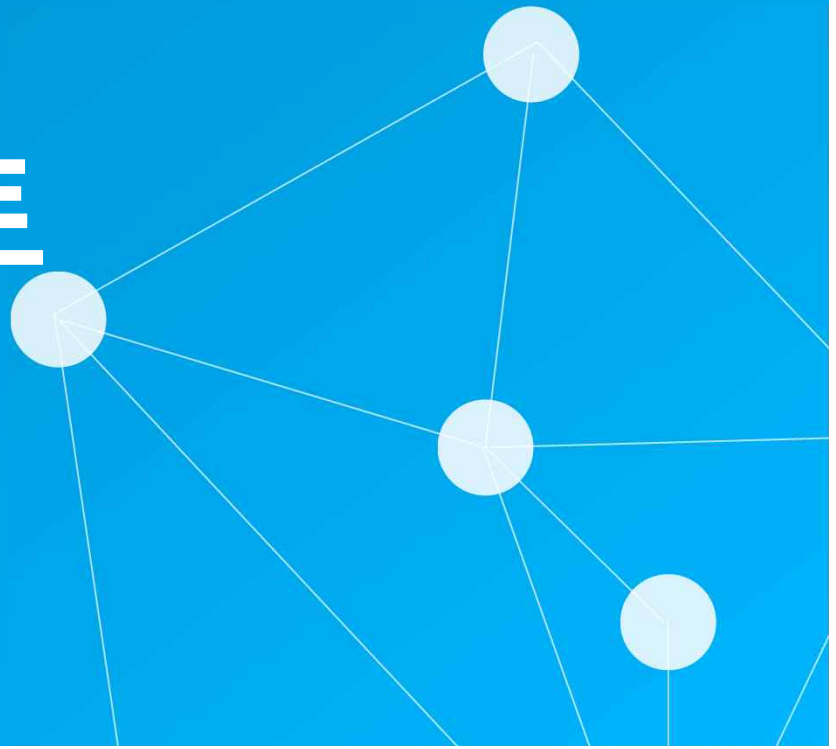
4주차

자료구조/알고리즘

리스트

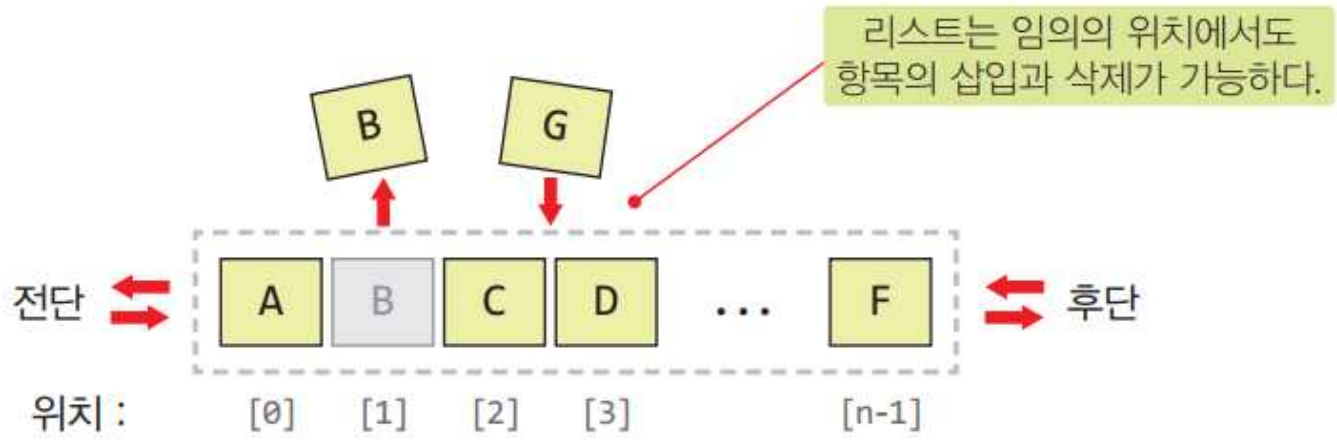


리스트

- 일반적인 리스트(List)는 일련의 동일한 타입의 항목(item)들
- 실생활의 예: 학생 명단, 시험 성적, 서점의 신간 서적, 상점의 판매 품목, 실시간 급상승 검색어, 버킷 리스트 등
- 일반적인 리스트의 구현:
  - 1차원 파이썬 리스트(list)
  - 단순연결리스트
  - 이중연결리스트
  - 원형연결리스트

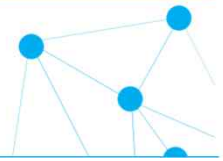
리스트의 구조

- 리스트
  - 항목들이 순서대로 나열되어 있고, 각 항목들 은 위치를 갖는다.

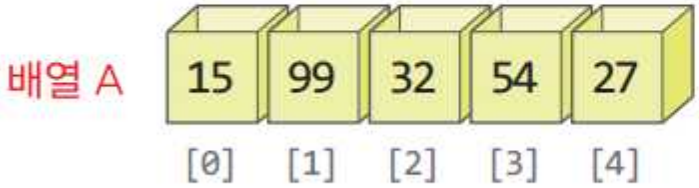


- Stack, Queue, Deque과의 차이점
  - 자료의 접근 위치

리스트 구현 방법

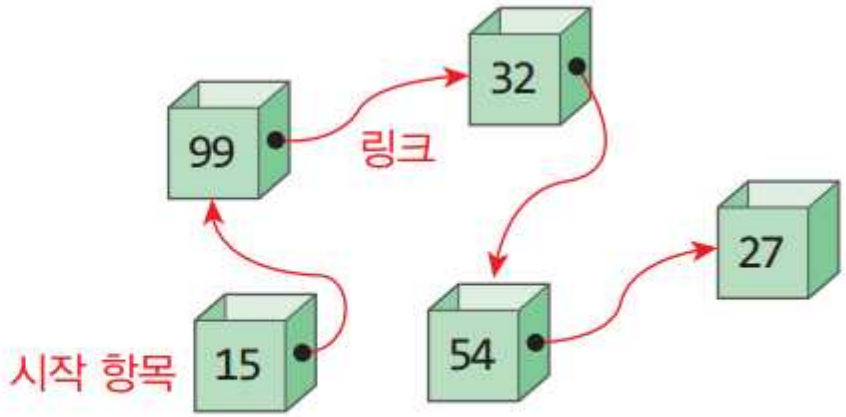


- 배열 구조
  - 구현이 간단
  - 항목 접근이 $O(1)$
  - 삽입, 삭제시 오버헤드
  - 항목의 개수 제한



배열 구조의 리스트

- 연결된 구조
  - 구현이 복잡
  - 항목 접근이 $O(n)$
  - 삽입, 삭제가 효율적
  - 크기가 제한되지 않음



연결된 구조의 리스트

리스트 용어 정리

파이썬 리스트	C언어에서의 배열이 진화된 형태의 스마트한 배열이다. 배열 또는 배열 구조의 의미로 사용한다. 어떤 자료구조를 구현하기 위한 하나의 방법으로 사용한다.
연결 리스트	자료들이 일렬로 나열할 수 있는 연결된 구조를 말한다. 배열 구조(파이썬의 리스트)에 대응되는 의미로 사용한다.
자료구조 리스트	자료구조 리스트를 의미한다. 구현하기 위해 배열구조(파이썬의 리스트)나 연결된 구조(연결 리스트)를 사용할 것이다.

파이썬 리스트

- 리스트 선언

```
A = [ 1, 2, 3, 4, 5 ]                    # 파이썬 리스트 A
```

  - C 언어의 배열 선언

```
int A[5] = { 1, 2, 3, 4, 5 };            // 정수 배열 A선언 및 초기화
```

- 항목의 수

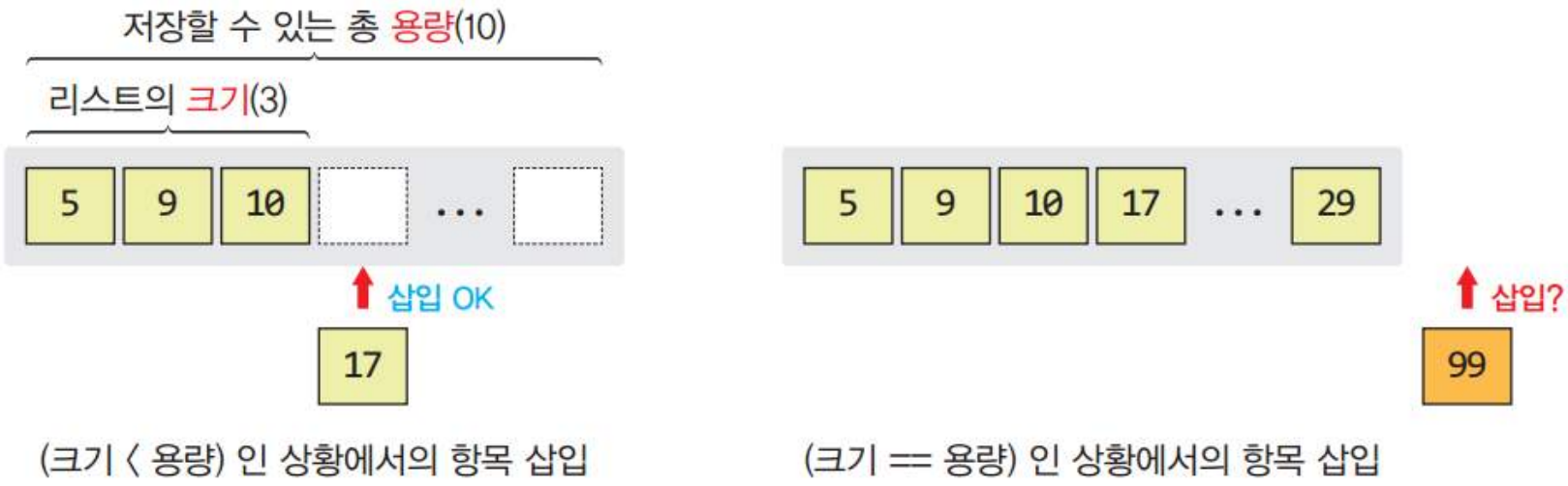
```
print('파이썬 리스트 A의 크기는 ', len(A))        # A의 크기(항목 수) 출력
```

- 항목 추가: 용량을 늘릴 수 있다.

```
A.append(6)                              # A = [1, 2, 3, 4, 5, 6]
A.append(7)                              # A = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]
A.insert(0, 0)                           # A = [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]
```

파이썬 리스트는 동적 배열로 구현되었다

- 필요한 양보다 넉넉한 크기의 메모리를 사용!



