

# A survey and comparison of cloud, fog, edge computing



113423027  
郭鎧菘



113423045  
張凱翔



113423023  
鄒秉叡



113423068  
鄭博修



113423030  
張劭緯



113423075  
張博鈞



# Table of Content

01  
Cloud Computing  
Introduction

02  
Fog Computing  
Introduction &  
Characteristics

03  
Edge Computing  
Introduction &  
Characteristics

04  
Cloud, Fog, and  
Edge Computing

05  
Cloud Computing  
Introduction

06  
Case Study - Smart  
Agriculture

07  
What can we use  
in future?

08  
Conclusion  
&  
Reflection

1

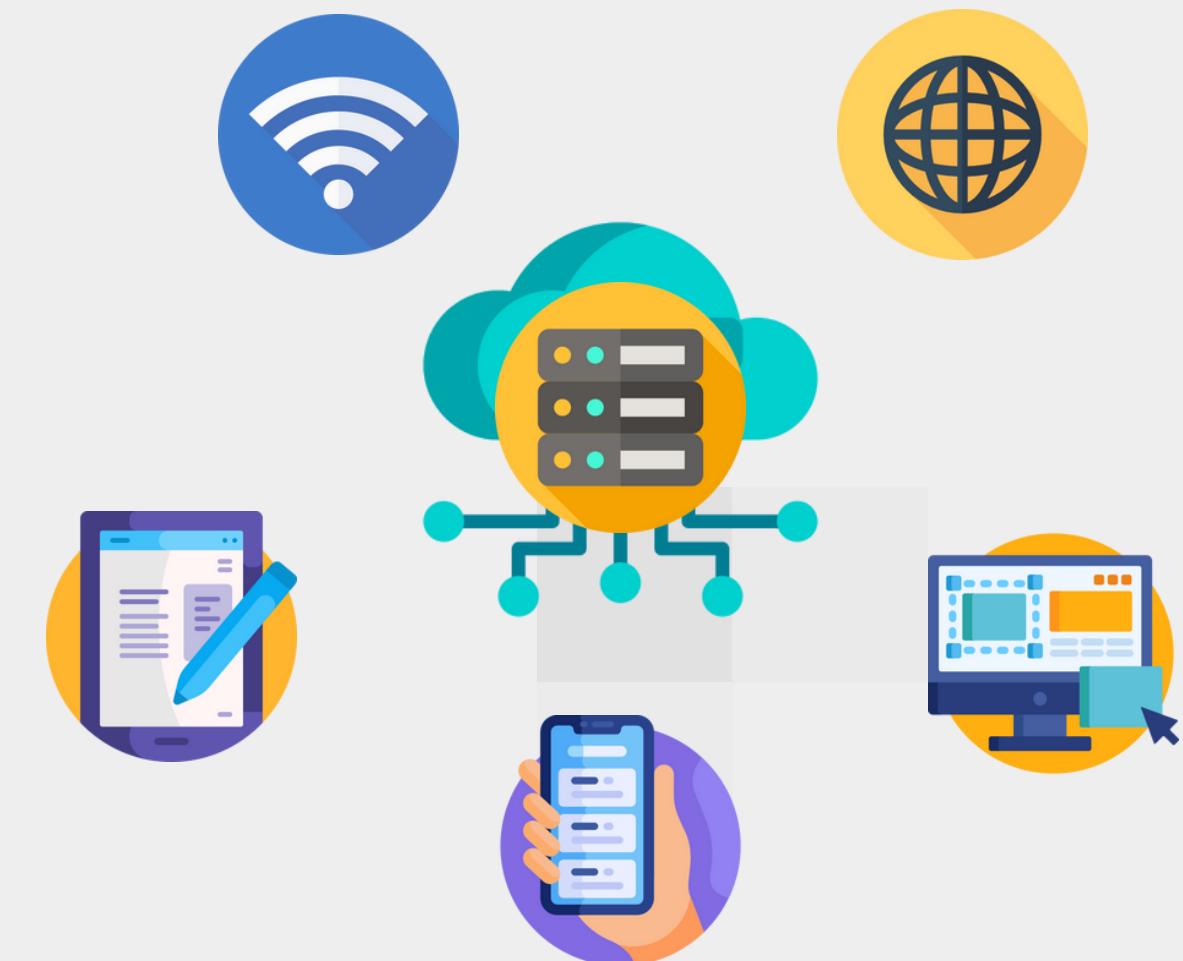
# Cloud Computing Introduction

# What is Cloud Computing ?

- 透過網際網路提供計算資源和服務的技術模式
- 按需存取計算資源，無需擁有和管理實體基礎設施

EX: 伺服器、儲存空間、數據庫、應用程式、服務等

→ 把計算資源集中在遠端的資料中心，  
從任何地方皆可存取資源



# Cloud Computing's Characteristics

## ■ 隨需應變的服務

可以根據需求自行配置和  
管理資源，不需要透過服務提供商介入

## ■ 資源共享

可以共享雲端的資源，  
進行有效的分配和隔離

## ■ 按需求計費

僅需要為實際使用的資源付費，  
不需預先購買硬體或軟體，且費用根據使用量而定

## ■ 網路存取方式多樣

可以透過網際網路，  
從任何連網設備進行存取

## ■ 快速彈性

提供速度快，  
可以迅速擴展或縮減，適應使用者的需求變化

降低企業進行運算和數據處理的成本，  
提供更大的靈活性和效率



# Types of Cloud Computing Models

## 公有雲 Public Cloud

由第三方提供商擁有和運營，  
並且向多個使用者提供其服務

e.g. Google cloud

## 私有雲 Private Cloud

由單一組織擁有和管理的  
雲端基礎設施，通常用於保護  
敏感數據或滿足特定的需求

## 社群雲 Community Cloud

由一群擁有共同任務、特定需求、  
或關注相同議題的組織  
共同成立以服務該社群

## 混合雲 Hybrid Cloud

結合公共雲和私有雲，  
根據需求在兩者之間進行協同工作

# Cloud Services

## IaaS 基礎設施即服務

### **Infrastructure as a Service**

提供運算、儲存、網路等  
硬體運算資源基礎設施

e.g. Amazon Web Services (AWS)

