

高级Web技术 Lab 2: Three.js 与 socket.io

概述

Lab 2 的主要内容包括：

- 使用 three.js 构建漫游场景
- 使用 socket.io 技术使 web3d 场景允许多人加入，并且行为共享。
- 使用 three.js 导入 3D 模型

Part 1: Three.js

前言

three.js 是一个 WebGL 库，对 WebGL API 进行了很好的封装。它库函数丰富，上手容易，非常适合 WebGL 开发。

three.js 的 github 地址：<https://github.com/mrdoob/three.js>

three.js 的官方网址：<https://threejs.org>

首页左侧的 documentation 中是 three.js 的官方文档。

文档下方的 examples 中有许多经典的例子。

同学们学习 three.js 和开发 PJ 可以参考这两个。

准备工作

有两种方法使用 three.js

- 下载 three.min.js 并将他包含在你使用的 html 文件中。

```
<script src="js/three.min.js"></script>
```

- 使用 npm 安装 three.js 的 [module](#) 并导入到你的项目中

- npm 安装 three 模块

```
npm i --save three
```

- three 模块的导入

```
// es6 style (recommended)
import * as THREE from 'three'
```

接下来我们以第一种方法来构建一个 web3d 场景

一、场景 (Scene)

首先，创建如下 HTML 文件（即 index.html）。

```
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <meta charset=utf-8>
    <title>My first three.js app</title>
    <style>
      body { margin: 0; }
      canvas { width: 100%; height: 100% }
    </style>
  </head>
  <body>
    <script src="js/three.min.js"></script>
    <script>
      // Our Javascript will go here.
    </script>
  </body>
</html>
```

接下来，在`<script>`标签内创建场景。

```
const scene = new THREE.Scene();
```

场景是一个很重要的概念，每一个场景中都包含有摄像机、地形、天空盒子等对象，渲染时可以在不同的场景间进行切换。在资源紧张的应用中，场景还要负责游戏对象的创建和销毁工作。一般来说，游戏中的每一个关卡都是一个场景。

二、摄像机 (Camera)

场景创建完毕后，需要向场景中添加摄像机，摄像机就跟人的眼镜一样，用来捕捉3D场景中的图像，而`canvas`就是人的视网膜，而摄像机看到的图像会被渲染到`canvas`上，来与用户进行交互。

每个场景都至少应包含一个摄像机。这里选择创建的摄像机为透视摄像机，摄像机捕获的内容占满整个页面，其视角为 45° ，坐标为 $(0, 20, 50)$ ，并将摄像机的镜头指向点 $(0, 15, 0)$ 。最后，将摄像机添加到场景中。

```
const SCREEN_WIDTH = window.innerWidth, SCREEN_HEIGHT = window.innerHeight;
const VIEW_ANGLE = 45, ASPECT = SCREEN_WIDTH / SCREEN_HEIGHT, NEAR = 0.3, FAR = 1000;
const camera = new THREE.PerspectiveCamera(VIEW_ANGLE, ASPECT, NEAR, FAR);
camera.position.set(0, 20, 50);
camera.lookAt(new THREE.Vector3(0, 15, 0));
scene.add(camera);
```

三、渲染器 (Renderer)

摄像机创建好后，就应该创建渲染器了。我们选择创建的渲染器为`WebGLRenderer`，并设定为抗锯齿，渲染器渲染的内容同样占满整个页面。最后将渲染器内部的`<canvas>`对象添加到`body`中。

```
const renderer = new THREE.WebGLRenderer({antialias: true});
renderer.setSize(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT);
document.body.appendChild(renderer.domElement);
```

抗锯齿`antialias`是创建`WebGLRenderer`时的一个可选参数，更多可选参数可以[查这里](#)。在学习Three.js时勤看文档是一个好习惯。

然后我们需要创建渲染回调函数。requestAnimationFrame 是浏览器提供的 JavaScript API，传递回调函数为参数。

```
function render() {  
    requestAnimationFrame(render);  
    renderer.render(scene, camera);  
}  
render();
```

至此，一个场景所必备的基本要素已经完成，打开浏览器访问可以看到整个页面变成了全黑，接下来我们需要往场景中添加各种实体对象。

四、光照 (Light)

一些材质的表现是受光照影响的，光照又分为以下几种

- 环境光 (AmbientLight)
- 点光源 (PointLight)
- 方向光源 (DirectionalLight)
- 聚光灯 (SpotLight)

其中，除环境光以外的光源支持阴影，具体每种光照请同学们自行参考官网学习

这里我们为场景简单地添加环境光

```
// soft white light  
const light = new THREE.AmbientLight( 0xaaaaaa );  
scene.add( light );
```

五、物体相关概念

1. 几何形状 (Geometry)

- Three.js 中提供了许多预设的几何形状，如立方体 (BoxGeometry)，平面 (PlaneGeometry)，球体 (SphereGeometry)，立体文字 (TextGeometry) 等。使用 Geometry 可以方便地新建所需形状的物体。
- 在后面讲到的天空盒子使用的就是立方体形状 (BoxGeometry)。

2. 材质 (Material)

- Material 对象定义了物体的材质，包括颜色、透明度、材质等等。Three.js 提供了一些预设材质，如 MeshBasicMaterial，MeshPhongMaterial，MeshLambertMaterial 等，具体的 Material 参数与预设材质的定义请参考[文档](#)。

