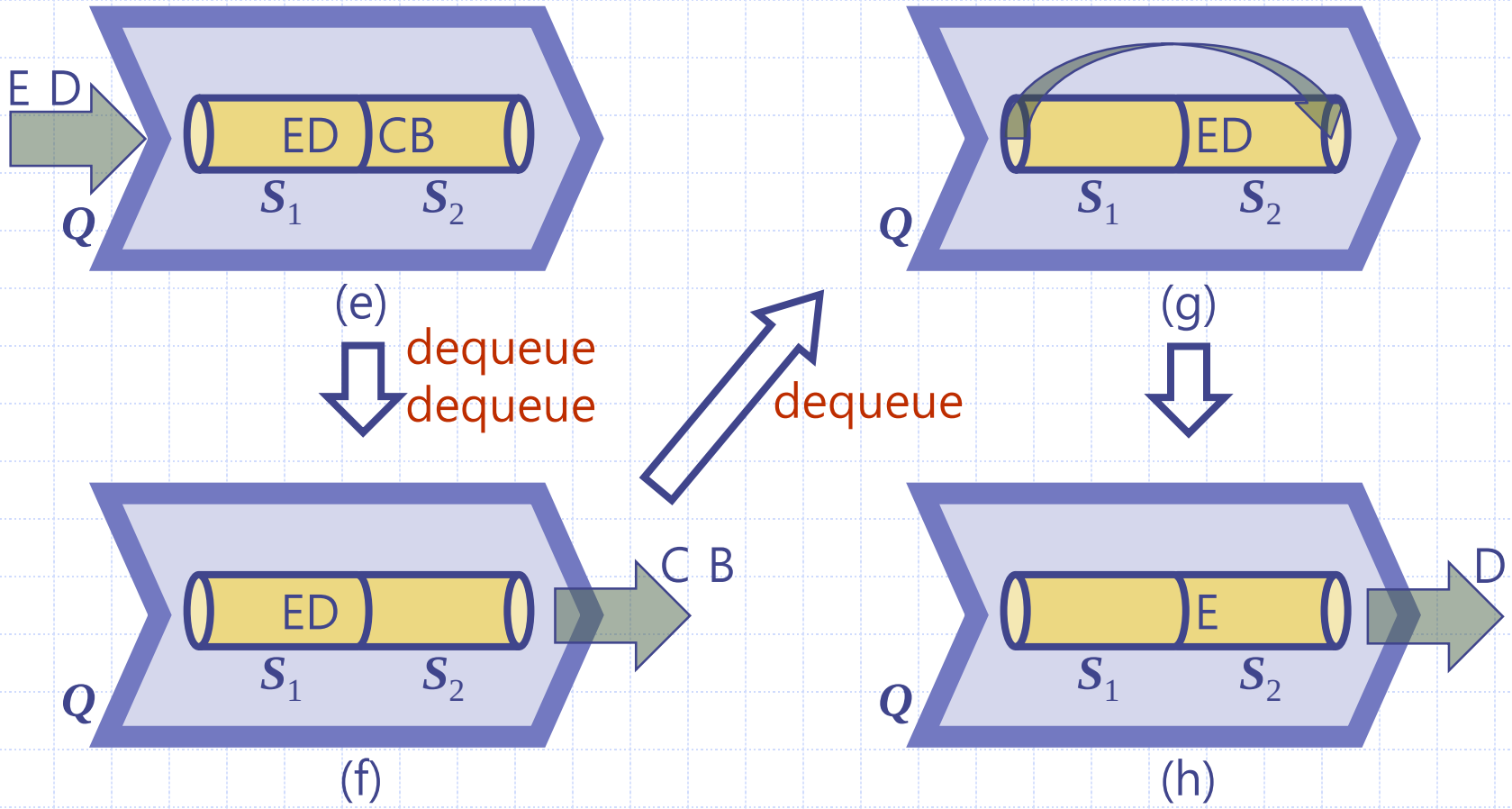
- 각각의 스택을 S_1 및 S_2라고 하면,
  - S_1을 enqueue 작업에,
  - S_2를 dequeue 작업에 사용
- 실행시간
  - enqueue: $O(1)$ 시간
  - dequeue: $O(1)$ 시간: **상각실행시간**(amortized running time)



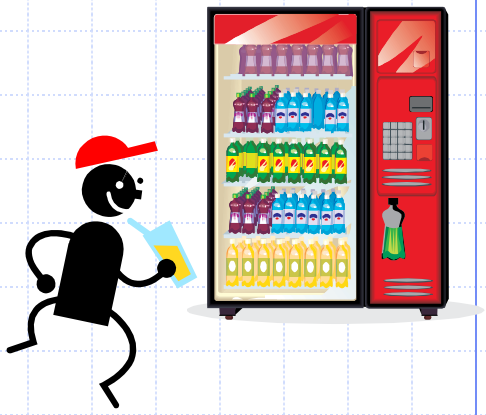
해결: 합동스택 수행 예


Q
S_1
S_2
(a)
enqueue A
enqueue B
enqueue C
CBA
(c)
dequeue
C B A
CBA
(b)
CB
A
(d)

해결: 합동스택 수행 예 (conti.)