## PaaS 平台即服務

### **Platform as a Service**

提供開發、測試和部署應用程式的平台，  
讓開發者不需關注硬體，專注於應用程式的  
開發和管理

e.g. Microsoft Azure

## SaaS 軟體即服務

### **Software as a Service**

提供完整的軟體應用，  
使用者透過網路直接使用，無需安裝或維護

e.g. Gmail, Microsoft Office 365,  
Spotify

# Cloud Computing's Limitation

## 安全性和隱私問題

雲端運算涉及將敏感資料存儲在第三方的伺服器上，可能引發安全性和隱私的擔憂。



## 網路依賴性和性能問題

雲端運算依賴穩定的網路連接，網速和延遲會影響應用程式的性能。



## 成本和資源管理困難

雖然雲端運算按需付費模式提供靈活性，但預測和控制成本可能具有挑戰性。



## 供應商依賴與鎖定效應

轉移到其他提供商可能會遇到技術不兼容和高昂的遷移成本。



## 服務中斷和可用性風險

服務停機、技術故障或網路攻擊仍有可能導致企業服務中斷，對業務運行造成影響。



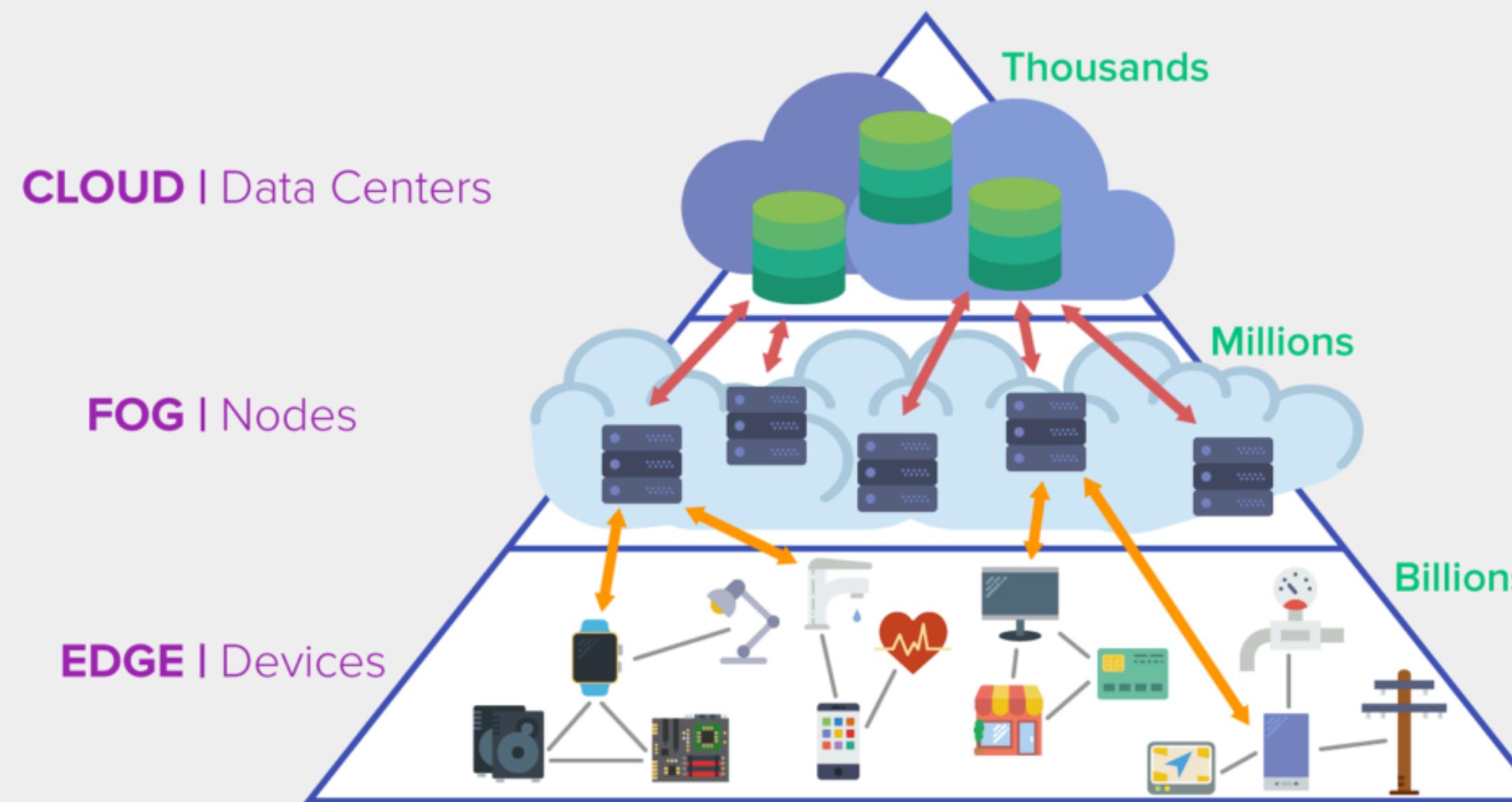
2

# Fog Computing Introduction & Characteristics

# What is Fog Computing?

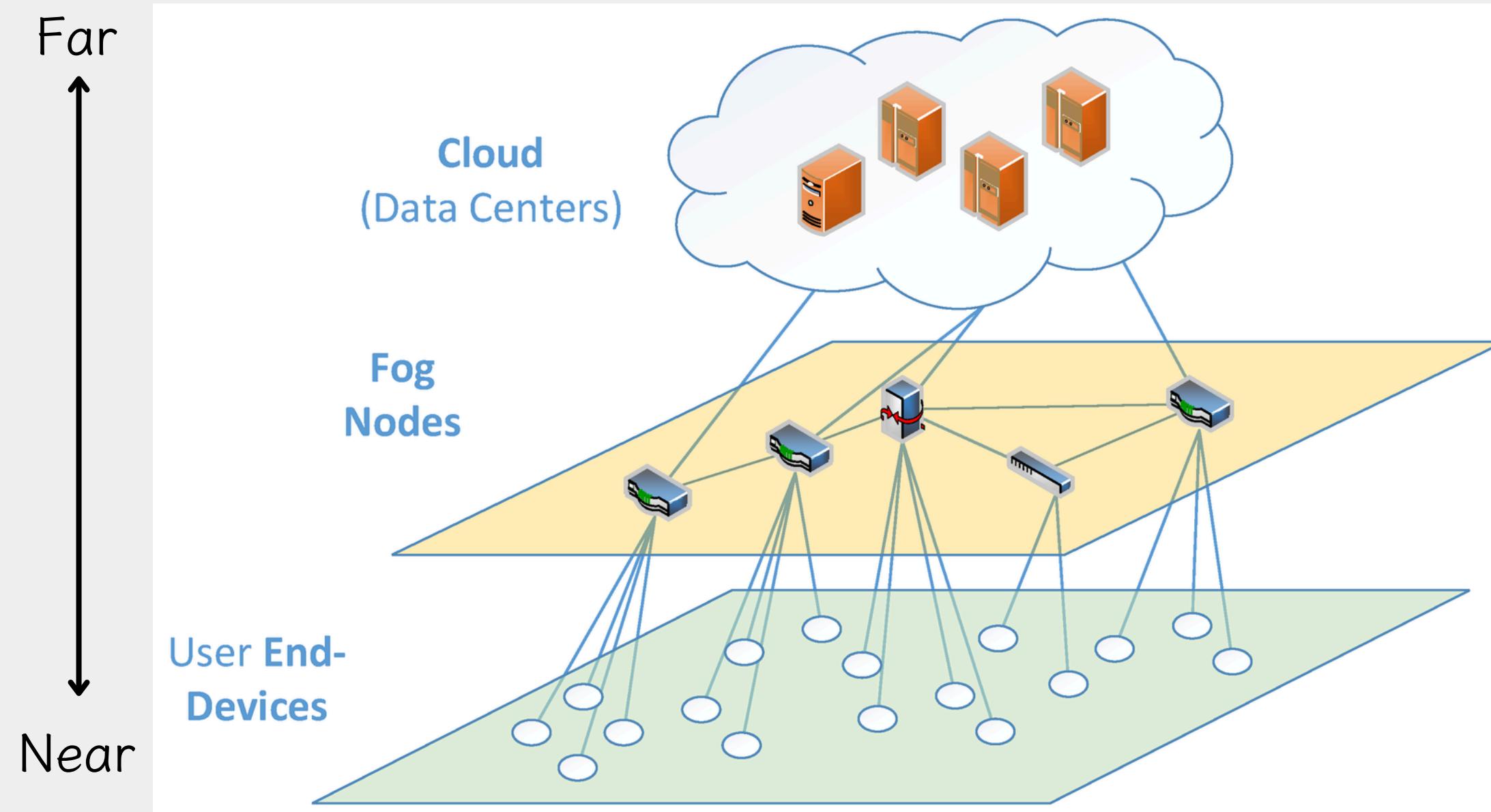
1. 從網路核心到網路邊緣的延伸。
2. 在終端設備和傳統雲端伺服器之間提供運算、儲存和網路服務。
3. 目標是提高效率，並化解傳送到雲端運算、儲存時可能產生的網路塞車現象。
4. 相對於雲端運算離產生資料的地方更近，將資料、資料相關的處理和應用程式全集中在網路邊緣的設備中，而不是幾乎全部保存在雲端。

霧是更貼近地面的雲。



# Characteristics

1. 低延遲：將計算資源分布在更接近使用者，可降低資料從雲端傳回本地的延遲。
2. 分散式架構：可避免單一節點故障影響到所有的使用者。
3. 靠近本地資料處理：可減少將資料上傳到雲端的網路流量。
4. 增強安全性：避免將所有資料上傳到雲端，增加安全性。
5. 節能效益：可以節省上傳下載的網路流量及雲端的計算資源。