3. 贴图 (Texture)

- Texture 通过为物体的一个面或多个面添加图像，进行对物体表面细节处理。
- threejs 通常采用 THREE.TextureLoader 对象来构造 loader，通过 loader 去加载图像来完成 texture 的构建，具体的过程在后面的天空盒子里会介绍到。

4. 网格 (Mesh)

- Geometry 和 Material 不能单独被渲染，只有结合成网格，才能被渲染到屏幕上。

六、添加物体

简单了解了物体的相关概念后，让我们向我们的场景中添加一些物体。

1. 天空盒子

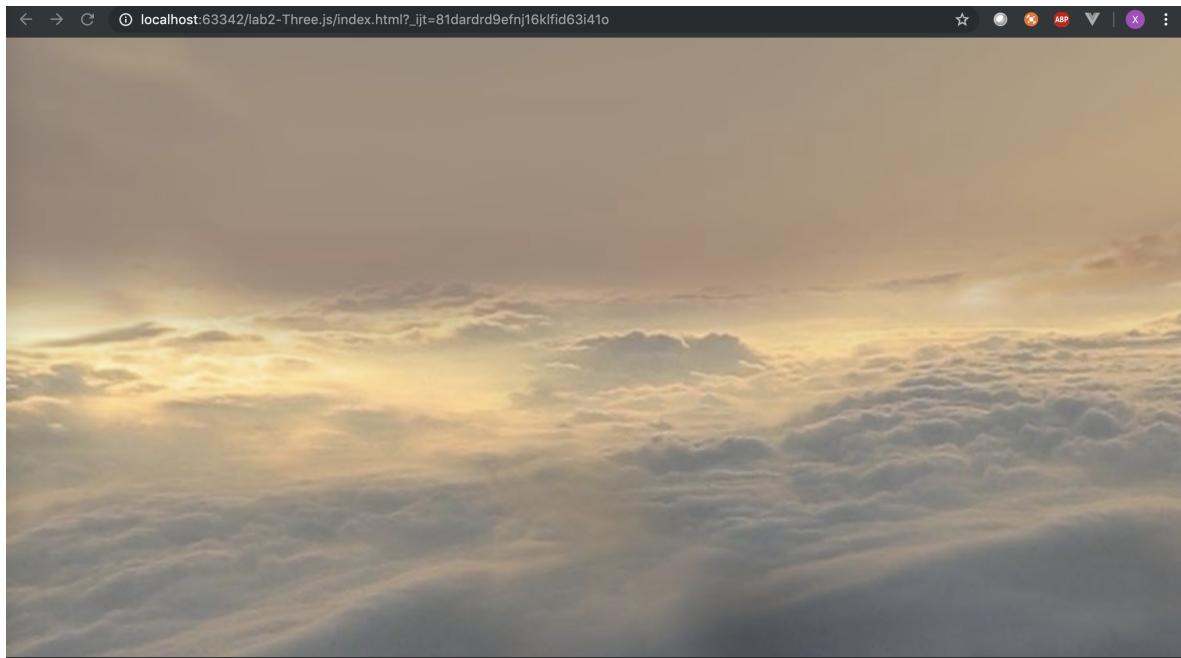
天空盒子和普通的几何物体并无不同。但天空盒子作为一种技术，可以将天空效果简单有效地表示出来，所以单独拿出来讲解。天空盒子，就是一个立方体对象。在实际应用中，用户视角只在盒子内部活动，所以只需要渲染盒子内部表面。值得注意的是，天空盒子应当足够大，使得摄像机在移动时看天空仍然觉得足够远。但是，天空盒子不能超出摄像机最远可视范围。

```
// 首先创建一个盒子立方体，长宽高设为500
const skyBoxGeometry = new THREE.BoxGeometry(500, 500, 500);

// 接下来创建材质并映射到指定图片，设定为只渲染背面（对立方体来说，从外面看到的是正面，从内部看到的是背面）
const textureLoader = new THREE.TextureLoader();
const skyBoxMaterial = [
    new THREE.MeshBasicMaterial({map:
        textureLoader.load('./assets/textures/skybox/px.jpg'), side: THREE.BackSide}),
    // right
    new THREE.MeshBasicMaterial({map:
        textureLoader.load('./assets/textures/skybox/nx.jpg'), side: THREE.BackSide}),
    // left
    new THREE.MeshBasicMaterial({map:
        textureLoader.load('./assets/textures/skybox/py.jpg'), side: THREE.BackSide}),
    // top
    new THREE.MeshBasicMaterial({map:
        textureLoader.load('./assets/textures/skybox/ny.jpg'), side: THREE.BackSide}),
    // bottom
    new THREE.MeshBasicMaterial({map:
        textureLoader.load('./assets/textures/skybox/pz.jpg'), side: THREE.BackSide}),
    // back
    new THREE.MeshBasicMaterial({map:
        textureLoader.load('./assets/textures/skybox/nz.jpg'), side: THREE.BackSide})
    // front
];
];

// 创建天空盒子并添加到场景
const skyBox = new THREE.Mesh(skyBoxGeometry, skyBoxMaterial);
scene.add(skyBox);
```

