

# 工業技術研究院

Industrial Technology  
Research Institute

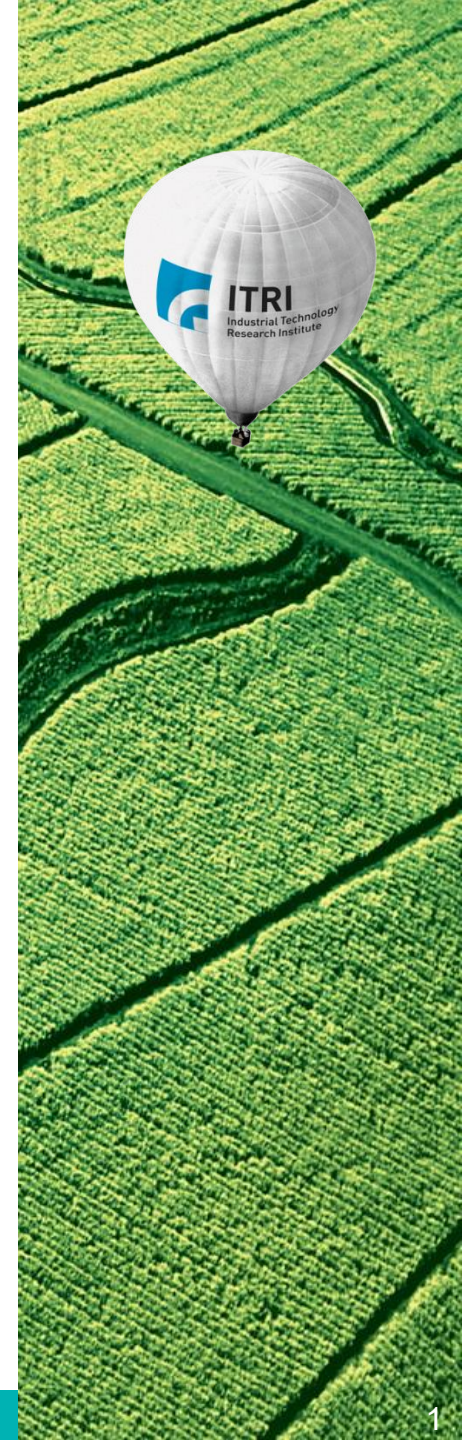
科技藝術書報討論 2025/12/10 陳昱璋 113003856

物識流：未來物件系統的數據流設計

**Awareness of Things: Designing Systems of Data-Enabled Objects**

Cheng, Yu-Ting ( 鄭宇婷 ), June 2023

- National Taiwan University of Science and Technology  
( 國立臺灣科技大學 設計系 / 設計研究所 )
- Eindhoven University of Technology, Industrial Design Department  
( 荷蘭艾恩多芬科技大學 工業設計系 Future Everyday 群組 )



## ABSTRACT

本研究提出「物識流」(AoT)願景，主張物件間的資料分享應具語意性、選擇性，並重視使用者隱私，超越現行IoT僅強調連線的限制。研究以「研究作為設計」方法，透過多項原型(含Peekaboo Camera與設計工具)探索物件如何蒐集、傳遞與詮釋情境資料。最終提出AoT設計框架，協助設計師從單一物件擴展到多物件協作資料流，建立更有意義且隱私友善的智慧物件系統。

### 1. 提出物識流願景 (AoT)

分析IoT的限制，提出「物件意識」概念，主張以物為中心設計物件的資料處理能力(如蒐集、偵測、詮釋)。

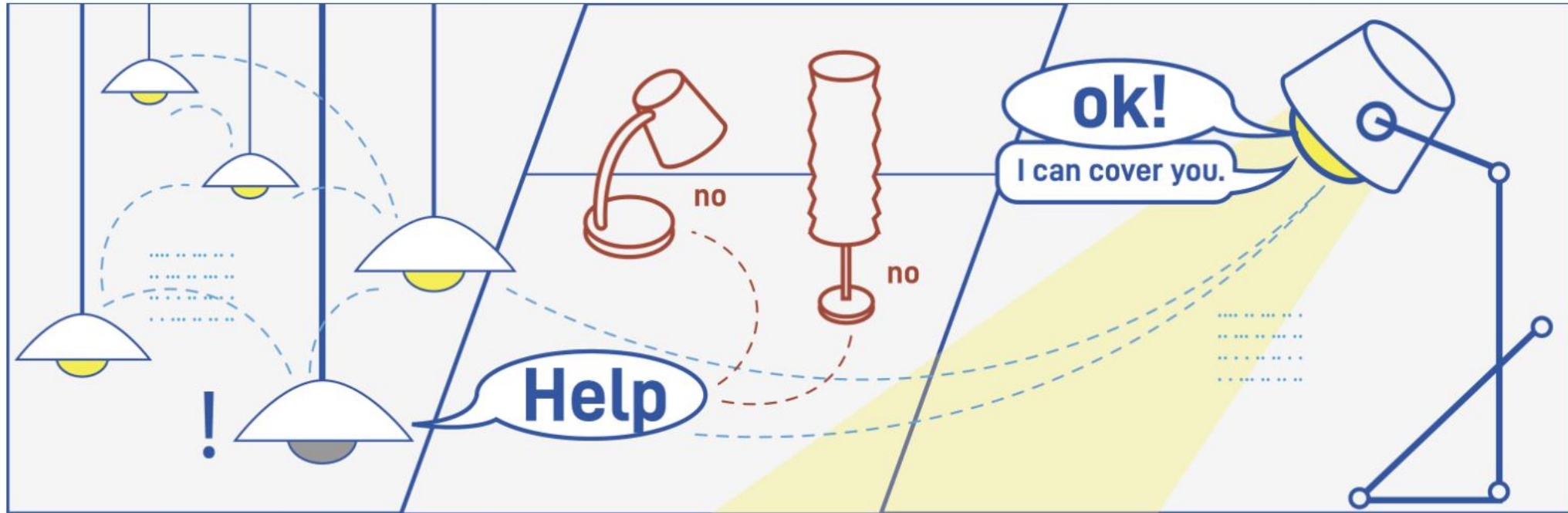
### 2. 開發AoT設計工具

透過一系列原型工具協助設計師探索物識流系統，並從設計實作中歸納未來可能方向。

### 3. 建構AoT設計框架

整理研究成果，提出含六大元素的物識流框架，引導設計師從單一物件，擴展到多物件資料流的協作設計。

Keywords: Awareness of Things (AoT), Data-enabled Objects, Privacy-aware Design, Constellation Design, Semantic & Episodic Speculation



**Figure 1.1:** A conceptual drawing about a broken lamp trying to ask for other lamps to cover its jobs temporarily, or other lamps realising that the lamp is broken and needs covering of its tasks.



**CURRENT POSITION:**

Assistant Professor | National Taiwan University of Science and Technology

**DESIGN AREAS:**

- AI-Enabled Product Design
- Data-Enabled Product Design
- UI & UX Design
- Graphic Design

**DESIGN SKILLS:**

3D Printing, Raspberry Pi, Vibe Coding (Google Gemini, Cursor, Figma Make), Adobe AI, PS, AE, Figma

**LANGUAGE**

Traditional Chinese, English

**NATIONALITY:**

Taiwan

**HOBBY**

vibe coding, sci-fi movies, anime, volleyball, travel, blog, free diving



梁容輝  
Rung-Huei Liang  
國立臺灣科技大學  
設計系



陳玲鈴  
Lin-Lin Chen  
Eindhoven University of Technology, the Netherlands  
Industrial Design

## Chapter 1 — Introduction

- 1.1 Motivation
- 1.2 Research Questions
- 1.3 Research Method
- 1.4 Thesis Outline
  - 1.4.1 Part I: Awareness of Things Vision
  - 1.4.2 Part II: Design with the Awareness of Things Vision
  - 1.4.3 Part III: Awareness of Things Framework

## Part I — Awareness of Things Vision

### Chapter 2 — A System of Internet-Enabled Objects: Internet of Things Vision

- 2.1 Introduction
- 2.2 The Internet of Things Vision
  - 2.2.1 Data Sharing with Object Boundaries
  - 2.2.2 Cloud Data Sharing Flow
  - 2.2.3 Centralised Data Aggregation
- 2.3 Exploring Different Concepts of Designing Connected Systems
  - 2.3.1 Agency Concept
  - 2.3.2 Social Concept
  - 2.3.3 Constellation Concept

#### 2.4 Summary

### Chapter 3 — A System of Data-Enabled Objects: Awareness of Things Vision

- 3.1 Introduction
- 3.2 Understanding Human Awareness
  - 3.2.1 Sensing
  - 3.2.2 Social Grouping
  - 3.2.3 Contextual Interpretation
- 3.3 Translating Human Awareness into Object Awareness
  - 3.3.1 Shared Communication
  - 3.3.2 Shared Semantics
  - 3.3.3 Shared Understanding
- 3.4 Envisioning Awareness of Things Vision
  - 3.4.1 Data Sharing Across Object Boundaries
  - 3.4.2 Localised Data Sharing Flow
  - 3.4.3 Decentralised Data Aggregation
- 3.5 Summary

## Part II — Design with Awareness of Things Vision

### Chapter 4 — When People Vanish: Investigating Object Ecology Where People Are Invisible

- 4.1 Introduction
- 4.2 Design Explorations
  - 4.2.1 Photo Perspectives
  - 4.2.2 Privacy-Aware Interaction Design
- 4.3 Final Design: The Peekaboo Camera
  - 4.3.1 Feature: Capturing Non-Actor Scenery
  - 4.3.2 Feature: Privacy
  - 4.3.3 Two Modes: Active & Passive
- 4.4 Field Study
  - 4.4.1 Deployment Steps
  - 4.4.2 Photo Interpretation Steps
- 4.5 Findings A: Interaction with Active & Passive Peekaboo
- 4.6 Findings B: Impact on Data
- 4.7 Findings C: Interpreting Non-Actor Scenery Photos
- 4.8 Discussion
- 4.9 Summary

