Урок 4

Связанные списки

Учимся создавать и использовать списки.

Введение

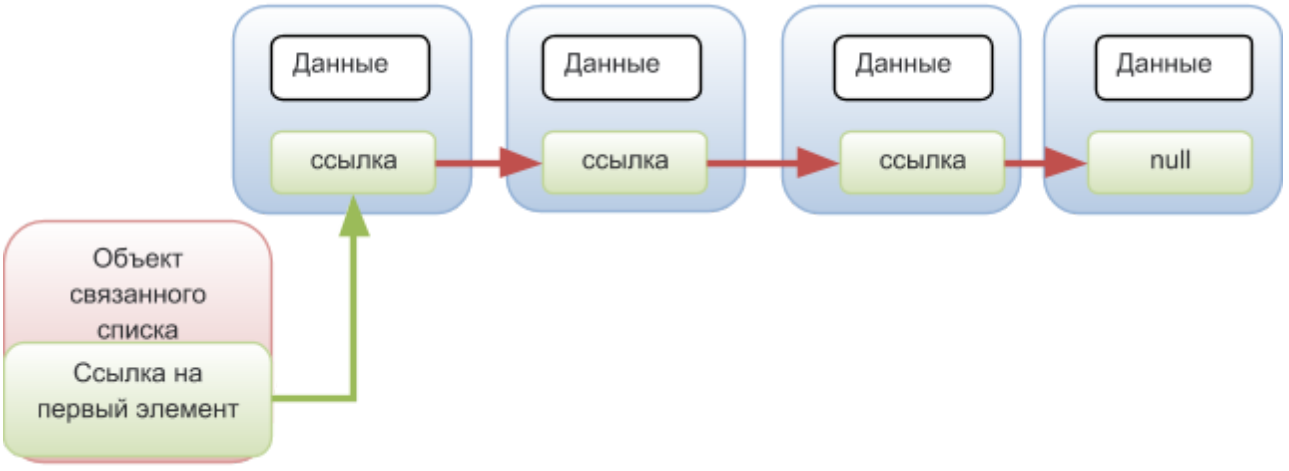
Список — это структура данных, которая состоит из связанных узлов. Она очень похожа на массив. У последнего есть ряд недостатков — например, размер задается при инициализации и не может быть изменен. Список — это динамическая структура, размер которой может варьироваться. На этом уроке мы рассмотрим связанные списки: простой и двусторонний, — а также реализуем стек и очередь на их основе.

Связанный список

Каждый элемент связанного списка — это объект, который хранит данные и ссылку на следующий элемент.

В отличие от массива, порядок элементов в связанном списке может не совпадать с расположением данных в памяти компьютера.

Помимо элемента связанного списка создается его объект, который содержит ссылку на первый элемент.



Рассмотрим класс, который реализует элемент связанного списка. Назовем его **Link**.

```
class Link {
   public string name;
   public int age;
   public Link next;

}
```

В этом классе создано два поля, содержащие данные и объект типа **Link**, в котором находится ссылка на следующий элемент списка. Ссылка является объектом того же класса, в котором она описана. Количество полей, в которых хранятся данные, может меняться, а типы данных зависят от описываемого объекта.

Связи в списках

В массиве к каждому элементу можно обратиться через его индекс. В связанном списке нет индексов, поэтому конкретный элемент можно найти, отследив его по цепочке от начала списка. Обратиться напрямую к элементу данных связанного списка невозможно. Для поиска используются отношения между элементами списка.

Простые связанные списки поддерживают операции вставки в начало списка, удаления элемента из начала списка, перебора списка для вывода содержимого.

Мы уже рассмотрели поля, которые используются в классе **Link**. Дополнительно создадим конструктор и метод для вывода на экран элемента списка.

```
class Link{
    private String name;
    private int age;

    private Link next;

    public Link(String name, int age){
        this.name = name;
        this.age = age;
    }

    public void display(){
        System.out.println("Name: "+this.name+", age: "+this.age);
    }

}
```

Заметьте, что мы не заполнили поле **Link**. По умолчанию при создании объекта ему присваивается значение **null**. Когда будет создан следующий элемент списка, в поле **Link** предыдущего элемента будет помещена адрес-ссылка на него. Еще один нюанс — публичные поля. С ними легче писать код, так как для доступа к полям **private** придется создавать методы их получения и установки.