刷新页面，可以观察到被天空盒子包围的场景。



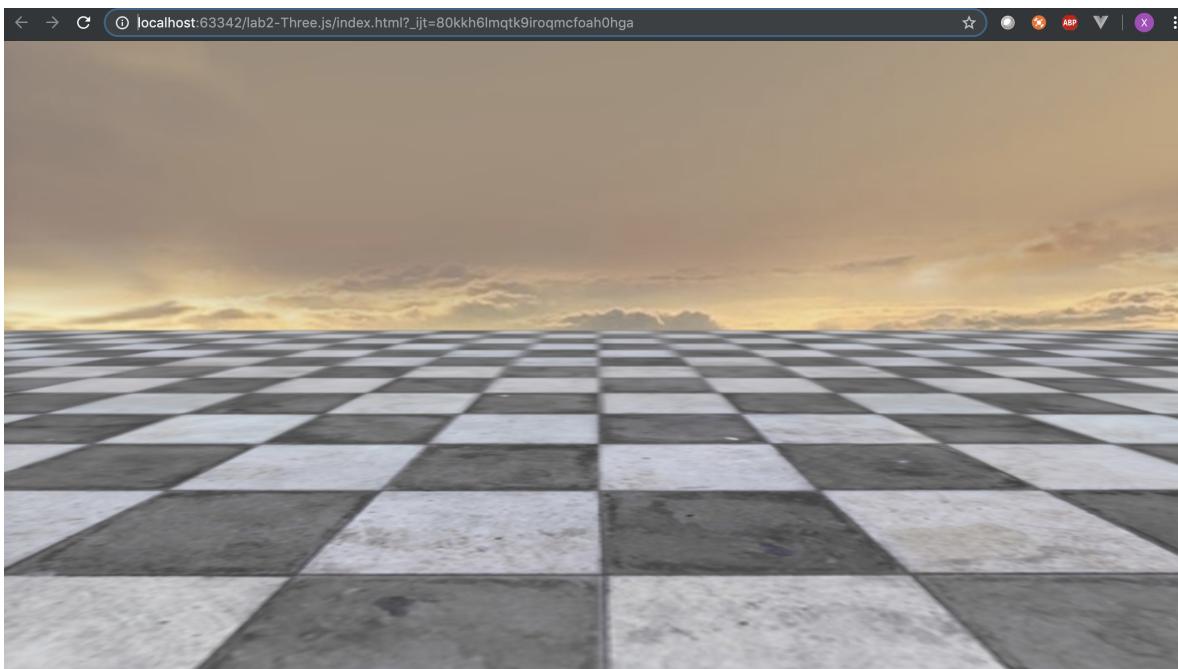
2. 地板

地板是一个平面，导入地板的图片作为纹理，且纹理设为横向、纵向都重复 4 次。最后经过位移和旋转，添加到场景中。

添加如下代码：

```
textureLoader.load("./assets/textures/floor/FloorsCheckerboard_S_Diffuse.jpg",
  function (texture) {
    texture.wrapS = texture.wrapT = THREE.RepeatWrapping;
    texture.repeat.set(4, 4);
    const floorMaterial = new THREE.MeshBasicMaterial({
      map: texture,
      side: THREE.DoubleSide
    });
    const floorGeometry = new THREE.PlaneGeometry(500, 500, 5, 5);
    const floor = new THREE.Mesh(floorGeometry, floorMaterial);
    floor.position.y = 0;
    floor.rotation.x = Math.PI / 2;
    scene.add(floor);
})
```

添加完成后，可以看到这样的场景



七、添加控制 (Control)

添加了物体过后呢，我们仅仅看到的只是一个静态的渲染页面，接下来，我们希望通过不断移动照相机的位置，调整照相机的角度，来从各种角度观察3D场景，模拟第一人称视角，实现场景漫游效果。接下来的步骤中，我们添加对照相机的控制。

在js文件夹中，添加FirstPersonControls.js，创建FirstPersonControls类

注：这里的FirstPersonControls.js与threejs官方demo下的[FirstPersonControl](#)是有一定的区别的，学习官方demo的同学注意下这点。这里实现的功能类似于官网上[跳箱子](#)的demo，对于这一demo同学们可以参考源码[PointerLockControls.js](#)和[misc_controls_pointerlock.html](#)

```
class FirstPersonControls {  
}
```

在index.html中导入

```
<script src="js/FirstPersonControls.js"></script>
```

1. 相机控制状态的进入和退出——鼠标点击

当我们想要控制相机时，我们调用dom元素的requestPointerLock方法进行鼠标光标的锁定，并为document的pointerlockchange事件做监听，来进入和退出控制状态。为pointerlockerror事件做监听，来判断浏览器能否使用该API

注：有关pointer lock相关的api，可以参考[这篇文章](#)进行学习

```
class FirstPersonControls {  
    constructor(domElement) {  
        this.domElement = domElement || document.body;  
        this.isLocked = false;  
    }  
    onPointerlockChange() {  
        this.isLocked = document.pointerLockElement === this.domElement;  
    }  
    onPointerlockError() {  
    }  
}
```

```

        console.error( 'THREE.PointerLockControls: Unable to use Pointer Lock
API' );
    }
    connect() {
        this.domElement.addEventListener('click',
this.domElement.requestPointerLock);
        // 思考函数后面为什么要加bind(this)
        document.addEventListener( 'pointerlockchange',
this.onPointerlockChange.bind(this), false );
        document.addEventListener( 'pointerlockerror',
this.onPointerlockError.bind(this), false );
    }
}