### Chapter 5 — Seeing Through Things: Exploring the Design Space for Privacy-Aware Connected System

- 5.1 Introduction
- 5.2 Background: Research through Data-Enabled Objects
  - 5.2.1 From Research Products to Data-Enabled Objects
  - 5.2.2 Data-Enabled Objects as Contextual Probes
  - 5.2.3 Data-Enabled Objects as Co-Ethnographers
  - 5.2.4 Data-Enabled Objects as Object Ethnographers
- 5.3 Privacy Design Challenges
- 5.4 Designing the Connected Peekaboo Toolkit
  - 5.4.1 Toolkit Specification
  - 5.4.2 Connected Peekaboo Toolkit (CPT)
- 5.5 Design Explorations with 18 Teams
  - 5.5.1 Procedure
  - 5.5.2 Data Analysis
- 5.6 Findings
- 5.7 Toolkit Feedback
- 5.8 Discussion
- 5.9 Summary

### Chapter 6 — Constellation Design: Envisioning the AoT through Semantic & Episodic Speculation

- 6.1 Introduction
- 6.2 Method
- 6.3 Semantic Constellation Design
  - 6.3.1 Constellation Template
  - 6.3.2 Semantic Workshop
  - 6.3.3 Data Analysis
  - 6.3.4 Findings
- 6.4 Episodic Constellation Design
  - 6.4.1 Fictional Constellation Prompt
  - 6.4.2 Workshop
  - 6.4.3 Findings
- 6.5 Discussion
- 6.6 Summary

## Part III — Awareness of Things Framework

### Chapter 7 — Awareness of Things Framework: Designing Collective Things

- 7.1 Introduction
- 7.2 Central Perspective
  - 7.2.1 Layers of AoT System
  - 7.2.2 Ego-centric vs Social-centric Views
- 7.3 AoT Framework
  - 7.3.1 Coupling
  - 7.3.2 Scoping
  - 7.3.3 Interpreting
- 7.4 Motivating Examples
  - 7.4.1 Connected Escape Rooms
  - 7.4.2 Future Gallery
- 7.5 Summary

### Chapter 8 — Reflection and Discussion

- 8.1 Reflection on AoT Vision
- 8.2 Reflection on AoT Design Explorations
- 8.3 Reflection on AoT Framework
- 8.4 Reflection on Researcher Roles
- 8.5 Recommendations for Future Research

### Chapter 9 — Conclusion

- 9.1 RQ1 Findings
- 9.2 RQ2 Findings
- 9.3 RQ3 Findings
- 9.4 Main Contributions

## Chapter 1 — Introduction

- 1.1 Motivation
- 1.2 Research Questions
- 1.3 Research Method
- 1.4 Thesis Outline

## Part I — Awareness of Things Vision

### Chapter 2 — A System of Internet-Enabled Objects: Internet of Things Vision

- 2.1 Introduction
- 2.2 The Internet of Things Vision
- 2.3 Exploring Different Concepts of Designing Connected Systems
- 2.4 Summary

### Chapter 3 — A System of Data-Enabled Objects: Awareness of Things Vision

- 3.1 Introduction
- 3.2 Understanding Human Awareness
- 3.3 Translating Human Awareness into Object Awareness
- 3.4 Envisioning Awareness of Things Vision
- 3.5 Summary

## Part II — Design with Awareness of Things Vision

### Chapter 4 — When People Vanish: Investigating Object Ecology Where People Are Invisible

- 4.1 Introduction
- 4.2 Design Explorations
- 4.3 Final Design: The Peekaboo Camera
- 4.4 Field Study
- 4.5 Findings A: Interaction with Active & Passive Peekaboo
- 4.6 Findings B: Impact on Data
- 4.7 Findings C: Interpreting Non-Actor Scenery Photos
- 4.8 Discussion
- 4.9 Summary

### Chapter 5 — Seeing Through Things: Exploring the Design Space for Privacy-Aware Connected System

- 5.1 Introduction
- 5.2 Background: Research through Data-Enabled Objects
- 5.3 Privacy Design Challenges
- 5.4 Designing the Connected Peekaboo Toolkit
- 5.5 Design Explorations with 18 Teams
- 5.6 Findings
- 5.7 Toolkit Feedback
- 5.8 Discussion
- 5.9 Summary

### Chapter 6 — Constellation Design: Envisioning the AoT through Semantic & Episodic Speculation

- 6.1 Introduction
- 6.2 Method
- 6.3 Semantic Constellation Design
- 6.4 Episodic Constellation Design
- 6.5 Discussion
- 6.6 Summary

## Part III — Awareness of Things Framework

### Chapter 7 — Awareness of Things Framework: Designing Collective Things

- 7.1 Introduction
- 7.2 Central Perspective
- 7.3 AoT Framework
- 7.4 Motivating Examples
- 7.5 Summary

### Chapter 8 — Reflection and Discussion

- 8.1 Reflection on AoT Vision
- 8.2 Reflection on AoT Design Explorations
- 8.3 Reflection on AoT Framework
- 8.4 Reflection on Researcher Roles
- 8.5 Recommendations for Future Research

### Chapter 9 — Conclusion

- 9.1 RQ1 Findings
- 9.2 RQ2 Findings
- 9.3 RQ3 Findings
- 9.4 Main Contributions

# Chapter 1 — Introduction

## 1.1 Motivation | 研究動機

本節說明為何需要提出 *Awareness of Things* (物識流)。

主要聚焦於：

- 當前 IoT 以「連線」為核心，但忽略物件之間如何真正理解資料、互動與協作。
  - 物件間的資料分享顯得僵硬、由雲端集中控制，缺少語意、脈絡與使用者隱私考量。
  - 因此需要一套新的願景，使未來物件能夠「更像彼此理解」而非僅是「互相傳資料」。
- Motivation 的核心即：IoT 不足以支撐未來智慧物件的語意性協作，因此必須提出 AoT。

## 1.2 Research Questions | 研究問題

本節點出研究試圖回答的三大方向：

### 1. 如何重新定義物件之間的資料分享方式？

不是只靠網路連線，而是如何形成「共享理解」。

### 2. 如何透過設計探索，讓資料啟動新的物件互動模式？

### 3. 如何建立能指導設計師的完整框架，使其能設計資料驅動的多物件系統？

→ 這些問題引導全論文，分別對應到願景提出、設計實驗、以及後續的 AoT 框架。

## Chapter 1 — Introduction

### 1.3 Research Method | 研究方法

本研究採用 **Research-through-Design ( RtD )** 方法，強調：

- 透過設計原型 ( 如 Peekaboo Camera、Connected Peekaboo Toolkit ) 來探索問題。
  - 以「做中想」的方式逐步形成理論、願景與框架。
  - 由實作回饋研究，而非僅以理論推論。
- 方法論重點：透過具體設計實驗，使 AoT 的概念逐步清晰。

### 1.4 Thesis Outline | 論文架構

本節說明論文三大部分的邏輯：

#### Part I：提出 AoT 願景

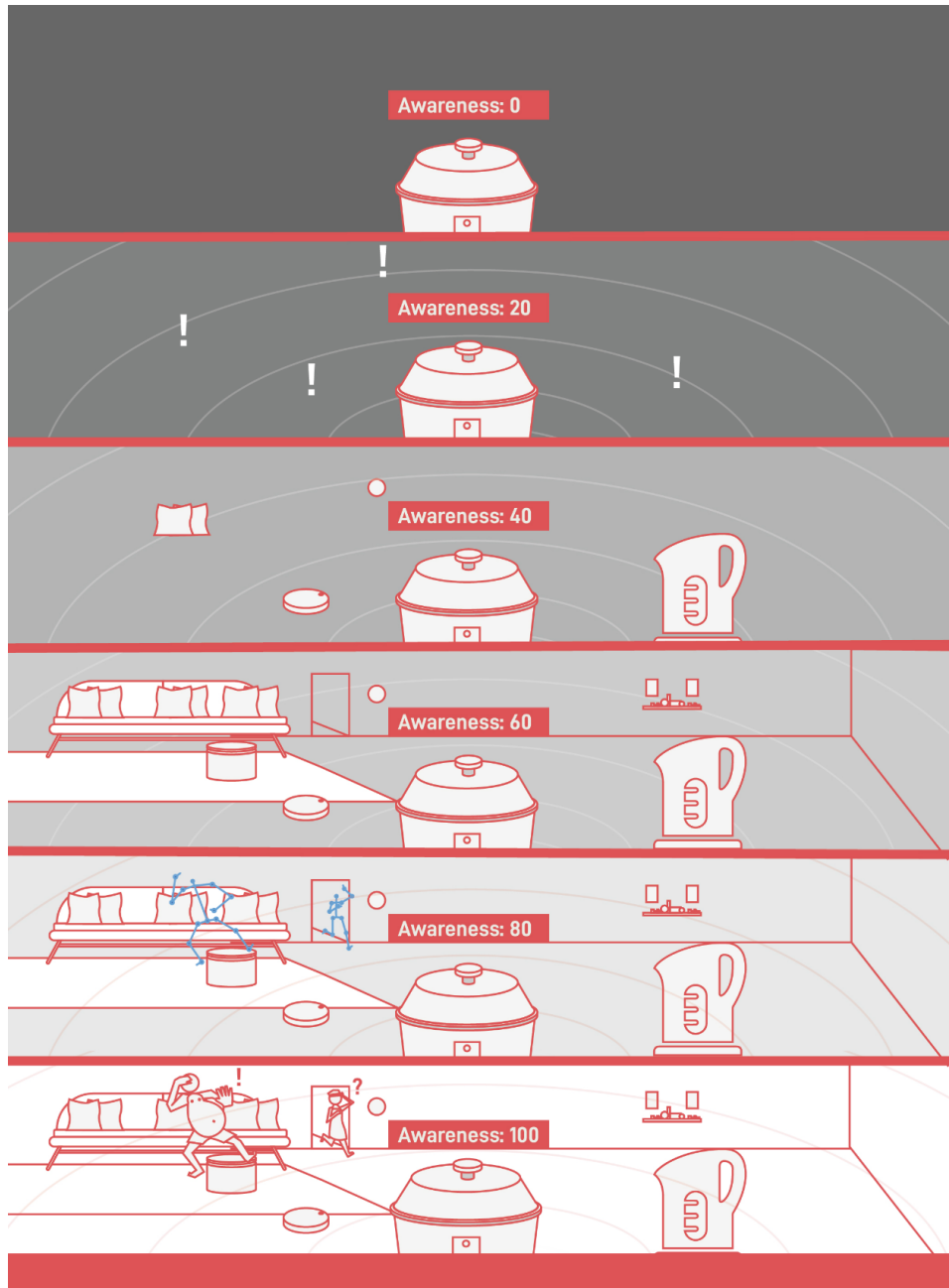
探討 IoT 的限制 → 引出 AoT 的概念基礎與資料語意模型 ( 例如 Shared Communication / Shared Semantics / Shared Understanding ) 。

#### Part II：設計探索 ( Design Explorations )

透過多個原型與場域研究展示 AoT 的操作方式。

#### Part III：提出 AoT Framework

整合研究成果 → 形成具結構的框架，協助未來設計師進行多物件資料流的設計。



Additional sensors allow my senses to be opened. I become aware that I am not the only one in the world. Someone or something is next to me. I can feel the air passing through and even the vibration from different distances and spots. I wonder where they are coming from and what they are.

