Программирование на Java

8. Отрисовка

Глухих Михаил Игоревич
mailto: glukhikh@mail.ru

За занавесом

- Дополнительное чтение:
  - http://www.oracle.com/technetwork/java/painting-140037.html
  - http://docs.oracle.com/javase/tutorial/uiswing/components/toplevel.html
  - https://docs.oracle.com/javase/tutorial/extra/fullscreen/doublebuf.html
  - http://docs.oracle.com/javafx/2/scenegraph/jfxpub-scenegraph.htm

Выдержки (weight)

- heavyweight component: всегда имеет привязанное к нему окно ОС
  - Любой наследник Component, но не JComponent

Выдержки (weight)

- heavyweight component: всегда имеет привязанное к нему окно ОС
  - Любой наследник Component, но не JComponent
- lightweight component: переиспользует окно ОС ближайшего «тяжелого» родителя
  - Любой наследник JComponent
  - NB: JFrame НЕ наследник JComponent (!)

Выдержки (painting)

- System-triggered
- Application-triggered (repaint)

Выдержки (painting)

- System-triggered
- Application-triggered (repaint)

- Lightweight
  - Container.paint calls paint of its children
    - Container.paintComponents (!)
  - NB: don’t forget to call super.paint() (!)

Выдержки (Swing Containers)

- NB: all heavy-weight (!)
  - Container
    - Window
      - JWindow
      - Frame
        - JFrame
      - Dialog
        - JDialog
    - Panel
      - Applet
        - JApplet

Выдержки (Swing JFrame)

- JFrame состоит из (NB: неточно!)
  - JMenuBar
  - Content Pane

Выдержки (Swing JFrame)

- JFrame состоит из
  - JRootPane (! extends JComponent !)
    - Такая же панель входит в JWindow / JDialog / Japplet

Выдержки (Swing JFrame)

- JFrame состоит из
  - JRootPane (! extends JComponent !) состоит из
    - glassPane (перехватывает движения мыши)
    - JLayeredPane состоит из
      - JMenuBar (верхняя часть)
      - Content Pane (нижняя часть)

Выдержки (painting in Swing)

- Двойная буферизация
  - Paint to image, then copy to screen

Выдержки (painting in Swing)

- Двойная буферизация
  - Paint to image, then copy to screen
- JComponent.paint
  - **paintComponent (NB: to override!)**
  - paintBorder
  - paintChildren

Выдержки (JavaFX)

- Отрисовка с помощью scene graph (tree)
  - Включает в себя узлы (Node, Parent) для отрисовки
    - Графические примитивы тоже являются узлами

Движущиеся изображения

- Один из способов создания – использование таймера (Timer)
- Таймер – объект, генерирующий события периодически, с равным интервалом
- Необходимо при возникновении события таймера изменить изображение на фрейме

Последовательность действий

- Создать «слушатель» – ActionListener

```
timerListener = new ActionListener() {
    public void actionPerformed(
        ActionEvent e) {
        // Какие-то изменения
        repaint();
    }
};
```

Последовательность действий

- Или короче

```
timerListener = e -> {
    // Какие-то действия
    repaint();
};
```

Последовательность действий

- Создать и запустить таймер

```
timer = new Timer(20, timerListener);
timer.start();
```

- Используется таймер javax.swing.Timer
- NB: существует ещё java.util.Timer, sun.misc.Timer, ...

Пример

- Необходимо написать программу, создающую окно с изображением летящего шарика
- При столкновении с границами окна шарик должен отражаться от них

Проектирование

- Фрейм, в нём *панель*
- Панель
  - *таймер*
  - *слушатель*
  - *шарик*
  - **Отрисовка шариков**
- Шарик
  - *Положение, Размеры, Скорость*
  - *Цвет*
  - **передвижение**

Класс «фрейм»

```
public class MainFrame extends JFrame {
    MainFrame(String s) {
        super(s);
        setSize(300, 200);
        this.setContentPane(new MainPanel());
        setVisible(true);
        setDefaultCloseOperation(
            WindowConstants.EXIT_ON_CLOSE);
    }
    public static void main(String[] args) {
        SwingUtilities.invokeLater(
            () -> MainFrame("Заставка с шариком"));
    }
}
```