```

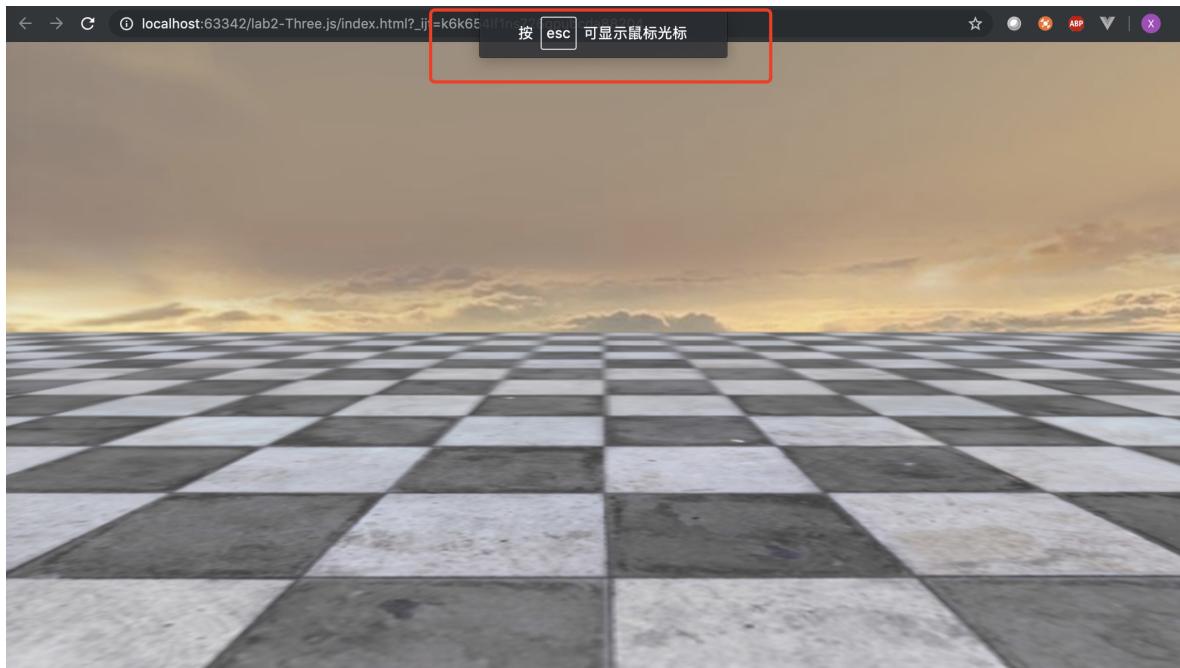
并在index.html中加入以下部分

```

const fpc = new FirstPersonControls()
fpc.connect()

```

可以看到，进入场景点击鼠标左键时，鼠标光标消失，按下ESC后，鼠标光标恢复



2. 控制相机的旋转——鼠标移动

接下来，我们在锁定状态下，通过鼠标移动来控制相机的旋转。

- 为control添加camera
- 将camera封装进pitchObject，再将pitchObject封装进yawObject（请同学们思考为什么要这么做）
- 将yawObject添加到场景中
- 鼠标移动触发相关对象的旋转

```

class FirstPersonControls {
    constructor(camera, domElement) {
        this.domElement = domElement || document.body;
        this.isLocked = false;
        this.camera = camera;
    }
}

```

```

        // 初始化camera, 将camera放在pitchobject正中央
        camera.rotation.set(0, 0, 0);
        camera.position.set(0, 0, 0);

        // 将camera添加到pitchObject, 使camera沿水平轴做旋转, 并提升pitchObject的相对
        高度
        this.pitchObject = new THREE.Object3D();
        this.pitchObject.add(camera);
        this.pitchObject.position.y = 10;

        // 将pitchObject添加到yawObject, 使camera沿竖直轴旋转
        this.yawObject = new THREE.Object3D();
        this.yawObject.add(this.pitchObject);
    }

    onPointerlockChange() {
        console.log(this.domElement);
        this.isLocked = document.pointerLockElement === this.domElement;
    }

    onPointerlockError() {
        console.error('THREE.PointerLockControls: Unable to use Pointer Lock
API');
    }

    onMouseMove(event) {
        if (this.isLocked) {
            let movementX = event.movementX || event.mozMovementX ||
event.webkitMovementX || 0;
            let movementY = event.movementY || event.mozMovementY ||
event.webkitMovementY || 0;

            this.yawObject.rotation.y -= movementX * 0.002;
            this.pitchObject.rotation.x -= movementY * 0.002;
                // 这一步的目的是什么
            this.pitchObject.rotation.x = Math.max(-Math.PI / 2, Math.min(
Math.PI / 2, this.pitchObject.rotation.x));
        }
    }

    connect() {
        this.domElement.addEventListener('click',
this.domElement.requestPointerLock());
        // 在函数后面添加bind(this)的目的是什么
        document.addEventListener('pointerlockchange',
this.onPointerlockChange.bind(this), false);
        document.addEventListener('pointerlockerror',
this.onPointerlockError.bind(this), false);
        document.addEventListener('mousemove', this.onMouseMove.bind(this),
false);
    }

}