(크기 < 용량) 인 상황에서의 항목 삽입

(크기 == 용량) 인 상황에서의 항목 삽입

- 남은 공간이 없으면 어떻게 삽입할까?

동적 배열 구조에서의 용량 증가 과정

Step1: 용량을 확장한 새로운 배열 할당. (예: 기존 배열 용량의 2배)

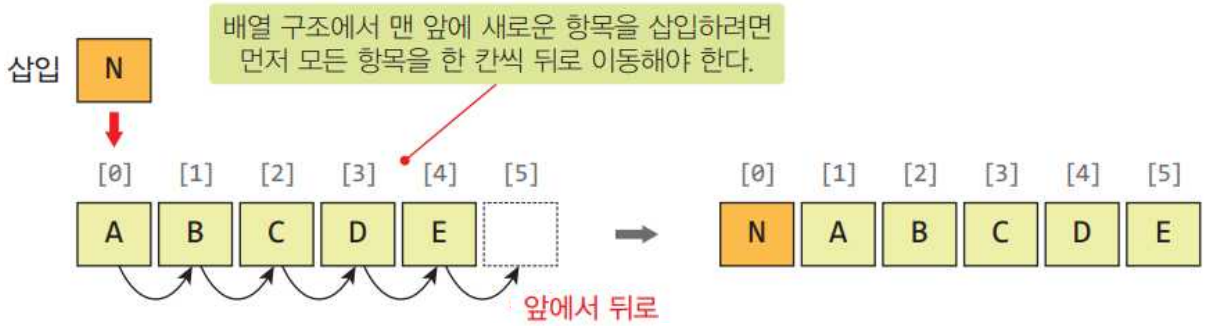
Step2: 기존의 배열을 새로운 배열에 복사

Step3: 항목을 삽입

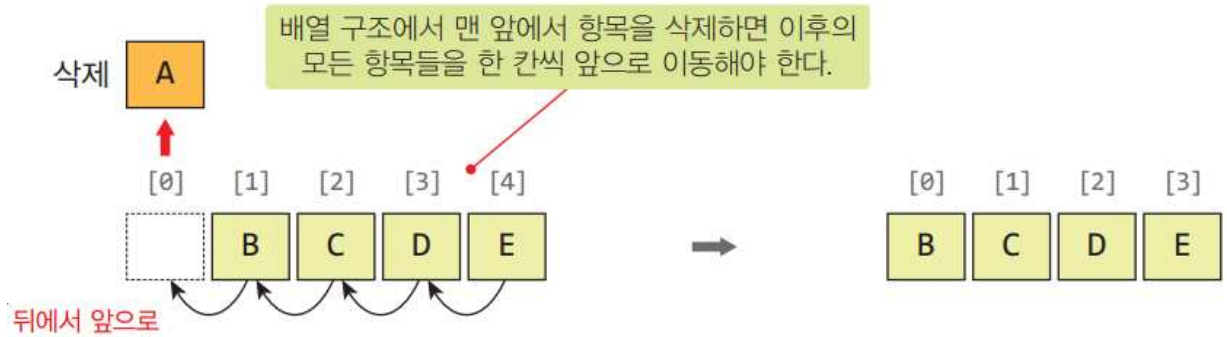
Step4: 기존 배열 해제, 리스트로 새 배열 사용

파이썬 리스트의 시간 복잡도

- append(e)연산: 대부분의 경우 $O(1)$
- insert(pos, e)연산: $O(n)$

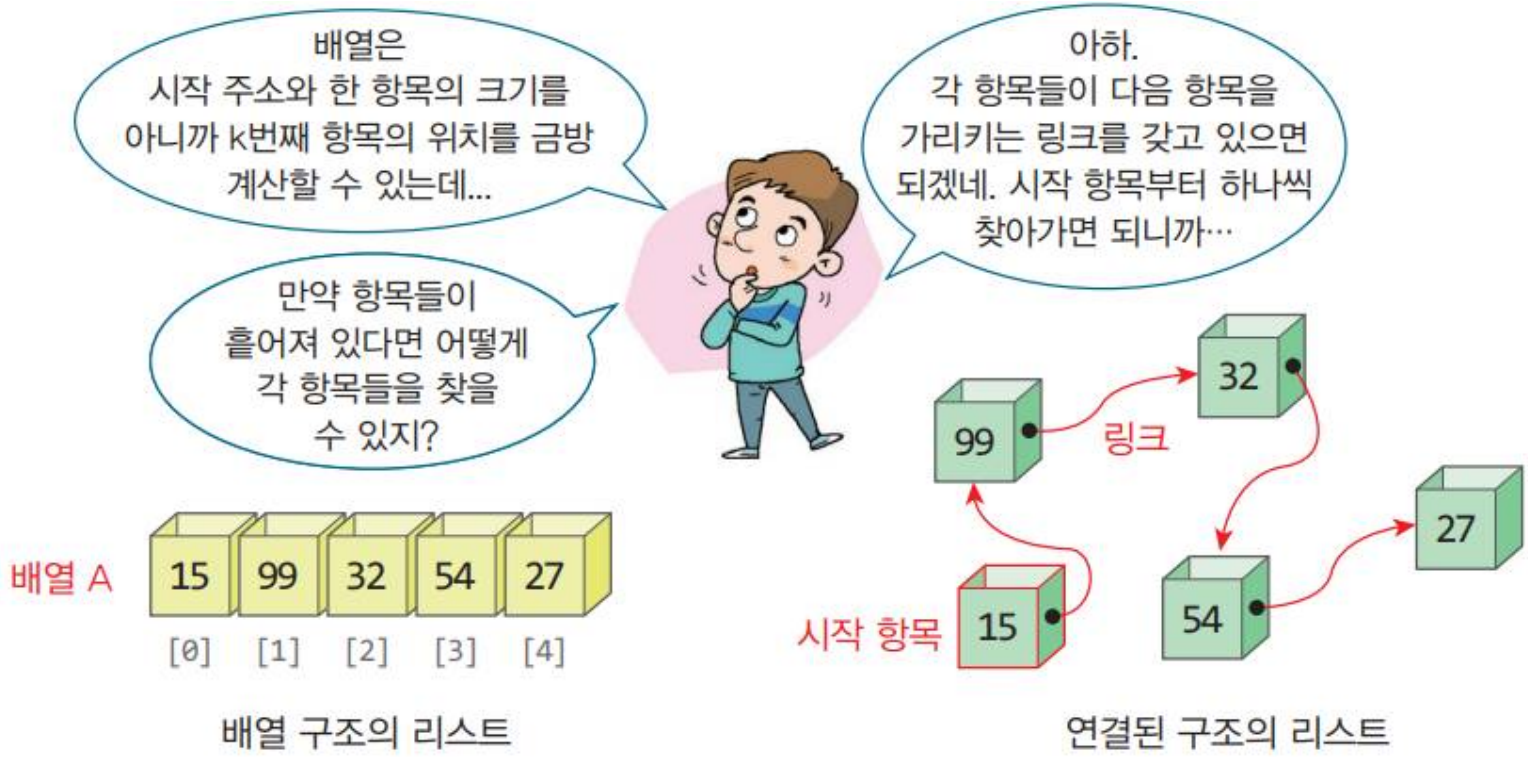


- pop(pos)연산: $O(n)$



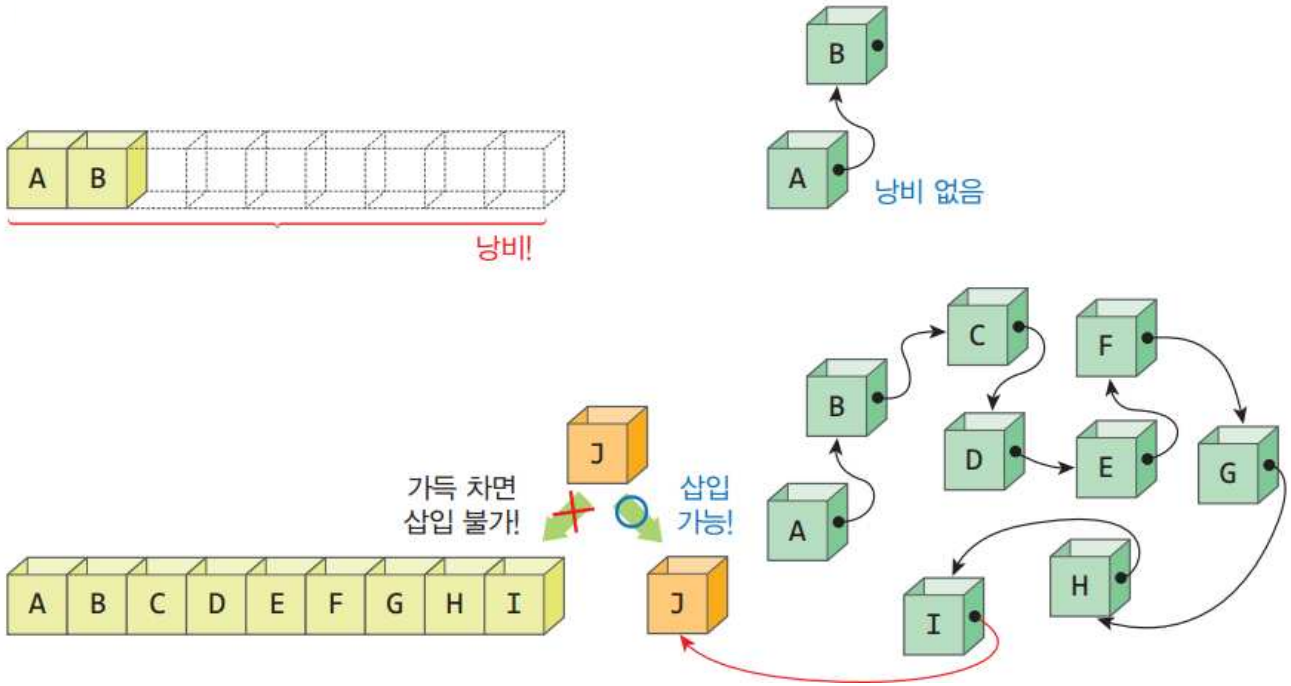
연결된 구조란?