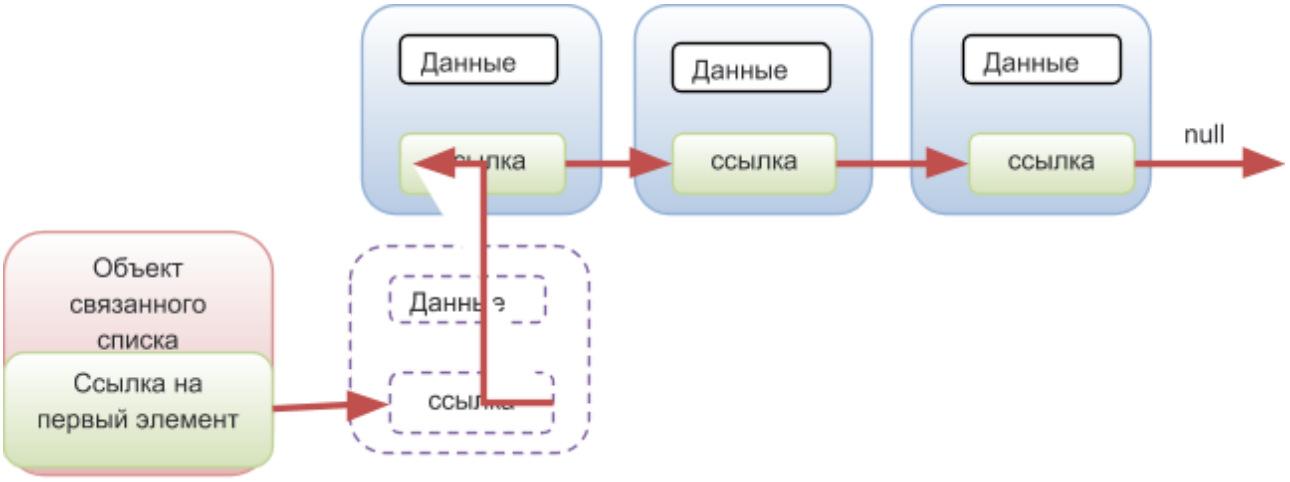
Рассмотрим класс, который создает и удаляет элементы списка. Назовем его **LinkedList**. Создадим в этом классе поле **first**, которое будет содержать ссылку на первый элемент и конструктор.

```
class LinkedList{
    private Link first;

    public LinkedList(){
        first = null;
    }

    public boolean isEmpty(){
        return (first == null);
    }

}
```

В конструкторе явно задаем значение поля **first**. Также добавляем метод, который проверяет список на пустоту. Теперь необходимо создать методы для добавления и удаления элементов связанного списка.

Метод insert

Метод **insert** отвечает за вставку нового элемента в начало связанного списка. В этом методе передаем полю **next** адрес предыдущего элемента, а в поле **first** записываем адрес создаваемого элемента.

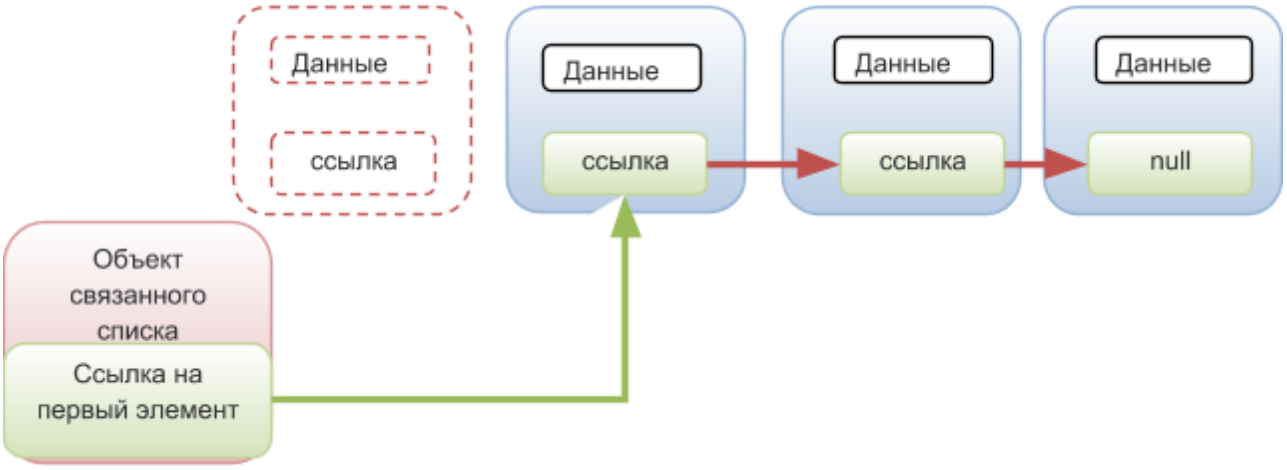



```
public void insert(String name, int age){
      Link newLink = new Link(name, age);
      newLink.next = first;
      first = newLink;

}
```

Рассмотрим построчно код метода **insert**. В первой строке создается объект типа **Link**. Во второй строке полю **next** присваиваем ссылку на предыдущий элемент списка. В третьей — изменяем ссылку в поле **first**, тем самым сообщая списку, что добавился элемент и на него есть новая ссылка.

Метод delete

Метод **delete** удаляет элемент из начала связанного списка. Он работает противоположно методу **insert**. В поле **first** устанавливается значение элемента, следующего за удаляемым, то есть **first.next**.




```
public Link delete(){

	Link temp = first;
	first = first.next;
	return temp;


}
```

Рассмотрим этот код: все, что нужно для удаления элемента, — это вторая строчка. Остальные строки нужны для возвращения удаляемого объекта. Также данный метод не предусматривает проверку списка на пустоту. Поэтому он должен использоваться совместно с методом **isEmpty**.