Класс «панель», конструктор

```
class MainPanel extends JPanel {
    public MainPanel() {
        setBackground(Color.BLACK);
        ball = new Ball(50, 150,
                        1, 2, 10, Color.RED);
        ActionListener timerListener = e -> {
            ball.step(getWidth(), getHeight());
            repaint();
        };
        Timer timer = new Timer(
            20, timerListener);
        timer.start();
    }
}
```

Класс «панель», шарик, перерисовка

```
class MainPanel extends JPanel {
    private Ball ball;
    public void paintComponent(Graphics g) {
        super.paintComponent(g);
        paintBall(g, ball);
    }
    private void paintBall(Graphics g,
                           Ball b) {
        g.setColor(b.getColor());
        int radius = b.getRadius();
        g.fillOval(b.getX() - radius,
                   b.getY() - radius,
                   2 * radius, 2 * radius);
    }
}
```

Класс «шарик», Котлин

```
class Ball(var x: Int, var y: Int,
           private var dx: Int,
           private var dy: Int,
           val radius: Int,
           val color: Color) { … }
```

Класс «шарик», шаг

- См. part3.painting.ball.Ball.step

Обработка событий мыши

- Интерфейс MouseListener
  - mouseClicked – щелчок (нажали и отпустили)
  - mousePressed – нажатие (момент нажатия)
  - mouseReleased – отпускание (момент отпускания)
  - mouseEntered – появление курсора мыши в компоненте
  - mouseExited – исчезновение курсора мыши из компонента
- Интерфейс MouseMotionListener
  - mouseMoved – движение мыши
  - mouseDragged – перетаскивание мышью
- Интерфейс MouseWheelListener
  - mouseWheelMoved – передвинуто колесо

Обработка событий мыши

- Методы MouseEvent:
  - getX(), getY() – координаты
  - getButton() – к какой клавише относится (BUTTON1, BUTTON2, BUTTON3)
  - getClickCount() – кратность щелчка
  - getModifiers() – различные модификаторы (какие еще клавиши были нажаты и т.д.)

Пример

- Изменим нашу заставку с шариком так, чтобы нажатием левой клавиши мыши можно было остановить движение шарика, а отпусканием – восстановить движение шарика

Метод проверки положения

```
fun inside(px: Int, py: Int) =
      (px - x) * (px - x) +
      (py - y) * (py - y) < radius * radius
```

Добавим слушателя

```
private boolean hold; // надо ли «держать» шарик
// …
mouseListener = new MouseAdapter() {
    public void mousePressed(MouseEvent e) {
        if (e.getButton() == MouseEvent.BUTTON1)
            hold = ball.inside(e.getX(), e.getY());
    }
    public void mouseReleased(MouseEvent e) {
        if (e.getButton() == MouseEvent.BUTTON1)
            hold = false;
    }
};
this.addMouseListener(mouseListener);
```

Демонстрация

- См. пример (part3.painting.ball)

Обработка событий клавиатуры

- Происходит в компоненте, владеющем фокусом
- Интерфейс KeyListener
  - keyPressed – нажатие клавиши
  - keyReleased – отпускание клавиши
  - keyTyped – ввод очередного символа

Обработка событий клавиатуры

- Методы KeyEvent
  - getKeyChar – возвращает соответствующий символ или константу CHAR_UNDEFINED
  - getKeyCode – возвращает код нажатой клавиши, например, VK_DOWN
  - getModifiers – различные модификаторы (нажата ли ALT, SHIFT)

Пример

- Изменим нашу заставку так, чтобы нажатием на клавиши ВВЕРХ, ВНИЗ, ВПРАВО или ВЛЕВО можно было управлять движением шарика (например, изменять скорость на единицу в соответствующую сторону)

Метод изменения скорости

```
fun touch(ddx: Int, ddy: Int) {
        dx += ddx
        dx = maxOf(-20, minOf(20, dx))
        dy += ddy
        dy = maxOf(-20, minOf(20, dy))
}
```

Метод изменения скорости (для панели)

```
public void touchBall(int dx, int dy) {
    controlledBall.touch(dx, dy);
}
// Метод необходим, так как
// управлять нам придется из фрейма
```

- События клавиатуры приходят в главный фрейм, пока нет курсора ввода
- Если курсор ввода есть, события приходят в компонент, владеющий курсором ввода