- 연결된 구조는 흩어진 데이터를 링크로 연결해서 관리



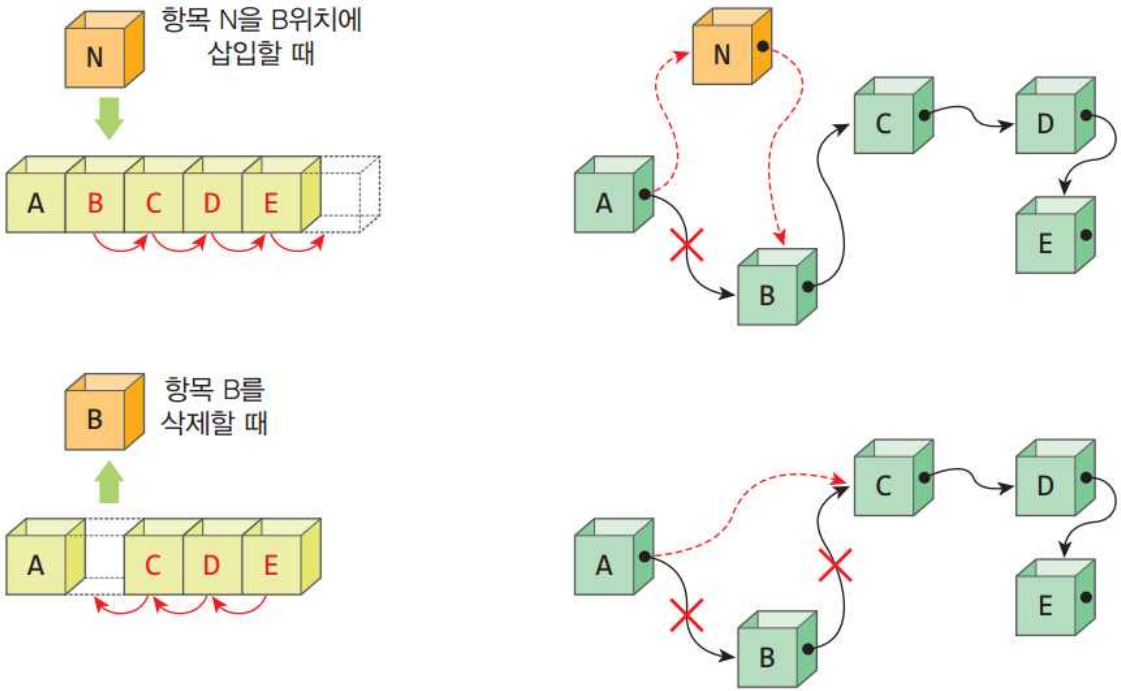
연결된 구조의 특징

- 용량이 고정되지 않음.



연결된 구조의 특징

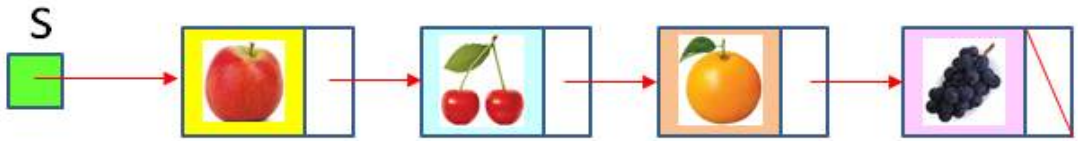
- 중간에 자료를 삽입하거나 삭제하는 것이 용이



- n번째 항목에 접근하는데 $O(n)$의 시간이 걸림.

2.1 단순연결리스트

- 단순연결리스트(Singly Linked List)는 동적 메모리 할당을 이용해 리스트를 구현하는 가장 간단한 형태의 자료구조
- 동적 메모리 할당을 받아 노드(node)를 저장하고, 노드는 레퍼런스를 이용하여 다음 노드를 가리키도록 만들어 노드들을 한 줄로 연결시킴



- 연결리스트에서는 삽입이나 삭제 시 항목들의 이동이 필요 없음
- 배열(자바, C, C++언어)의 경우 최초에 배열의 크기를 예측하여 결정해야 하므로 대부분의 경우 배열에 빈 공간을 가지고 있으나, 연결리스트는 빈 공간이 존재하지 않음
- 연결리스트에서는 항목을 탐색하려면 항상 첫 노드부터 원하는 노드를 찾을 때까지 차례로 방문하는 순차탐색(Sequential Search)을 해야 함

단순연결리스트를 위한 SList 클래스

```
01 class SList:
02     class Node:
03         def __init__(self, item, link):
04             self.item = item
05             self.next = link
06
07     def __init__(self):
08         self.head = None
09         self.size = 0
10
11     def size(self): return self.size
12     def is_empty(self): return self.size == 0
13
14     def insert_front(self, item):
15         if self.is_empty():
16             self.head = self.Node(item, None)
17         else:
18             self.head = self.Node(item, self.head)
19         self.size += 1
20
```

노드 생성자
항목과 다음 노드 레퍼런스

단순연결리스트 생성자
head와 항목 수(size)로 구성

empty인 경우

head가 새 노드 참조

```
21      def insert_after(self, item, p):
22          p.next = SList.Node(item, p.next)
23          self.size += 1
24
25      def delete_front(self):
26          if self.is_empty():
27              raise EmptyError('Underflow')
28          else:
29              self.head = self.head.next
30              self.size -= 1
31
32      def delete_after(self, p):
33          if self.is_empty():
34              raise EmptyError('Underflow')
35          t = p.next
36          p.next = t.next
37          self.size -= 1
38
```

새 노드가 p 다음 노드가 됨

empty인 경우 에러 처리

head가 둘째 노드를 참조

empty인 경우 에러 처리

p 다음 노드를 건너뛰어 연결

```
39      def search(self, target):
40          p = self.head
41          for k in range(self.size):
42              if target == p.item: return k
43              p = p.next
44          return None
45
46      def print_list(self):
47          p = self.head
48          while p:
49              if p.next != None:
50                  print(p.item, ' -> ', end='')
51              else:
52                  print(p.item)
53              p = p.next
54
55  class EmptyError(Exception):
56      pass
```