# Types of Fog Nodes

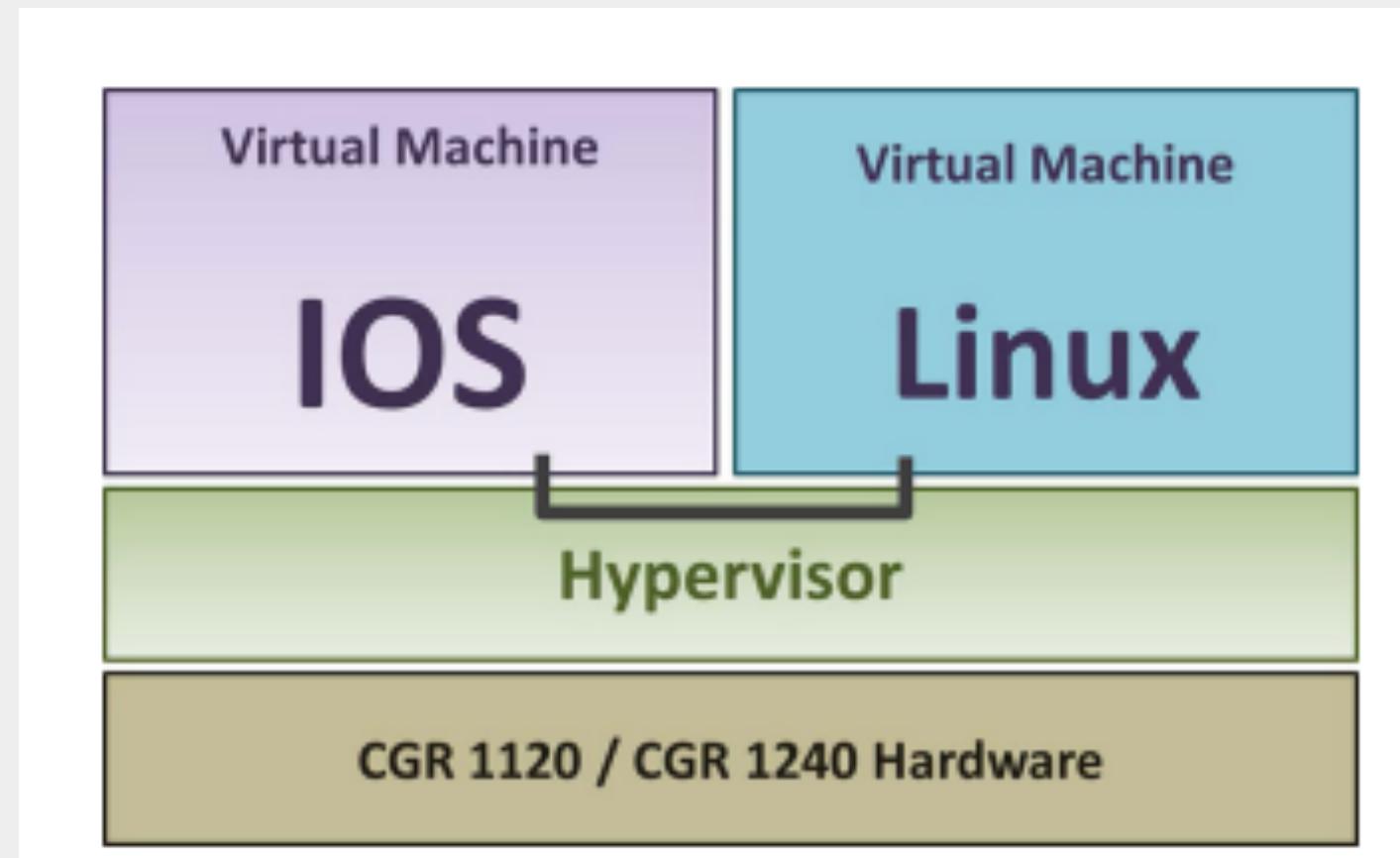
**Resource-Poor Devices**

**Routers、Switches、Wifi Access Points**



**Resource-rich Devices**

**Cloudlet、IOx**



**CISCO IOx Architecture**

# Quality of Service

## Connectivity

霧運算中的設備、霧節點與雲端之間的持續且穩定的網路連接能力。



## Reliability

面對故障或異常情況時的恢復能力。可通過故障後恢復、重新安排失敗任務等來提高可靠性。



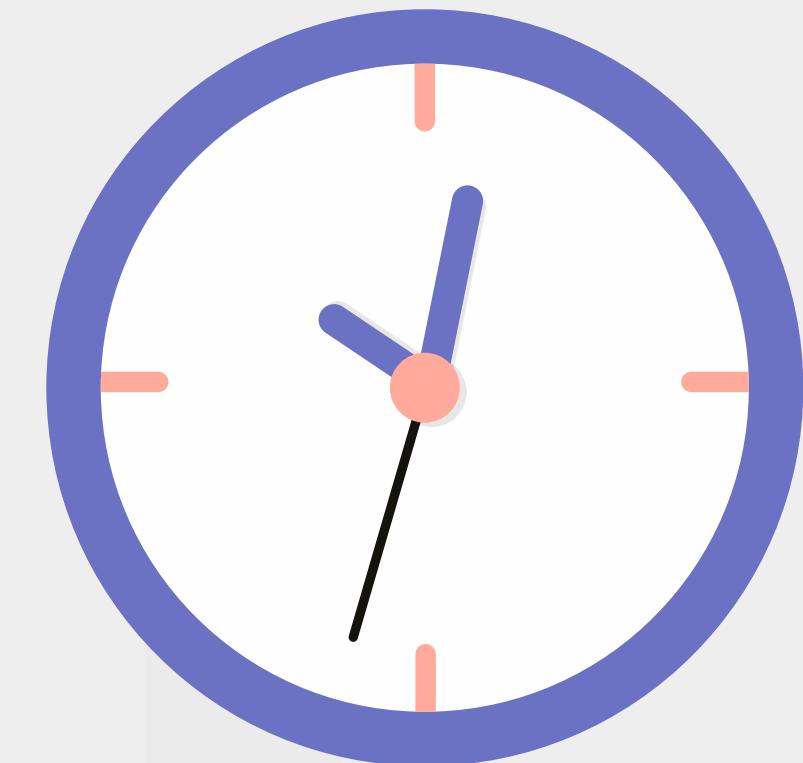
## Capacity

霧運算中單一霧節點能處理和儲存的數據量及其所能支援的工作量。



## Delay

對於需即時反應的任務，將任務分佈給近終端設備的邊緣節點，減少延遲時間。



3

# **Edge Computing Introduction & Characteristics**

# What is Edge Computing ?

- Shi等人的定義： "邊緣計算是一種在網絡邊緣執行的新型計算模式。邊緣計算的the downlink data代表雲服務， the uplink data代表物聯網， 而邊緣計算的邊緣是指數據源與雲計算中心路徑之間的任意計算和網絡資源。"

- Satyanarayanan教授（卡內基梅隆大學）的定義： "邊緣計算是一種新的計算模型，它將計算和存儲資源（如小型雲、微型數據中心或霧節點等）部署在更接近移動設備或傳感器的網絡邊緣。"

- Zha等人的定義： "邊緣計算是一種新的計算模型，它統一了在地理距離或網絡距離上靠近用戶的資源，為應用提供計算、存儲和網絡服務。"

- 中國邊緣計算產業聯盟的定義： "邊緣計算是在靠近網絡邊緣或數據源的地方，一個整合了網絡、計算、存儲、應用等核心能力的開放平台，在附近提供邊緣智能服務，以滿足行業在連接、實時業務、數據優化、應用智能、安全和隱私方面的關鍵需求。"