삭제에 소요되는 시간: 종합실행시간 분석

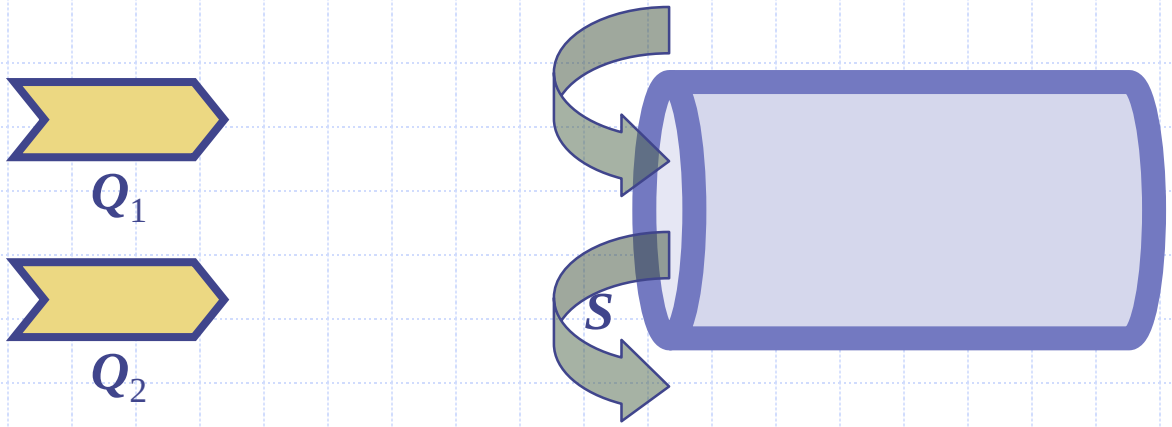


- **자판기**에서 캔을 뽑는데 걸리는 시간
  - **평상시:** $O(1)$ 시간
  - **최악:** $O(n)$ 시간(리필 작업)
- **종합분석**(aggregate analysis)
  - n회의 작업에 소요되는 총 시간을 구하고,
  - 이를 작업 수 n으로 나누어 1회 작업에 소요되는 시간을 구함: **상각실행시간**(amortized running time)
- 자판기 경우
  - $n + 1$회의 작업에 소요되는 총 시간

    $= (n + 1) \cdot O(1) + O(n) = O(n)$
  - $O(n)$을 $n + 1$로 나누면 $O(1)$ 상각실행시간
- 합동스택으로 구현된 **큐 ADT** 경우
  - n회의 삭제 작업에 소요되는 총 시간 $= O(n) + O(n) = O(n)$
  - $O(n)$을 n으로 나누면 $O(1)$ 상각실행시간

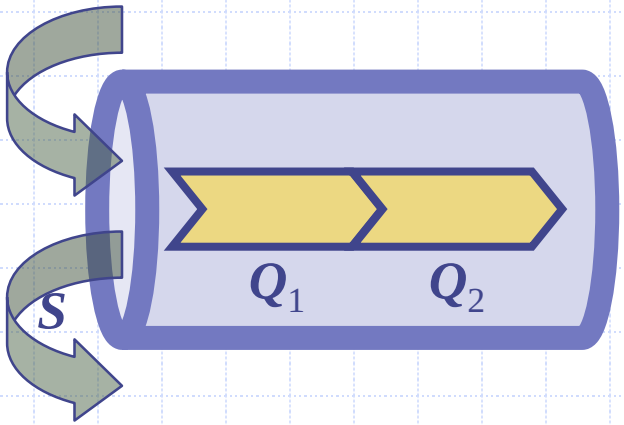
응용문제: 두 개의 큐로 스택 만들기

- 두 개의 **일반 큐**를 이용하여 어떻게 스택 ADT를 구현할지 설명하라
- **전제:** 주어진 큐들은 isEmpty, front, enqueue, dequeue 등의 기본 메쏘드들을 상수시간에 수행 (size 메쏘드는 지원하지 않음)
- **주의:** 스택 ADT에는 중복 원소들의 저장이 가능