head로부터 순차탐색

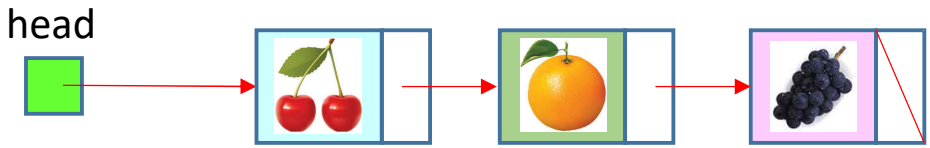
탐색 성공

탐색 실패

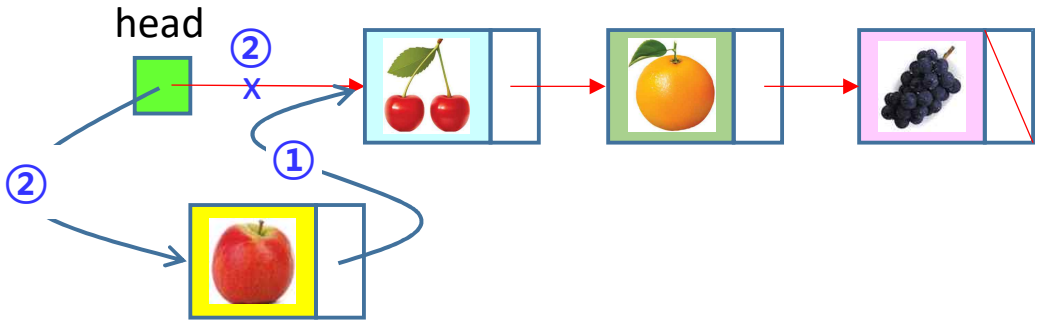
노드들을 순차탐색

underflow 시 에러 처리

[프로그램 2-1] slist.py



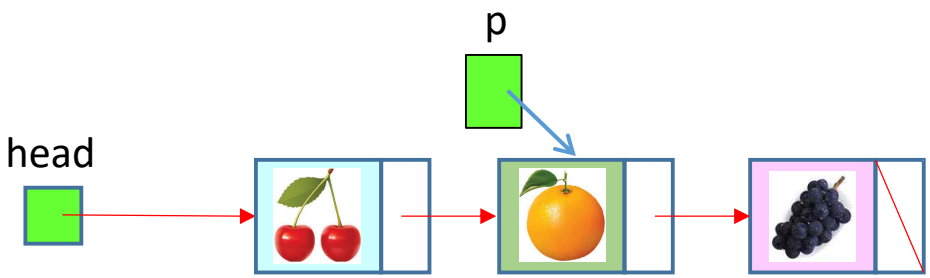
(a) 새 노드 삽입 전



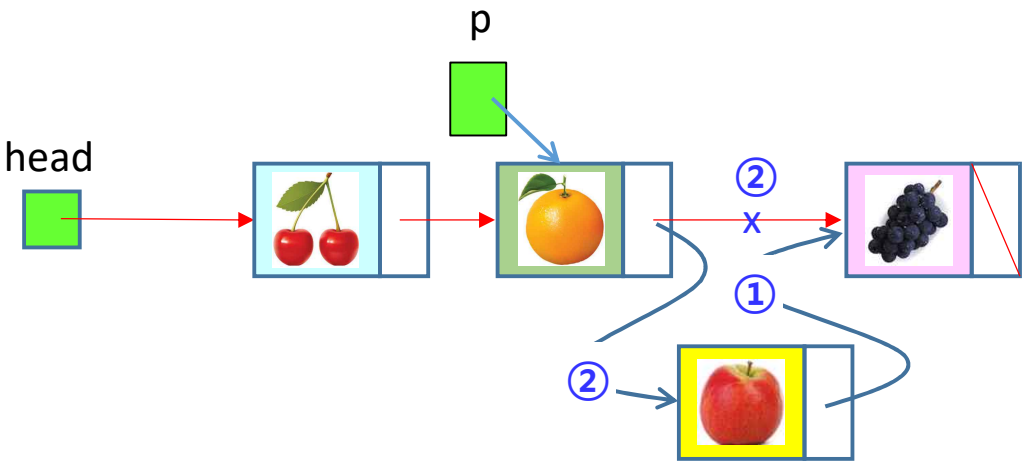

```
18   self.head = self.Node(item, self.head)
```

(b) 새 노드 삽입 후

[그림 2-2] insert_front() 함수



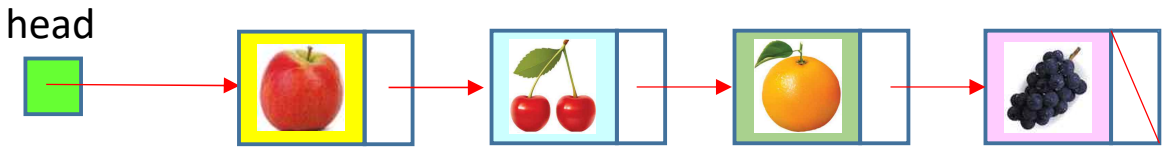
(a) 새 노드 삽입 전



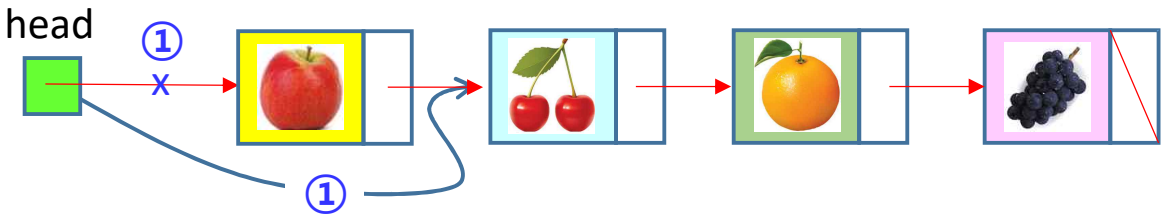

```
22 p.next = SList.Node(item, p.next)
```

(b) 새 노드 삽입 후

[그림 2-3] insert_after() 함수



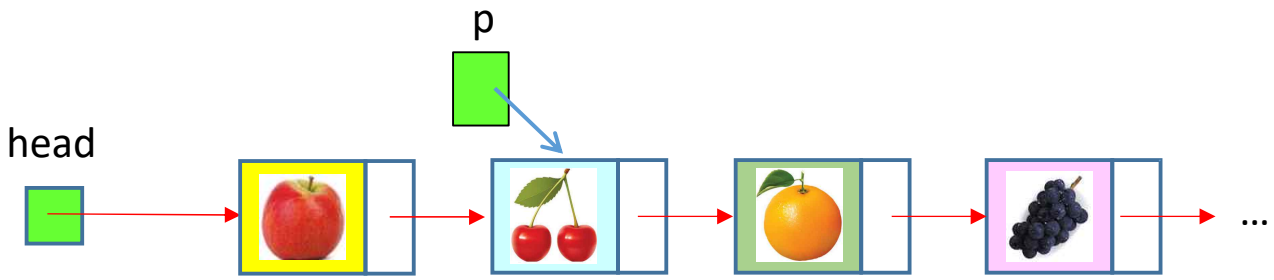
(a) 첫 노드 삭제 전



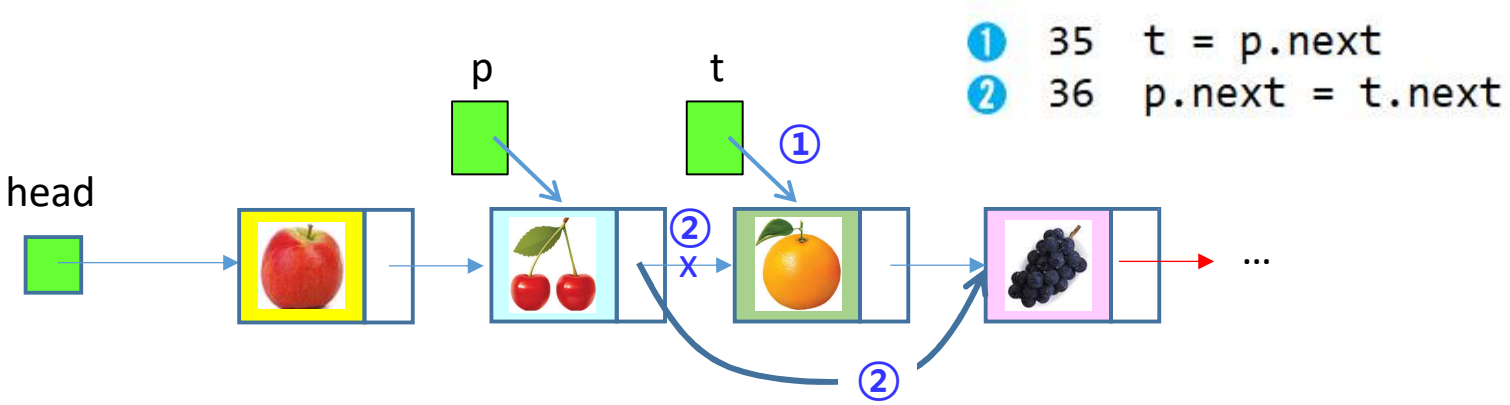

```
29   self.head = self.head.next
                 ❶
```