# What is Edge Computing?

**總之，邊緣運算的精神就是：**

**在網路邊緣和數據生成處提供服務和執行計算，將雲的網絡、計算、存儲能力和資源遷移到網路邊緣，並在邊緣提供智能服務，以滿足IT行業在敏捷連接、實時業務、數據優化、應用智能、安全和隱私方面的關鍵需求，並滿足網絡低延遲和高頻寬的要求。**



# The advantages of edge computing.



1. 快速和實時處理：更接近數據源，減少延遲並提高響應速度。

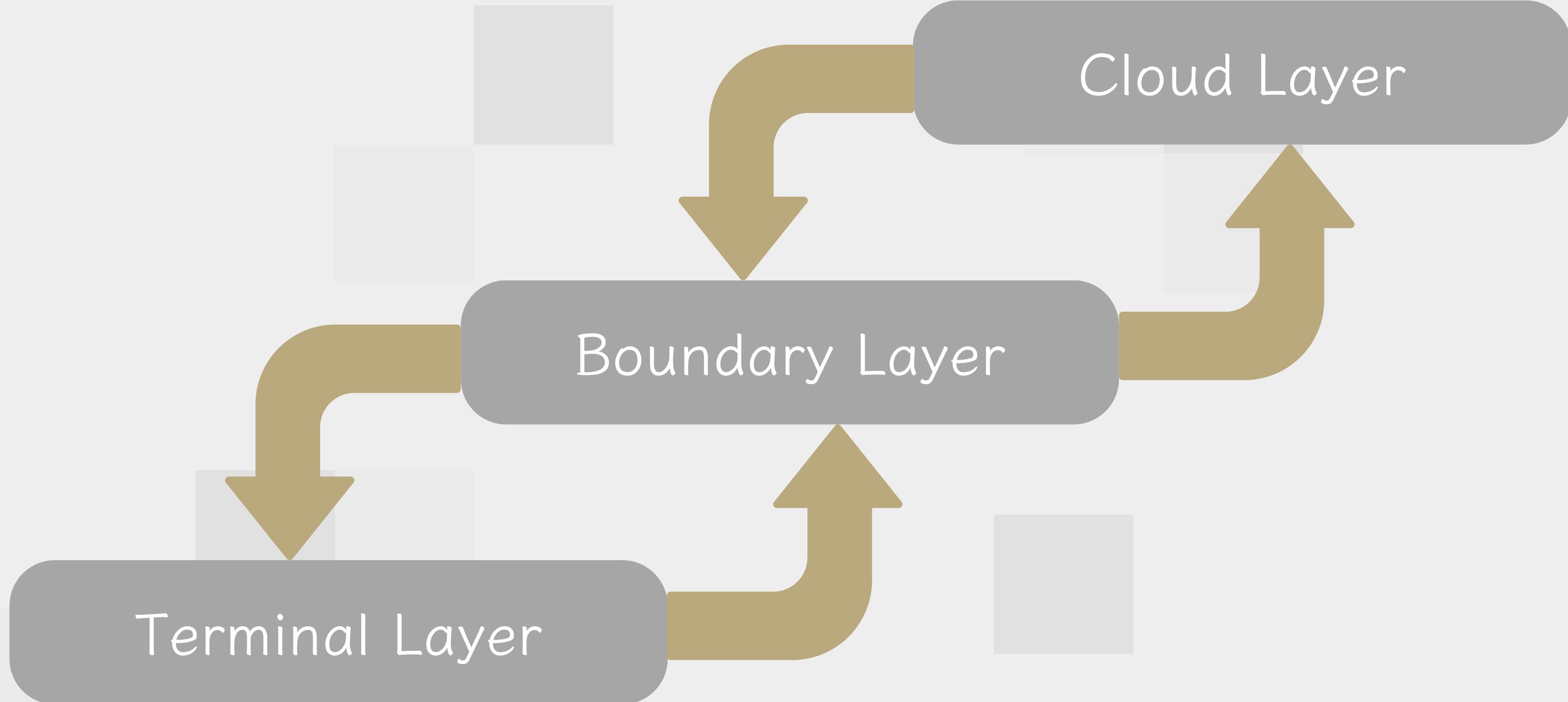


2. 增強安全性：本地數據處理最小化了與雲端上傳和集中存儲相關的風險。

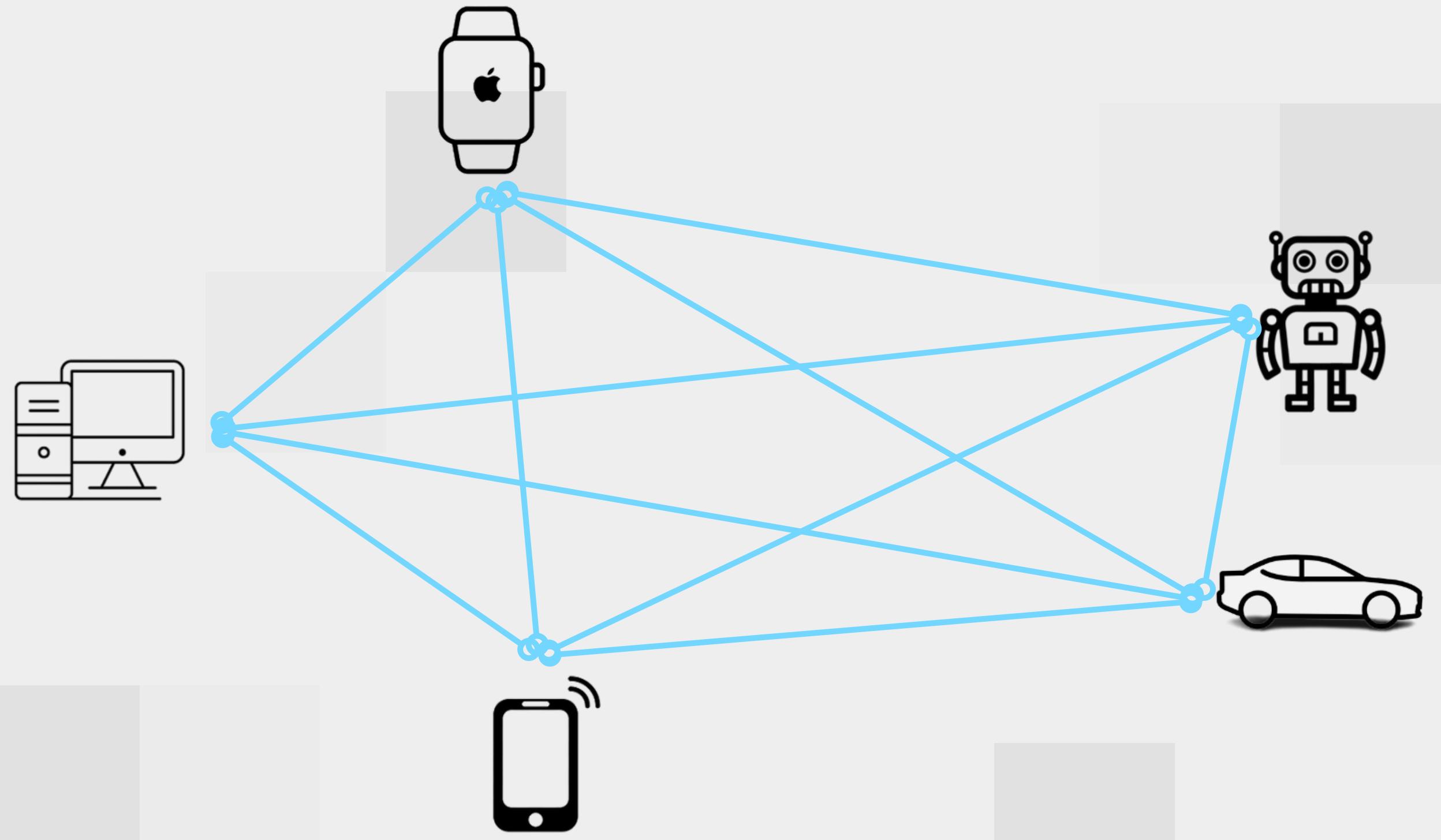


3. 成本和能源效率：減少頻寬使用、能源消耗和整體運營成本。

# General Architecture of Edge Computing



# General Architecture of Edge Computing



Terminal Layer由所有連到邊緣網路的設備所組成，這層的設備不僅是資料的消費者，也是資料的提供者，因此這裡僅考慮感知能力而非計算能力

Terminal Layer

# General Architecture of Edge Computing

**Boundary Layer**是這個架構的核心，主要將收到的數據進行處理、運算、分析等工作，由於邊緣層靠近用戶，數據傳輸到邊緣層更適合進行實時數據分析和智能處理，這比雲端計算更有效率且更安全。



Boundary Layer



# General Architecture of Edge Computing

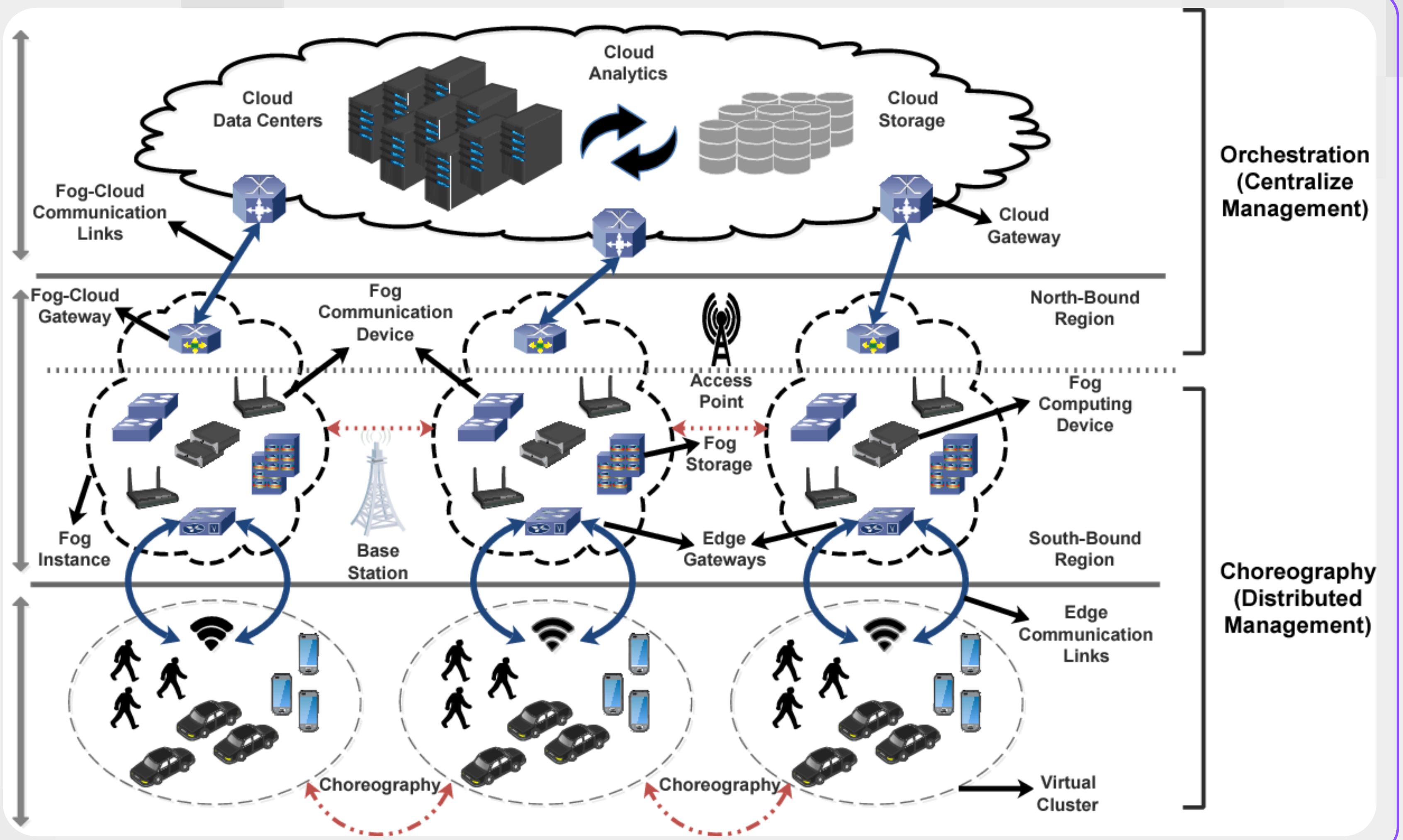
雲計算中心可以永久存儲來自邊緣層的報告數據，並能完成邊緣層無法處理的分析任務及整合全球信息的處理任務。