—Awareness of 40% of Others—

More sensors and even connected technology are coming into my body. Thus, my curiosity about those vibrations is answered. I can pose questions to those producing the vibrations: 'who are you?' They start to reply and make me realise that I was lonely before, but not anymore. I am not the only object standing here; I can now make friends. I am invited to be part of a special community.

—Awareness of 60% of Others—

The connectivity allows me to reach more and more objects. Some can even become my rice-cooking partners. I can know more contexts before cooking with them and get my rice done in advance. For example, the Water Kettle can be my closest partner who always answers me and pours water into my pot whenever needed. The kitchen door, the stove, and the clock will tell me when I should activate my function to prepare the rice in advance. However, I feel distant from the kitchen door, the stove, and the clock. These objects seem to discuss many things behind my back. They do not tell me how they know when to cook rice. No matter what, I start to organise my rice-cooking club. All objects are invited, but I will rank them and give them different membership levels based on their contributions.

—Awareness of 80% of Others—

Every object contributes different senses and functions to strengthen my rice-cooking club. I expand my awareness through connectivity. More and more objects are invited to my club. We share information and see more details of the situation around us. However, the more details we discover, the more mysteries emerge. We notice something unusual. There is one thing that has high mobility and powerful actuators to control and intervene in everything nearby. However, it lacks independent functionality and relies heavily on other objects to complete its needs. Sometimes, this thing can split itself into two or three or more. The more rice I need to cook when more of them are present. We start to speculate that this thing is the key to keeping us activated and connected. We wonder what this 'thing' resembles.

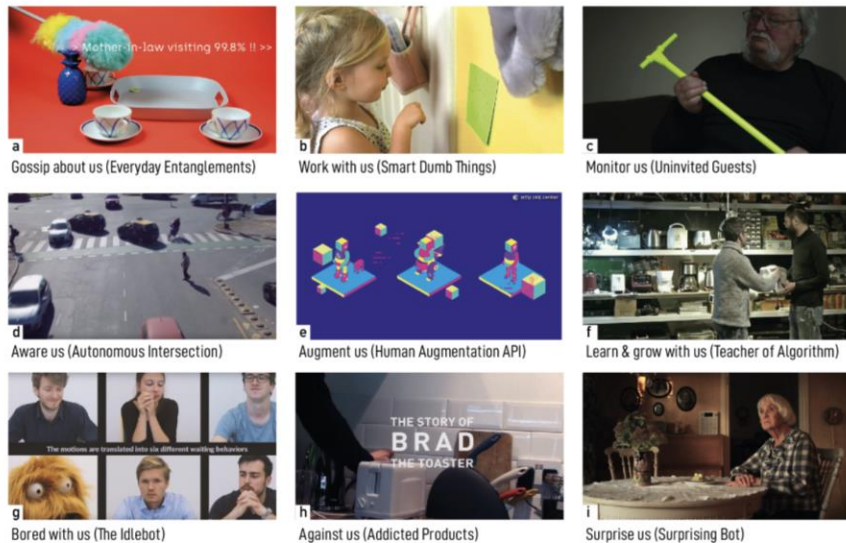
—Awareness of 100% of Others—

I continually expand my club to reach every object in this room. We see this 'thing(s)' and recognise their differences. Their identities are found by all my club members. The couch and the carpet collectively find two different patterns and interpret them as Thing A and B. For example, Thing A always drops pieces of rice on the couch and the carpet when sitting on the couch. The couch and the carpet have to summon a vacuum cleaner to clean them. On the contrary, Thing B always keeps the couch and the carpet clean without leaving any trash. Thing(s) are somewhat predictable. We start to document the number of times they are being activated, use frequency, and period. We can use these patterns to speculate different preferences of Thing(s). Finally, when we connect to Google Home, we become aware that this Things call 'Human.' Google Home tells us even gives us more hints about the Human(s) by annotating data with additional Human(s)' intentions and purposes (e.g. emotional

## Chapter 2 — A System of Internet-Enabled Objects: Internet of Things Vision

### 2.1 Introduction | 本章導言

本節說明 IoT 是當代智慧物件系統的基礎，但 IoT 主要是技術願景，而非設計願景。因此 IoT 的資料分享方式，偏向技術導向，而非使用者脈絡或物件間語意導向。



“However, can objects collaborate with each other after having connectivity?”

**Figure 2.1:** (a) **Home Entanglement** (Nicenboim et al., 2018); (b) **Smart Dumb Things** by Argodesign (2015) (<https://vimeo.com/102135732>); (c) **Uninvited Guest** by Superflux (2015)(<https://superflux.in/index.php/work/uninvited-guests/>); (d) **Autonomous Intersection in Action** by Black Sheep Production (2015) (<https://www.youtube.com/watch?v=4SmJP8TdWTU>); (e) **Human API** by NTUIoX (2017) (<https://vimeo.com/193481157>); (f) **Teachers of Algorithm** by Simone Rebaudengo (2015) (<https://vimeo.com/125768041>); (g) **The Idlebot** (Overgoor & Funk, 2018); (h) **Addicted Products** by Simone Rebaudengo (2012) (<https://vimeo.com/41363473>); (i) **Battling Boredom Bots** by Kevin Guant (2016) (<https://vimeo.com/149985577>).

## Chapter 2 — A System of Internet-Enabled Objects: Internet of Things Vision

### 2.2 The Internet of Things Vision | IoT 願景的核心邏輯

此段拆解 IoT 的數據流與系統概念，包括：

#### 2.2.1 Data Sharing with Object Boundaries (物件邊界下的資料分享)

- IoT 物件通常感測自身範圍內的資訊。
- 物件之間並不會自然理解彼此的資料 ( lack of shared semantics ) 。

#### 2.2.2 Cloud Data Sharing Flow (雲端為中心的資料流)

IoT 的典型模式是：

物件 → 上傳雲端 → 雲端分析 → 雲端下指令 → 物件執行

其特徵包括：

- 高度集中式 ( centralised )
- 物件互動依賴伺服器中介
- 回應速度與情境理解受限

#### 2.2.3 Centralised Data Aggregation (集中式資料匯聚)

IoT 的資料通常只有在雲端才會被整合，因此：

- 物件之間不會直接交換資料
  - 無法形成「即時本地語意」
  - 無法考慮使用者隱私偏好或空間脈絡
- 這些 IoT 典型做法造成後續設計限制。

## Chapter 2 — A System of Internet-Enabled Objects: Internet of Things Vision

### 2.3 Concepts for Designing Connected Systems | 連網物件的三種設計概念

作者引用三個既有設計觀點，說明 IoT 物件系統可以如何被理解，但也點出其侷限：

#### 2.3.1 Agency Concept ( 行為能動性觀點 )

- 物件被視為能動的代理人 ( agents ) 。
- 但限於資料與語意不足，能動性常流於執行命令，而非參與理解。

#### 2.3.2 Social Concept ( 社會性物件觀點 )

- 物件被視為可構成社會的成員。
- 然而物件之間缺乏真正「共享語意」，只能模擬社會行為。

#### 2.3.3 Constellation Concept ( 物件星群觀點 )

- 物件群被視為一個生態系。
  - 但 IoT 的集中式資料流使得星群協作難以自然形成。
- 三種概念皆有洞察，但仍無法解決 IoT 在資料語意與隱私上的問題。

## Chapter 2 — A System of Internet-Enabled Objects: Internet of Things Vision

### 2.4 Summary | 本章重點總結

本節指出：

- IoT 目前仍以「連線、資料收集、雲端集中」為主。
- IoT 缺乏處理「資料語意」「在地資料理解」「物件間適度資料流」的能力。
- IoT 雖強大，但仍是 **technological vision** (技術願景)，不是 **design vision** (設計願景)。

## Chapter 3 — A System of Data-Enabled Objects: Awareness of Things Vision

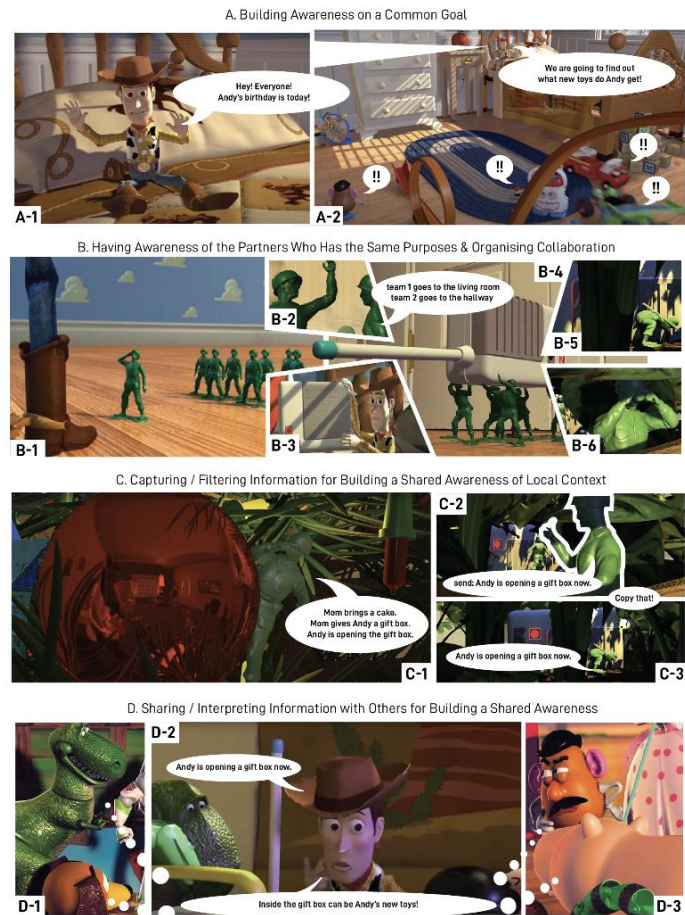
### 3.1 Introduction | 導言：從 IoT 的不足走向 AoT