(b) 첫 노드 삭제 후

[그림 2-4] delete_front() 함수

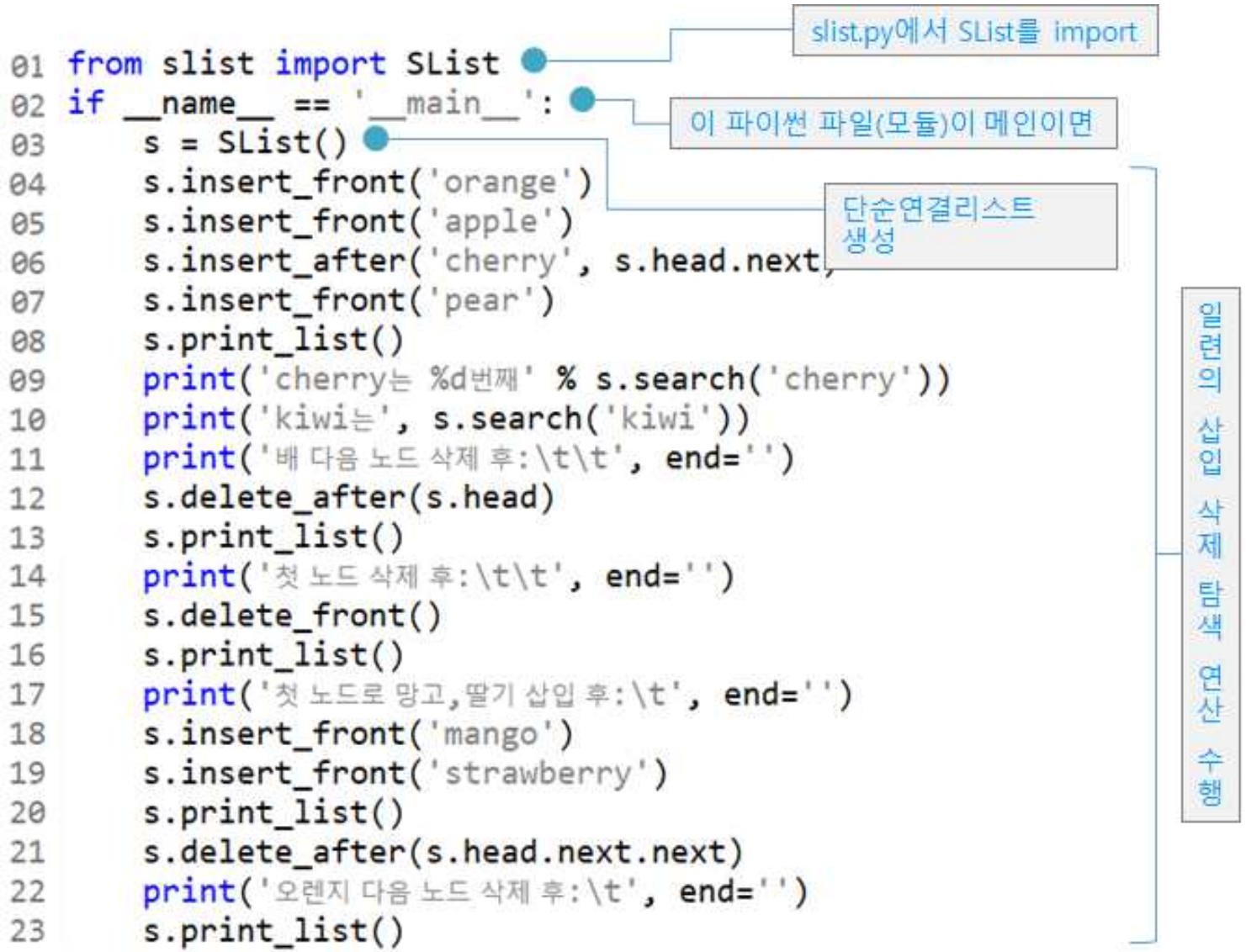


(a) 노드 삭제 전



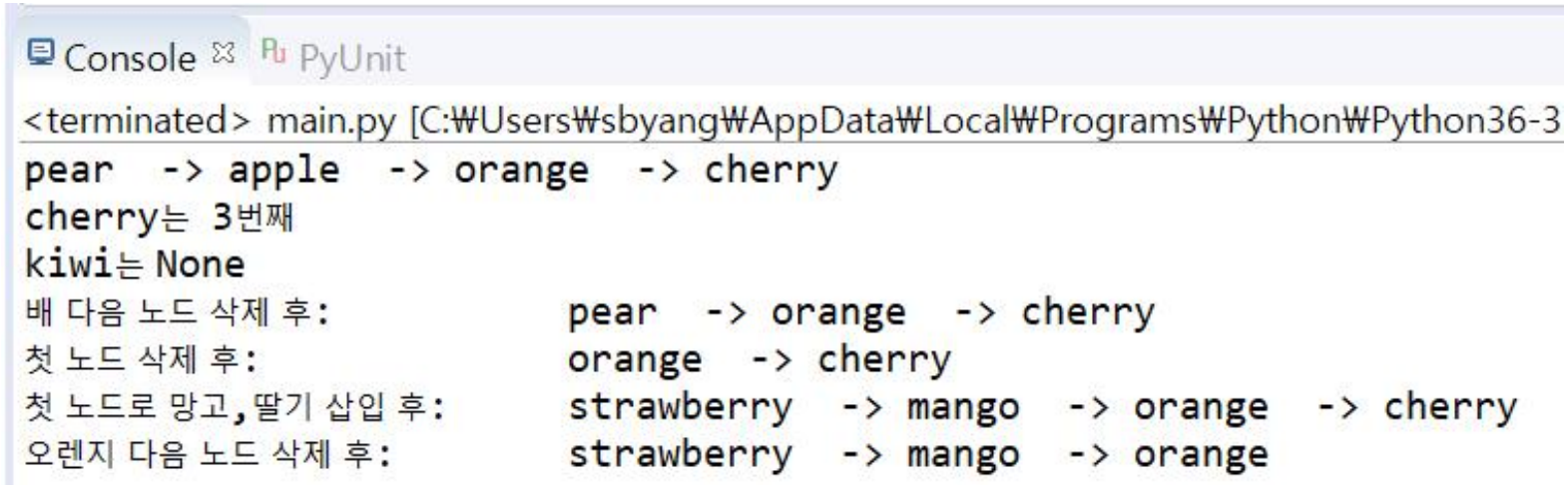
(b) 노드 삭제 후

[그림 2-5] delete_after() 함수




```
01 from slist import SList
02 if __name__ == '__main__':
03     s = SList()
04     s.insert_front('orange')
05     s.insert_front('apple')
06     s.insert_after('cherry', s.head.next)
07     s.insert_front('pear')
08     s.print_list()
09     print('cherry는 %d번째' % s.search('cherry'))
10     print('kiwi는', s.search('kiwi'))
11     print('배 다음 노드 삭제 후:\t\t', end='')
12     s.delete_after(s.head)
13     s.print_list()
14     print('첫 노드 삭제 후:\t\t', end='')
15     s.delete_front()
16     s.print_list()
17     print('첫 노드로 망고,딸기 삽입 후:\t', end='')
18     s.insert_front('mango')
19     s.insert_front('strawberry')
20     s.print_list()
21     s.delete_after(s.head.next.next)
22     print('오렌지 다음 노드 삭제 후:\t', end='')
23     s.print_list()
```

[프로그램 2-2] main.py



[프로그램 2-1, 2]의 수행 결과

Applications

- 단순연결리스트는 매우 광범위하게 활용되는데, 그 중에 스택과 큐 자료구조
- 해싱의 체이닝(Chaining)에 사용
- 트리도 단순연결리스트의 개념을 확장시킨 자료구조

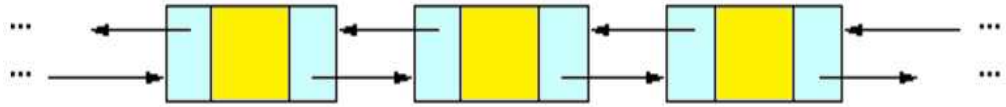
수행시간

- search()는 탐색을 위해 연결리스트의 노드들을 첫 노드부터 순차적으로 방문해야 하므로 O(N) 시간 소요
- 삽입이나 삭제 연산은 각각 O(1) 개의 레퍼런스만을 갱신하므로 O(1) 시간 소요

  단, insert_after()나 delete_after()의 경우에 특정 노드 p의 레퍼런스가 주어지지 않으면 head로부터 p를 찾기 위해 search()를 수행해야 하므로 O(N) 시간 소요

2.2 이중연결리스트

이중연결리스트(Doubly Linked List)는 각 노드가 두 개의 레퍼런스를 가지고 각각 이전 노드와 다음 노드를 가리키는 연결리스트



단순연결리스트는 삽입이나 삭제할 때 반드시 이전 노드를 가리키는 레퍼런스를 추가로 알아내야 하고, 역방향으로 노드들을 탐색할 수 없음

이중연결리스트는 단순연결리스트의 이러한 단점을 보완하나, 각 노드마다 추가로 한 개의 레퍼런스를 추가로 저장해야 한다는 단점을 가짐

이중연결리스트를 위한 DList 클래스

```
01 class DList:
02     class Node:
03         def __init__(self, item, prev, link):
04             self.item = item
05             self.prev = prev
06             self.next = link
07 
08     def __init__(self):
09         self.head = self.Node(None, None, None)
10         self.tail = self.Node(None, self.head, None)
11         self.head.next = self.tail
12         self.size = 0
13 
14     def size(self): return self.size
15     def is_empty(self): return self.size == 0
16 
```

노드 생성자
항목과 앞뒤 노드 레퍼런스

이중연결리스트 생성자
head와 tail, 항목 수(size)로 구성

```
17      def insert_before(self, p, item):
18          t = p.prev
19          n = self.Node(item, t, p)
20          p.prev = n
21          t.next = n
22          self.size += 1
23
24      def insert_after(self, p, item):
25          t = p.next
26          n = self.Node(item, p, t)
27          t.prev = n
28          p.next = n
29          self.size += 1
30
31      def delete(self, x):
32          f = x.prev
33          r = x.next
34          f.next = r
35          r.prev = f
36          self.size -= 1
37          return x.item
38
```

새 노드와 앞뒤 노드 연결

새 노드 생성하여 n이 참조

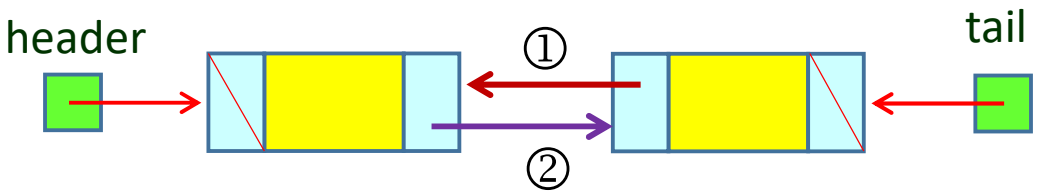
x를 건너 띄고 x의 앞뒤 노드를 직접 연결

```
39      def print_list(self):
40          if self.is_empty():
41              print('리스트 비어있음')
42          else:
43              p = self.head.next
44              while p != self.tail:
45                  if p.next != self.tail:
46                      print(p.item, ' <=> ', end='')
47                  else:
48                      print(p.item)
49                  p = p.next
50
51  class EmptyError(Exception):
52      pass
```