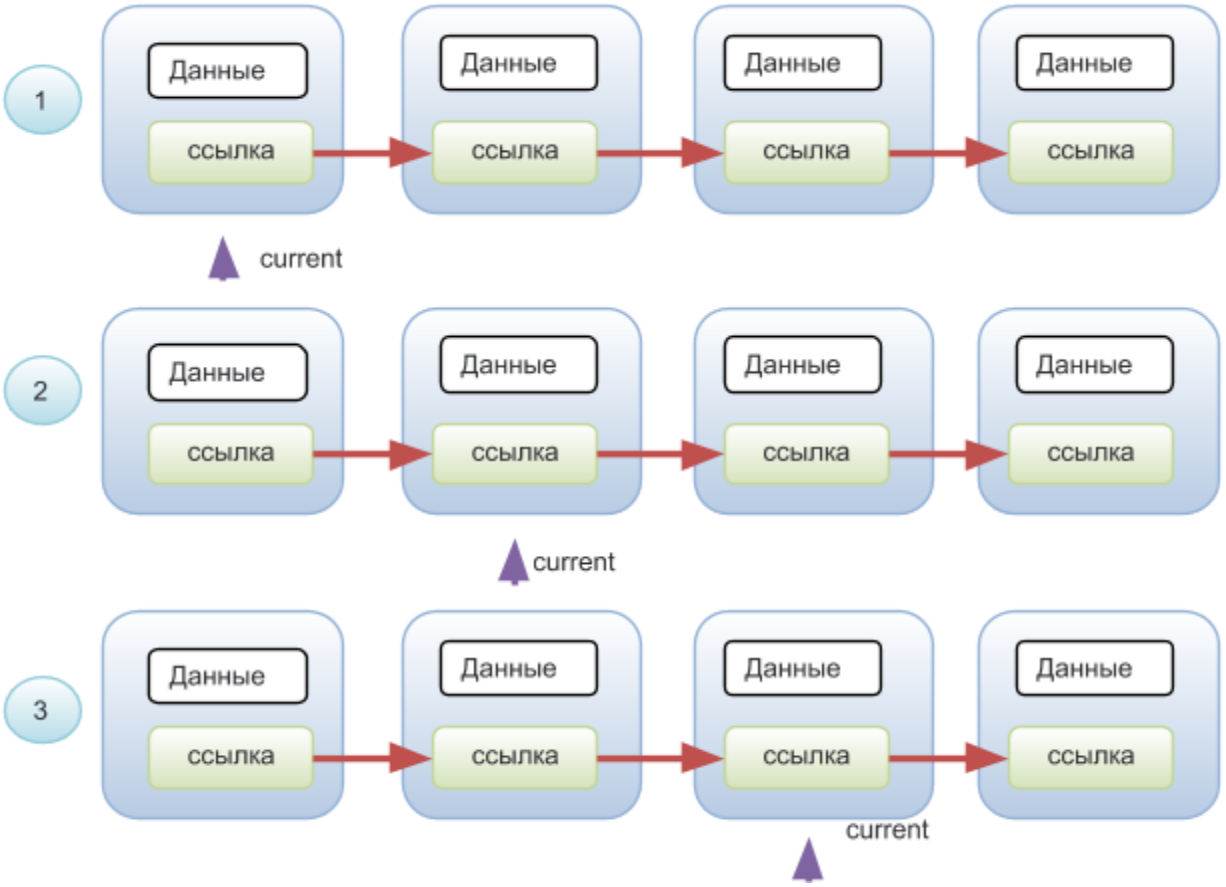
Встает вопрос — как быть с памятью? Элемент не удален, просто стерта ссылка из связанного списка, а объект **Link** остался. Если бы мы писали код на C++, необходимо было бы позаботиться об удалении самого элемента. Но в Java это сделает сборщик мусора.

Метод display

Реализуем метод, который выводит элементы списка на экран консоли. Назовем его **display**. Начнем вывод со ссылки на объект **first** и будем перемещаться по списку через поле **next**, пока **next** не будет равен **null**.

```
public void display()    {
	Link current = first;
	while(current != null)
	{
		current.display();
		current = current.next;
	}

}
```

На каждой итерации цикла с помощью метода **current.next** будем получать следующий элемент.