```

我们在index.html里面修改fpc的构造并添加下列语句

```
// 修改fpc的构造，传入参数camera
const fpc = new FirstPersonControls(camera);
fpc.connect();
// 向场景添加用于控制相机的Object
scene.add(fpc.yawObject);
```

3. 控制相机的移动——键盘控制

接下来，我们在锁定状态下，通过键位操作来控制相机的平移。

- 在FirstPersonControls类中定义onKeyUp和onKeyDown方法，分别绑定keydown和keyup事件
- 在FirstPersonControls类中定义update方法，在每次render时调用该方法，传入两次render的时间间隔，来完成相机的移动。

```
// W S A D 的keycode
const KEY_W = 87;
const KEY_S = 83;
const KEY_A = 65;
const KEY_D = 68;

class FirstPersonControls {
    constructor(camera, domElement) {
        // ...
        // 初始化移动状态
        this.moveForward = false;
        this.moveBackward = false;
        this.moveLeft = false;
        this.moveRight = false;
    }
    // ...
    onKeyDown(event) {
        switch (event.keyCode) {
            case KEY_W: this.moveForward = true; break;
            case KEY_A: this.moveLeft = true; break;
            case KEY_S: this.moveBackward = true; break;
            case KEY_D: this.moveRight = true; break;
        }
    }
    onKeyUp(event) {
        switch (event.keyCode) {
            case KEY_W: this.moveForward = false; break;
            case KEY_A: this.moveLeft = false; break;
            case KEY_S: this.moveBackward = false; break;
            case KEY_D: this.moveRight = false; break;
        }
    }
}

update(delta) {
    // 移动速度
    const moveSpeed = 100;

    // 确定移动方向
    let direction = new THREE.Vector3();
    direction.x = Number(this.moveRight) - Number(this.moveLeft);
    direction.z = Number(this.moveBackward) - Number(this.moveForward);
```

```

direction.y = 0;

// 移动方向向量归一化，使得实际移动的速度大小不受方向影响
if (direction.x !== 0 || direction.z !== 0) {
    direction.normalize();
}

// 移动距离等于速度乘上间隔时间delta
if (this.moveForward || this.moveBackward) {
    this.yawObject.translateZ(moveSpeed * direction.z * delta);
}
if (this.moveLeft || this.moveRight) {
    this.yawObject.translateX(moveSpeed * direction.x * delta);
}
}

connect() {
    // ...
    document.addEventListener('keydown', this.onKeyDown.bind(this), false);
    document.addEventListener('keyup', this.onKeyUp.bind(this), false);
}
}

```

注：这里我们只需要w, s, a, d 四个键位，每个键位的KeyCode信息可以在 <https://keycode.info/> 中查到。

- 修改index.html中的 render部分

```

let clock = new THREE.Clock();
function render() {
    fpc.update(clock.getDelta());
    requestAnimationFrame(render);
    renderer.render(scene, camera);
}

```

注：这里我们通过[THREE.Clock对象](#)来计算delta，还有很多其他的方法，请同学们自行研究

4. 碰撞检测（可选）

碰撞检测包括的几种情况：

- 底部碰撞，这一种碰撞常常在重力场景会遇到。
- 周围碰撞，这一种碰撞一般在移动时会发生，周围碰撞又分为
 - 与场景碰撞
 - 与其他玩家碰撞（多人vr交互场景中出现）
- 顶部碰撞，这种碰撞一般在跳跃时发生。

碰撞检测可以有以下几种思路实现

- 通过[Raycaster](#)，向模型顶点发出规定长度射线来判断相交并做相应的处理。
- 通过引入物理引擎，如[physijs](#)。threejs的[car demo](#)就是用physijs实现的

同学们可以根据自己project的需要，来学习本部分，本次lab对碰撞检测不作要求。

八、实现“响应式照相机”

相机在刚构建的时候，我们通过窗口的宽高比来设置相机的aspect(视锥宽高比)，当浏览器窗口宽高发生变化时，我们希望相机的aspect能随着浏览器窗口的变化跟着改变，从而实现"响应式照相机"，同时我们希望renderer也能响应窗口变化

在index.html中添加如下代码

```
window.addEventListener("resize", onwindowResize);
function onwindowResize() {
    camera.aspect = window.innerWidth / window.innerHeight;
    camera.updateProjectionMatrix();
    renderer.setSize(window.innerWidth, window.innerHeight);
}
```

再次刷新页面，拉伸窗口我们能看到camera和renderer都有相应的变化。

至此，一个简单的漫游场景就实现了。推荐同学们以 three.js 官网为参考，首先浏览官方 examples，查看 examples 的源代码，碰到问题时查阅 documentation。

