

元宇宙下的科學實驗室

使用 Unity 與 Photon Fusion 打造多人即時互動
虛擬環境

成員姓名：魏暉哲、謝承軒

指導老師：劉晨鐘

專題類型：系統組

專題動機

在疫情期間，遠距教學成為主要的學習模式，學生僅能透過線上平台進行課程。然而，市面上的科學教育資源多為平面化的網站或影片，缺乏互動性與沉浸感，難以激發學生的學習興趣與探究精神。我們觀察到，若能將科學實驗轉化為立體且互動性高的虛擬環境，不僅能彌補實體課程的不足，更能讓學習變得生動有趣。

專題目的

打造穩定、可擴展的多人虛擬實驗室平台，結合 3D 互動與科學教育，讓學生能：

1. 在共享虛擬世界中自由操作科學實驗，提升學習動機。
2. 支援**多用戶協作**，強化同儕交流與遊戲化學習。
3. 記錄學習行為，分析成效以優化教學設計。

透過科技打破時空限制，讓科學教育更生動、有效。

開發工具

Unity 2021.3.11f1

Photon Fusion 1.1.8

系統架構

Unity 可打包成 exe 檔

- └─ 場景與 Cosci 網頁互動

- └─ Photon Fusion 以第一人作為 Host

 - └─ Networked 變數與 RPC 呼叫

 - └─ 角色、動畫、場景同步

核心功能

1. 多人連線
2. 多人即時同步機制（低延遲）
3. 角色選擇系統
4. 動作與動畫同步
5. Cosci 網頁互動
6. 使用者位置追蹤與熱區分析

多人連線

使用 Photon Fusion 自訂成以第一人作為
Host 玩家即伺服器

Photon Fusion可以變化成獨立伺服器、玩家
即伺服器、共享模式



多人即時同步機制（低延遲）

Networked 變數

```
[Networked(OnChange = nameof(OnAnimationStateChanged))]  
public AnimationState NetworkedAnimationState { get; set; }
```

在伺服器與所有用戶端之間同步的變數。

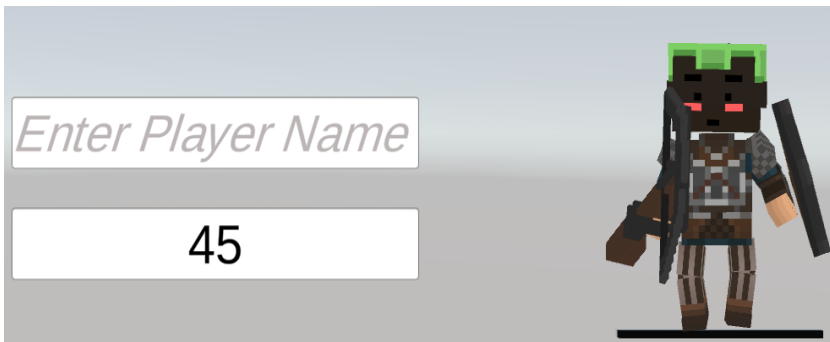
當一個變數標記為 **Networked**，它的變化會自動從伺服器同步到所有連接的用戶端。

RPC 呼叫

```
[Rpc(RpcSources.InputAuthority, RpcTargets.StateAuthority)]
```

從一端（客戶端或伺服器）遠端呼叫另一端的函數

角色選擇系統



暫時以編號 1-86 預設角色中選擇其一，打入編號以展示當前所選角色，預設為 1 號。

在 Unity 內將使用者鏡頭、角色等打包成 **prefab**，在使用者選擇角色時替換角色外型至預設位置。

動作與動畫同步

動畫同步機制:

採用 RPC 進行網路同步

支援跳躍和移動狀態即時同步

自動化錯誤處理和組件初始化

```
[Networked(OnChange = nameof(OnAnimationStateChanged))]  
public AnimationState NetworkedAnimationState { get; set; }  
  
// 使用struct合併動畫狀態  
public struct AnimationState : INetworkStruct  
{  
    public bool Jump;        // 跳躍狀態  
    public bool Vertical;    // 前後移動狀態  
}
```