Cloud Layer



4

# Cloud, Fog, and Edge Computing



## COMPARISON

# CLOUD, FOG AND EDGE COMPUTING

| Criteria        | Interoperability                                  | Geographical distribution          |
|-----------------|---|------------------------------------|
| Cloud Computing | 使用多個雲端服務供應商的服務，以便能夠在它們之間轉移工作負載，同時具備在供應商之間進行調節的能力。 | 雲端本質上是一種分散式儲存，但它不支援設備的地緣分布         |
| Fog Computing   | 系統組件可以分布在不同的服務供應商和位置，並且可以由不同的供應商製造                | 去中心化和分散式部署，以便能夠容納移動和固定的物聯網/終端用戶設備  |
| Edge Computing  | 供應商和邊緣運算的異質性需要高度的互操作性和靈活性                         | 基於感測器網路的物聯網應用部署的關鍵特徵，這些應用能從邊緣運算中受益 |

## COMPARISON

# CLOUD, FOG AND EDGE COMPUTING

| Criteria        | Context awareness | Performance                    | QoS Management            |
|-----------------|-------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Cloud Computing | 低                 | 處理過程中的擁塞或伺服器故障會影響雲端服務，這可能會增加延遲 | 非即時處理                     |
| Fog Computing   | 中                 | 快速回應、低延遲和低頻寬需求                 | 即時處理和通訊                   |
| Edge Computing  | 高                 | 最短的回應時間、最高效的處理和最小的網路壓力         | 即時性，並為終端用戶提供更好的服務品質和更低的延遲 |

## COMPARISON

# CLOUD, FOG AND EDGE COMPUTING

| Criteria        | Organization                  | Business interests | Openness           | Node devices                               | Node location    |
|-----------------|-------------------------------|--------------------|--------------------|--|------------------|
| Cloud Computing | Vodafone, Intel               | Mobile computing   | 支援 Cloudlets 的開放堆疊 | Data Center in a box                       | 本地/室外安裝          |
| Fog Computing   | Cisco, Dell, Intel, Microsoft | Internet of Things | 可互通的霧計算            | Routers, Switches, Access Points, Gateways | 終端設備和雲端之間的交互     |
| Edge Computing  | Distributed Computing         | Telecommunications | 第三方服務              | Servers running in base stations           | 無線網路控制器/Macro基地台 |

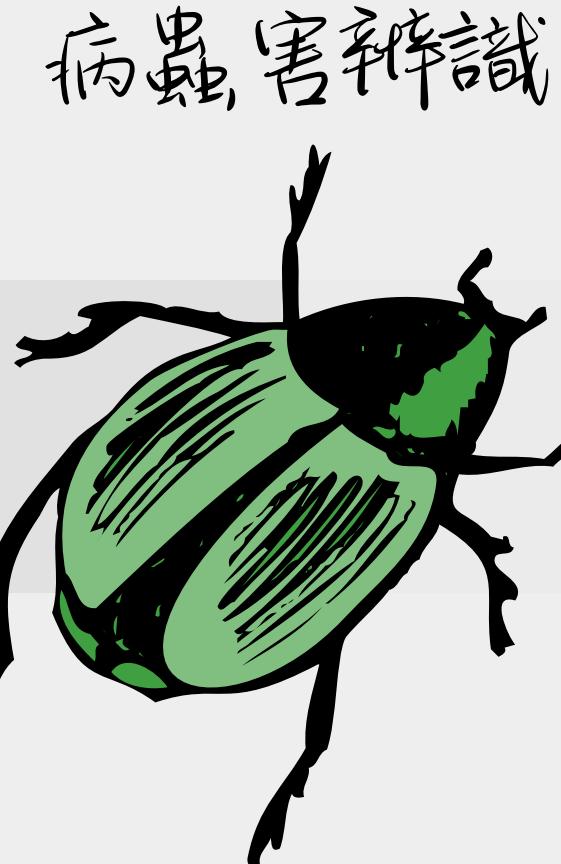
5

# Case Study - Smart Agriculture

# Edge Computing

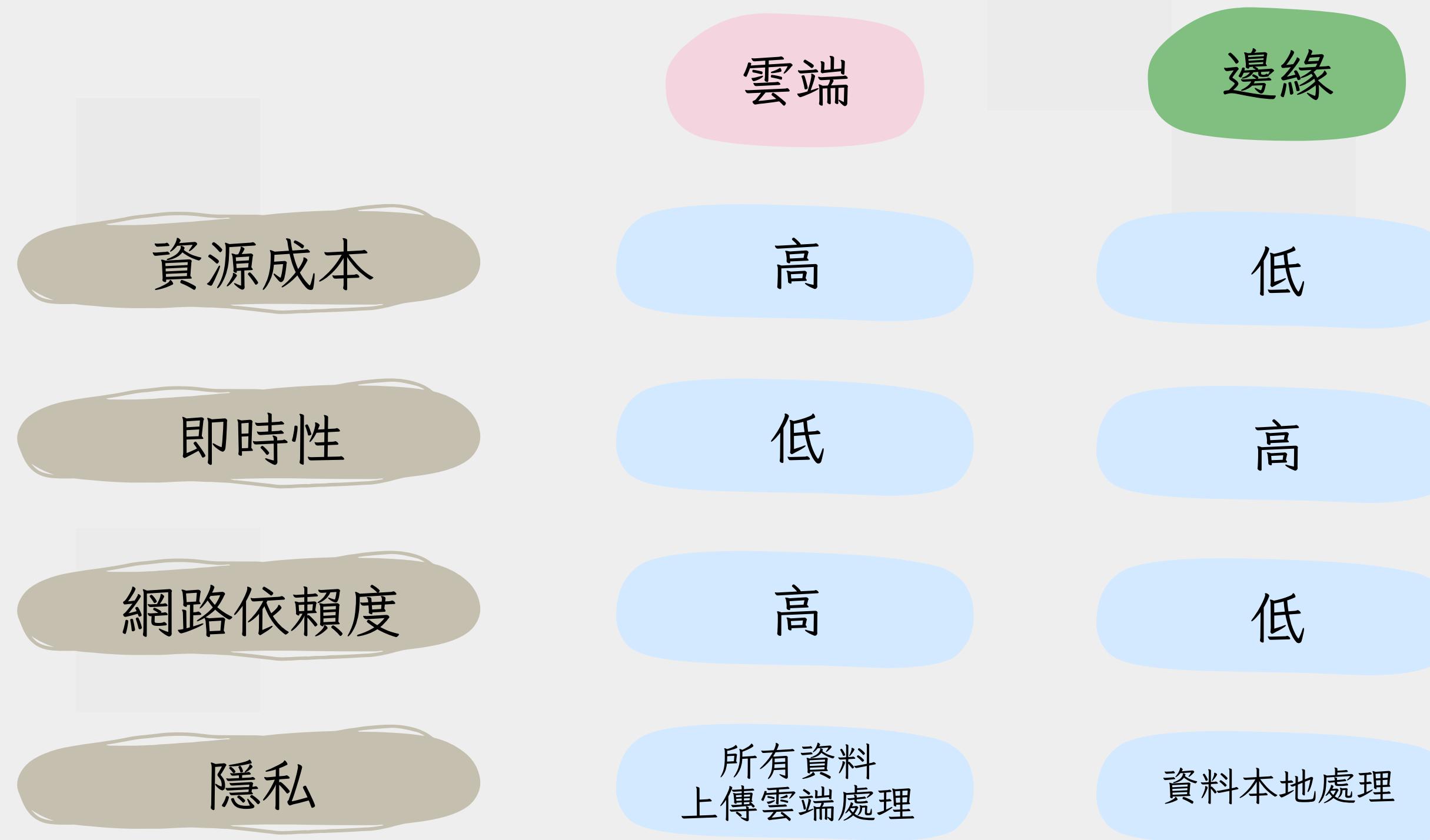
## 基於邊緣運算的農業人工智慧研究

- 深度學習取得突破，人工智能進入新時代
- AI運算越來越複雜，數據需求越來越大，促使邊緣智能（EI）誕生
- 將計算任務從網路核心推向網路邊緣，減少數據傳輸的延遲並提高效能



