МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ФАКУЛЬТЕТ БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ
КАФЕДРА БІОМЕДИЧНОЇ КІБЕРНЕТИКИ

Комп’ютерний практикум №3

з дисципліни «Обробка медичних зображень»
на тему: «Формалізація уявлень про медичні зображення»

Варіант №16

Виконав:
студент гр. БС-91мп
Шуляк Я.І.
Перевірив:
доцент каф. БМК
к.т.н. Алхімова С.М.

Зараховано від ___.___._____

_____
(підпис викладача)

Київ-2019

Завдання

1. Вивчити теоретичні основи збереження даних у файлах формату DICOM;
2. Розробити програмний застосунок для завантаження зображення (томографічного зрізу) в форматі DICOM та відображення текстової інформації з елементів DICOM.
3. Розміри частини вікна програмного застосунку для візуалізації графічних даних (без інтерфейсу користувача) мають відповідати розмірам завантаженого медичного зображення; завантажене медичне зображення має мати масштаб 100% (одному пікселу зображення відповідає один піксел екрана).
4. Створити події, при обробці яких поверх даних зображення можна відобразити та приховати текстову інформацію з елемента DICOM відповідно до варіанта (варіант 16 — Вага хворого (Patient’s Weight)).
5. Скласти і захистити звіт по роботі.

Хід роботи

Лістинг програми:

main.cpp

```
#include <GL/glew.h>
#include <GL/freeglut.h>
#include <iostream>
#include "Image.h"
#include "TextRenderer.h"
#include "DicomFileWrapper.h"

int windowWidth = 300;
int windowHeight = 300;

Image* image;
TextRenderer* textRenderer;

void render();
void keyboardInput(unsigned char key, int x, int y);

int main(int argc, char* argv[]) {

    glutInit(&argc, argv);
    glutInitContextVersion(4,2);
    glutInitWindowPosition(100,100);
    glutInitWindowSize(windowWidth, windowHeight);
    glutCreateWindow("Lab3");
    glewInit();

    DicomFileWrapper dicomFileWrapper("DICOM_Image_for_Lab_2.dcm");

    int imageWidth = dicomFileWrapper.getUShort(DcmTagKey(0x0028, 0x0011));
    int imageHeight = dicomFileWrapper.getUShort(DcmTagKey(0x0028, 0x0010));
    auto pixelData = dicomFileWrapper.getUCharArray(DcmTagKey(0x7FE0, 0x0010));
    image = new Image(windowWidth, windowHeight, imageWidth, imageHeight, pixelData);

    auto patientWeight = dicomFileWrapper.getString(DcmTagKey(0x0010, 0x1030));
    textRenderer = new TextRenderer("arial.ttf", 14, windowWidth, windowHeight);
    textRenderer->setTextPosition(0, windowHeight - 16);
    textRenderer->setText(std::string("Patient's Weight: ").append(patientWeight));
```

```
    glutDisplayFunc(render);
    glutKeyboardFunc(keyboardInput);

    glutMainLoop();

    delete image;
    delete textRenderer;

    return 0;
}

void render() {
    glClearColor(1,1,1,1);
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);

    image->render();
    textRenderer->render();

    glutSwapBuffers();
}

void keyboardInput(unsigned char key, int x, int y) {
    textRenderer->toggleVisibility();
    glutPostRedisplay();
}
```

Shader.h

```
class Shader {


private:
    GLuint shaderProgram;
    GLuint compileShader(const char *shaderText, GLenum shaderType);

public:
    Shader(std::string vertexShaderScript, std::string fragmentShaderScript);
    void setMatrix4(const std::string &name, glm::mat4 matrix);
    GLuint getReference() { return shaderProgram; }

};
```

