

reconFIGURE: Confronting Audiences with Digital Doppelgängers

SIGGRAPH 2024





<https://www.youtube.com/watch?v=T-7olyhuSVg>

研究概述

本論文介紹了參與式裝置《reconFIGURE》的藝術脈絡、技術實作、使用者研究、評估與未來工作。此裝置透過擷取觀眾影像、將其轉換成可動畫的三維數位替身，並投影於大螢幕上，探索人體如何透過運算系統被轉化。同時，作品以快速的 2D 轉 3D 重建流程為特色，呈現機器學習在處理人體完整影像時於美學與社會層面可能帶來的影響。

- CCS Concepts: Applied computing → Media arts、Computing methodologies → Animation.
- Key Words: computation, algorithmic, generative, human interaction, interface, installation, interaction, machine learning, perception, interaction, body

研究動機

1. 人體 3D 重建技術雖持續進展，但缺乏能在展覽現場即時應用的完整系統
2. 藝術現場需要快速且穩定的人體捕捉方式
3. 探索運算系統如何轉化、理解並再現人類身體影像
4. 強調數位身體再現的美學與社會性議題

藝術脈絡：數位身體的轉化

核心主題

reconFIGURE 的核心在於探討機器學習如何捕捉、再現並轉化人類身體，並將其置於「技術外化」、「資料身體」與「非數位影像」的藝術理論框架中。

技術外化 (Technical Exteriorisation)

身體被視為可被技術延伸與重塑的對象，影像不再是單純的再現，而是演算法的產物。

資料身體 (Data Bodies)

數位化後的人類身體如何被資料所定義和感知。

非數位影像 (Undigital Image)

透過機器生成的影像，觀眾感受到主體與身體之間的斷裂與陌生感。

藝術脈絡：數位身體的轉化

創作定位

與傳統互動藝術不同，不強調即時互動，而是聚焦於身體的錯誤再現與幽微感。

不同於臉部生成的 AI 藝術，強調全身的 2D→3D 轉化與集體展示。

透過「數位分身」的概念，挑戰觀眾對自我與他者的認知界線。

數位分身

分身「Doppelgänger」一詞源自18世紀德國文學，意指一個人的幽靈般替身，常被視為死亡的預兆。

reconFIGURE中的數位分身並非完美複製，而是充滿錯誤和偏見，揭示機器再現人類身體豐富性與多樣性的局限性。

這種不完美的「雙身」體驗，既喚起佛洛伊德的「詭異」感，也反映了當代文化中數位形象與真實自我之間的模糊界限。

reconFIGURE在美學上喚起「詭異」(uncanny)——一種令人不安卻又奇怪熟悉的感覺——體驗分為兩部分：

捕捉與轉化

觀眾站在配有相機和直立式螢幕的站點前，擺出特定姿勢啟動重建過程。一旦重建完成，分身出現在螢幕上，獨立於訪客的動作而移動。

重新動畫化

分身在音視覺環境中重新動畫化，暗示身體懸浮在外太空或生死之間的邊緣地帶。個體的自我加入其他分身，邀請訪客在眾多複製品中尋找自己的副本。

藝術體驗：展演結構

第一幕：現身(Emergence)

Part 1: Emergence



Grouping of the doppelgänger.



Doppelgängers losing notion of gravity.

第二幕：懸置(Suspension)

Part 2: Suspension



Twisting ring of bodies following each other.



Floating in the Lifeless space.

第三幕：再生(Rebirth)

Part 3: Rebirth



Distort as a loss of identity.



Return of gravity.