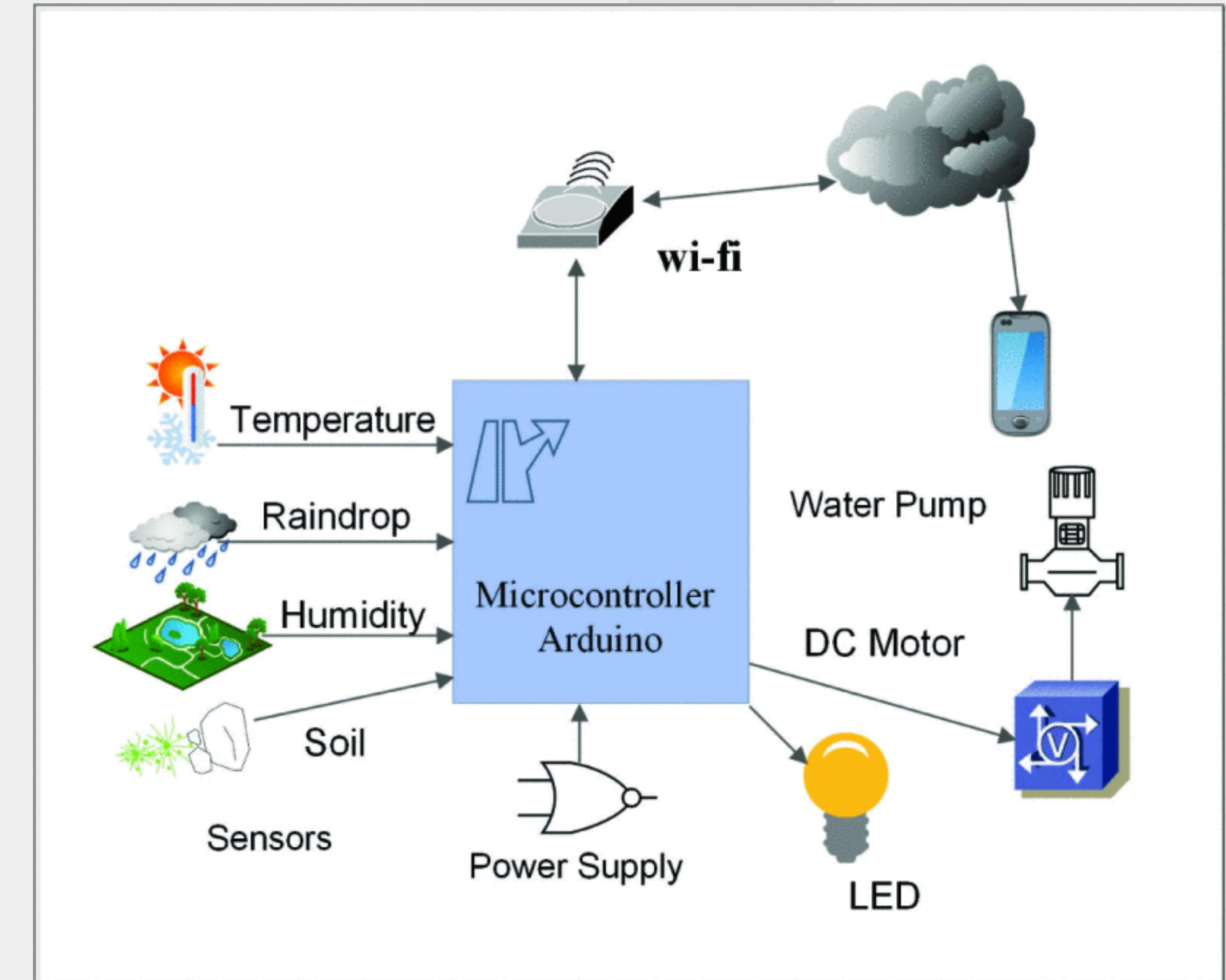
# 雲端運算 v.s 邊緣運算

病蟲害辨識、農作物視訊分析、無人農業機械

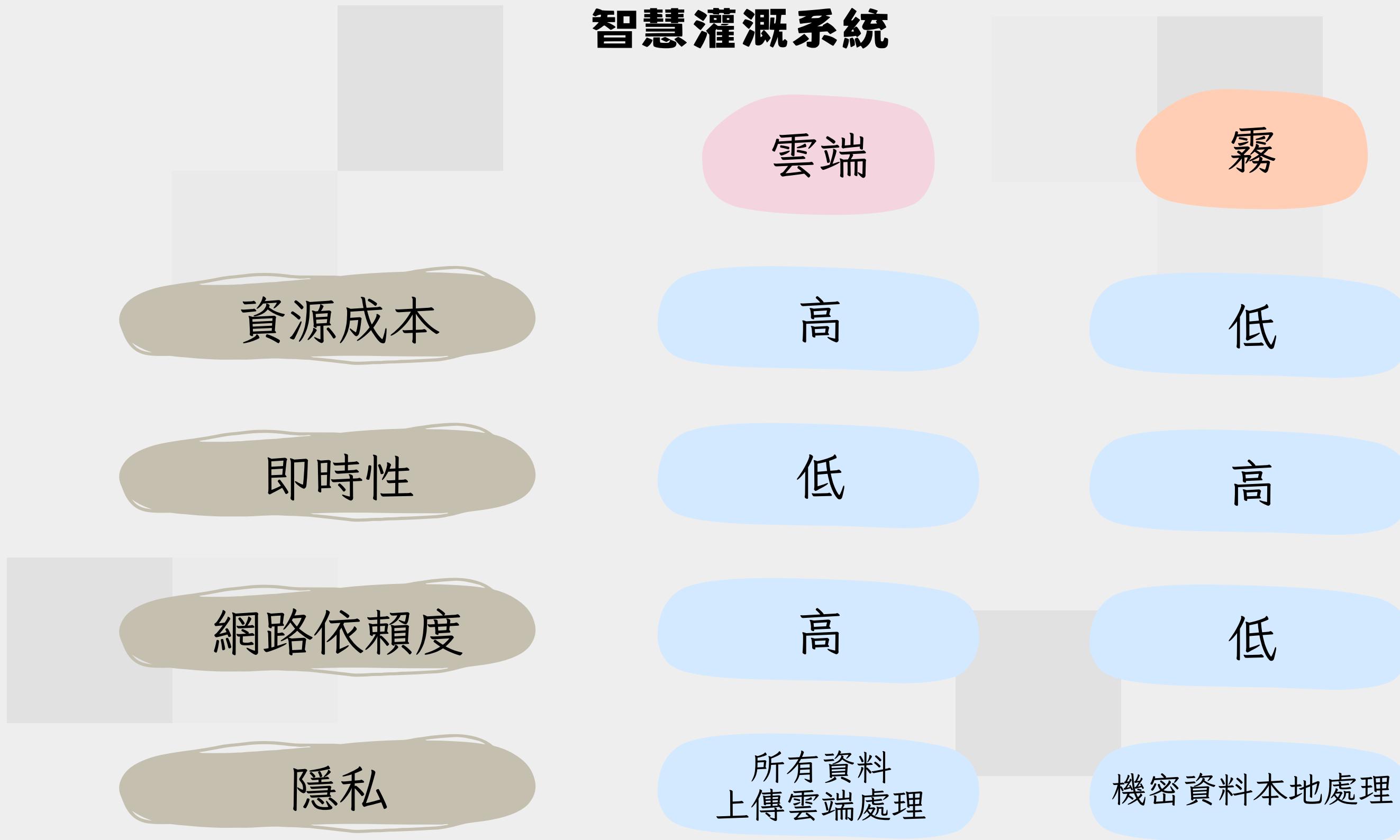


# Fog Computing

智慧灌溉系統



# 雲端運算 v.s 霧運算



# Cloud Computing

線上農業專家諮詢

**ZORTRAX AGRICULTURE CORPORATION**

## ONLINE AGRICULTURE CONSULTANCY

In advanced and internet interconnected world online consultancy have been made easy.

Zortrax Agriculture Corporation offers online Agribusiness Consultancy session's to your satisfaction

Don't get stuck, ask the agriculture experts.  
Book an online session today.