Добавим слушателя

```
// …
keyListener = new KeyAdapter() {
    public void keyPressed(KeyEvent e) {
    switch (e.getKeyCode()) {
        case KeyEvent.VK_DOWN:
            panel.touchBall(0, 1);
            break;
        case KeyEvent.VK_UP:
            panel.touchBall(0, -1);
            break;
        // …
    }
}
this.addKeyListener(keyListener);
```

Демонстрация

- См. пример (part3.painting.ball)

Класс Graphics2D

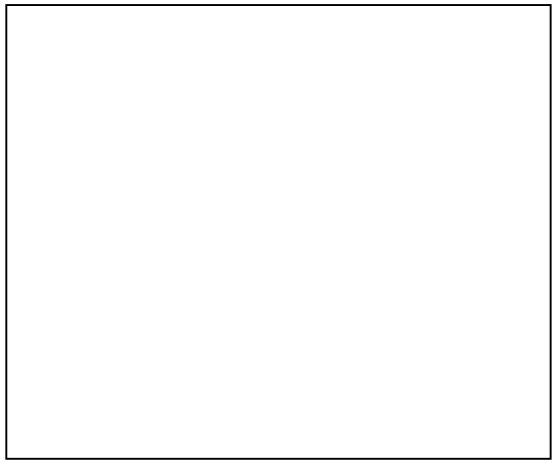
- Введен в Java 2D (1.2?) и является расширением (extends) класса Graphics
- Новые возможности
  - преобразование координат

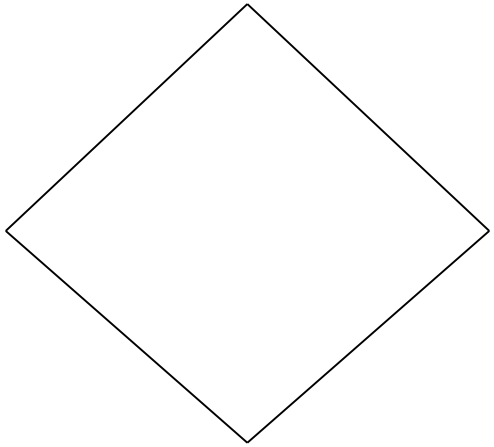
Преобразование координат (афинное)

- Осуществляется преобразование вида (x, y) → (ax + cy + e, bx + dy + f)
- Используется класс AffineTransform
- Возможные преобразования:
  - общий вид: new AffineTransform(a,b,c,d,e,f);
  - поворот: getRotateInstance(angle,x,y);
  - расширение/сжатие: getScaleInstance(sx, sy);
  - сдвиг: getTranslateInstance(tx, ty);
  - конкатенация: concatenate(at);
- Выбор: setTransform(at);

Преобразование координат

- Поворот на 45 градусов со сжатием





Пример (part3.painting.g2d)

```
public void paintComponent(Graphics g) {
    super.paintComponent(g);
    Graphics2D g2d = (Graphics2D)g;
    AffineTransform at =
        AffineTransform.getRotateInstance(
            Math.PI/6.0, 100, 100);
    at.concatenate(
        AffineTransform.getScaleInstance(1.0, 0.5));
    g2d.setTransform(at);
    g2d.setColor(new Color(0, 128, 0));
    g2d.setFont(new Font("Serif", Font.ITALIC, 24));
    g2d.drawString("Графические примитивы", 100, 50);
    g2d.drawRect(75, 25, 300, 50);
}
```

Класс Graphics2D

- Новые возможности
  - преобразование координат
  - введены способы вычерчивания (перья) и способы заливки (кисти)

Перья

- Задают способ вычерчивания линий
- Используется интерфейс Stroke и его реализация – класс BasicStroke
- Для выбора пера используется метод setStroke(stroke);

Свойства перьев

- толщина (width)
- конец линии (cap) – закругленный, квадратный
- сопряжение линий (join) – дуга, промежуточный отрезок, стык
- длина штрихов и промежутков (dash)

Примеры перьев

- Перо толщиной 10

```
g2d.setStroke(new BasicStroke(10));
```

- Перо толщиной 10 с закруглением на концах и отрезками на стыках

```
g2d.setStroke(new BasicStroke(10,
      BasicStroke.CAP_ROUND,
      BasicStroke.JOIN_BEVEL));
```