相关链接：

examples: <https://threejs.org/examples/>

documentation: <https://threejs.org/docs/index.html>

Part 2: WebSocket

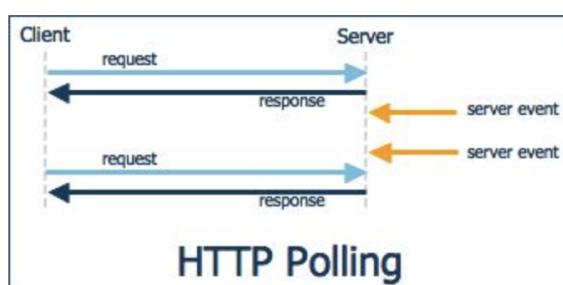
前言

服务器推送技术的发展

http协议的最大缺陷在于，通信只能由客户端发起，服务器无法推送消息。于是产生了各种各样的推送技术。

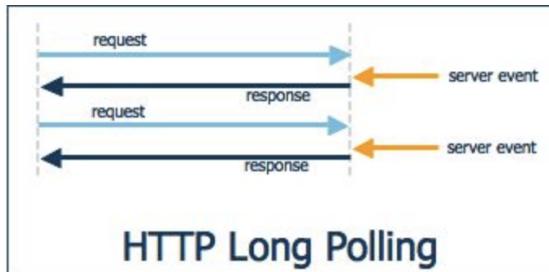
- HTTP Polling

这种方式下，client 每隔一段时间都会向 server 发送 http 请求，服务器收到请求后，将最新的数据发回给 client。



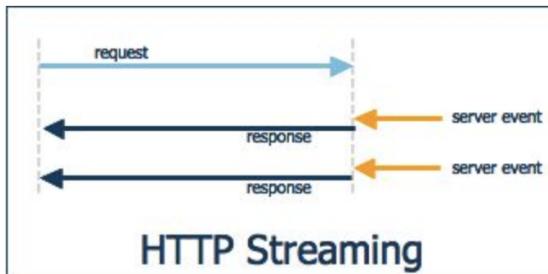
- HTTP Long-polling

client 向 server 发出请求，server 接收到请求后，server 并不一定立即发送回应给 client，而是看数据是否更新，如果数据已经更新了的话，那就立即将数据返回给 client；但如果数据没有更新，那就把这个请求保持住，等待有新的数据到来时，才将数据返回给 client。



- HTTP Streaming

流技术基于 Iframe。Iframe 是 HTML 标记，这个标记的 src 属性会保持对指定 server 的长连接请求，server 就可以不断地向 client 返回数据。