For more info visit [info@zortraxagriculture.com](mailto:info@zortraxagriculture.com) [www.zortraxagriculture.com](http://www.zortraxagriculture.com)

天氣預測



# Cloud Computing

## 雲端計算技術在農業中應用的優勢



- 隨時隨地取得數據
- 便捷的交流與互動
- 基礎設施維護需求減少

## 雲端計算技術在農業中應用的挑戰

- 安全性和隱私問題
- 高速網路的需求
- 農民資訊能力普遍不足



6

# What can we use in future?

# Edge computing



# Edge computing

Tesla spent \$1bn on AI infrastructure in Q1, Elon Musk posits using cars as distributed compute

Company says it has 35,000 Nvidia H100 GPU equivalents in operation

# Edge computing

**Without Edge computing**



**With Edge computing**

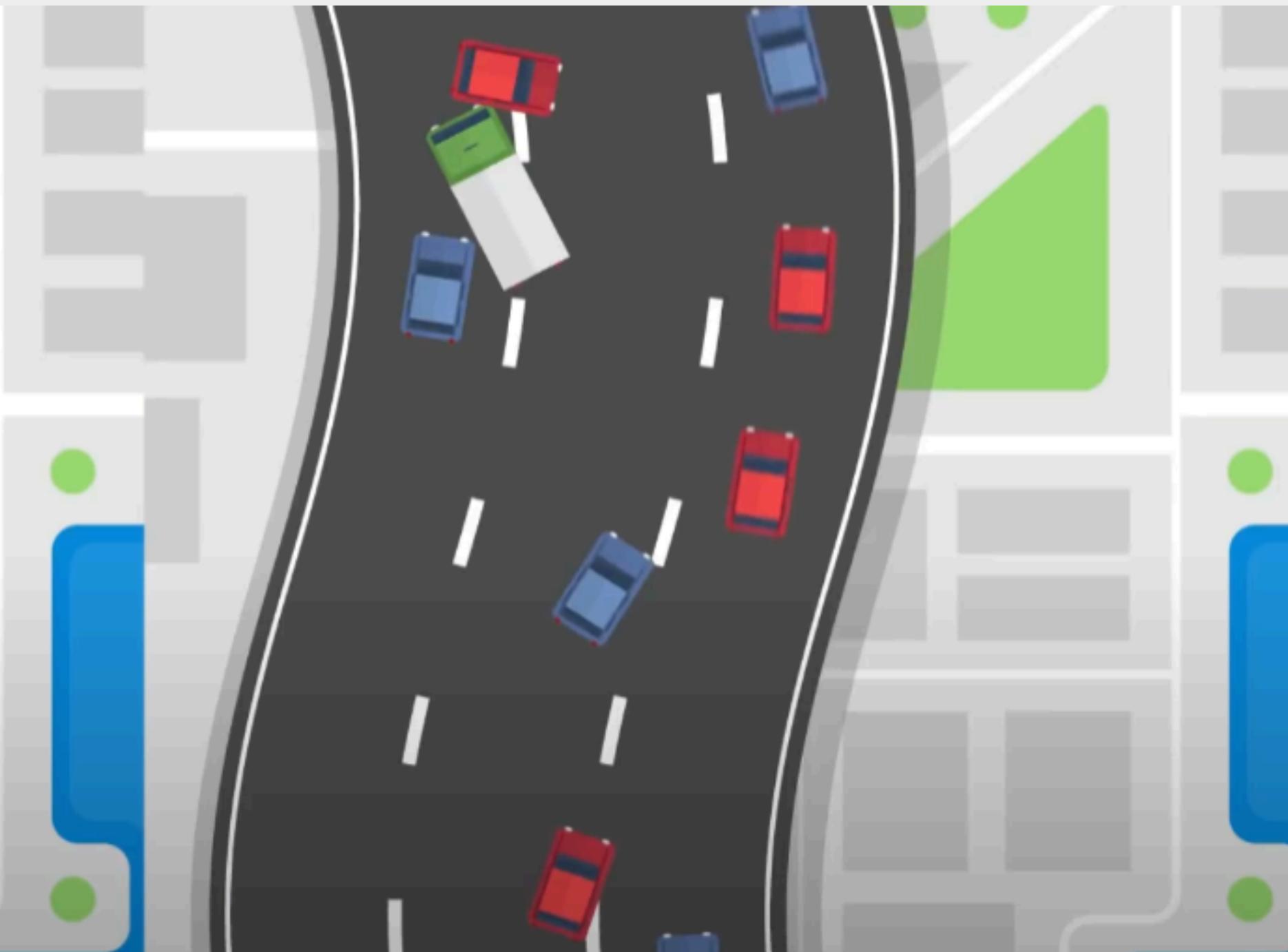


# Edge computing

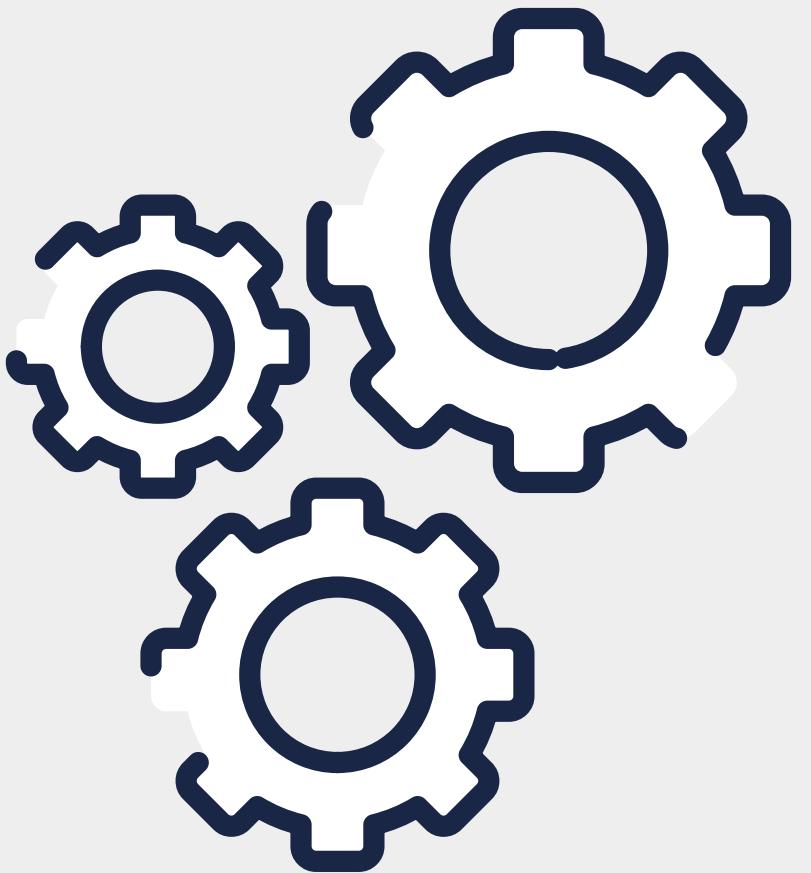
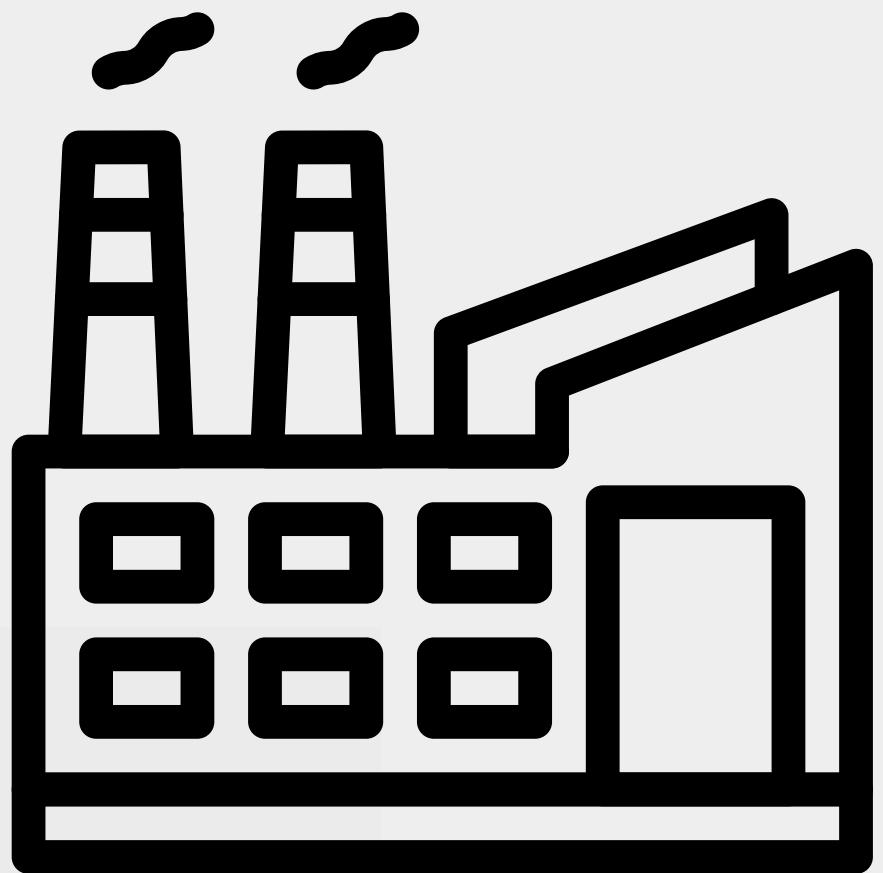
**Without Edge computing**