노드들을 차례로 방문하기 위해

underflow 시 에러 처리

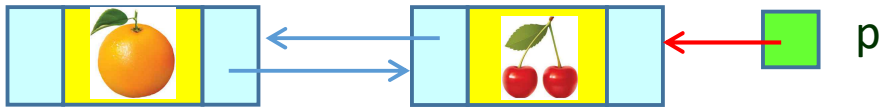
[프로그램 2-3] dlist.py

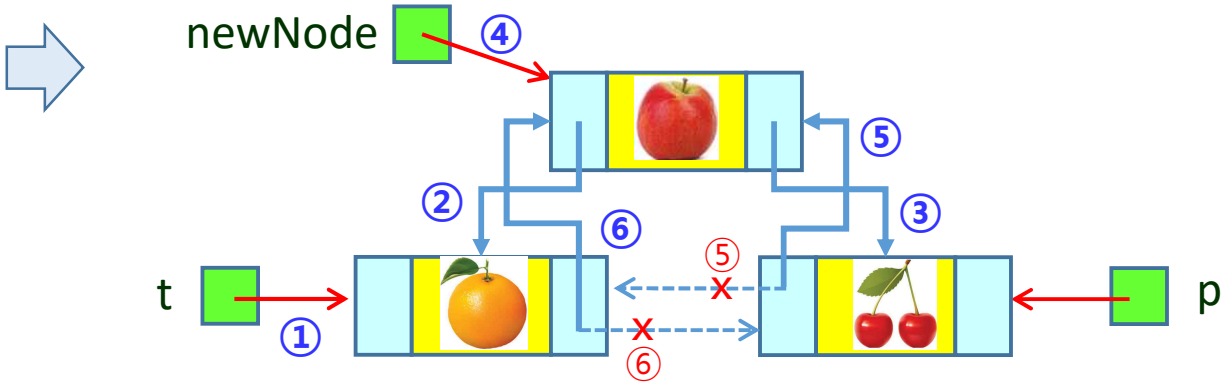


[그림 2-8] DList 객체 생성

```
09    self.head = self.Node(None, None,None)
10    self.tail = self.Node(None, self.head, None)
11    self.head.next  =self.tail
```

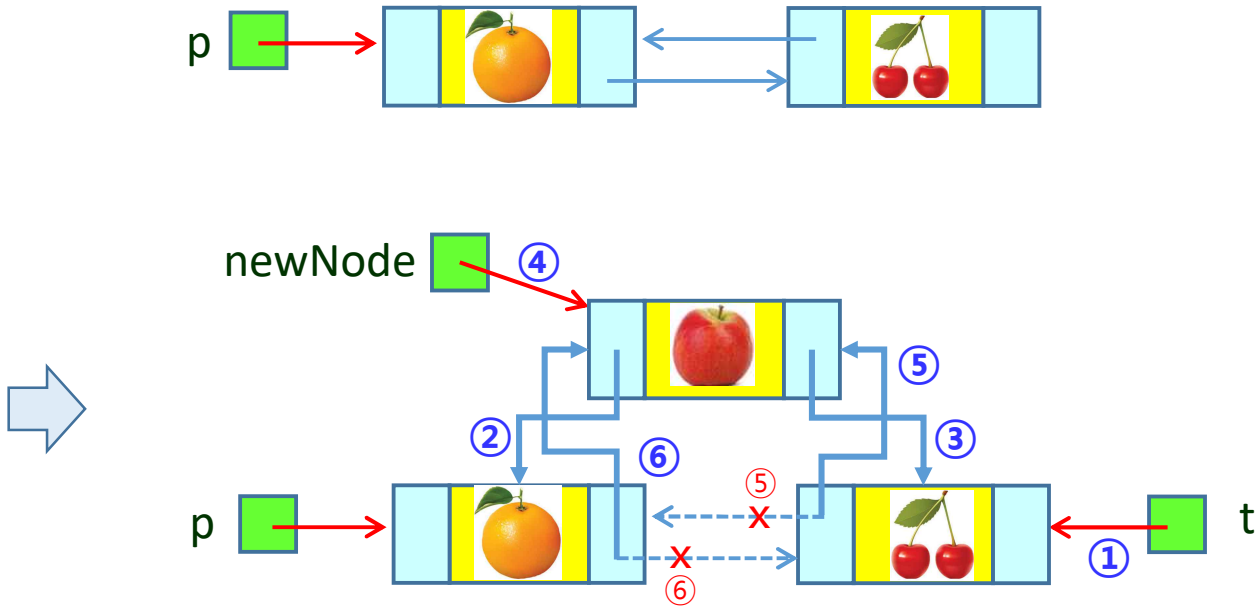
```
18    t = p.prev
19    n = self._Node(item, t, p)
20    p.prev = n
21    t.next = n
```





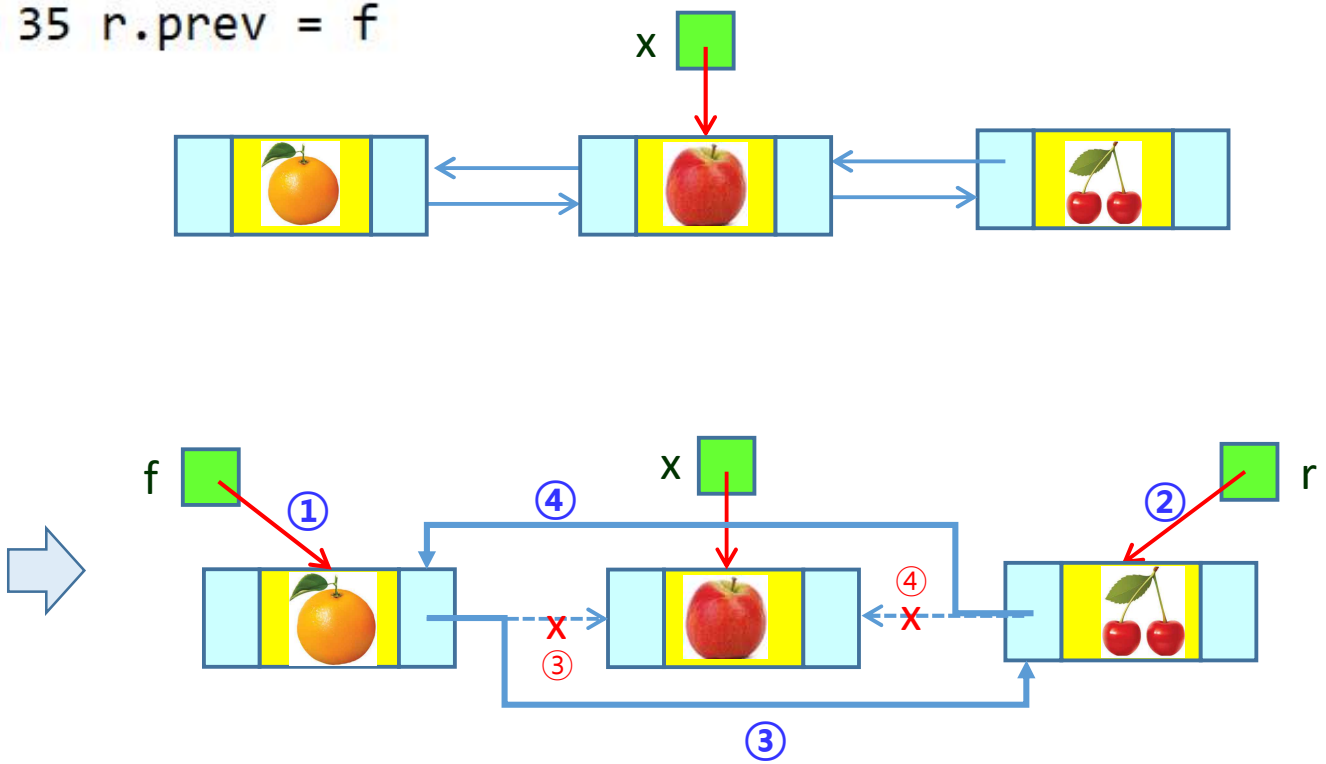
[그림 2-9] insert_before()의 삽입 수행

```
25    t = p.next
26    n = self.Node(item, p, t)
27    t.prev = n
28    p.next = n
```



[그림 2-10] insert_after()의 삽입 수행

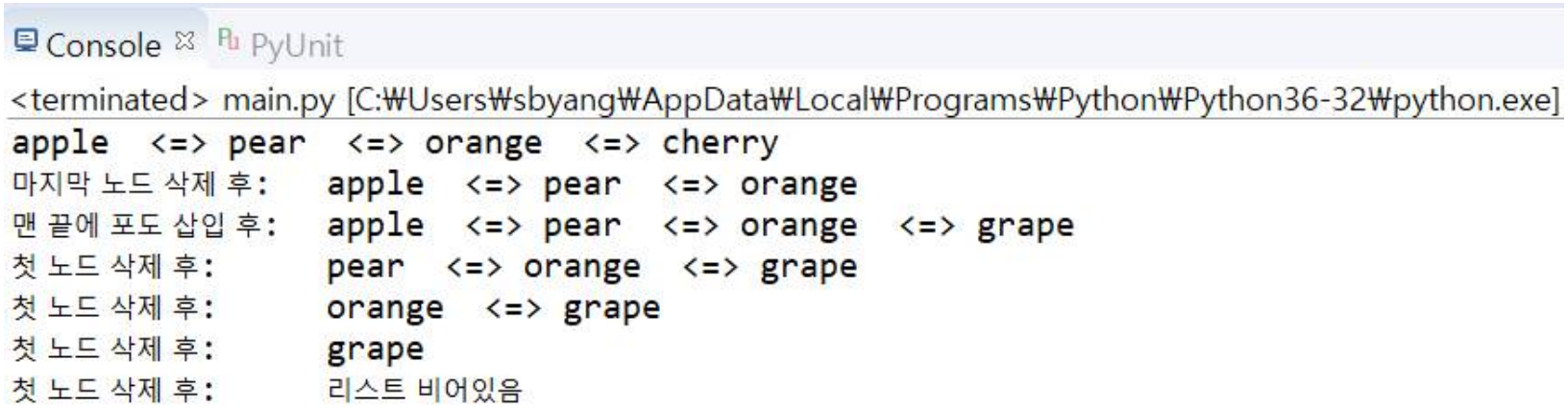
```
1 32 f = x.prev
2 33 r = x.next
3 34 f.next = r
4 35 r.prev = f
```