移動 & 旋轉同步:

使用 RPC 機制同步視角旋轉

```
[Rpc(RpcSources.InputAuthority, RpcTargets.StateAuthority)]  
private void RPC_UpdateRotation(float rotationChange)  
{  
    transform.Rotate(0, rotationChange, 0);  
}
```

使用 INetworkInput 介面處理

使用者移動同步

```
public struct NetworkInputData : INetworkInput  
{  
    public Vector2 movementInput;    // WASD 移動輸入  
    public float rotationInput;      // 旋轉輸入  
    public Vector3 aimForwardVector; // 瞄準方向  
    public NetworkBool isJumpPressed; // 跳躍輸入  
    public NetworkBool isLeftAltPressed; // Alt 鍵輸入  
}
```

Cosci 網頁互動

在場館內有如美術館展示的圖片，點擊會跳轉至瀏覽器打開 **Cosci** 網頁與其對應的實驗，可在網頁上模擬實驗互動

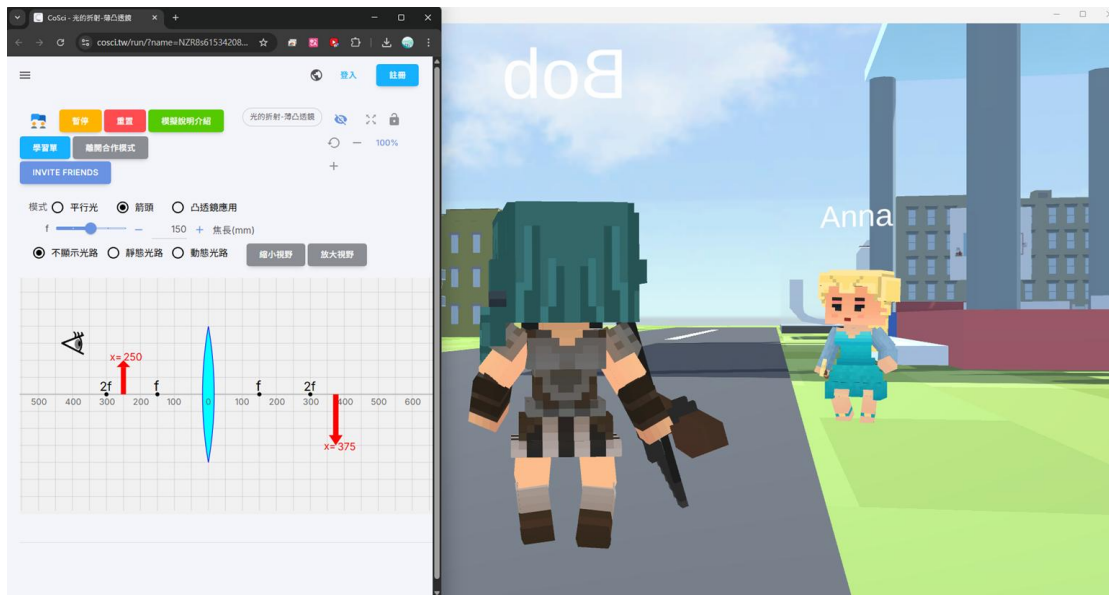
用戶位置追蹤與熱區分析

每秒紀錄當前所有用戶的位置，在活動結束後，用python 的 pandas 與 matplotlib 套件使資料視覺化呈現在場景圖上

記錄時間	日期時間	玩家ID	位置X	位置Y	位置Z	當前場館