Shader.cpp

```
#include "Shader.h"
#include <iostream>

Shader::Shader(std::string vertexShaderScript, std::string fragmentShaderScript) {

    GLuint vertexShader = compileShader(vertexShaderScript.c_str(), GL_VERTEX_SHADER);
    GLuint fragmentShader = compileShader(fragmentShaderScript.c_str(), GL_FRAGMENT_SHADER);

    shaderProgram = glCreateProgram();
    glAttachShader(shaderProgram, vertexShader);
    glAttachShader(shaderProgram, fragmentShader);
    glLinkProgram(shaderProgram);
    glUseProgram(shaderProgram);

}

GLuint Shader::compileShader(const char *shaderText, GLenum shaderType) {

    //Load and Compile Shader

    GLuint shader = glCreateShader(shaderType);
    glShaderSource(shader, 1, &shaderText, nullptr);
    glCompileShader(shader);

    //Check compile status

    GLint status;
    glGetShaderiv(shader, GL_COMPILE_STATUS, &status);
    if (status != GL_TRUE) {
        char buffer[512];
        glGetShaderInfoLog(shader, 512, nullptr, buffer);
        throw std::runtime_error(buffer);
    }

    return shader;
```

```
}

void Shader::setMatrix4(const std::string &name, glm::mat4 matrix) {
    glUniformMatrix4fv(glGetUniformLocation(shaderProgram, name.c_str()), 1, GL_FALSE, &matrix[0]
[0]);
}
```

Image.h

```
#include <GL/glew.h>
#include <string>
#include <vector>
#include "Shader.h"

class Image {

private:
    Shader *shader;
    GLuint vao;
    GLuint vbo;
    GLuint ebo;
    GLuint texture;
public:
    Image(int windowWidth, int windowHeight, int imageWidth, int imageHeight, const unsigned char
*pixelData);
    ~Image();
    void render();

};
```

Image.cpp

```
#include "Image.h"

Image::Image(int windowWidth, int windowHeight, int imageWidth, int imageHeight, const unsigned char
*pixelData) {

    float vertexes[] = {
            //Vertices      //Texture Coords
            -0.5, -0.5,     0, 1,
            0.5, -0.5,      1, 1,
            0.5, 0.5,       1, 0,
            -0.5, 0.5,      0, 0
    };
    glGenVertexArrays(1, &vao);
    glBindVertexArray(vao);

    glGenBuffers(1, &vbo);
    glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, vbo);
    glBufferData(GL_ARRAY_BUFFER, sizeof(vertexes), &vertexes, GL_STATIC_DRAW);

    GLuint elements[] = {
            0, 1, 2, //First Triangle
            2, 3, 0  // Second Triangle
    };

    glGenBuffers(1, &ebo);
    glBindBuffer(GL_ELEMENT_ARRAY_BUFFER, ebo);
    glBufferData(GL_ELEMENT_ARRAY_BUFFER, sizeof(elements), &elements, GL_STATIC_DRAW);

    auto vertexShader =
            "#version 400\n"
            "uniform mat4 projection;"
            "uniform mat4 model;"
            "uniform mat4 view;"
            "in vec2 position; "
            "in vec2 texture_coord_in; "
            "out vec2 texture_coord_out; "
            "void main()"
            "{"
            "    gl_Position = projection * view * model * vec4(position, 0.0, 1.0);"
            "    texture_coord_out = texture_coord_in;"
            "}";

    auto fragmentShader =
            "#version 400\n"
            "uniform sampler2D texture1;"
            "in vec2 texture_coord_out;"
```

```
            "out vec4 FragColor;"
            "void main()"
            "{"
            "    vec4 tmpColor = texture(texture1, texture_coord_out);"
            "    FragColor = vec4(tmpColor.r, tmpColor.r, tmpColor.r, 1);"
            "}";

    shader = new Shader(vertexShader, fragmentShader);
    glUseProgram(shader->getReference());

    glVertexAttribPointer(0, 2, GL_FLOAT, GL_FALSE, 4 * sizeof(float), (void *) 0);
    glEnableVertexAttribArray(0);

    glVertexAttribPointer(1, 2, GL_FLOAT, GL_FALSE, 4 * sizeof(float), (void *) (2 *
sizeof(float)));
    glEnableVertexAttribArray(1);

    glm::mat4 projection = glm::ortho<float>(0, windowWidth, 0, windowHeight, -1, 1);
    glm::mat4 view = glm::lookAt(
            glm::vec3(0, 0, 1.0f),
            glm::vec3(0, 0, 0.0f),
            glm::vec3(0.0f, 1.0f, 0.0f)
    );
    glm::mat4 model = glm::mat4(1.0f);
    model = glm::translate(model, glm::vec3(windowWidth / 2, windowHeight / 2, 0));
    model = glm::scale(model, glm::vec3(imageWidth, imageHeight, 1.0f));

    shader->setMatrix4("projection", projection);
    shader->setMatrix4("view", view);
    shader->setMatrix4("model", model);

    glActiveTexture(GL_TEXTURE0);
    glGenTextures(1, &texture);
    glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, texture);

    glTexParameterf(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MIN_FILTER, GL_NEAREST);
    glTexParameterf(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MAG_FILTER, GL_NEAREST);

    glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_S, GL_CLAMP_TO_EDGE);
    glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_T, GL_CLAMP_TO_EDGE);

    glTexImage2D(GL_TEXTURE_2D, 0, GL_RGB, imageWidth, imageHeight, 0, GL_RED, GL_UNSIGNED_BYTE,
pixelData);

    glUseProgram(shader->getReference());
    glUniform1i(glGetUniformLocation(shader->getReference(), "texture1"), 0);

}

Image::~Image() {
    delete shader;
}

void Image::render() {
    glActiveTexture(GL_TEXTURE0);
    glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, texture);
    glUseProgram(shader->getReference());
    glBindVertexArray(vao);
    glDrawElements(GL_TRIANGLES, 6, GL_UNSIGNED_INT, nullptr);
}
```