Пример программы LinkedList

Полный код программы, реализующий простой связанный список с использованием обобщений:

```
class People {
    private String name;
    private int age;

    public People(String name, int age) {
      this.name = name;
      this.age = age;
    }

    public String getName() {
      return name;
    }

    public int getAge() {
      return age;
    }

    @Override
    public int hashCode() {
      int hash = 5;
      hash = 53 * hash + Objects.hashCode(this.name);
      hash = 53 * hash + this.age;
```

```
        return hash;
    }

   @Override
    public boolean equals(Object obj) {
      if (this == obj) {
            return true;
      }
      if (obj == null) {
            return false;
      }
      if (getClass() != obj.getClass()) {
            return false;
      }
      final People other = (People) obj;
      if (this.age != other.age) {
            return false;
      }
      if (!Objects.equals(this.name, other.name)) {
            return false;
      }
      return true;
    }

    @Override
    public String toString() {
      return "Name: "+this.name+", age: "+this.age;
    }
}

class Link<T> {
    private T link;
    private Link<T> next;

    public Link(T link){
      this.link = link;
    }

    public Link<T> getNext() {
      return next;
    }

    public void setNext(Link<T> next) {
      this.next = next;
    }

    public T getValue(){
      return link;
      }
}

class LinkedList<T> {
    private Link<T> first;
```

```
    public LinkedList(){
      first = null;
    }

    public boolean isEmpty(){
      return (first == null);
    }

    public void insert(T link){
      Link<T> l = new Link<>(link);
      l.setNext(first);
      this.first = l;
    }

    public Link<T> delete(){
      Link<T> temp = first;
      first = first.getNext();
      return temp;
    }

    public void display(){
      Link<T> current = first;
      while (current != null) {
            System.out.println(current.getValue());
            current = current.getNext();
      }
    }

    public T find(T searchNode){
      Link<T> findNode = new Link<>(searchNode);
      Link<T> current = first;
      while (current != null) {
            if (current.getValue().equals(findNode.getValue())){
            return findNode.getValue();
            }
            current = current.getNext();
      }
      return null;
      }
}


public class GenericListApp {

    public static void main(String[] args) {
      LinkedList<String> list = new LinkedList<>();

      list.insert("Artem");
      list.insert("Roman");

      System.out.println(list.find("Artem"));

         LinkedList<People> peopleList = new LinkedList<>();
      peopleList.insert(new People("Artem", 22));
```

```
        peopleList.insert(new People("Roman", 18));

        System.out.println(peopleList.find(new People("Artem", 22)).toString());
    }
}
```

В методе **main** создается новый список, в который вставляются три элемента с помощью метода **insert**. Далее список выводится в консоль. Для этого был создан метод **display**. Потом запускается цикл **while**, который удаляет элементы, пока список не будет пуст.

Результат работы программы:

```
Name: Vova, age: 5

Name: Misha, age: 10

Name: Artem, age: 30

Удаление элементов списка

Удален: Name: Vova, age: 5


Удален: Name: Misha, age: 10


Удален: Name: Artem, age: 30
```

Поиск и удаление заданных элементов

Добавим в программу методы, которые удаляют заданный элемент. Потребуются две операции: поиск и удаление ссылки из списка.

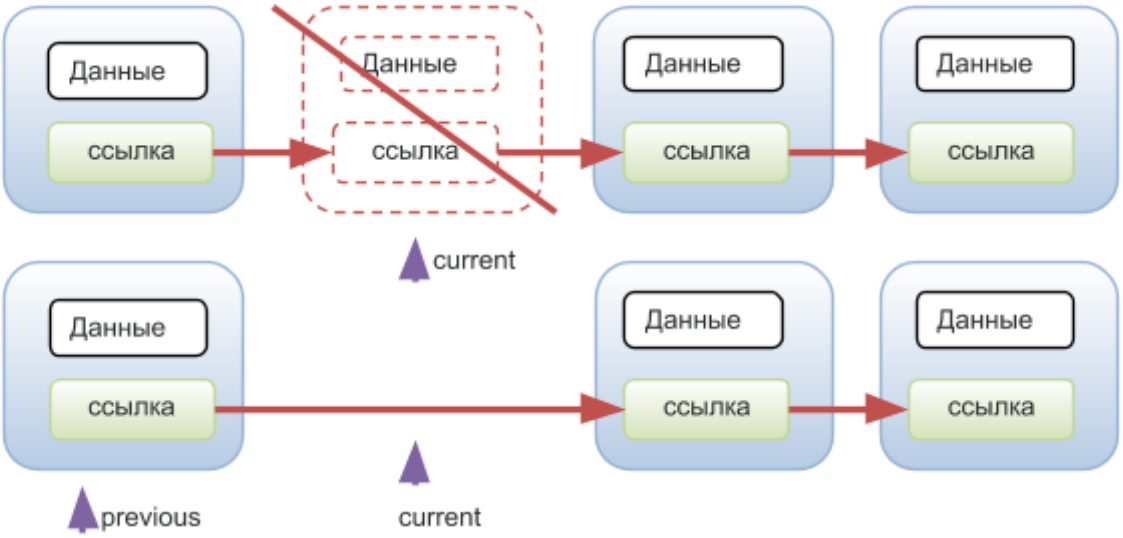
Рассмотрим принцип работы поиска. Он напоминает метод вывода списка элементов **display**. Так как в элементе присутствуют поля для имени и возраста, искать будем по имени.

```
public Link find(String name){
        Link current = first;
        while(current.name != name){
                if(current.next == null)
                        return null;
                else
                        current = current.next;
        }
        return current;

}
```

Начинать поиск будем с первого элемента, поэтому переменной **current** присваиваем значение **first**. Далее будем перебирать все элементы в цикле **while**, пока искомое значение не совпадет со значением элемента списка. Если в поле **currnent.next** будет **null** и искомое значение не обнаружится, то метод вернет **null**. Это будет означать, что элемент не был найден. Если искомое

значение совпадет с полем **current.next**, цикл прервется и будет возвращена ссылка на искомый элемент.