藝術體驗：敘事張力

視覺風格

- 使用油光虹彩質感，象徵分身的非人性與演算法生成的「不自然」。
- 分身在空間中漂浮、扭曲，呈現一種介於生與死之間的狀態。

聲音設計

- 環境音由噪音演算法生成，強化空間張力與身體動作。
- 配樂從穩定和聲逐漸解構，滑音與不協和音營造懸疑感。



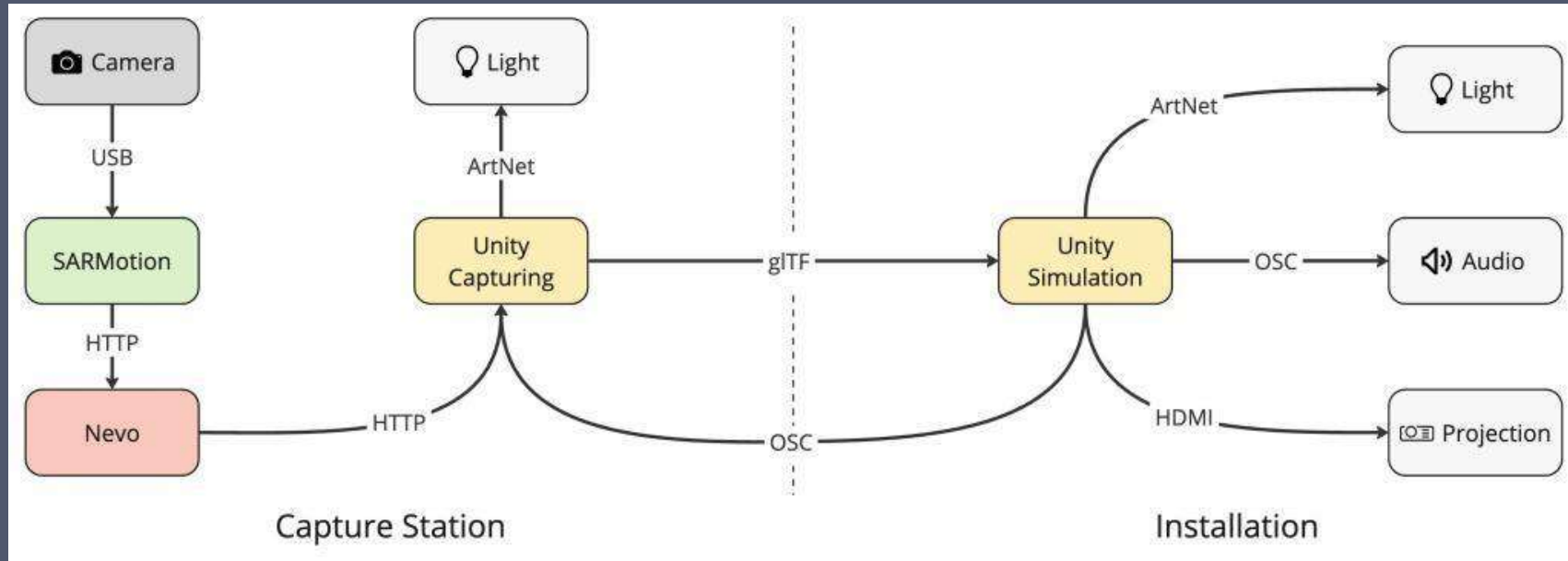
藝術體驗：敘事張力

觀眾在大型投影中尋找自己的數位分身，
體驗個體身份在**集體中的模糊與重塑**，從
而引發對自我存在與數位再現的深刻反思

這種在私密接觸與公共呈現間的轉變，強
化了觀眾對**數位自我的辨識與歸屬感**的拉
扯



技術實踐：系統架構



- reconFIGURE 採用模組化系統架構，將捕捉與展示功能分離，透過標準協議 (HTTP 和 OSC) 實現鬆耦合，確保系統的靈活性與快速適應性。
- 這種設計簡化不同技術的整合，並方便裝置在多樣化的展覽環境中進行開發和定制。

技術實踐：系統架構

核心理念與概覽

Nevo 採用 PIFuHD 作為核心模型，以 2D 圖像生成高解析度 3D 人體網格，並透過 Numba 和 Open3D 等技術改良效能，實現快速且穩定的重建。相較於傳統方案，Nevo 專注於提供完整的端到端流程，並針對藝術裝置的即時需求進行了顯著的速度提升。

PIFuHD 的優勢

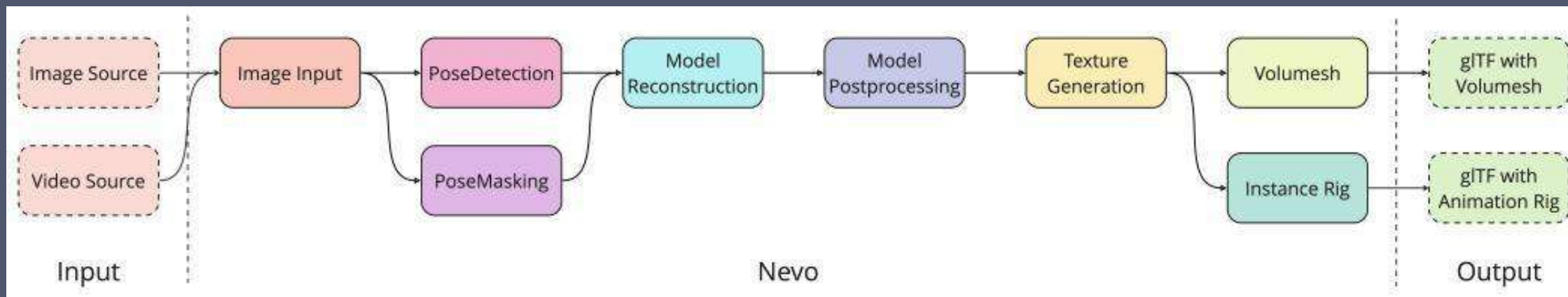
- **高解析度 3D 重建**：從單一 2D 圖像生成高解析度的全身 3D 網格。
- **非參數化模型**：不依賴 SMPL 等模型，能保留更多細節。
- **開源可用性**：原始碼和預訓練權重公開，便於集成和研究。