- Штрихпунктирное перо толщиной 5

```
g2d.setStroke(new BasicStroke(
     5, BasicStroke.CAP_BUTT,
     BasicStroke.JOIN_MITER, 1,
     new float[]{10, 5, 20, 5, 10, 5}, 0));
```

- И так далее

Кисти

- Задают способ заливки фигур
- Используется интерфейс Paint
  - реализация Color (сплошная заливка)
  - реализация GradientPaint (градиентная заливка)
  - реализация TexturePaint (текстурная заливка)
- Для выбора кисти используется метод setPaint(p)

Градиентная заливка

```
new GradientPaint(
      100, 100, Color.RED,
      300, 300, Color.BLUE);
```

- В точке (100, 100) красный цвет
- В точке (300, 300) синий цвет
- Между ними – смешанный цвет

Класс Graphics2D

- Новые возможности
  - преобразование координат
  - введены способы вычерчивания (перья) и способы заливки (кисти)
  - работа с изображениями

Работа с готовыми изображениями

- Чтение иконы из файла

```
ImageIcon icon =
    new ImageIcon("shield.gif");
Image image = icon.getImage();
```

- Вывод рисунка в окно

```
g2d.drawImage(
    icon.getImage(), x, y, this);
```

Класс Graphics2D

- Новые возможности
  - преобразование координат
  - введены способы вычерчивания (перья) и способы заливки (кисти)
  - работа с изображениями
  - введен интерфейс для рисования различных фигур

Фигуры

- Для рисования фигур используется интерфейс Shape, методы draw(shape) и fill(shape)
- Преимущество фигур над стандартными примитивами состоит в том, что их можно подготовить заранее и потом нарисовать путем вызова одного метода (draw или fill)
- Существующие готовые фигуры

```
Rectangle2D r2d = new Rectangle2D.Double(
     0.0, 0.0, 50.0, 100.0);
Line2D l2d = new Line2D.Float(
     0.0F, 0.0F, 100.0F, 50.0F);
Ellipse2D – по аналогии
Arc2D – по аналогии
```

Создание своих фигур

- Один из существующих способов – использование класса GeneralPath
- Например (стрелка вверх)

```
GeneralPath shape = new GeneralPath();
shape.moveTo(-1.0, 0.0);
shape.lineTo(-1.0, -90.0);
shape.lineTo(-10.0, -80.0);
shape.lineTo(0.0, -100.0);
shape.lineTo(10.0, -80.0);
shape.lineTo(1.0, -90.0);
shape.lineTo(1.0, 0.0);
shape.closePath();
```

Создание своих изображений

- Один из существующих способов – использование класса BufferedImage
- Например (эллипс с каймой)

```
BufferedImage image = new BufferedImage(
    100, 100, BufferedImage.TYPE_INT_ARGB);
Graphics2D g2d = image.createGraphics();
g2d.setBackground(new Color(0, 0, 0, 0));
Ellipse2D e2d = new Ellipse2D.Double(
    0.0, 0.0, 100.0, 100.0);
g2d.setColor(Color.RED);
g2d.fill(e2d);
g2d.setColor(Color.BLUE);
g2d.draw(e2d);
```

- Созданное изображение может быть нарисовано (drawImage)

Демонстрация основных методов Graphics2D

- См. part3.painting.g2d
- Также см. part3.simple.primitives.javafx

Более реальный пример: часы

- Необходимо написать программу, изображающую на экране окно с часами (циферблат и стрелки)
- Время на часах должно изменяться в соответствие с системным временем

Проектирование

- Фрейм
  - *панель*
- Панель
  - *таймер, слушатель*
  - *циферблат, стрелки*
  - **отрисовка**
- Циферблат
  - *изображение*
- Стрелка
  - *фигура стрелки, цвет*

Класс «панель», поля

```
public class ClockPanel extends JPanel {
    static private final double BASE_SIZE = 1000.0;
    private final ClockFace face = new ClockFace(BASE_SIZE,
        Color.LIGHT_GRAY, Color.BLACK);
    private final ClockHand hourHand = new ClockHand(
        0.6*BASE_SIZE, Color.RED);
    private final ClockHand minuteHand = new ClockHand(
        0.8*BASE_SIZE, Color.BLUE);
    private final ClockHand secondHand = new ClockHand(
        BASE_SIZE, Color.GREEN);
}
```