TextRenderer.h

```
#include <vector>
#include <string>
#include "Shader.h"
#include <ft2build.h>
#include FT_FREETYPE_H

struct Character {
    GLuint     TextureID;  // ID handle of the glyph texture
    glm::ivec2 Size;       // Size of glyph
    glm::ivec2 Bearing;    // Offset from baseline to left/top of glyph
    GLuint     Advance;    // Offset to advance to next glyph
};

class TextRenderer {
```

```
private:

    std::vector<Character> characters;

    Shader* shader;
    GLuint vao;
    GLuint vbo;

    FT_Library ftLibrary;
    FT_Face ftFace;

    bool isVisible = true;

    std::string text;

    int textX = 0;
    int textY = 0;

public:
    TextRenderer(std::string font, int fontSize, int width, int height);
    ~TextRenderer();
    void setText(std::string text);
    void setTextPosition(int x, int y);
    void toggleVisibility();
    void render();
};
```

TextRenderer.cpp

```
#include "TextRenderer.h"

TextRenderer::TextRenderer(std::string font, int fontSize, int width, int height) {

    FT_Init_FreeType(&ftLibrary);
    FT_New_Face(ftLibrary, font.c_str(), 0,  &ftFace);

    FT_Set_Pixel_Sizes(ftFace, 0, fontSize);

    auto vertexShader =
            "#version 400\n"
            "in vec4 vertex;"
            "out vec2 TexCoords;"
            "uniform mat4 projection;"
            "void main()"
            "{"
            "    gl_Position = projection * vec4(vertex.xy, 0.0, 1.0);"
            "    TexCoords = vertex.zw;"
            "}  ";

    auto fragmentShader =
            "#version 400\n"
            "in vec2 TexCoords;"
            "out vec4 color;"
            "uniform sampler2D text;"
            "void main()"
            "{"
            "    vec4 sampled = vec4(1.0, 1.0, 1.0, texture(text, TexCoords).r);"
            "    color = vec4(0.0, 0.0, 0.0, 1.0) * sampled;"
            "} ";

    shader = new Shader(vertexShader, fragmentShader);

    glUseProgram(shader->getReference());

    glm::mat4 projection = glm::ortho(0.0f, (float) width, 0.0f, (float) height);
    glUniformMatrix4fv(glGetUniformLocation(shader->getReference(), "projection"), 1, GL_FALSE,
            glm::value_ptr(projection));

    glPixelStorei(GL_UNPACK_ALIGNMENT, 1);

    for (GLubyte character = 0; character <= 127; character++) {

        FT_Load_Char(ftFace, character, FT_LOAD_RENDER);

        GLuint texture;
        glGenTextures(1, &texture);
        glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, texture);
        glTexImage2D(
```

```
                GL_TEXTURE_2D,
                0,
                GL_RED,
                ftFace->glyph->bitmap.width,
                ftFace->glyph->bitmap.rows,
                0,
                GL_RED,
                GL_UNSIGNED_BYTE,
                ftFace->glyph->bitmap.buffer
        );

        glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_S, GL_CLAMP_TO_EDGE);
        glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_T, GL_CLAMP_TO_EDGE);
        glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MIN_FILTER, GL_LINEAR);
        glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MAG_FILTER, GL_LINEAR);

        Character characterObj = {
                texture,
                glm::ivec2(ftFace->glyph->bitmap.width, ftFace->glyph->bitmap.rows),