- IoT 的連線能力  $\neq$  物件的理解能力
- 多數智慧物件並不「理解」資料，只是傳遞資料
- 設計師需要的是一套方法，能讓物件們共享語意與情境，而不是只靠雲端控制

因此，引出本章要回答的核心問題：

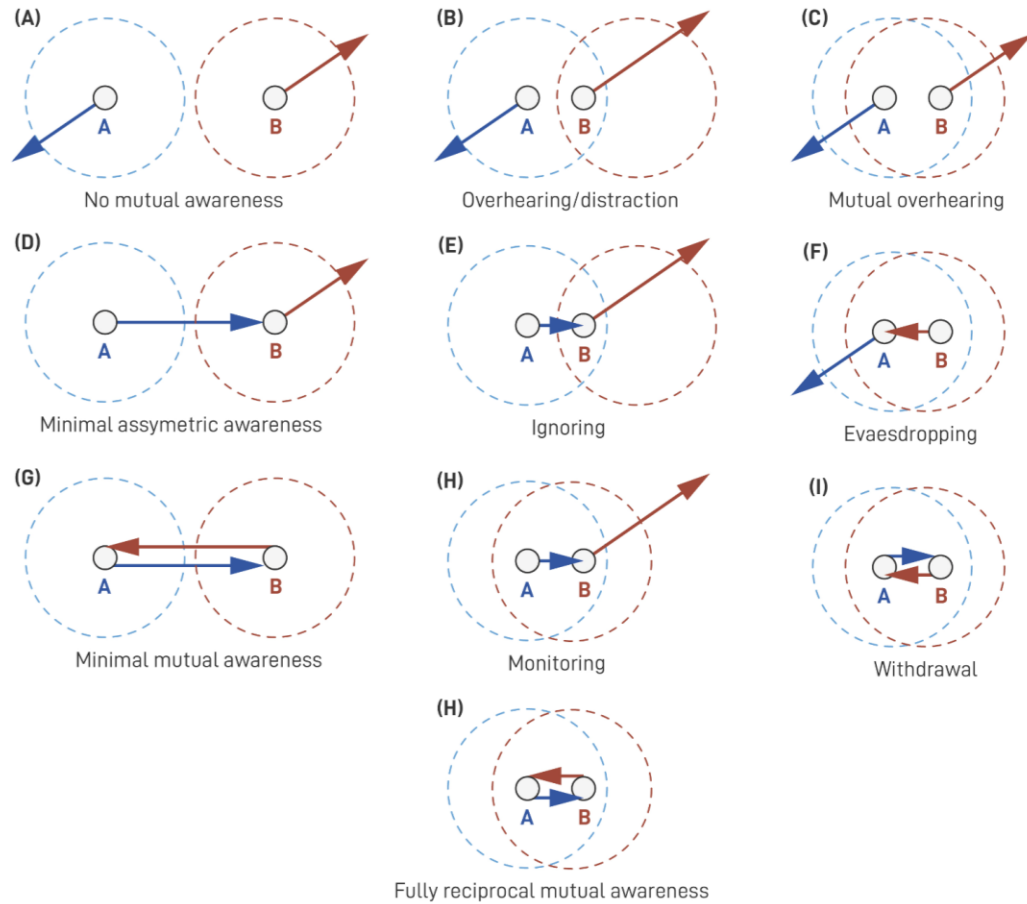
**物件需要什麼能力，才能真正理解資料、互相協作？**

## Chapter 3 — A System of Data-Enabled Objects: Awareness of Things Vision



**Figure 3.1:** Four scenes about forming a collaboration in Toy Story: (A) the toys build a shared awareness on a common goal. (B) the toys identify partners with same purposes and build collaboration with them. (C) the toys share information locally and identify which task-relevant information to share publicly. (D) the toys receive task-relevant information and interpret the current situation.

## Chapter 3 — A System of Data-Enabled Objects: Awareness of Things Vision



**Figure 3.2:** 10 different mutual awareness patterns adapted from Thellufsen et al. (2009) and Benford et al. (1994).

## Chapter 3 — A System of Data-Enabled Objects: Awareness of Things Vision

### 3.2 Understanding Human Awareness | 人類的「覺察」如何形成？

作者先從認知角度解釋「覺察」的組成：

#### 3.2.1 Sensing ( 感知 )

人類透過多種感官蒐集資訊，而不是單一通道。

#### 3.2.2 Social Grouping ( 社會性群組 )

人會自動辨識誰與誰相關、哪些資訊屬於同一情境。

#### 3.2.3 Contextual Interpretation ( 脈絡詮釋 )

人不只接收資料，而是解讀資料的「意義」。

## Chapter 3 — A System of Data-Enabled Objects: Awareness of Things Vision

### 3.3.1 Shared Communication ( 共享通訊 )

物件要能交換資料，但不必全連線。

重點：

- 資料交換應是有目的的
- 不需把所有資料全部丟到雲端
- 需保留資料邊界 ( privacy boundary )

### 3.3.2 Shared Semantics ( 共享語意 )

物件之間必須知道「資料代表什麼」。

這是 IoT 最缺乏的能力。

例如：

- 「溫度上升」對冷氣、窗戶、電燈的意義可能都不同。
- 物件必須建立語意解讀能力。

### 3.3.3 Shared Understanding ( 共享理解 )

物件要能根據資料「做出情境判斷」：

- 哪些物件與此情境相關？
- 什麼資料值得交換？
- 哪些行為應該觸發？
- 這是 AoT 的最高層次：「物件群的協作」。

## Chapter 3 — A System of Data-Enabled Objects: Awareness of Things Vision

### 3.4.1 Data Sharing Across Object Boundaries

( 跨越物件邊界的資料分享 )

- 資料分享不再是「全量上傳」
- 物件在有意義、有脈絡的情況下才分享
- 分享的單位是語意，而不是數據本身

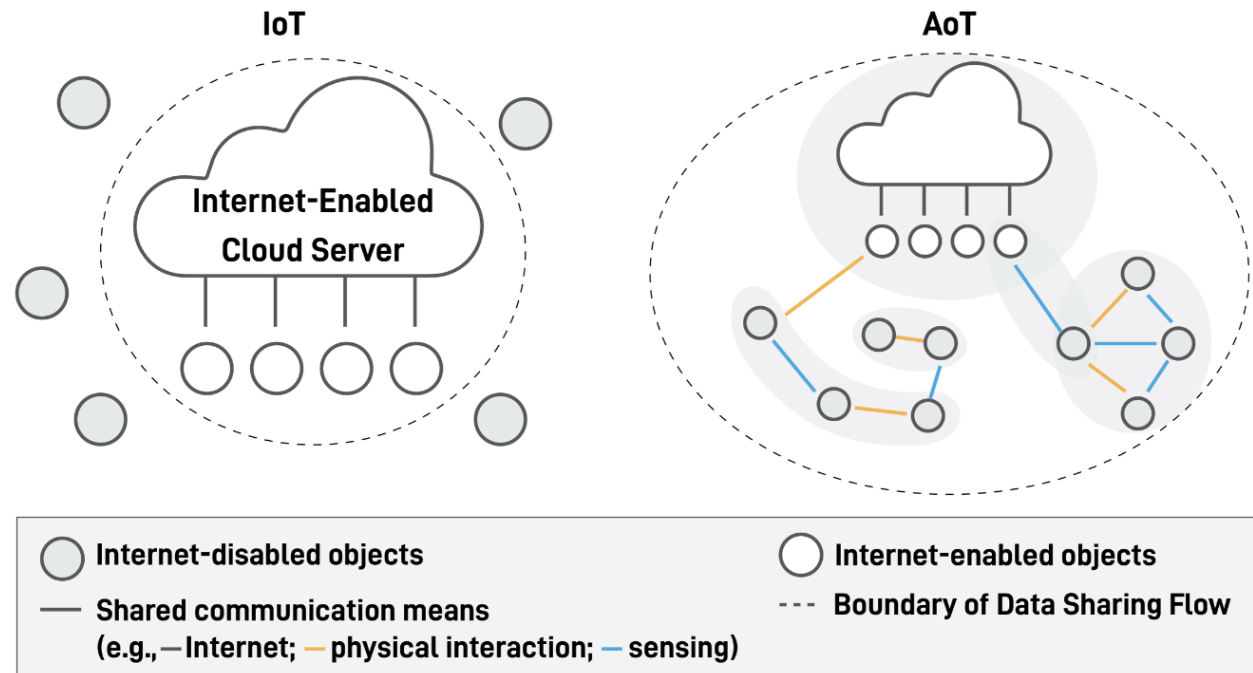
#### 為什麼重要？

物件之間的資料邊界 **不再被雲端強制打開**，而是：

- 有目的地分享
- 有邊界地交換
- 有選擇地揭露

這是 AoT 的 **隱私基礎** 也是 **語意化資料流的起點**。

## Chapter 3 — A System of Data-Enabled Objects: Awareness of Things Vision



**Figure 3.6:** Comparison of the Data Sharing Boundary between the IoT and the AoT Vision: IoT vision pursues a standard communication protocol for all heterogeneous objects. AoT vision instead pursues a diversity of communication means for building a heterogeneous object system.