Класс «панель», конструктор, время

```
    public ClockPanel() {
        super();
        setBackground(Color.DARK_GRAY);
        Timer timer = new Timer(1000, e -> repaint());
        timer.start();
    }
    @Override
    public void paintComponent(Graphics g) {
        super.paintComponent(g);
        final Calendar calendar = Calendar.getInstance();
        final int hour = calendar.get(Calendar.HOUR);
        final int minute = calendar.get(Calendar.MINUTE);
        final int second = calendar.get(Calendar.SECOND);
        final double hourAngle =  hour * Math.PI / 6;
        final double minuteAngle = minute * Math.PI / 30;
        final double secondAngle = second * Math.PI / 30;
}
```

Класс «панель», отрисовка

```
final int width = getWidth();
final int height = getHeight();
final int size = width < height ? width : height;
Graphics2D g2d = (Graphics2D) g;
// Циферблат
g2d.setTransform(AffineTransform.getScaleInstance(
        size/BASE_SIZE, size/BASE_SIZE));
g2d.drawImage(face.getImage(), 0, 0, null);
// Базовое преобразование для стрелок
final AffineTransform base = new AffineTransform();
base.translate(0.5 * size, 0.5 * size);
base.scale(0.5 * size / BASE_SIZE,
           0.5 * size / BASE_SIZE);
// Рисование стрелок
hourHand.paint(g2d, base, hourAngle);
minuteHand.paint(g2d, base, minuteAngle);
secondHand.paint(g2d, base, secondAngle);
```

Класс «циферблат», конструктор

```
public class ClockFace {
    private final BufferedImage image;
    public ClockFace(final double size,
                     final Color back, final Color marks) {
        image = new BufferedImage((int)size, (int)size,
            BufferedImage.TYPE_INT_ARGB);
        Graphics2D g2d = image.createGraphics();
        g2d.setBackground(new Color(0, 0, 0, 255));
        g2d.setColor(back);
        Ellipse2D ellipse = new Ellipse2D.Double(
            0.0, 0.0, size, size);
        g2d.fill(ellipse);
        // …
    }
}
```

Класс «циферблат», конструктор

```
public class ClockFace {
    private final BufferedImage image;
    public ClockFace(final double size,
                     final Color back, final Color marks) {
        // …
        g2d.setColor(marks);
        g2d.setStroke(new BasicStroke(5));
        Line2D line = new Line2D.Double(
            0.5 * size, 0.1 * size, 0.5 * size, 0.05 * size);
        for (int i = 0; i < 12; i++) {
            final AffineTransform at =
                AffineTransform.rotateInstance(
                    (i+1) * Math.PI / 6,
                    0.5 * size, 0.5 * size);
            g2d.setTransform(at);
            g2d.draw(line);
        }
    }
}
```

Класс «стрелка», конструктор

```
public class ClockHand {
    private final GeneralPath shape;
    private final Color color;
    public ClockHand(final double length,
                     final Color color) {
        this.color = color;
        shape = new GeneralPath();
        shape.moveTo(-0.01 * length, 0.0);
        shape.lineTo(-0.01 * length, -0.9 * length);
        shape.lineTo(-0.1 * length, -0.8 * length);
        shape.lineTo(0.0, -1.0 * length);
        shape.lineTo(0.1 * length, -0.8 * length);
        shape.lineTo(0.01 * length, -0.9 * length);
        shape.lineTo(0.01 * length, 0.0);
        shape.closePath();
    }
}
```

Рисование стрелки

```
public class ClockHand {
    public void paint(final Graphics2D g2d,
            final AffineTransform base,
            final double angle) {
        g2d.setColor(color);
        final AffineTransform at = new
            AffineTransform(base);
        at.rotate(angle);
        g2d.setTransform(at);
        g2d.fill(shape);
    }
}
```

Демонстрация работы

- См. пример part3.painting.clock

Демонстрация работы

- См. пример part3.painting.clock
- Включение / выключение анти-алиасинга:
  - g2d.setRenderingHint(
    RenderingHints.KEY_ANTIALIASING,
    RenderingHints.VALUE_ANTIALIAS_ON);

Итоги

- Рассмотрены
  - Основные принципы отрисовки
  - Таймеры
  - Graphics2D
- Далее
  - События
  - Компоненты
  - Менеджеры размещения
  - Редактор форм