[그림 2-11] delete()의 삭제 수행


```
01 from dlist import DList
02 if __name__ == '__main__':
03     s = DList()
04     s.insert_after(s.head,'apple')
05     s.insert_before(s.tail, 'orange')
06     s.insert_before(s.tail,'cherry')
07     s.insert_after(s.head.next,'pear')
08     s.print_list()
09     print('마지막 노드 삭제 후:\t', end='')
10     s.delete(s.tail.prev)
11     s.print_list()
12     print('맨 끝에 포도 삽입 후:\t', end='')
13     s.insert_before(s.tail,'grape')
14     s.print_list()
15     print('첫 노드 삭제 후:\t', end='')
16     s.delete(s.head.next)
17     s.print_list()
18     print('첫 노드 삭제 후:\t', end='')
19     s.delete(s.head.next)
20     s.print_list()
21     print('첫 노드 삭제 후:\t', end='')
22     s.delete(s.head.next)
23     s.print_list()
24     print('첫 노드 삭제 후:\t', end='')
25     s.delete(s.head.next)
26     s.print_list()
```

[프로그램 2-4] main.py



[프로그램 2-3, 4] 수행 결과

수행시간

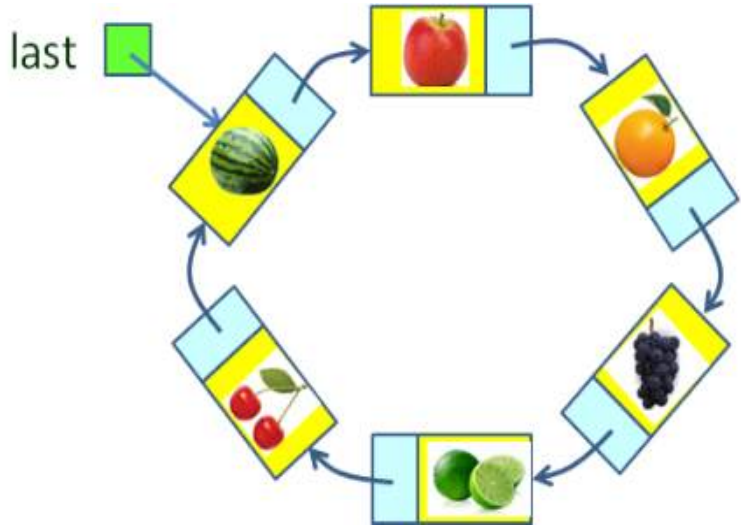
- 이중연결리스트에서 삽입이나 삭제 연산은 각각 상수 개의 레퍼런스만을 갱신하므로 O(1) 시간에 수행
- 탐색 연산: head 또는 tail로부터 노드들을 순차적으로 탐색해야 하므로 O(N) 시간 소요

Applications

- 이중연결리스트는 데크(Deque) 자료구조를 구현하는데 사용
- 이항힙(Binomial Heap)이나 피보나치힙(Fibonacci Heap)과 같은 우선순위큐를 구현하는 데에도 이중연결리스트가 부분적으로 사용

2-3 원형연결리스트

- 원형연결리스트(Circular Linked List)는 마지막 노드가 첫 노드와 연결된 단순연결리스트
- 원형연결리스트에서는 마지막 노드의 레퍼런스가 저장된 last가 단순연결리스트의 head와 같은 역할



- 마지막 노드와 첫 노드를 O(1) 시간에 방문할 수 있는 장점
- 리스트가 empty가 아니면 어떤 노드도 None 레퍼런스를 가지고 있지 않으므로 프로그램에서 None 조건을 검사하지 않아도 되는 장점
- 원형연결리스트에서는 반대 방향으로 노드들을 방문하기 쉽지 않으며, 무한 루프가 발생할 수 있음에 유의할 필요

원형연결리스트를 위한 CList 클래스

```
01 class CList:
02     class _Node:
03         def __init__(self, item, link):
04             self.item = item
05             self.next = link
06
07     def __init__(self):
08         self.last = None
09         self.size = 0
10
11     def no_items(self): return self.size
12     def is_empty(self): return self.size == 0
13
14     def insert(self, item):
15         n = self._Node(item, None)
16         if self.is_empty():
17             n.next = n
18             self.last = n
19         else:
20             n.next = self.last.next
21             self.last.next = n
22         self.size += 1
23
```

노드 생성자
항목과 다음 노드 레퍼런스

원형연결리스트 생성자
last와 항목 수(size)로 구성

새 노드 생성하여
n이 참조

새 노드는 자신을 참조하고
last가 새 노드 참조

새 노드는 첫 노드를 참조하고
last가 참조하는 노드와 새 노드 연결

```
24      def first(self):
25          if self.is_empty():
26              raise EmptyError('Underflow')
27          f = self.last.next
28          return f.item
29
30      def delete(self):
31          if self.is_empty():
32              raise EmptyError('Underflow')
33          x = self.last.next
34          if self.size == 1:
35              self.last = None
36          else:
37              self.last.next = x.next
38          self.size -= 1
39          return x.item
40
```

empty 리스트가 됨

last가 참조하는 노드가
두 번째 노드를 연결

```
41      def print_list(self):
42          if self.is_empty():
43              print('리스트 비어있음')
44          else:
45              f = self.last.next
46              p = f
47              while p.next != f:
48                  print(p.item, ' -> ', end='')
49                  p = p.next
50              print(p.item)
51
52  class EmptyError(Exception):
53      pass
```