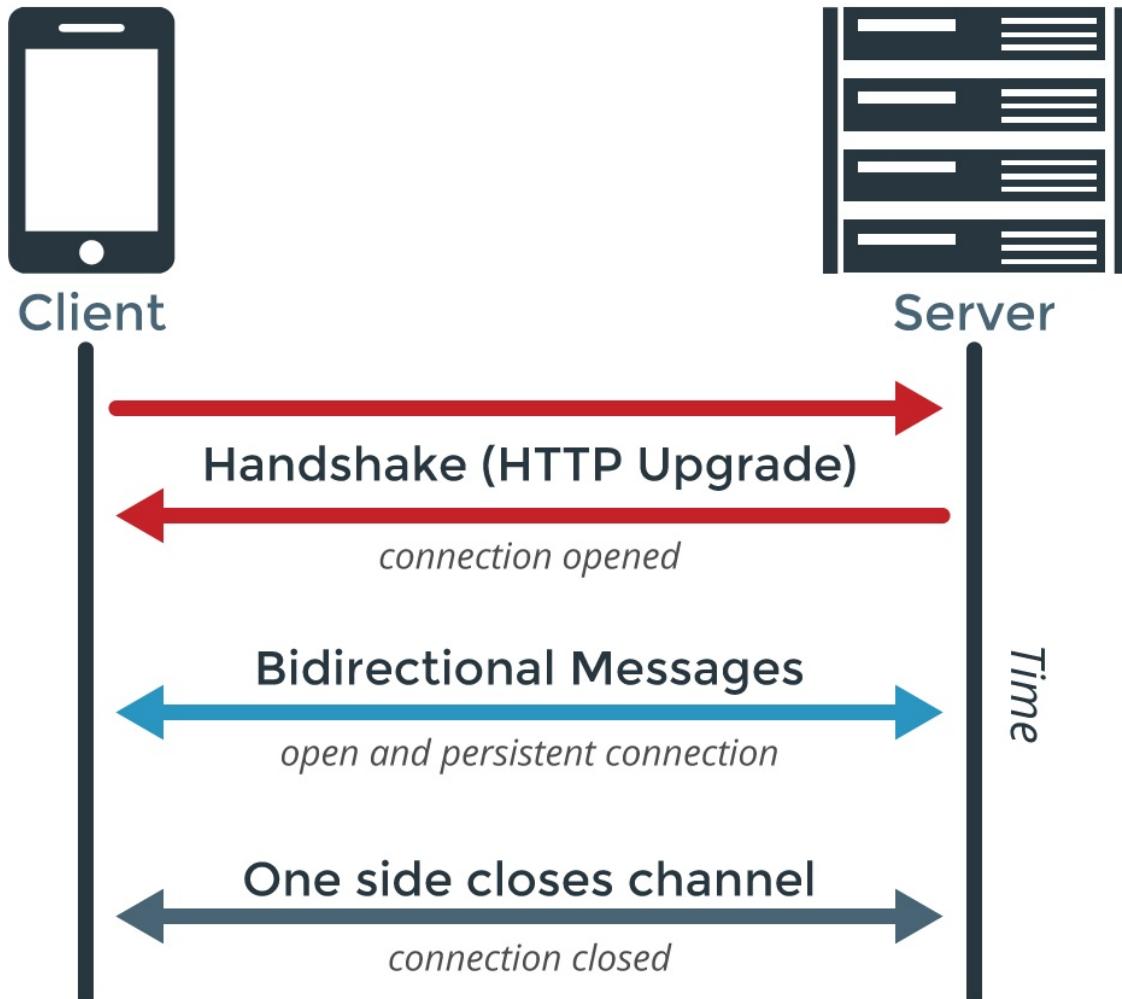


- Web socket

前面的技术都只考虑如何让 server 尽快 '回复' client 的请求，为了彻底解决 server 主动向 client 发送数据的问题，W3C 在 HTML5 中提供了一种 client 与 server 间如何进行全双工通讯的网络技术 WebSocket。WebSocket 是一个全新的、独立的协议，基于 TCP 协议，与 HTTP 协议兼容却不会融入 HTTP 协议，仅仅作为 HTML5 的一部分。

与http的关系：

- 都是应用层协议，基于TCP
- websocket 在建立连接时需要借助http协议



注：以上内容参考自[知乎专栏](#)

更多的示例可以参考以下网站

<https://www.websocket.org/>

关于demo可以参考socket.io框架下的一个聊天室

<https://socketio-chat-example.now.sh/>

Socket.io

socket.io 主要使用 websocket 协议

socket.io 是一个面向实时web应用的javascript库，他有两个部分：在浏览器中运行的客户端库，和一个面向Node.js的服务端库。两者有着几乎一样的API。像Node.js一样，它也是事件驱动的。

- 面向nodejs服务器的[socket.io](#)
- 运行在浏览器端的[socket.io-client](#)

接下来的实验中，我们将分别使用客户端和服务端的socket.io库来完成

前提条件

接下来的工作，我们会构造一个多人交互的web3D场景，这需要一些前提条件

- 完成Part1的部分，实现一个离线的漫游场景，还未完成的同学建议先完成Part1部分。
- 了解websocket协议，观察一些诸如聊天室的demo的工作原理，了解使用websocket能做什么。
- [socket.io](#)作为一个使用websocket协议的javascript库，了解socket.io在应用中是如何在客户端与服务端建立通信的。

准备工作

服务端

我们采用nodejs服务器。

- 安装nodejs, npm工具，有以下两种安装方式
 - 前往[官网](#)下载安装
 - 使用[nvm](#)版本管理工具安装
- 注：安装完成后检查nodejs和npm是否是最新版本
- 我们使用[express](#)框架与[socket.io](#)框架，使用npm安装express包与socket.io包

```
mkdir server
cd server
npm init -y
npm install --save express
npm install --save socket.io
```

- 在server目录下创建index.js, 加入如下内容

```
var app = require('express')();
var http = require('http').createServer(app);
var io = require('socket.io')(http);

app.get('/', function(req, res){
    res.send('<h1>Hello world</h1>');
});

io.on('connection', function (socket) {
    console.log('client ' + socket.id + ' connected');
    socket.on('disconnect', function () {
        console.log('client ' + socket.id + ' disconnected');
    })
});

http.listen(3000, function(){
    console.log('listening on *:3000');
});
```

- 在package.json的scripts项中加入一行"start"，表示start这条script对应“node index.js”

```
"scripts": {
    "test": "echo \\\"Error: no test specified\\\" && exit 1",
    "start": "node index.js"
},
```

- 运行服务器

```
npm start
```

当你看到以下内容时，说明服务器已经成功运行在3000端口上

```
xingyu/Desktop/elearning/advanced_web_teaching/2019-web/lab2-Three.js/server  
> node index.js
```

```
listening on *:3000
```

向localhost:3000发送get请求，可以看到以下内容



Hello world

客户端

有两种方法使用面向客户端的socket.io

- 下载[socket.io.js](#)并将他包含在你使用的html文件中。

```
<script src="js/socket.io.js"></script>
```

- 使用npm安装socket.io-client的module并导入到你的项目中
 - npm 安装socket.io-client模块

```
npm i --save socket.io-client
```

- 模块的导入

```
// es6 style (recommended)  
import io from 'socket.io-client'
```

接下来我们采用第一种方法来构建客户端

在index.html中添加下面的语句

```
const socket = io('ws://localhost:3000');
```

此时客户端的基本准备工作就完成了，

此时我们进入或离开客户端的3D场景时，可以看到服务端的控制台上会有相应的提示信息，说明连接已经成功

```
> server@1.0.0 start /users/xingyu/Desktop/elearning/advanced_web_teaching/2019-  
web/lab2-Three.js/server  
> node index.js  
  
listening on *:3000  
client ifh80z1mXNAt4yrgAAAA connected  
client ifh80z1mXNAt4yrgAAAA disconnected
```

通信架构

建立连接过后，我们要考虑客户端与服务端之间进行怎样的通信，主要分为以下三个部分

- 客户端不断上传自己的实时信息（位置信息与旋转信息）

在index.html中的renderer函数中加入以下代码，向服务端上传实时信息。

```

function render() {
    fpc.update(clock.getDelta());
    socket.emit('player', {position: fpc.yawObject.position, rotation: fpc.yawObject.rotation});
    requestAnimationFrame(render);
    renderer.render(scene, camera);
}