效能調校與加速

- **縮短推理時間**：集成輕量級節點，利用 Numba 及 Open3D 加速，單幀推理時間從約 4 秒縮短至約 1.3 秒 (NVIDIA 2080 Ti)。
- **穩定性與易用性**：目標是提供穩定、易校準的系統，使其能在專業藝術展覽的有限時間內可靠運行，無需專業知識。

技術實踐：生成流程

<https://blog.zhdk.ch/immersivearts/nevo-neural-volumetric-capture/>



影像輸入

影像或影片作為管道的起點

姿勢預估

使用輕量級預處理節點進行身體姿勢檢測

3D重建

PIFuHD將2D影像轉換為3D網格

紋理生成

使用GAN推理背面紋理並進行正交投影

骨架綁定

自動生成動畫骨架和權重繪製

網格輸出

最終輸出為可用於遊戲引擎的網格序列

技術實踐：貼圖與背面紋理推斷

前景紋理生成

從輸入圖像中提取人物的前景紋理，並將其正射投影到重建的 3D 網格上。

背面紋理推斷

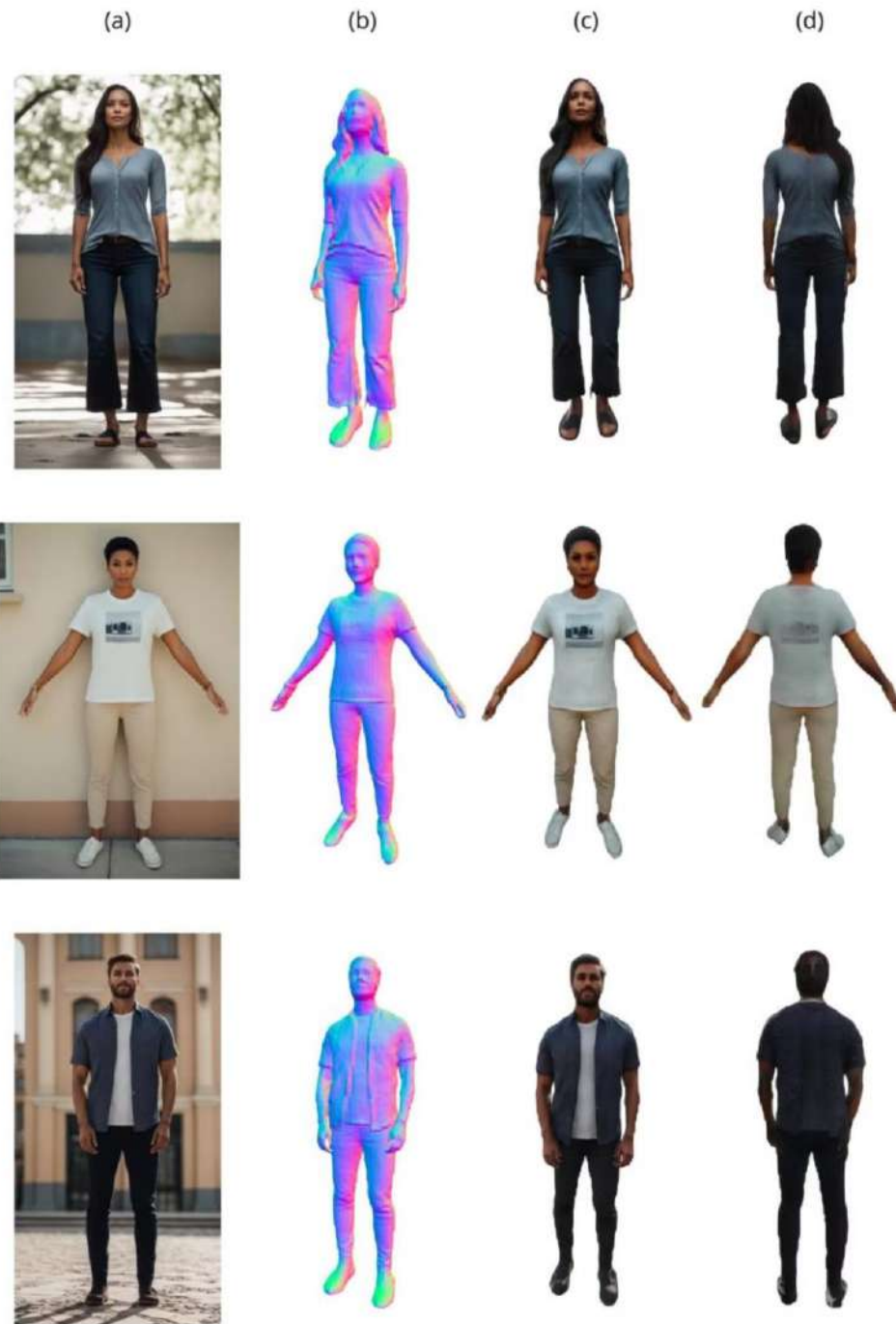
生成對抗網路 (GAN):