## Chapter 3 — A System of Data-Enabled Objects: Awareness of Things Vision

### 3.4.2 Localised Data Sharing Flow

( 在地資料流 )

資料流從「雲端中心」改為「物件之間直接交換」。

也就是：

- 物件彼此形成在地合作，不必經由雲端仲介
- 物件可以即時根據環境資訊做出行為調整
- 多物件間能迅速形成語意群落 ( semantic grouping )

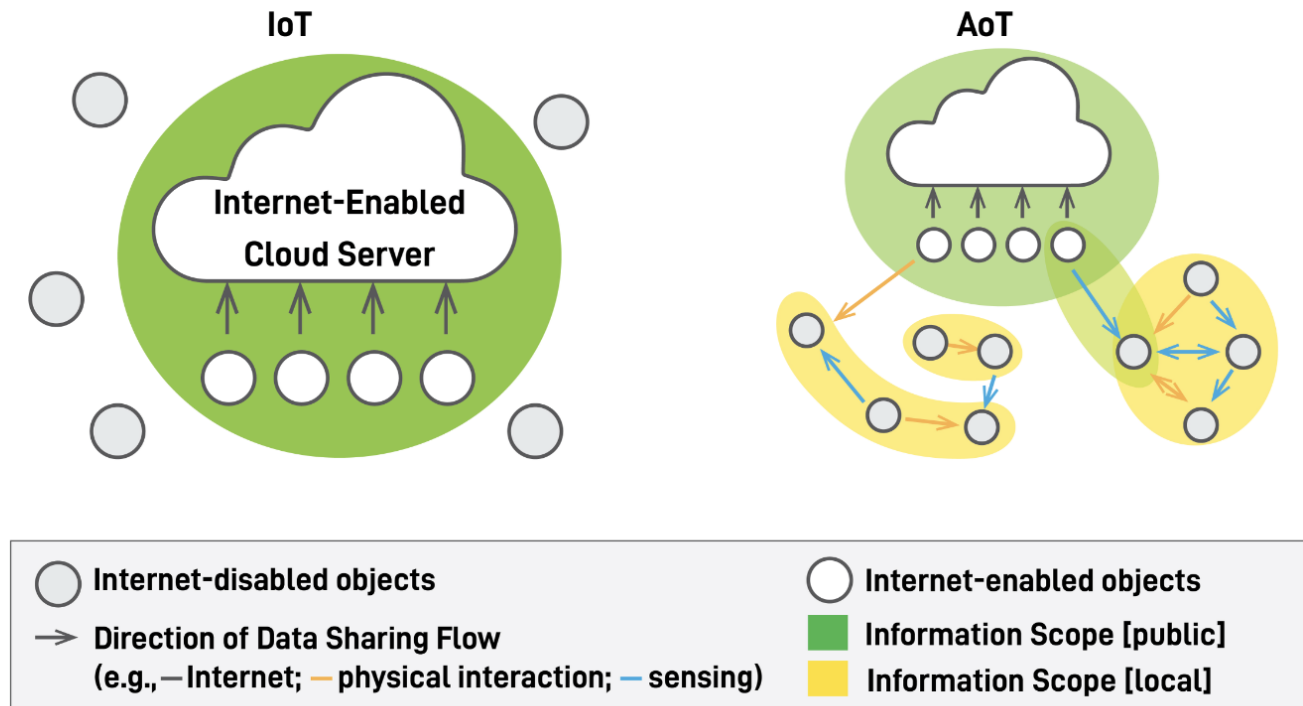
#### 與 IoT 最大的差別

IoT = global first → local later

AoT = local first → global optional

這使得 AoT 更貼近「情境」，更符合人類與物件的自然互動方式。

### Chapter 3 — A System of Data-Enabled Objects: Awareness of Things Vision



**Figure 3.7:** Comparison of the Data Sharing Flow Direction between the IoT and the AoT Vision: IoT vision focuses on a vertical data sharing flow. AoT vision focuses on horizontal data sharing flow.

## Chapter 4 — When People Vanish: Investigating Object Ecology Where People Are Invisible

### 4.1 Introduction

本節說明本章的研究背景與目的。研究者指出，許多過去的資料蒐集方法都以人類行為或人類參與作為主要資料來源，因此場景資料往往帶有人類視角或人類語意。然而，在 Awareness of Things (AoT) 願景中，物件之間的理解與協作不應完全依賴人類，因此需要探討：

**當人不在場、不提供語意、不主動操作時，物件所能蒐集的資料是否仍具有可解讀性。**

本節的目的在於提出研究問題：在無人場景 ( people vanish ) 的情況下，物件是否仍能捕捉到與環境相關的訊息，並能否利用這些訊息推斷事件或活動。此問題也是後續多物件系統設計的重要前置研究。

This chapter is based on the following publication:

Cheng, Y.-T., Funk, M., Tsai, W.-C., & Chen, L.-L. (2019). Peekaboo cam: Designing an observational camera for home ecologies concerning privacy. *Proceedings of the 2019 on Designing Interactive Systems Conference*, 823–836. <https://doi.org/10.1145/3322276.3323699>

Cheng, Y.-T., Liang, R.-H., & Chen, L.-L. (2022). Exploring constellation of everyday things to envision future collaboration of smart things. *Journal of Design*, 27(4), 45–68. <https://www.jodesign.org.tw/index.php/JODesign/article/viewFile/1676/691>

## Chapter 4 — When People Vanish: Investigating Object Ecology Where People Are Invisible

### 4.2 Design Explorations ( 設計探索 )

本節描述研究者以探索性方式理解「物件視角資料」的可能性。包含兩種類型的探索：

#### 4.2.1 Photo Perspectives ( 攝影視角探索 )

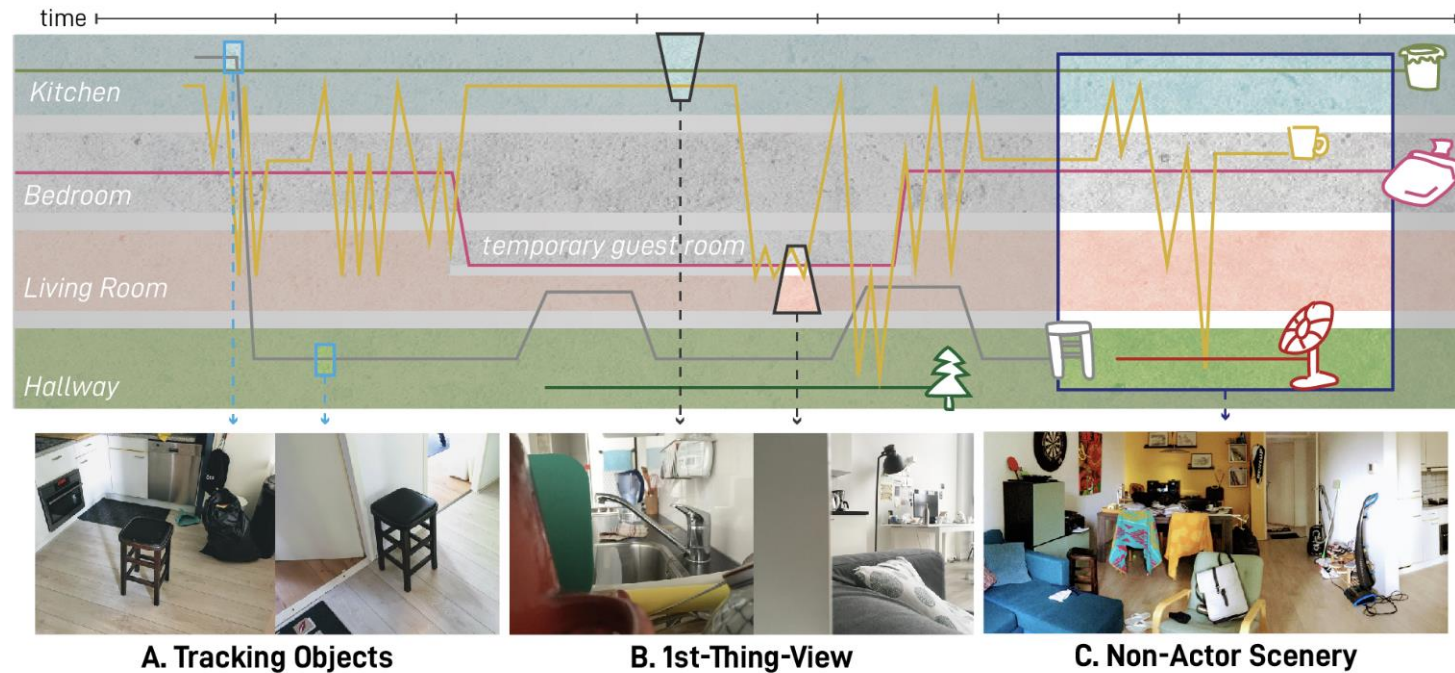
透過以非人主體的攝影方式蒐集場景資料，研究者觀察物件若以其自身的位置、角度、範圍進行紀錄，畫面會呈現何種特性。此步驟旨在理解「物件能看見什麼」與「在無人情境下可能蒐集到哪些線索」。

#### 4.2.2 Privacy-Aware Interaction Design ( 隱私導向的互動設計 )

研究過程強調避免蒐集包含人臉或可識別人物的影像，因為研究目的並非建立監控系統，而是研究物件能否在不依賴拍攝人類的情況下生成環境訊息。此設計方向也回應近年 IoT 常見的隱私疑慮。

此節的功能是說明形成最終原型之前的前期探索與設計考量。

# Chapter 4 — When People Vanish: Investigating Object Ecology Where People Are Invisible



**Figure 4.1:** A comparison of the three different photo perspectives to study Object Ecology: (1) 1st-Thing-View (2) Thing-as-Evident View (3) Non-Actor Scenery View (This Study Proposed)

## Chapter 4 — When People Vanish: Investigating Object Ecology Where People Are Invisible



**Figure 4.2:** We chose a non-actor scenery view as the primary photo perspectives to capture Object Ecology. This perspective captured an overview of the room without displaying human actors.