첫 노드가 다시 방문되면 루프 중단

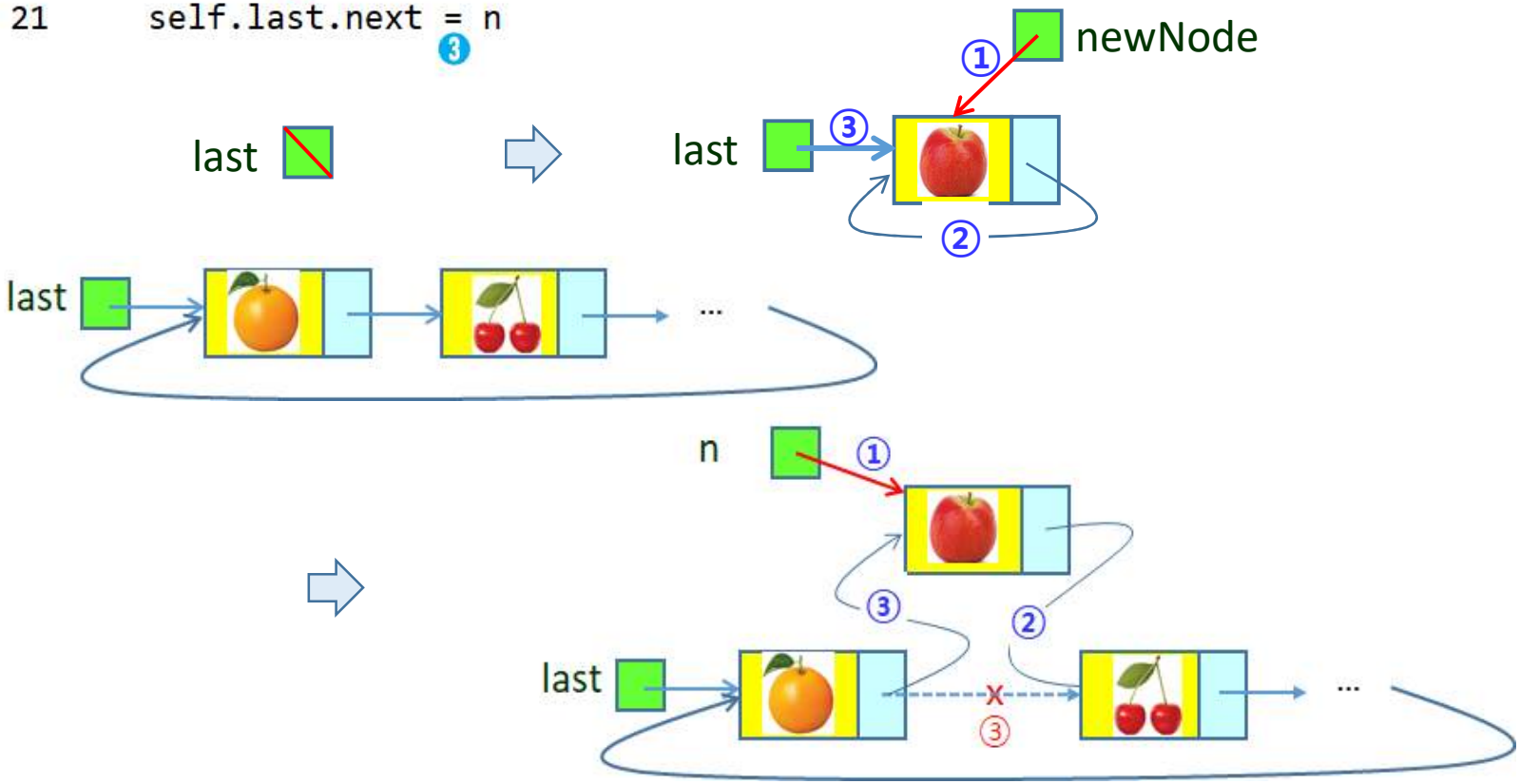
노드들을 차례로 방문하기 위해

underflow 시 에러 처리

[프로그램 2-5] clist.py

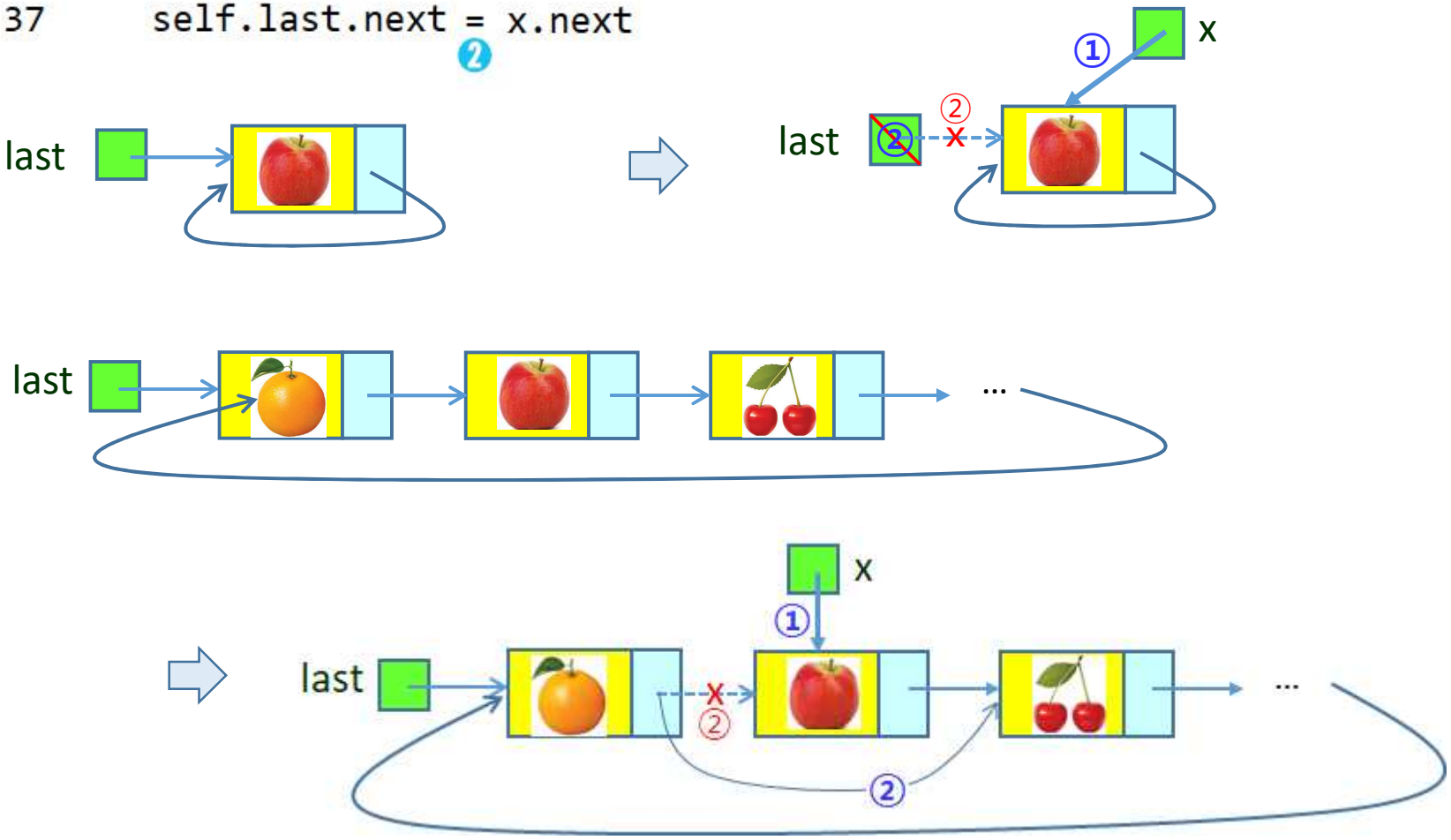
```
15 n = self.Node(item, None)
16 if self.is_empty():
17     n.next = n
18     self.last = n
19 else:
20     n.next = self.last.next
21     self.last.next = n
```

[그림 2-14] insert()의 노드 삽입



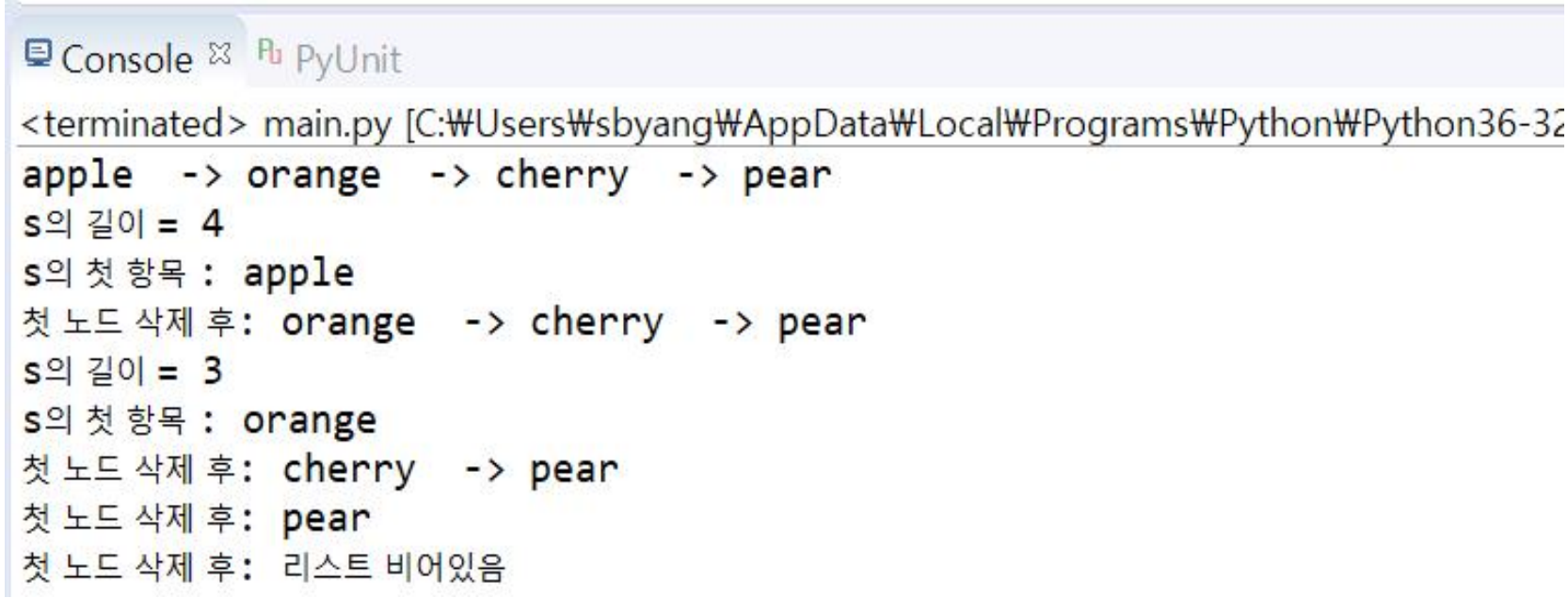
[그림 2-15] delete()의 노드 삭제

```
33 x = self.last.next
34 if self.size == 1:
35     self.last = None
36 else:
37     self.last.next = x.next
```




```
01 from clist import CList
02 if __name__ == '__main__':
03     s = CList()
04     s.insert('pear')
05     s.insert('cherry')
06     s.insert('orange')
07     s.insert('apple')
08     s.print_list()
09     print('s의 길이 =', s.no_items())
10     print('s의 첫 항목 :', s.first())
11     s.delete()
12     print('첫 노드 삭제 후: ', end='')
13     s.print_list()
14     print('s의 길이 =', s.no_items())
15     print('s의 첫 항목 :', s.first())
16     s.delete()
17     print('첫 노드 삭제 후: ', end='')
18     s.print_list()
19     s.delete()
20     print('첫 노드 삭제 후: ', end='')
21     s.print_list()
22     s.delete()
23     print('첫 노드 삭제 후: ', end='')
24     s.print_list()
```

[프로그램 2-6] main.py



[프로그램 2-5, 6]의 수행 결과

Applications

- 여러 사람이 차례로 돌아가며 하는 게임을 구현하는데 적합한 자료구조
- 많은 사용자들이 동시에 사용하는 컴퓨터에서 CPU 시간을 분할하여 작업들에 할당하는 운영체제에 사용
- 이항힙(Binomial Heap)이나 피보나치힙(Fibonacci Heap)과 같은 우선순위큐를 구현하는 데에도 원형연결리스트가 부분적으로 사용

수행시간

- 원형연결리스트에서 삽입이나 삭제 연산 각각 상수 개의 레퍼런스를 갱신하므로 O(1) 시간에 수행
- 탐색 연산: last로부터 노드들을 순차적으로 탐색해야 하므로 O(N) 소요

요약

- 리스트: 일련의 동일한 타입의 항목들
- 단순연결리스트: 동적 메모리 할당을 이용해 리스트를 구현하는 가장 간단한 형태의 자료구조
- 단순연결리스트에서는 삽입이나 삭제 시 항목들을 이동시킬 필요 없음
- 단순연결리스트는 항목을 접근하기 위해서 순차탐색을 해야 하고, 삽입이나 삭제할 때에 반드시 이전 노드를 가리키는 레퍼런스를 알아야 함

- 이중연결리스트는 각 노드에 2 개의 레퍼런스를 가지며 각각 이전 노드와 다음 노드를 가리키는 방식의 연결리스트
- 원형연결리스트는 마지막 노드가 첫 노드와 연결된 단순연결리스트
- 원형연결리스트는 마지막 노드와 첫 노드를 O(1) 시간에 방문. 또한 리스트가 empty가 아닐 때, 어떤 노드도 None 레퍼런스를 갖지 않으므로 프로그램에서 None 조건을 검사하지 않아도 되는 장점

최악경우 수행시간 비교

자료구조	접근	탐색	삽입	삭제	비고
단순연결리스트 이중연결리스트 원형연결리스트	O(N)	O(N)	O(1)†	O(1)†	† 이전 노드의 레퍼런스가 주어진 경우와 첫 노드의 경우

수고하셨습니다