```

- 服务端接收每个客户端的实时信息（位置信息与旋转信息），并广播给其他客户端。当有某个客户端断开连接的时候，也要做一次广播。

```

io.on('connection', function (socket) {
    console.log('client ' + socket.id + ' connected');
    socket.on('player', function (data) {
        data.socketid = socket.id;
        socket.broadcast.emit('player', data);
    });
    socket.on('disconnect', function () {
        console.log('client ' + socket.id + ' disconnected');
        socket.broadcast.emit('offline', {socketid: socket.id});
    })
});

```

- 客户端收到服务端传来的其他客户端的实时信息，并在自己的场景中更新。

首先要在index.html中建立一个新的Map（该Map将其他客户端的socket.id映射到他们的模型上），来判断服务器发来的需要更新位置信息的客户端是否在场景中，如果没有在场景中，则需要为该客户新建一个模型，并把他加入到Map中，如果已经在场景中了，那只需要更新用户对应的模型的位置和旋转信息即可。

首先，我们下载[GLTFLoader.js](#)到js文件夹里，并在index.html导入

```
<script src="js/GLTFLoader.js"></script>
```

并在index.html中添加响应信息

```

let playerMap = new Map();
socket.on('player', data => {
    if (playerMap.has(data.socketid)) {
        let model = playerMap.get(data.socketid);
        model.position.set(data.position.x, data.position.y,
data.position.z);
        model.rotation.set(data.rotation._x, data.rotation._y + Math.PI
/ 2, data.rotation._z);
    } else {
        socket.emit('player', {position: fpc.yawObject.position,
rotation: fpc.yawObject.rotation});
        const loader = new THREE.GLTFLoader();
        loader.load("./assets/models/duck.gltf", (mesh) => {
            //如果这个判断注释掉会怎么样，为什么
            if(!playerMap.has(data.socketid)) {
                mesh.scene.scale.set(10, 10, 10);
                scene.add(mesh.scene);
                playerMap.set(data.socketid, mesh.scene);
                let model = playerMap.get(data.socketid);
            }
        })
    }
})

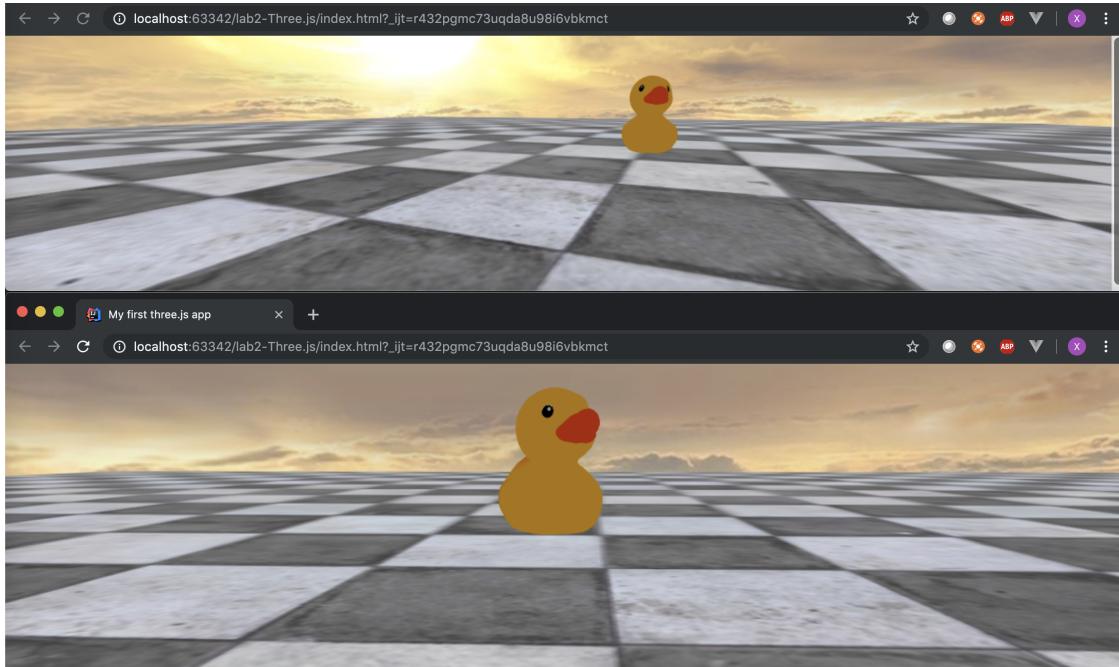
```

```
        });
    }
});

socket.on('offline', data => {
  if (playerMap.has(data.socketid)) {
    scene.remove(playerMap.get(data.socketid));
    playerMap.delete(data.socketid)
  }
});
});
```

代码中标定的判断如果注释掉怎么样？并说出原因。此题作为加分题。

- 重启node服务端，打开两个浏览器窗口，我们可以看到每位玩家的实时信息都会在其他玩家的浏览器中以"duck"这个模型为载体展现出来。



思考：如果把第四部分所添加的光照去掉，整个场景会变成什么样子？

至此，一个简单的multi-player的web3d虚拟环境就搭建出来了，有兴趣的同学可以尝试着给pj添加语义化的功能，为不同的虚拟环境创建"房间"，等等。

Part 3. 提交

截止时间：待定

提交方式：待定

任何问题，欢迎随时联系TA。

加分题：1、碰撞检测 2、通信架构部分客户端注释选择分支的意义 3、其他你认为有价值的部分。