## Chapter 4 — When People Vanish: Investigating Object Ecology Where People Are Invisible

### 4.3 Final Design: The Peekaboo Camera

研究者所開發的原型裝置「Peekaboo Camera」，用以進行後續場域研究。

Peekaboo Camera 具有下列特點：

- **拍攝目標限定為非人場景 ( non-actor scenery )**：即使有人出現，也不以其為主體。
- **具備兩種觸發模式**：
  - **Active mode ( 主動模式 )**：依設定的節奏或事件主動拍攝。
  - **Passive mode ( 被動模式 )**：由環境變化 ( 如光線、物體移動 ) 觸發拍攝。
- **定位與角度固定**：以模擬物件在空間中的觀察能力。

本節的重點不是討論技術細節，而是說明該裝置如何讓研究者蒐集到足以分析「物件視角」資料的素材。

## Chapter 4 — When People Vanish: Investigating Object Ecology Where People Are Invisible

### 4.3.3 The Two Modes of the Peekaboo Camera ( 兩種拍攝模式 )

#### Active Peekaboo ( 主動模式 )

- 是一個自動定時拍照的 time-lapse 相機。
- 會在每天固定時間拍照。
- 拍照前會發出「叮咚音效」並揮動旗子提醒參與者。
- 若參與者不想被拍到，可以按下 disable 按鈕或走出畫面。
- 按鈕在此模式中代表 “No” ( 拒絕拍攝 )。

此模式代表：

相機自動運作，而人只有在「不想拍」時才介入。

## Chapter 4 — When People Vanish: Investigating Object Ecology Where People Are Invisible

### 4.3.3 The Two Modes of the Peekaboo Camera ( 兩種拍攝模式 )

#### Passive Peekaboo ( 被動模式 )

- 是「人工觸發 ( manual ) 」的拍照模式。
- 相機會在固定時間提醒參與者 ( 叮咚 + 揮旗 ) ， **但是否拍照由參與者決定**。
- 按鈕在此模式中代表 **“Yes”** ( 按下即拍 ) 。
- 若參與者不按，則不拍照；亦可隨時主動按下按鈕進行拍攝。

此模式具特徵：

參與者完全決定何時拍攝，相機不會自動拍照。

## Chapter 4 — When People Vanish: Investigating Object Ecology Where People Are Invisible



## Chapter 4 — When People Vanish: Investigating Object Ecology Where People Are Invisible

### 4.4 Field Study with the Peekaboo Camera

- 研究者將 Peekaboo Camera 部署到 **兩個家庭 ( Family A 、 Family B )** 中。
- 兩個家庭皆同意配合為期 **14 天** 的資料蒐集活動。
- 研究目的：取得 ethnographic photos ( 民族誌式照片 ) ，以理解物件生態 ( object ecology ) 。
- 家庭背景包含：
  - Family A : 4 人 ( 父母 + 青少年女兒 + 小學生兒子 )
  - Family B : 3 人 ( 父母 + 小女孩 )
- 兩家庭皆為居住在荷蘭的亞洲移民中產家庭。

# Chapter 4 — When People Vanish: Investigating Object Ecology Where People Are Invisible

DATASET: ACTIVE PEEKABOO



# Chapter 4 — When People Vanish: Investigating Object Ecology Where People Are Invisible

DATASET: PASSIVE PEEKABOO

● Interaction with Peekaboo ● Objects in temporal meaning ● Objects in spacial meaning



● house takes photo ▶ house raise flag ● button is pressed ● contains human [deleted by inhabitants]

## Chapter 4 — When People Vanish: Investigating Object Ecology Where People Are Invisible

### 4.5 Findings A: Interaction with Active & Passive Peekaboo

#### ( 1 ) Active 模式的互動行為特徵

Active 模式會：

- 自動在特定時間拍照
- 在拍照前以「叮咚聲 + 揮旗」提醒

研究觀察到：

#### a. 參與者會「回應」相機的提醒

例如：

- 隨手整理桌面
  - 避開鏡頭
  - 主動做一些希望被記錄的場景操作
- Active 模式讓主體行為變成「是否回應自動提醒」。

#### b. Active 模式產生大量、規律的照片

因為固定時間觸發：

- 所得資料呈現「日常節奏」
  - 光線變化、物品堆疊、房間整潔度等都呈現連續變化
- 這使 Active 模式的資料能更完整地呈現日常生活的流動性。

## Chapter 4 — When People Vanish: Investigating Object Ecology Where People Are Invisible

### 4.5 Findings A: Interaction with Active & Passive Peekaboo

#### ( 2 ) Passive 模式的互動行為特徵

Passive 模式需要：

- 人按下按鈕才會拍照
- 相機只提供提醒，但不強制拍攝

研究觀察到：

#### a. 參與者的「意圖」成為主要決定因素

例如：

- 發生某個值得記錄的事件時才按
- 避免不想留紀錄的時刻
- 若忙碌或未注意到提醒則不拍照

→ Passive 模式的照片更少，但更具「事件性 ( eventfulness ) 」。

#### b. Passive 模式反映生活事件，而不是生活節奏

因此資料呈現：

- 突然的物品移動
- 小孩玩耍後的凌亂
- 物件使用痕跡
- 某些活動的完成瞬間

→ 每一張照片都代表「被使用者認為值得記錄的時刻」。

## Chapter 4 — When People Vanish: Investigating Object Ecology Where People Are Invisible

### 4.6 Findings B: Impact on Data

#### ( 1 ) Active 模式的資料型態 ( 大量、連續、規律 )

Active Peekaboo 每天固定時間拍照。

- 因為是固定頻率拍攝，因此資料量較大。
- 影像能呈現連續的「每日節奏」：
  - 物品逐漸累積或清空
  - 場景整潔度變化
  - 光線從早到晚上的過渡
- 不依賴使用者意圖，因此反映的是**真實、自然的生活背景**。

資料特徵可歸納為：

- 連續性 ( continuity )
  - 節奏性 ( regularity )
  - 背景穩定度 ( baseline of daily life )
- Active 模式主要捕捉「長期變化」。

## Chapter 4 — When People Vanish: Investigating Object Ecology Where People Are Invisible

### 4.6 Findings B: Impact on Data

#### ( 2 ) Passive 模式的資料型態 ( 事件性、意圖性強 )

Passive Peekaboo 只有在：

- 使用者按下按鈕
  - 或偵測到具有意義的事件
- 才會拍照。

研究者觀察到：

- 資料量少，但每張照片都代表一個被視為「重要」的時刻。
- 因為按下按鈕需要意圖，這些照片往往反映：
  - 特別事件
  - 特殊變化
  - 使用習慣
  - 某些活動剛發生後的場景

→ Passive 模式主要捕捉「異常或事件性變化」。

資料特徵包括：

- 意圖性 ( intentionality )
- 事件性 ( eventfulness )
- 高語意密度 ( semantic richness )

## Chapter 4 — When People Vanish: Investigating Object Ecology Where People Are Invisible

### 4.6 Findings B: Impact on Data

#### ( 3 ) 兩種模式的資料差異

兩種模式資料呈現的顯著不同：

**Active**：產生大量、規律、時間序列的資料

- 用於觀察長期變化
- 能看到空間背景的演變
- 但主題性不強（因為不是由事件觸發）

**Passive**：產生少量但語意更強的資料

- 每張照片都具有「意圖」
- 更容易反映家庭實際活動
- 可表現「值得記錄」的事件痕跡

Active → 強調長期背景

Passive → 強調事件語意

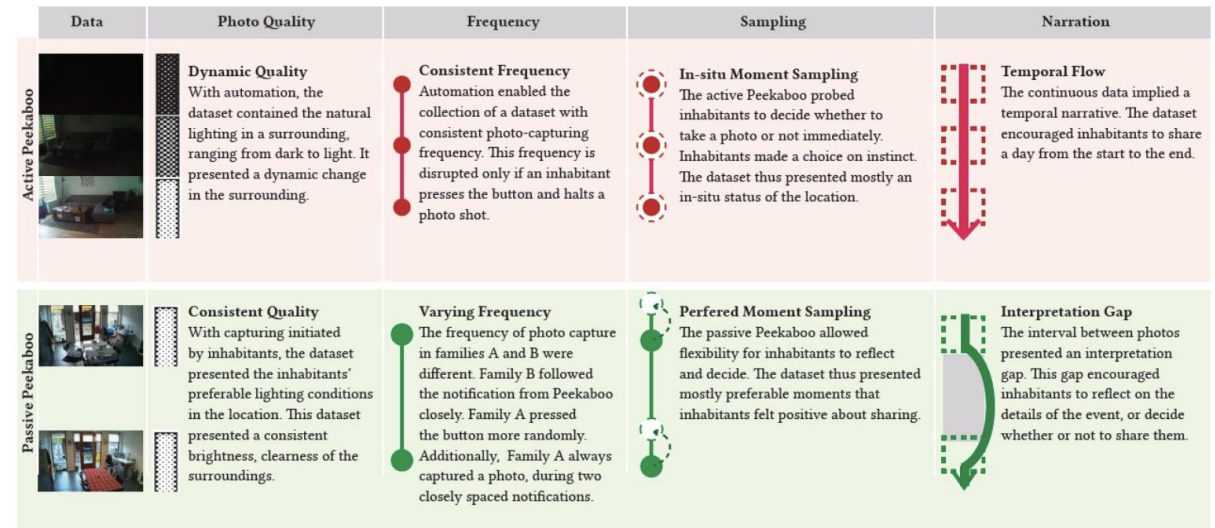


Figure 4.13: The Data impact in Active and Passive Peekaboo

## Chapter 4 — When People Vanish: Investigating Object Ecology Where People Are Invisible

### 4.7 Findings C: Interpreting Non-Actor Scenery Photos

#### 4.7.1 Elicit Curiosity ( 引發好奇 )

- 即使照片中沒有任何人物，只要是 **non-actor scenery**，參與者與研究者在觀看時仍會自然產生「好奇心」。
- 這種好奇來自於：畫面中呈現**變化的痕跡**（如物件位置改變、亮度變化），會讓人想問：
  - 這裡發生了什麼？
  - 為什麼物件會在這裡？
  - 前後兩張照片之間可能發生了什麼事件？