Что касается метода **delete** — он использует такой же перебор, как и **find**. Только теперь необходимо сохранить ссылку на предыдущий элемент, чтобы можно было связать список.



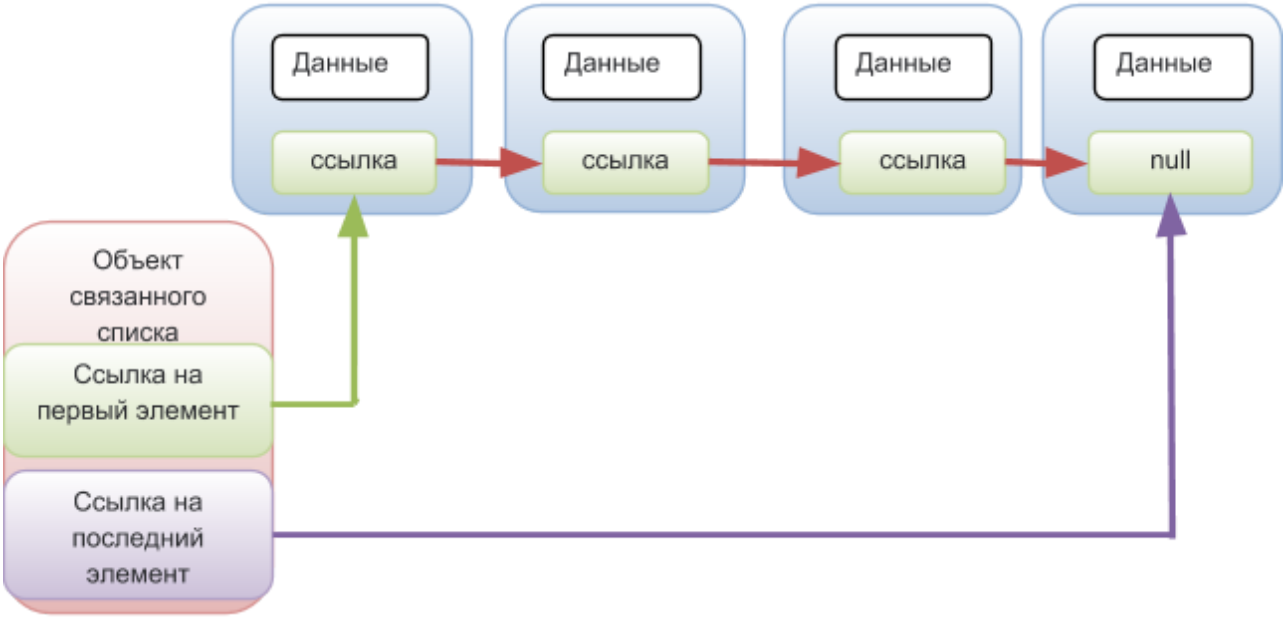
Реализация метода **delete** представлена в листинге ниже. Переменными **current** и **previous** задается значение первого элемента списка. Далее выполняется поиск по имени. Пока имена не совпадут или не будет достигнут конец списка, переменной **current** будет присваиваться следующее значение в списке, а переменной **previous** — текущее.

Если совпадение найдено на первом элементе, необходимо заменить его на следующий. Если нет — присвоить ссылку следующему элементу за удаляемым.

```
public Link delete(String name){
      Link current = first;
      Link previous = first;
      while(current.name != name){
            if(current.next == null)
                  return null;
            else{
                  previous = current;
                  current = current.next;
            }
      }
      if(current == first)
                  first = first.next;
      else
                  previous.next = current.next;
      return current;

}
```

Двусторонние списки

Двухсторонний список позволяет вставлять элементы не только в начало, но и в конец списка. С этой целью для класса списка создается дополнительное поле **last**.



Можно было реализовать метод **insertLast** и в простом связанном списке, но алгоритм был бы неэффективным, так как пришлось бы перебирать все элементы списка, прежде чем вставить новый элемент.

Дополним код методом **insertLast** и полем для хранения ссылки на последний элемент. В методе **insert** добавим проверку на пустой список. Если он является таковым и добавляется первый элемент, делаем его же последним:

```
public void insert(String name, int age){
        Link newLink = new Link(name, age);
          if (this.isEmpty())
              last = newLink;
        newLink.next = first;
        first = newLink;

    }
```

В методе **delete** проверяем список на пустоту, и если следующий элемент после удаляемого равен **null**, то значение поля **last** делаем **null**.

```
public Link delete(){

        Link temp = first;
          if (first.next == null)
              last = null;
        first = first.next;
        return temp;


    }
```

Новый метод **insertLast** выглядит так:

```
public void insertLast(String name, int age){
        Link newLink = new Link(name, age);
        if (this.isEmpty()){
            first = newLink;
        } else {
            last.next = newLink;
        }
       last = newLink;
    }
```