為推斷人體背面紋理，訓練一個基於「對比式無配對轉換模型」的 GAN。

使用約 3000 個數位人體模型的渲染圖像進行訓練。

材質輸出

最終生成包含 RGB 顏色和法線貼圖的材質，為 3D 模型提供更逼真的外觀，克服單一視角影像無法獲取背面資訊的挑戰。



研究設計與量化結果

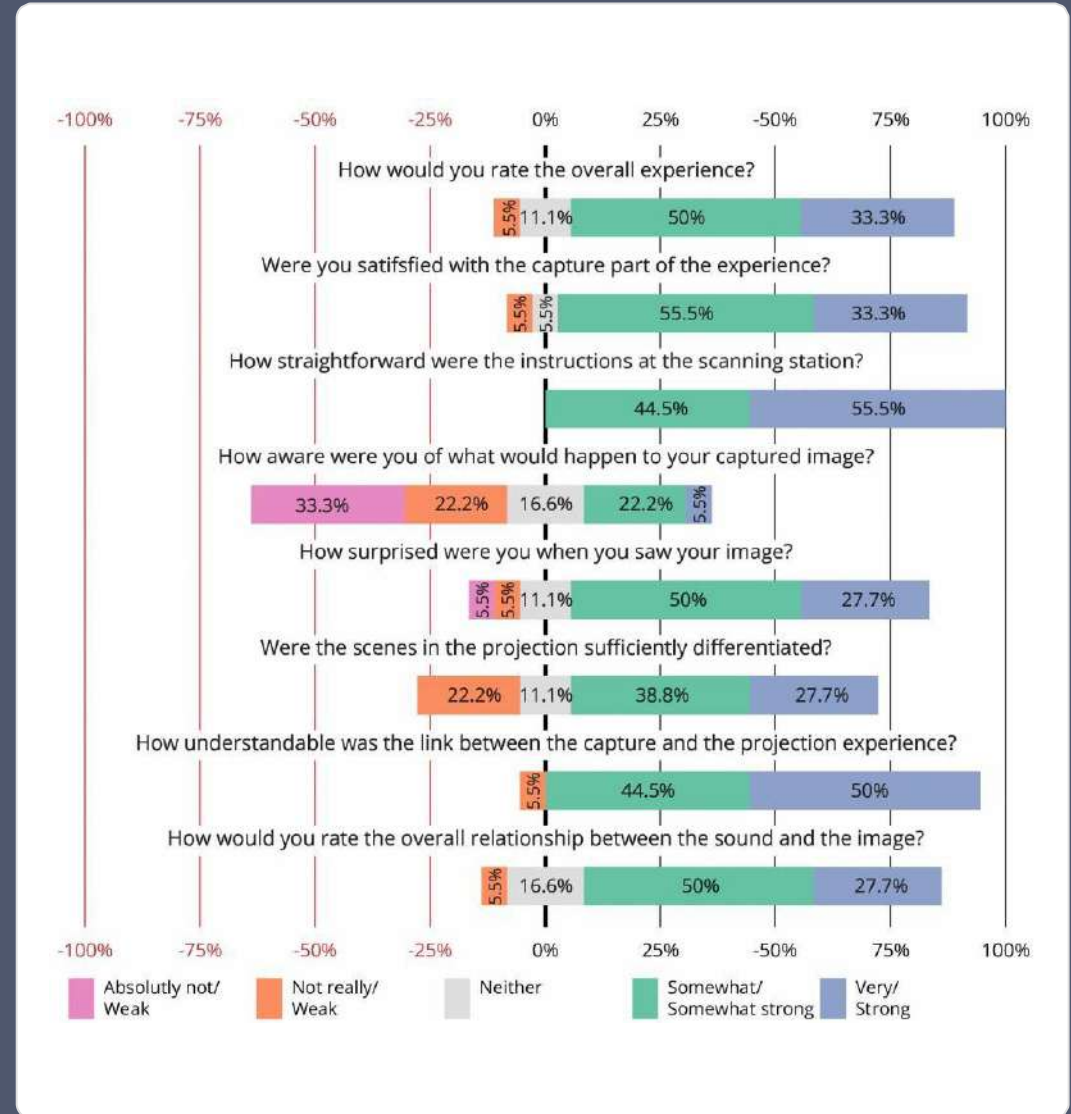
reconFIGURE 在三次專業展覽中採用混合研究方法，結合李克特量表問卷、非正式訪談和藝術團隊觀察，全面評估用戶體驗，並量化了參與者的行為模式。這些研究不僅提供了裝置在「野外」環境下的真實反饋，也揭示了觀眾在不同展覽條件下的互動差異。