                glm::ivec2(ftFace->glyph->bitmap_left, ftFace->glyph->bitmap_top),
                (GLuint) ftFace->glyph->advance.x
        };

        characters.push_back(characterObj);

    }

    FT_Done_Face(ftFace);
    FT_Done_FreeType(ftLibrary);

    glGenVertexArrays(1, &vao);
    glGenBuffers(1, &vbo);
    glBindVertexArray(vao);
    glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, vbo);
    glBufferData(GL_ARRAY_BUFFER, sizeof(GLfloat) * 6 * 4, NULL, GL_DYNAMIC_DRAW);
    glEnableVertexAttribArray(0);
    glVertexAttribPointer(0, 4, GL_FLOAT, GL_FALSE, 4 * sizeof(GLfloat), 0);
    glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, 0);
    glBindVertexArray(0);

}

TextRenderer::~TextRenderer() {
    delete shader;
}

void TextRenderer::setText(std::string text) {
    this->text = text;
}

void TextRenderer::setTextPosition(int x, int y) {
    textX = x;
    textY = y;
}

void TextRenderer::toggleVisibility() {
    isVisible = !isVisible;
}

void TextRenderer::render() {

    if (isVisible) {

        int x = textX, y = textY, scale = 1;

        glEnable(GL_BLEND);
        glBlendFunc(GL_SRC_ALPHA, GL_ONE_MINUS_SRC_ALPHA);

        glUseProgram(shader->getReference());

        glActiveTexture(GL_TEXTURE0);
        glBindVertexArray(vao);

        for(char character : text) {

            Character ch = characters[character];

            GLfloat xpos = x + ch.Bearing.x * scale;
```

```
            GLfloat ypos = y - (ch.Size.y - ch.Bearing.y) * scale;

            GLfloat w = ch.Size.x * scale;
            GLfloat h = ch.Size.y * scale;
            // Update vbo for each character
            GLfloat vertices[6][4] = {
                    { xpos,     ypos + h,   0.0, 0.0 },
                    { xpos,     ypos,       0.0, 1.0 },
                    { xpos + w, ypos,       1.0, 1.0 },

                    { xpos,     ypos + h,   0.0, 0.0 },
                    { xpos + w, ypos,       1.0, 1.0 },
                    { xpos + w, ypos + h,   1.0, 0.0 }
            };
            // Render glyph texture over quad
            glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, ch.TextureID);
            // Update content of vbo memory
            glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, vbo);
            glBufferSubData(GL_ARRAY_BUFFER, 0, sizeof(vertices), vertices);
            glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, 0);
            // Render quad
            glDrawArrays(GL_TRIANGLES, 0, 6);
            // Now advance cursors for next glyph (note that advance is number of 1/64 pixels)
            x += (ch.Advance >> 6) * scale; // Bitshift by 6 to get value in pixels (2^6 = 64)

        }

    }

}
```

DicomFileWrapper.h

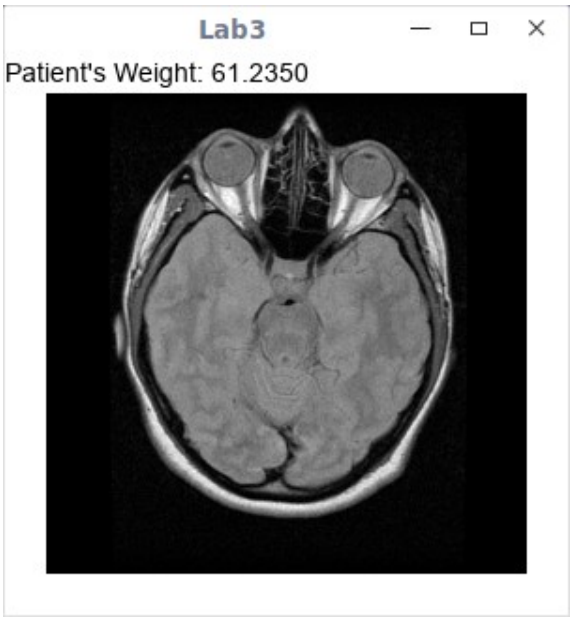
```
#include <iostream>
#include <dcmtk/dcmdata/dctk.h>
#include <dcmtk/dcmimgle/dcmimage.h>

class DicomFileWrapper {
private:
    DcmFileFormat *dcmFileFormat;
public:
    DicomFileWrapper(const std::string &imagePath);
    ~DicomFileWrapper();
    unsigned short getUShort(const DcmTagKey &dcmTagKey);
    std::string getString(const DcmTagKey &dcmTagKey);
    const unsigned char* getUCharArray(const DcmTagKey &dcmTagKey);
};
```