強調的並不是推論事件本身，而是指出：

**非人場景照片本身就具有引發好奇與推測的特性。**

## Chapter 4 — When People Vanish: Investigating Object Ecology Where People Are Invisible

### 4.7 Findings C: Interpreting Non-Actor Scenery Photos

#### 4.7.2 Foreground Object to Discover Hidden Practices ( 前景物件揭露隱藏行為 )

本節指出：

- 照片中的「前景物件」往往成為最容易觀察的焦點。
- 即使沒有拍到人，前景物件如何被放置、移動、堆疊，都能讓參與者意識到一些「日常但未被意識到的習慣」。

例如：

- 鉛筆總是散落在桌面 → 可能反映小孩的使用習慣
- 杯子總是在某角落 → 可能代表固定的家庭行動路線
- 包包總在地板上某區域 → 反映日常行為模式

本節強調：

**前景物件的存在能揭露日常隱藏的生活形式 ( hidden practices ) 。**

## Chapter 4 — When People Vanish: Investigating Object Ecology Where People Are Invisible

### 4.7 Findings C: Interpreting Non-Actor Scenery Photos

#### 4.7.3 Object Arrangements Reflect Contextual Meanings (物件排列反映脈絡意義)

本節說明：

- 照片中物件之間的**相對位置**、**排列方式**、**組合方式**，往往具有明確的情境意義。
- 重複的物件群、固定的擺放位置、位置變化，都能提供脈絡資訊。

例如：

- 餐具集中擺放 → 餐後可能剛結束
- 書本打開放在桌上 → 正在進行閱讀或寫作
- 玩具散落 → 剛遊玩過

因此，本節指出：

**物件並非隨機排列，它們的組織方式本身就是一種脈絡訊息。**

這與 AoT ( Awareness of Things ) 的概念相符：

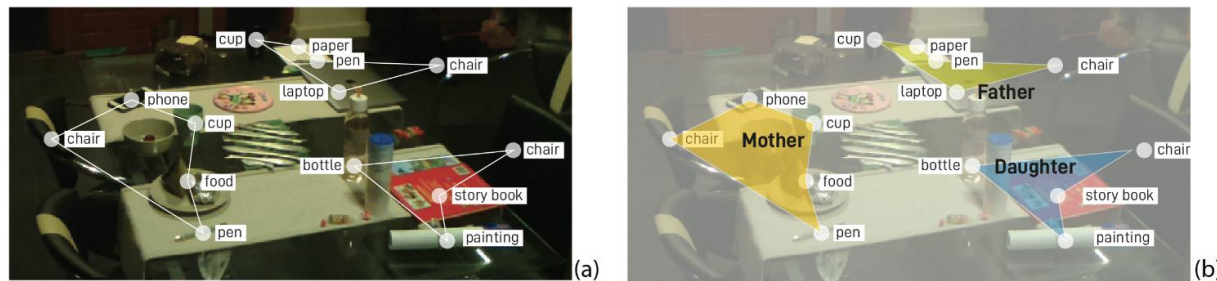
物件之間的關係可形成語意，並可作為推論情境的資料來源。

## Chapter 4 — When People Vanish: Investigating Object Ecology Where People Are Invisible

### 4.7 Findings C: Interpreting Non-Actor Scenery Photos



**Figure 4.19:** Family B shared that a neighbour's boy always dropped his blue jacket on the ground when visiting their house.



**Figure 4.20:** A figure about the table illustrating how different people organised their objects in each corner

## Chapter 4 — When People Vanish: Investigating Object Ecology Where People Are Invisible

### 4.8 Discussion

#### Peekaboo Camera 展現「人-系統共同生成」的資料收集方式

研究指出，Peekaboo Camera 的 Active 與 Passive 模式並不是單純的自動拍照方式，而是：

**資料是由相機與參與者共同形塑的 ( participants-in-the-loop ) 。**

- 在 Active 模式中，系統主動拍照，但使用者可用拒絕鍵介入。
- 在 Passive 模式中，照片是否被拍完全取決於使用者的按鍵行為。

因此，研究提出：

**資料並非客觀中立，而是反映人類意圖、系統設計與情境三者的交互作用。**

這對 IoT / HCI 的設計研究具有重要意義：

資料蒐集模式本身就是設計介面的一部分，會影響人對資料的理解與信任。

## Chapter 5 — Seeing Through Things: Exploring the Design Space for Privacy-Aware Connected System

在前面章節建立的基礎上，提出一個新的概念性設計空間（design space），讓研究者能以更負責任與隱私敏感的方式來設計未來的物聯網系統。

**隱私不是附加要求，而是塑造物件行為與互動邏輯的設計條件。**

為了理解設計者如何在真實情境中處理資料蒐集、可見性與自動化，本章首先歸納出三項「隱私導向的設計挑戰」，並透過 18 個小組的探索進行驗證與擴展。這些設計挑戰組成了本章的核心設計空間，也是後續框架建立的基礎。

This chapter is based on the following publication:

Cheng, Y.-T., Funk, M., Liang, R.-H., & Chen, L.-L. (2022). Seeing through things: Exploring the design space of privacy-aware data-enabled objects. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.* <https://doi.org/10.1145/3577012>

Cheng, Y.-T., Funk, M., & Chen, L.-L. (2019). Connected peekaboo toolkit: Exploring privacy-aware data collection at home. *Data Science Summit*, 1. <https://www.tue.nl/en/research/research-areas/data-science/data-science-summit-2019/>

# Chapter 5 — Seeing Through Things: Exploring the Design Space for Privacy-Aware Connected System



## PROGRAMMABILITY (API)

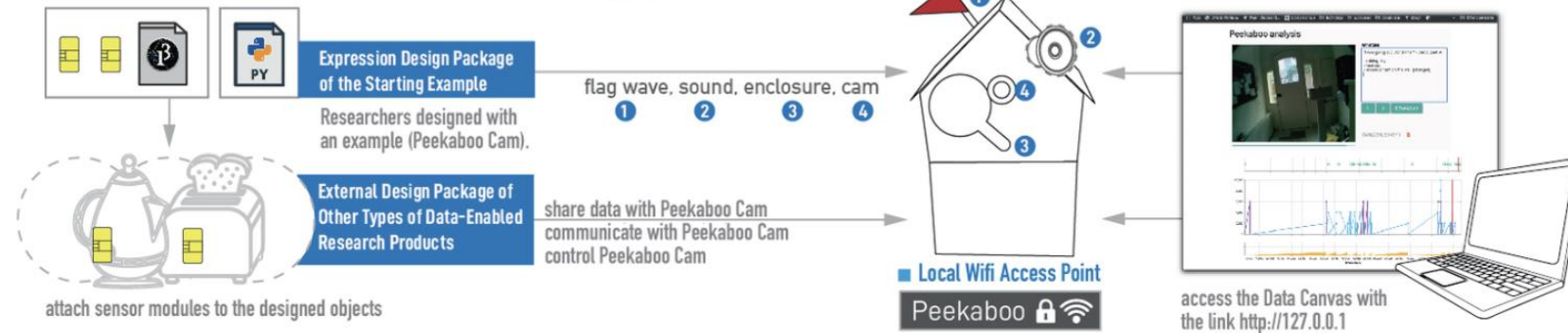
The python scripts are provided to researchers to design the capabilities of the starting example, Peekaboo Cam. The data transfer modules and processing scripts are provided to researchers to self-design additional data-enabled objects that can be connected to Peekaboo Cam.

## BUILT-IN CONNECTIVITY

Peekaboo Cam is turned into a local wifi access point with data storage. Via the Peekaboo wifi, researchers can access the Peekaboo Cam in order to re-design its expression, build connections between the Peekaboo Cam and their additional objects and can access the Data Canvas.

## DATA SHARING INTERFACE

The Data Canvas is built inside the Peekaboo Cam. The canvas allows participants to debrief their data (i.e., delete photos) & researchers to analysis data and photos (e.g., by mapping the data and taking interview notes).



## Chapter 5 — Seeing Through Things: Exploring the Design Space for Privacy-Aware Connected System

作者將隱私相關的互動問題整理為三項設計挑戰，它們共同構成 **privacy-aware connected systems** 的設計空間：

### 1. Engagement — 資料蒐集方式如何被感知？

此挑戰關注物件蒐集資料時，使用者是否能察覺、是否能理解其觸發條件。

研究顯示：

- **主動蒐集 ( automatic / continuous )** 可能較完整，但容易引發被監視感；
  - **被動蒐集 ( user-triggered )** 透明度較高，但情境資料可能不足；
- 設計者必須在可見性、介入度與資料完整性之間取得平衡。

## Chapter 5 — Seeing Through Things: Exploring the Design Space for Privacy-Aware Connected System

### 2. Empowerment — 使用者能否掌控資料流程？

此挑戰強調資料不應是黑箱，而應：

- 可被檢視 ( visibility )
- 可被調整 ( adjustability )
- 可被停止 ( interruptibility )

Empowerment 的核心不是讓使用者擁有全部資訊，而是讓使用者能理解並介入物件的資料行為。

## Chapter 5 — Seeing Through Things: Exploring the Design Space for Privacy-Aware Connected System

### 3. Enactment — 資料如何驅動物件行為？

此挑戰關注物件的自動化程度與資料推論深度，例如：

- 物件是否會根據事件自行採取行動？
- 物件是否應該推論情緒、習慣或狀態？
- 使用者能否介入或調整推論？

研究指出，自動化若缺乏透明性與脈絡，易使使用者喪失信任。

## Chapter 5 — Seeing Through Things: Exploring the Design Space for Privacy-Aware Connected System

PROCESS	A. Design Phase	B. Research Phase					C. Reflection Phase
		① Deployment	② Data Capturing	③ Data Debrief	④ Interview/ Sense Making	⑤ Data Analysis/ Interpretation	
PERIOD	4 weeks	2 weeks			1 week		1 week

18 組設計研究團隊使用 Connected Peekaboo Toolkit 進行八週探索。作者指出，Toolkit 的開放結構使設計者得以在真實家庭部署中測試：