研究方法

- 量化反饋：透過 QR code 提供的 5 點李克特量表問卷 (n=18)。
- 質化洞察：進行非正式訪談 (n=30)，了解主觀體驗。
- 行為觀察：藝術團隊持續觀察訪客的參與模式和行為。

關鍵發現

- 體驗感受：部分訪客描述裝置體驗「令人不安」，尤其在失重和身體失控時。
- 參與模式：觀察到兩種主要模式：長時間停留與部分訪客不適。操作性挑戰：展覽環境中獲取用戶數據困難，需持續調整方法。



資料偏誤剖析

DATASET BIAS ANALYSIS

CORE IDEA & OVERVIEW

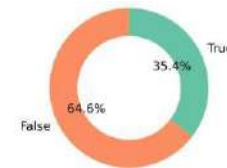
- reconFIGURE 的重建結果揭示了訓練數據集固有的偏誤，包括女性數位分身被錯誤賦予高跟鞋、以及數據集中種族、年齡和身體能力分佈不均的問題。
- 這些偏誤凸顯了機器學習在藝術創作中面臨的倫理挑戰，以及數據集多樣性對模型公正性的關鍵影響。

ETHICAL REFLECTION

- 這些偏誤不僅是技術限制，也指向了機器學習模型在藝術工作中可能產生的倫理問題，特別是數據集偏見對數位再現的影響。
- 區分技術錯誤與數據偏誤至關重要，並強調未來需要更具包容性的數據表示。

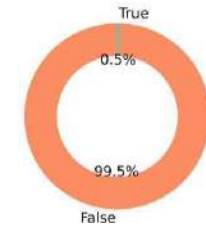
性別偏誤 (高跟鞋問題)

穿高跟鞋女性比例過高 (>35%)



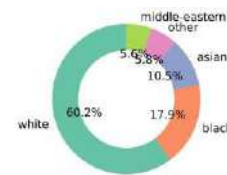
健全身體偏誤

缺乏殘疾或其他身體形態代表



種族分佈不均

白人佔比過高 (60.2%)



年齡分佈不均

20-30歲佔比過高 (78.7%)



結論

技術升級方向

- **Nevo系統改進**：計劃整合更先進的3D重建技術（如 ECON），提升紋理推斷的準確度。
- **自動綁定技術**：導入基於機器學習的骨架綁定演算法，減少人工處理。

資料集多元化

擴展訓練資料，納入：

- 非二元性別外觀
- 身心障礙者（如輪椅使用者、缺肢者）
- 非標準身形比例

目標是打破「規範性身體框架」的限制，促進包容性設計。

沉浸式體驗探索

- **XR技術整合**：考慮加入視覺穿透（video passthrough）功能，讓觀眾不只是觀看，而是「置身」於數位分身之中。
- 增強觀眾與分身之間的「共在感」（co-presence），提升互動深度與情感連結。

優點

1. 技術與創作結合緊密，實踐及研究脈絡清晰
2. 對「演算法偏誤」的美學化處理具批判性
3. 以藝術創作為主的系統發

缺點

1. 觀眾互動步驟未明敘
2. 可以再多討論展覽現場呈現(如展場設計等)
3. 質性訪談部分可以列出問題做為參考

作者介紹

I.A [space]



Christopher Lloyd Salter



Florian Bruggisser



Chris Elvis Leisi

doppelgaenger:apparatus(2024)



<http://blog.zhdk.ch/immersivearts/doppelgaenger/>

Reference:

- <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3664208>
- <https://blog.zhdk.ch/immersivearts/reconfigure/>