DicomFileWrapper.cpp

```
#include "DicomFileWrapper.h"

DicomFileWrapper::DicomFileWrapper(const std::string &imagePath) {

    dcmFileFormat = new DcmFileFormat();
    dcmFileFormat->loadFile(imagePath.c_str());

    auto bitsAllocated = getUShort(DcmTagKey(0x0028, 0x0100));
    if (bitsAllocated != 8)
        throw std::runtime_error("Image not supported");
}

DicomFileWrapper::~DicomFileWrapper() {
    delete dcmFileFormat;
}

unsigned short DicomFileWrapper::getUShort(const DcmTagKey &dcmTagKey) {
    unsigned short value = 0;
    dcmFileFormat->getDataset()->findAndGetUint16(dcmTagKey, value);
    return value;
}

std::string DicomFileWrapper::getString(const DcmTagKey &dcmTagKey) {
    OFString value;
    dcmFileFormat->getDataset()->findAndGetOFString(dcmTagKey, value);
    return std::string(value.c_str());
}
```

```
const unsigned char* DicomFileWrapper::getUCharArray(const DcmTagKey &dcmTagKey) {
    const unsigned char *value;
    dcmFileFormat->getDataset()->findAndGetUint8Array(dcmTagKey, value);
    return value;
}
```

Результат роботи:



При натисненні будь-якої клавіші клавіатури надпис змінює видимість

Контрольні запитання

1. Стандарт DICOM, його основні призначення.

DICOM – стандарт, який визначає структуру файлів з медичними зображеннями та стандартизує передачу таких файлів мережею. Метою використання цього стандарту є уніфікація медичних зображень які отримані з пристроїв від різних виробників, збереження медичних зображень та супутньої інформації про пацієнта, пристрій, тощо.

2. Навіщо і що саме визначається в описі відповідності стандарту DICOM, що є обов'язковою документацією до пристроїв медичної візуалізації?

Цей опис говорить про те яким чином та які функції виконує даний пристрій медичної візуалізації з метою стандартизувати процес комунікації між різними системами.

3. Що саме визначає розмір файлу зображення, що зберігається в форматі DICOM? Відповідь пояснити.

Розмір файлу зображеня визначає кількість зображень, кількість даних про пацієнта та діагностичний прилад, алгоритми для стиснення зображень.

4. Як реалізувати найпростіший парсер (зчитувач) DICOM файлів, щоб можна було отримати значення елемента за його тегом?

Для отримання інформації за певним тегом необхідно послідовно просканувати файл, що являє собою сукупність елементів даних, в кожнму з яких є поля з назвою тега,типом та довжиною даних і пое зі значенням потрібної інформації.

5. Що визначає інформаційна модель за стандартом DICOM?

Вона визначає структуру і організацію інформації, пов’язану з медичними зображеннями. В файлі формату DICOM це представлено у вигляді ієрархії: Пацієнт – дослідження – серія - зображення

6. Що за стандартом DICOM визначає термін «складне зображення»?

Складне зображення є елементом серії зображень. Крім самого зображення складне зображення може містити криві, оверлейні дані, таблиці та ін.

7. Як завантажити піксельні дані зображення з DICOM файлу в оперативну пам’ять?

Для цього потрібно зчитати інформацію про розмір зображення та його тип, а далі отримати інформацію про кожен піксель з елемента Pixel Data

8. Що таке за стандартом DICOM однофреймові та мультифреймові зображення, коли їх можна одержати?

Мультифреймове зображення означає що в файлі присутні декілька зображень. Такі зображення зазвичай створюються за допомогою апаратів УЗД та ангіографів.

9. Які модальності зображень визначені за стандартом DICOM?

CR Computed Radiography
CT Computed Tomography
MR Magnetic Resonance
US Ultrasound
OT Other
BI Biomagnetic imaging
CD Color flow Doppler
DD Duplex Doppler
DG Diaphanography
ES Endoscopy
LS Laser surface scan
та інші

10. Навіщо використовують упаковку пікселних даних зображення, чи впливає це на якість?

Це дозволяє у деяких випадках значно зменшити розмір файлу. Якість залежить від алгоритму упаковки – бувають алгоритми без втрат якості, але деякі алгоритми знижують якість.