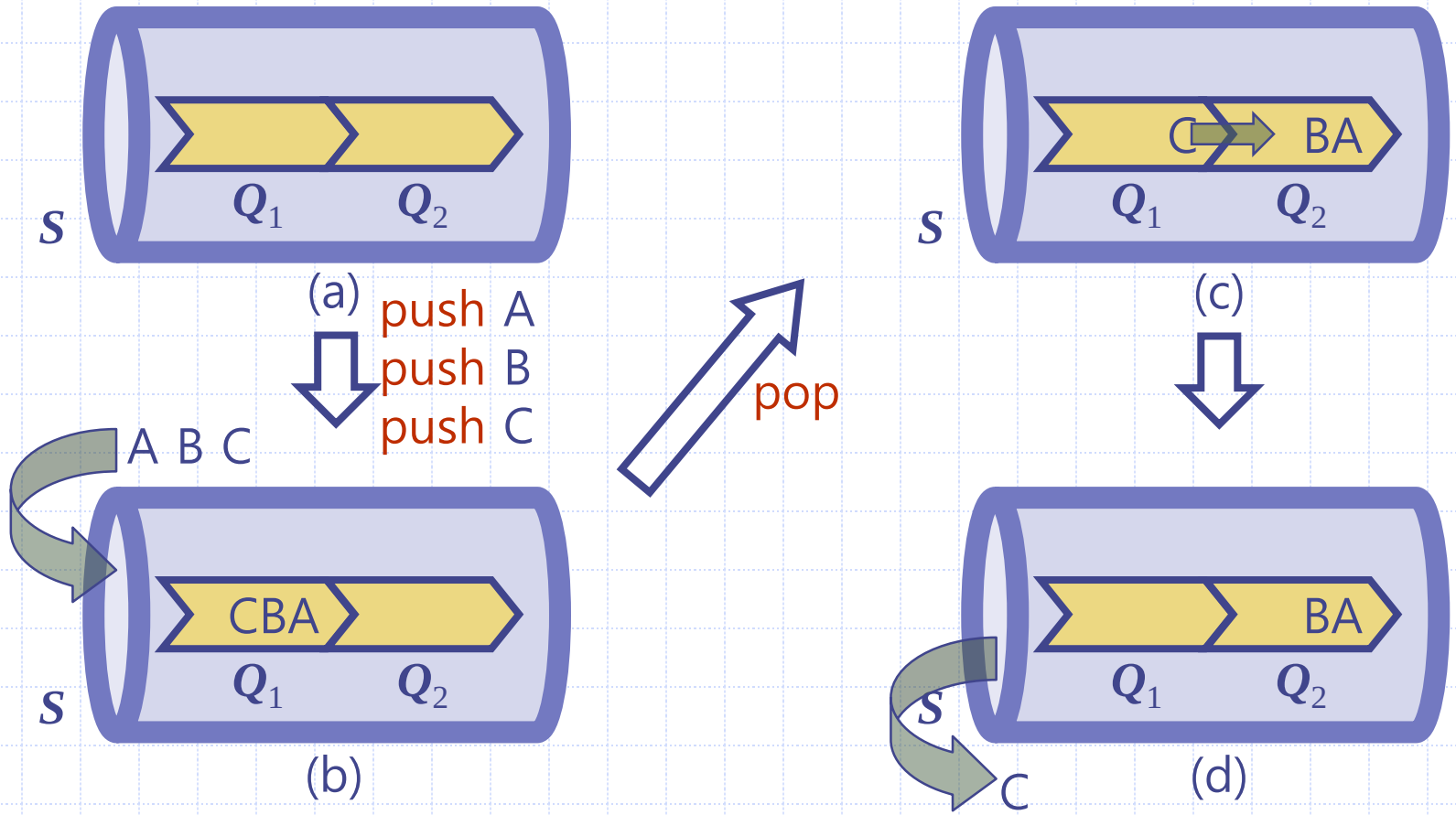


해결: 합동큐

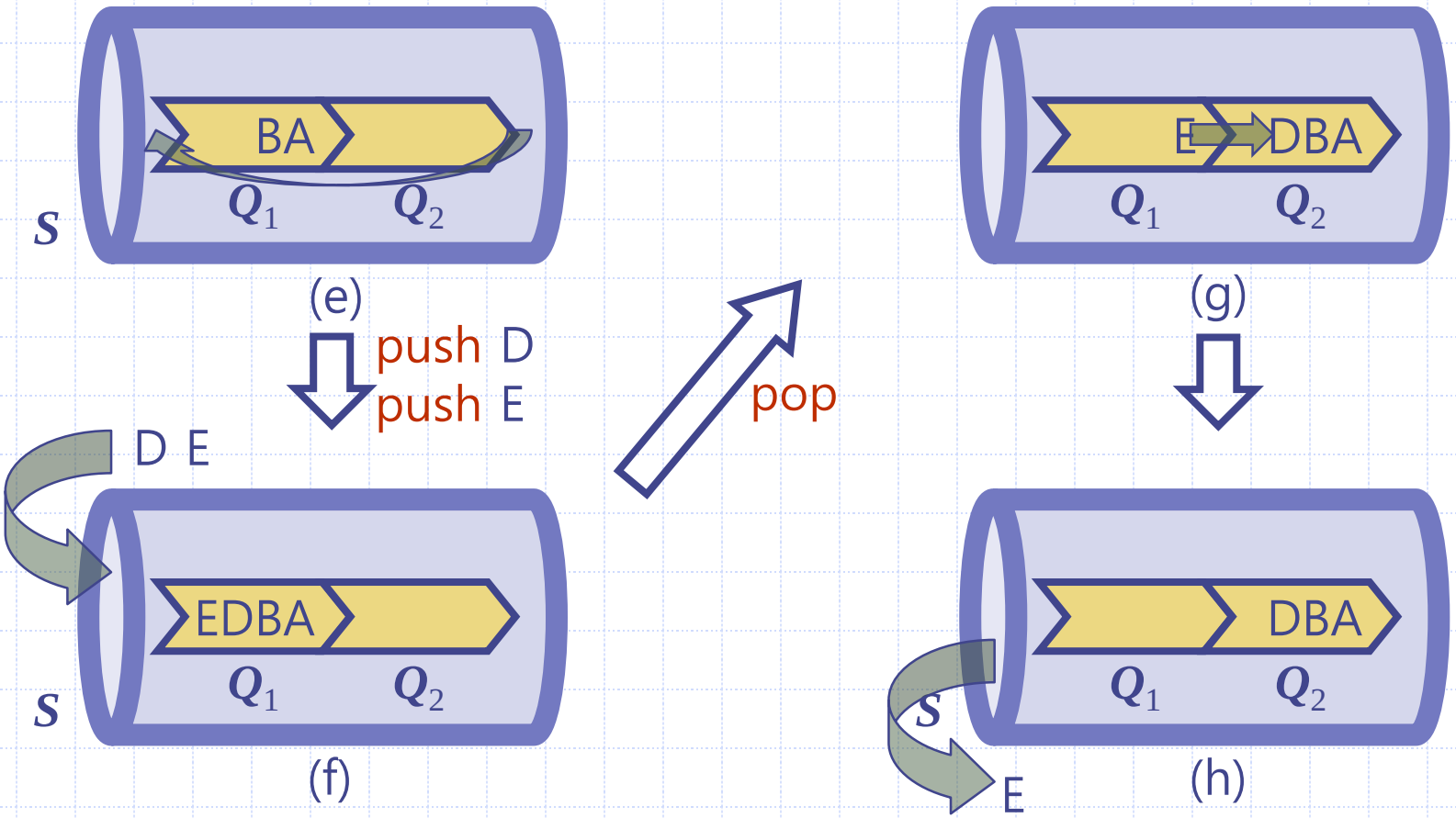
- 각각의 큐를 Q_1 및 Q_2라고 하면,
  - Q_1을 push 작업에,
  - Q_2를 pop 작업에 사용
- 실행시간
  - push: $O(1)$ 시간
  - pop: $O(n)$ 시간



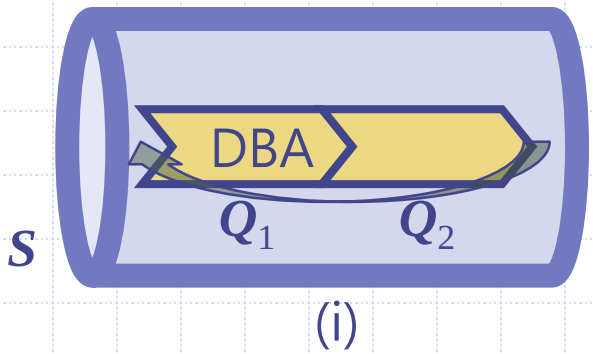
해결: 합동큐 수행 예



해결: 합동큐 수행 예


BA
Q_1
Q_2
S
(e)
push D
push E
pop
E
DBA
Q_1
Q_2
(g)
D E
EDBA
Q_1
Q_2
S
(f)
DBA
Q_1
Q_2
S
E
(h)

해결: 합동큐 수행 예 (conti.)



(i)