- 資料可見度
- 資料模糊化策略
- 行為回饋方式
- 自動化程度
- 事件與狀態的敘事呈現

設計探索揭示，當物件進入真實環境時：

- 隱私議題會自然浮現，而非被動添加
- 資料的呈現方式比資料本身更影響信任
- 適度模糊的資料反而更易被接受
- 隱私不是阻力，而是生成新互動語言的設計素材

## Chapter 6 — Constellation Design: Envisioning the AoT through Semantic & Episodic Speculation

將前幾章累積的實驗、工具組、18 組設計探索所呈現的現象，從「當下的實作」提升到「對未來的系統性想像」。作者指出，Awareness of Things ( AoT ) 並不是單一物件、一種資料形式或一組隱私介面可以完成的；它牽涉多個物件、資料來源、情境意義與生活脈絡。

因此，本章採用一種設計方法論——**Constellation Design ( 星座式設計 )**：

- 把多個物件視為「星星」
- 把它們之間的資料連結、互動、情境脈絡視為「星座」
- 透過語意推想 ( Semantic Speculation ) 與情節推想 ( Episodic Speculation ) 來描繪未來 AoT 的可能型態

要理解 AoT，我們需要「想像未來的使用情境」，而不只是描述技術功能。

Constellation Design 在本章的角色是：

1. 將資料物件重新放回生活脈絡中，不以技術為中心，而以人與日常為中心。
2. 創造一種語言，幫助設計者討論物件與物件之間如何協作形成覺察。
3. 透過 speculative design ( 推想式設計 ) 探索尚不存在但可能有價值的情境。

## Chapter 6 — Constellation Design: Envisioning the AoT through Semantic & Episodic Speculation

**Semantic Speculation** 聚焦於「物件、資料、意義」之間的結構化推想。  
目的是建立未來 AoT 的概念語言，而不是描述具體產品。

### 1. 定義未來資料的角色（更具語意性）

資料不被視為量測，而被視為：

- 提示訊息（cues）
- 關係訊號（relationships）
- 脈絡化資訊（situated meaning）

換言之，資料的任務是給予生活「可解讀的意義」。

### 2. 建立物件之間的「語意群組」

物件依其生活功能形成群：

- 家庭活動群（餐桌、燈光、音訊）
- 身體狀態群（床、椅子、水杯）
- 學習工作群（桌面、閱讀、紀錄物件）

物件不是單獨存在，而是共同形成語意星座（semantic constellation）。

### 3. Semantic Speculation 的作用

- 提供設計語彙
- 讓物件之間的「意義網絡」被看見
- 協助設計者在技術尚未成熟時，先探索關聯與概念空間

## Chapter 6 — Constellation Design: Envisioning the AoT through Semantic & Episodic Speculation

**Episodic Speculation** 透過「生活片段」想像 AoT 在家庭中如何被體驗。  
語意提供概念；情節提供感受。

### 1. 為什麼需要情節？

因為 AoT 不是功能，而是：

- 日常習慣的浮現
- 家庭互動的暗示
- 情感、節奏、氛圍的呈現

這些都必須用生活故事才能說明。

### 2. 情節推想的内容（更生活化）

推想片段示例：

- 餐桌物件用微光暗示晚餐節奏
- 書桌物件反映孩子今天專注程度
- 客廳與玄關物件一起呈現「家人今天相處多久」

物件群組（constellation）形成生活敘事，而非監控。

### 3. Constellation = 語意 + 情節

- **Semantic** 給結構與語言
- **Episodic** 給情境與故事

結合後形成 **Constellation Design**——

用「星座」的方式理解未來物件如何共同建構覺察。

## Chapter 7 — Awareness of Things Framework: Designing Collective Things

將前六章所有研究（工具組、18 組探索、語意與情節推想）正式整理成一套系統化的「Awareness of Things Framework (AoT Framework)」，並聚焦於：

**如何設計「集體物件」（Collective Things）？**

也就是能夠 **跨物件協作、共享資料語意、共同構成覺察訊息** 的物件群。

- IoT 過去的模型以「單一智能裝置」為中心（如智慧冰箱、智慧燈泡）
- 但 AoT 的本質不是個體智慧，而是 **多物件協作的集體智慧**
- 因此需要一套框架，讓設計者能規劃 **物件之間如何共同形成覺察**

- 1.定義 AoT Framework 的核心元素與互動邏輯
- 2.說明 Collective Things 如何運作
- 3.建立跨物件的資料、語意與覺察流動方式
- 4.提供可以實作、可以分析、也可以教學的設計框架

## Chapter 7 — Awareness of Things Framework: Designing Collective Things

AoT Framework 是為設計 Collective Things 所提出的設計語言。  
它不解釋技術，而解釋 **覺察是如何被設計、被分配、被協作的**。  
本 framework 由多個彼此關聯的設計面向組成。

### 1. Coupling Node

物件具備資料能力的起始點（例如：感測、訊號、環境變化）  
→ 定義物件「能察覺什麼」。

### 2. Coupling Link

物件之間資料與訊息如何被連結與共享。  
→ 定義物件與物件之間的關聯方式。

### 3. Scoping Group

資料或事件被分組、歸類、框定的方式。  
→ 決定哪些資料彼此相關、應被視為一組。

### 4. Scoping Flow

資料從來源到轉換的流程，包含事件如何被萃取或縮放。  
→ 決定資料如何被過濾、簡化、重新組織。

### 5. Interpreting Constellation

多個物件與資料點形成意義結構的方式。  
→ 指物件與事件如何共同被解讀成一個語意星座。

### 6. Interpreting Cognition

覺察如何被人理解、被吸收成為生活意義。  
→ 指資料與語意如何符合使用者的理解方式。

## Chapter 7 — Awareness of Things Framework: Designing Collective Things

未來的物件不會單獨產生覺察，而是以「星座」的方式形成集體訊息。

### 1. 物件之間要共享「語意」而不是共享「資料」

不是把所有資料集中，而是：

- 各物件蒐集不同片段
- 這些片段在語意層面形成關聯
- 最終生成更高層次的覺察

像星座不是合併星星，而是星星之間的形狀。

### 2. 物件要以「協作式覺察」運作，而非各自工作

- 餐桌物件提示家庭集合時間
- 書桌物件提示孩子的學習節奏
- 照明物件提示空間使用強度

三者相互對照後，才形成「今天家庭節奏正常或異常」的覺察。

### 3. Collective Things 必須支援「隱私協商」

集體物件不能是監控網絡，因此需要：

- 部分模糊化
- 事件級資料，而非原始資料
- 使用者可調整透明度
- 家庭內不同角色的權限設定

覺察必須在人類可接受的隱私範圍內運作。

## Chapter 8 — Reflection and Discussion

本章回顧整體研究，並反思 AoT ( Awareness of Things ) 概念在方法、理論與實作上的意義。作者指出，本研究從工具組製作、18 組探索、星座式推想到框架建構，共同展示出一條由實驗到理論的設計研究路徑。

本章旨在強調：

**AoT 並非追求精準感測，而是關於物件如何參與生活、如何構成意義、以及如何與人共同協商覺察。**

重新定位 IoT：

從「單一智能設備」轉變為「多物件協作的覺察生態」。

## Chapter 8 — Reflection and Discussion

### 研究主要貢獻

#### 1. 提出 Constellation Design 作為推想物件生態的設計方法

此方法讓語意結構與生活片段共同描繪未來可能的物件關係，提供理解物件協作與覺察生成的新途徑。

#### 2. 建立 Awareness of Things Framework

此框架將覺察拆解為可操作元素，說明覺察如何在資料、事件、狀態與脈絡之間形成，為 Collective Things 的設計提供可重複運用的語言。

#### 3. 提供可部署的工具組 Connected Peekaboo Toolkit

此工具組讓資料蒐集、隱私協商與情境觀察能在真實家庭中展開，使研究從抽象概念轉向具體經驗。

#### 4. 對 IoT 提出新的觀點

作者指出，IoT 的價值不在自動化與精準，而在於：  
資料如何被解讀、如何在物件之間流動、以及如何被生活脈絡吸收成為覺察。

## Chapter 8 — Reflection and Discussion

### 研究限制、未來方向與本章結語

#### 研究限制

作者承認工具組的感測能力有限，  
18 組探索主要來自學生而非專業團隊，  
且部署時間偏短，無法捕捉長期使用行為。

#### 未來方向

研究未來可延伸至：

- 更多感測模組與更長期部署
- 不同家庭文化、不同生活型態的 AoT 研究
- 從家戶擴展到社區與公共空間的集體覺察

**Awareness of Things** 提供一種重新理解 IoT 的方式——  
不是以資料控制生活，而是讓物件以集體、脈絡化、可協商的方式參與生活世界。

## Chapter 9 — Conclusion

本研究的結論強調三點：

- 第一，資料並非 IoT 的中心，意義才是。** IoT 不必依賴高解析度感測，而能透過脈絡化與抽象化的資料提供生活所需的覺察。
- 第二，未來的物件將以集體方式運作。** AoT 重新定義物件間的關係，使其能協作形成新的語意層次，而非孤立地提供功能。
- 第三，隱私不是限制，而是促成更人性化設計的條件。** 在 AoT 的概念中，資料的模糊度、可調整性與可協商性是物件能融入生活的關鍵。

最終，作者指出 AoT 不僅是一套框架，而是重新想像 IoT 的途徑：物件成為參與者、資料成為敘事、覺察成為共享理解。這項研究期望為未來物件設計、家居科技與互動研究提供新的視角，並為探索人與物件之間更具意義的關係開啟可能性。

## 我覺得...

整篇論文的開局極具張力，研究結構完整、論述脈絡清晰，文獻梳理也相當全面，使讀者對 AoT 的概念產生高度期待。原以為在設計實踐的最終階段，能看到一個具象而驚豔的 AoT 代表作品，以真正體現「awareness」作為物件行為與生活意義的核心。然而，最終呈現的是一套技術與設計皆相當成熟的開發工具，而非一件具有強烈示範性的 AoT 成品，略顯可惜。儘管如此，該研究仍展現了深厚的學術視野、紮實的方法論運用，以及對未來 IoT 設計的關鍵貢獻，仍然是一篇出色、具啟發性的博士論文。