78.56	2025/4/29 22:11	Player_1	-36.6	2.18	-49.29	None
78.56	2025/4/29 22:11	Player_2	4	3.8	4	Optics
79.57	2025/4/29 22:11	Player_1	-38.11	2.18	-49.33	None
79.57	2025/4/29 22:11	Player_2	4	2.18	4	Optics
80.59	2025/4/29 22:11	Player_1	-46.13	2.18	-49.62	None
80.59	2025/4/29 22:11	Player_2	4	2.18	4	Optics
81.61	2025/4/29 22:11	Player_1	-43.52	2.18	-49.49	None
81.61	2025/4/29 22:11	Player_2	4	2.18	4	Optics
82.61	2025/4/29 22:11	Player_1	-39.57	2.18	-51.17	None
82.61	2025/4/29 22:11	Player_2	4	2.18	4	Optics
83.62	2025/4/29 22:11	Player_1	-39.57	2.18	-51.17	None

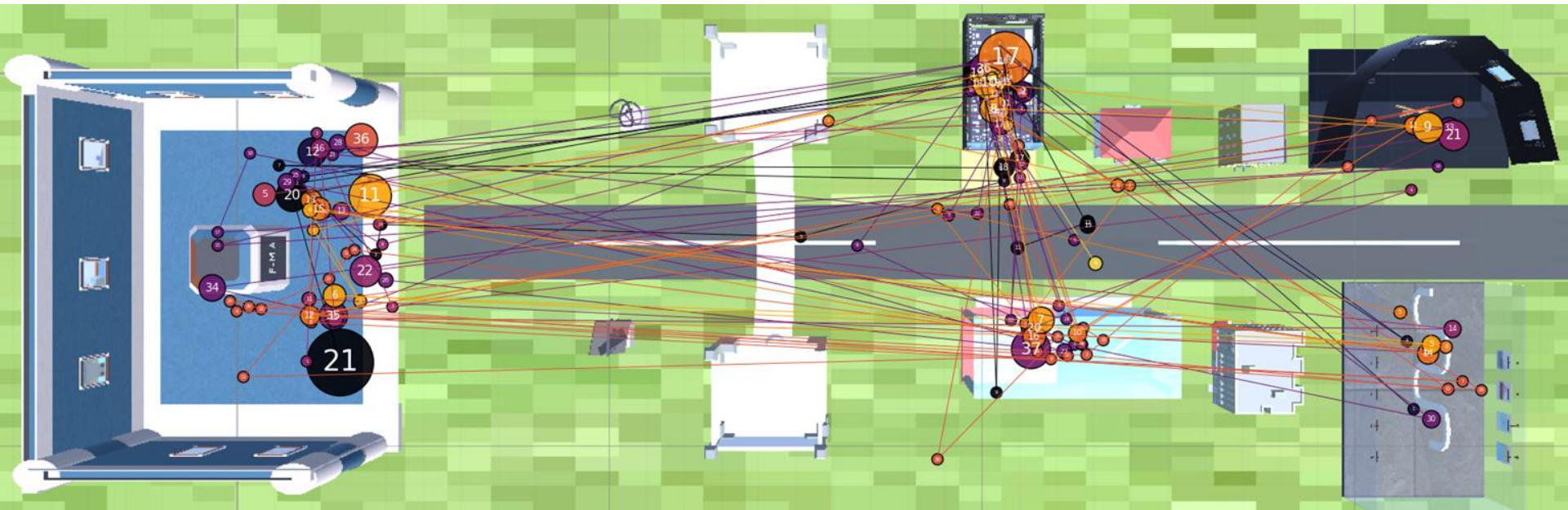
成果展示與應用

- 角色互動與網頁互動



成果展示與應用

- 以完成特定目標的角色位置追蹤與熱區分析



尚未實現的技術

1. Unity 內實現不依賴瀏覽器的多人網頁互動機制 (單人已成功)
2. 自訂義選擇角色各部位裝飾 (單人已成功)
3. Unity 內實現語音文字互動機制

專案程式碼鏈結

元宇宙下的科學實驗室