Полный листинг программы:

```
class Link{
    public String name;
    public int age;

    public Link next;

    public Link(String name, int age){
        this.name = name;
        this.age = age;
    }

    public void display(){
        System.out.println("Name: "+this.name+", age: "+this.age);
    }
}
class LinkedList{
    public Link first;
    public Link last;

    public LinkedList(){
        first = null;
        last = null;
    }

    public boolean isEmpty(){
        return (first == null);
    }

    public void insert(String name, int age){
```

```
        Link newLink = new Link(name, age);
          if (this.isEmpty())
              last = newLink;
        newLink.next = first;
        first = newLink;
    }

    public void insertLast(String name, int age){
        Link newLink = new Link(name, age);
        if (this.isEmpty()){
            first = newLink;
        } else {
            last.next = newLink;
        }
       last = newLink;
    }
    public Link delete(){

        Link temp = first;
          if (first.next == null)
              last = null;
        first = first.next;
        return temp;

    }

    public void display(){
        Link current = first;
        while(current != null){
            current.display();
            current = current.next;
        }
    }
    public Link find(String name){
        Link current = first;
        while(current.name != name){
            if(current.next == null)
                    return null;
            else
                    current = current.next;
        }
        return current;
    }

    public Link delete(String name){
        Link current = first;
        Link previous = first;
        while(current.name != name){
            if(current.next == null)
                    return null;
            else{
                    previous = current;
                    current = current.next;
            }
        }
        if(current == first)
                first = first.next;
        else
                previous.next = current.next;
        return current;
```

```
    }

}


public class ListApp {


    public static void main(String[] args) {
        LinkedList list = new LinkedList();
        list.insert("Artem", 30);
        list.insert("Misha", 10);
        list.insert("Vova", 5);
        list.insertLast("Petya", 25);

        list.display();
        System.out.println("Удаление элементов списка");


        list.delete("Vova");
        list.display();

    }


}
```

Эффективность связанных списков

Вставка в начало связанного списка происходит очень быстро — **O(1)**. Удаление из начала списка выполняется за то же время — **O(1)**. А вот поиск и удаление конкретного элемента выполняется за время **O(N)**, так как существует вероятность, что он будет последним и придется перебрать все остальные в списке. Но все равно эти действия в списке выполняются быстрее, чем в массиве, так как не требуется сдвигать элементы после удаления.

Реализация стека на базе связанного списка

Стек — это структура данных, в которой элементы, входящие последними, выходят первыми. Мы реализовали его с использованием массива. Теперь сделаем это на основе связанного списка.

Методы **push** и **pop**, с помощью которых выполнялась вставка и удаление элементов из стека, фактически выполняли операции массива, такие как **arr[++top] = data;** и **data = arr[top--]**.

Добавим дополнительный уровень абстракции и, не изменяя методы связанного списка, создадим новый класс для реализации стека.

```
class StackList{
    private LinkedList list;
    public StackList(){
        list = new LinkedList();
    }

    public void push(String name, int age){
        list.insert(name, age);
    }

    public String pop(){
        return list.delete().name;
    }

    public boolean isEmpty(){
        return list.isEmpty();
    }

    public void display(){
        list.display();
    }


}
```

Чтобы реализовать стек, есть методы **push** и **pop**. В **push** выполняется метод **insert** класса **LinkedList**, а в **pop** — метод **delete**. Также созданы обертки для методов **isEmpty** и **display**.

Полный листинг реализации стека на базе связанного списка:

```
class Link{
    public String name;
    public int age;

    public Link next;

    public Link(String name, int age){
        this.name = name;
        this.age = age;
    }

    public void display(){
        System.out.println("Name: "+this.name+", age: "+this.age);
    }
}

class LinkedList{
    public Link first;

    public LinkedList(){
        first = null;
    }

    public boolean isEmpty(){
        return (first == null);
    }
```

```
    public void insert(String name, int age){
        Link newLink = new Link(name, age);
          newLink.next = first;
        first = newLink;
    }

    public Link delete(){

        Link temp = first;
          first = first.next;
        return temp;

    }

    public void display(){
        Link current = first;
        while(current != null){
            current.display();
            current = current.next;
        }
    }
}

class StackList{
    private LinkedList list;
    public StackList(){
        list = new LinkedList();
    }

    public void push(String name, int age){
        list.insert(name, age);
    }

    public String pop(){
        return list.delete().name;
    }

    public boolean isEmpty(){
        return list.isEmpty();
    }

    public void display(){
        list.display();
    }

}


public class LinkStackApp {


    public static void main(String[] args) {
        StackList sl = new StackList();
        sl.push("Artem", 30);
        sl.push("Viktor", 20);
        sl.push("Sergey", 10);
        sl.display();
        while (!sl.isEmpty()) {
            System.out.println("Элемент "+ sl.pop()+" удален из стека");
        }
```

```
    }

}
```

В методе **main** создается объект типа **StackList**. Выполняется вставка трех элементов в стек, после чего происходит их удаление в цикле. Результат выполнения программы:

```
Name: Sergey, age: 10

Name: Viktor, age: 20

Name: Artem, age: 30

Элемент Sergey удален из стека

Элемент Viktor удален из стека

Элемент Artem удален из стека
```

Реализация очереди на базе связанного списка

Для реализации очереди на базе связанного списка будем использовать метод **insertLast**, который вставляет элемент в конец очереди, и метод **delete**, удаляющий элемент из начала очереди.

```
class Queue{
    private LinkedList queue;

    public Queue(){
        queue = new LinkedList();
    }

    public boolean isEmpty(){
        return queue.isEmpty();
    }

    public void insert(String name, int age){
        queue.insert(name, age);
    }

    public String delete(){
       return queue.delete();
    }

    public void display(){
        queue.display();
    }


}
```

Полный код программы, реализующий очередь на базе связанного списка:

```
class Link{
    public String name;
    public int age;

    public Link next;

    public Link(String name, int age){
        this.name = name;
        this.age = age;
    }

    public void display(){
        System.out.println("Name: "+this.name+", age: "+this.age);
    }
}

class LinkedList{
    public Link first;
    public Link last;

    public LinkedList(){
        first = null;
        last = null;
    }

    public boolean isEmpty(){
        return (first == null);
    }

    public void insert(String name, int age){
        Link newLink = new Link(name, age);
          if (this.isEmpty())
              first = newLink;
          else
              last.next = newLink;
          last = newLink;
    }

    public String delete(){
          Link temp = first;
          if (first.next == null)
              last = null;
          first = first.next;
        return temp.name;

    }

    public void display(){
        Link current = first;
        while(current != null){
            current.display();
            current = current.next;
        }
    }
}

class Queue{
    private LinkedList queue;
```

```
    public Queue(){
        queue = new LinkedList();
    }

    public boolean isEmpty(){
        return queue.isEmpty();
    }

    public void insert(String name, int age){
        queue.insert(name, age);
    }

    public String delete(){
       return queue.delete();
    }

    public void display(){
        queue.display();
    }

}


public class LinkQueueApp {


    public static void main(String[] args) {
        Queue q = new Queue();
        q.insert("Artem", 30);
        q.insert("Viktor", 20);
        q.insert("Sergey", 10);
        q.display();
        while (!q.isEmpty()) {
            System.out.println("Элемент "+ q.delete()+" удален из стека");
        }
    }


}
```

Уточним, когда стоит использовать для реализации стека и очереди связанный список, а когда — массив. Выбор зависит от того, насколько точно можно предсказать размер стека или очереди. Если размер не определен, лучше применять связанный список.

Итераторы

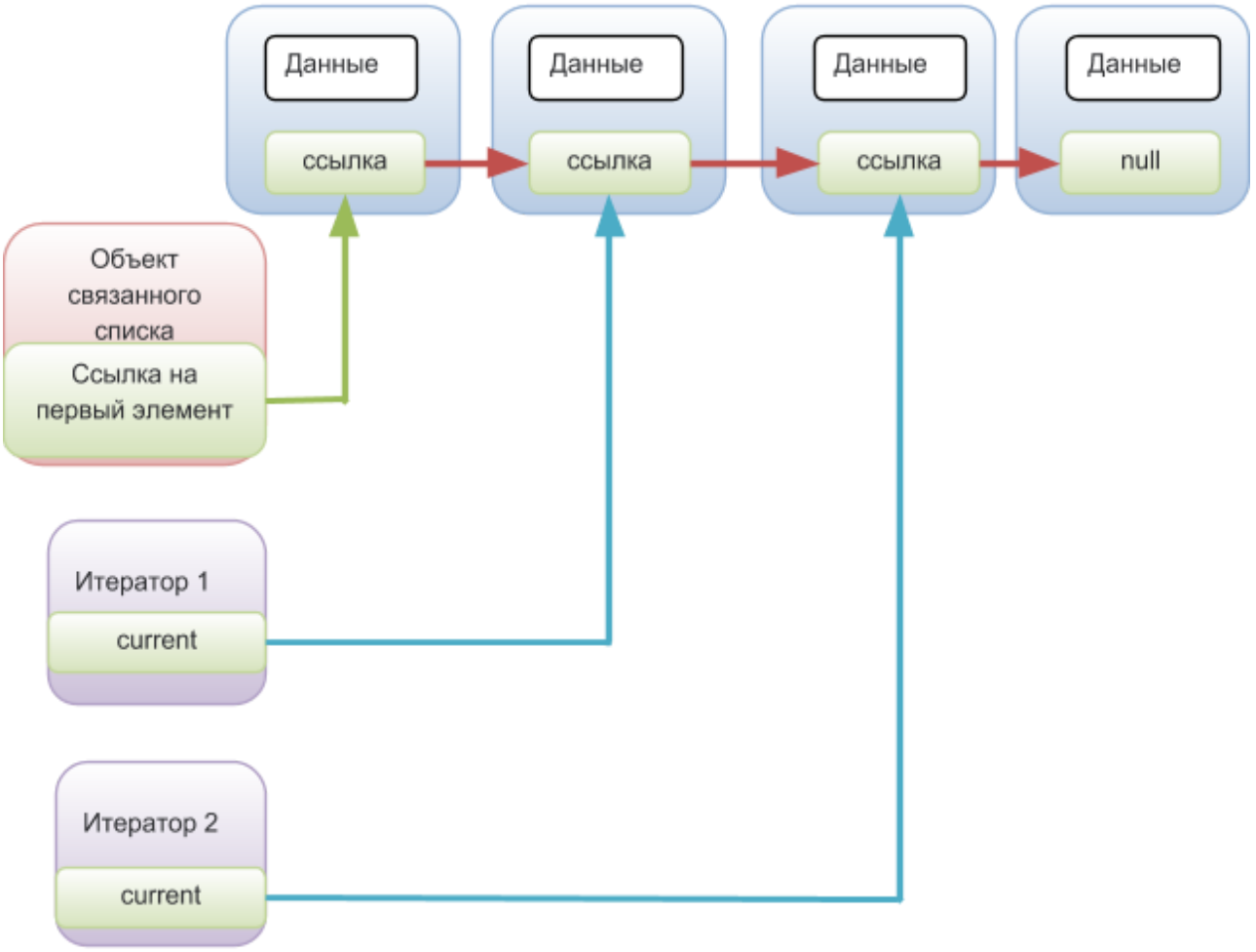
Итераторы часто используются при переборе элементов списка. На рассмотренные методы поиска и удаления элемента мы никак не влияем. Итераторы указывают на конкретный элемент списка и применяются, например, чтобы сравнить все элементы списка с одним из них и удалить те, которые не удовлетворяют заданному критерию. Допустим, у которых поле «возраст» меньше выбранного элемента.

Без методов класс итератора будет выглядеть следующим образом:

```
class LinkInterator{
    private Link current;

}
```

Как правило, итераторы содержат следующие методы:

- **reset()** — перемещение в начало списка;
- **nextLink()** — перемещение итератора к следующему элементу;
- **getCurrent()** — получение элемента, на который указывает итератор;
- **atEnd()** — возвращает **true**, если итератор находится в конце списка;
- **insertAfter()** — вставка элемента после итератора;
- **insertBefore()** — вставка элемента до итератора;
- **deleteCurrent()** — удаление элемента в текущей позиции итератора.



Реализуем класс **LinkIterator** и добавим код в класс с реализацией списка **LinkedList**. Сначала изменим модификатор доступа у поля **first** на **private** и создадим для него методы получения и установки.

```
public Link getFirst() {
      return first;
}

public void setFirst(Link first) {
      this.first = first;

}
```

Добавим метод **getIterator**, который будет создавать новый итератор. В качестве аргумента для итератора передаем текущий список.

```
public LinkInterator getIterator(LinkedList list){
      return new LinkInterator(this);

}
```

Реализованный класс **LinkIterator** и программный код связанного списка:

```
class Link{
    public String name;
    public int age;

    public Link next;

    public Link(String name, int age){
        this.name = name;
        this.age = age;
    }

    public void display(){
        System.out.println("Name: "+this.name+", age: "+this.age);
    }
}
class LinkedList{
    private Link first;


    public LinkedList(){
        first = null;

    }

    public Link getFirst() {
        return first;
    }

    public void setFirst(Link first) {
        this.first = first;
    }

    public LinkInterator getIterator(){
```

```
        return new LinkInterator(this);
    }

    public boolean isEmpty(){
        return (first == null);
    }

    public void display(){
        Link current = first;
        while(current != null){
            current.display();
            current = current.next;
        }
    }
}

class LinkInterator{
    private Link current;
    private Link previous;
    private LinkedList list;

    public LinkInterator(LinkedList list){
        this.list = list;
        this.reset();
    }

    public void reset(){
        current = list.getFirst();
        previous = null;
    }

    public boolean atEnd(){
        return (current.next == null);
    }

    public void nextLink(){
        previous = current;
        current = current.next;
    }

    public Link getCurrent(){
        return current;
    }

    public void insertAfter(String name, int age){
        Link newLink = new Link(name, age);
        if (list.isEmpty()){
            list.setFirst(newLink);
            current = newLink;
        } else {
            newLink.next = current.next;
            current.next = newLink;
            nextLink();
        }
    }

    public void insertBefore(String name, int age){
        Link newLink = new Link(name, age);
        if(previous == null){
            newLink.next = list.getFirst();
```

```
            list.setFirst(newLink);
            reset();
        }
        else{
            newLink.next = previous.next;
            previous.next = newLink;
            current = newLink;
        }
    }

    public String deleteCurrent(){
        String name = current.name;
        if (previous == null){
            list.setFirst(current.next);
            reset();
        } else {
            previous.next = current.next;
            if (atEnd()){
                reset();
            } else {
                current = current.next;
            }
        }

        return name;
    }

}

public class LinkIteratorApp {


    public static void main(String[] args) {
        LinkedList list = new LinkedList();

        LinkInterator itr = new LinkInterator(list);

        itr.insertAfter("Artem", 20);
        itr.insertBefore("Sergey", 10);

        list.display();
    }


}
```

Домашнее задание

1. Реализовать все классы, рассмотренные в данном уроке.
2. В методе **main LinkIteratorApp** проверить все методы итератора.

Дополнительные материалы

1. Связанный список.
2. Еще немного о списках.

Используемая литература

Для подготовки данного методического пособия были использованы следующие ресурсы:

1. Лафорте Р. Структуры данных и алгоритмы в Java. Классика Computers Science. 2-е изд.— СПб.: Питер, 2013. — 46–119 сс.