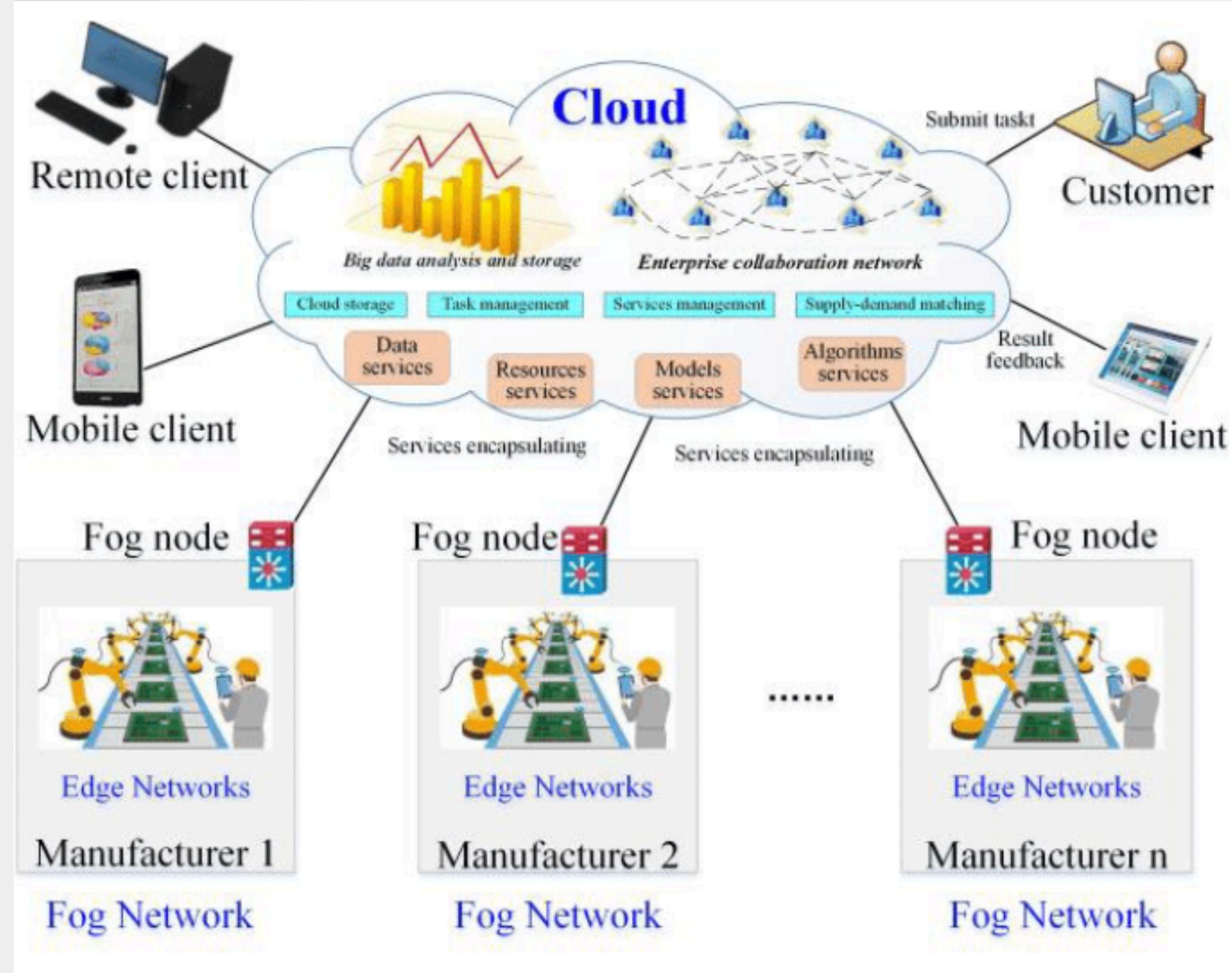
**With Edge computing**



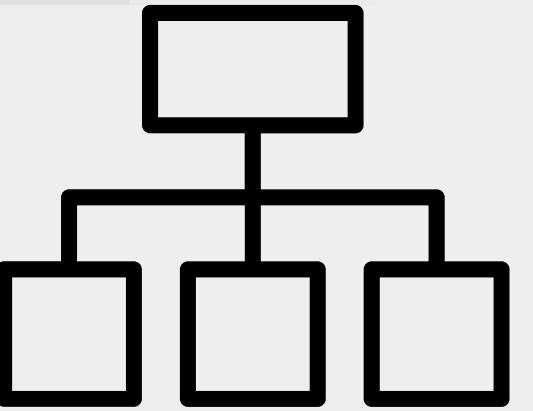
# Fog computing



# Fog computing



# Fog computing



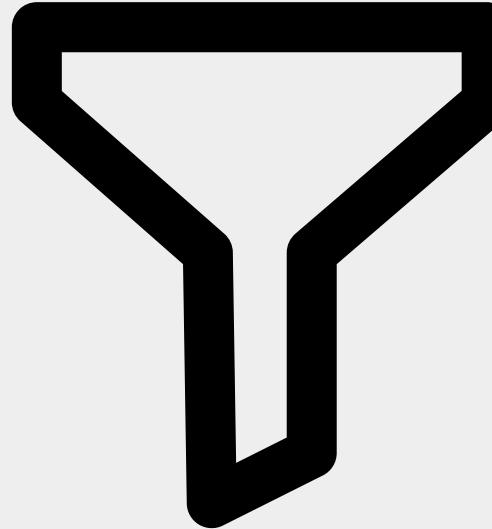
數據分發架構(去中心化)



IOT的整合



同儕數據分享



數據過濾以及傳輸

7

# Conclusion & Reflection

# Conclusion

## 1. 運算模式

說明三種主要的運算模式 - 雲端運算（集中式遠端處理）、霧運算（終端和雲端之間的中介處理），以及邊緣運算（在網路邊緣進行的本地處理）

## 2. 比較

比較三種運算模式，包括效能、延遲時間、資源成本、網路依賴度和隱私安全性。邊緣運算具有最低延遲和最高隱私性，而雲端運算則提供最強大的處理能力

## 3. 架構

雲端集中在遠端數據中心，霧運算在網路中間層提供服務，而邊緣運算則分為終端層、邊界層和雲層三個層次

## 4. 實際應用

以智慧農業為例，說明不同運算模式如何應用於實際場景，包括病蟲害辨識、農作物分析、智慧灌溉系統等，並分析各種模式在不同應用場景中的優劣

## 5. 趨勢

未來發展趨向於去中心化、IoT整合、同儕數據分享，以及更智能的數據過濾和傳輸機制。三種運算模式將相輔相成，共同推動技術進步

# Reflection

這次的報告跟課文相關是Chapter 1 26-36頁，在完成這次的報告過程中，學到了很多關於霧運算、雲運算以及邊緣運算的內容，尤其是**邊緣運算**，了解運作架構，在未來可以用來**運算、傳遞資訊**等功能，甚至每一個**行動裝置**都可以提供**算力**，成為邊緣運算互聯網的一部分，而霧運算跟雲運算相比，像是**回覆速度、隱私**等都比雲運算更加強大，當然部分較複雜的運算還是得依靠雲端強大的資源才有辦法完成，霧運算與雲運算是**相輔相成**，利用霧運算**多運算節點優勢**結合雲端資源，為生活、科技等不同地方帶來便利，而邊緣運算提供了更多的算力使每個行動裝置都可以成為網路的一分子，都會使未來更加豐富。

| TASK      | 10/1 | 10/3 | 10/6 | 10/10 | 10/14 | 10/15 |
|-----------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 確立方向/分派任務 |      |      |      |       |       |       |
| 收集資料      |      |      |      |       |       |       |
| 製作初版PPT   |      |      |      |       |       |       |
| 預演        |      |      |      |       |       |       |
| 優化並改進     |      |      |      |       |       |       |
| 報告        |      |      |      |       |       |       |

| 姓名  | 工作內容    |
|-----|---------|
| 張劭緯 | 章節一     |
| 鄒秉叡 | 章節二     |
| 張博鈞 | 章節三     |
| 張凱翔 | 章節四     |
| 郭鎧菘 | 章節五     |
| 鄭博修 | 章節六七+排版 |

# REFERENCE

1. P. PunithaIlayarani and M. Maria Dominic, "Anatomization of Fog Computing and Edge Computing," 2019 IEEE International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT), Coimbatore, India, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICECCT.2019.8869125.
2. K. Velasquez et al., "Service Orchestration in Fog Environments," 2017 IEEE 5th International Conference on Future Internet of Things and Cloud (FiCloud), Prague, Czech Republic, 2017, pp. 329-336, doi: 10.1109/FiCloud.2017.49.
3. CISCO, "Fog Computing and the Internet of Things: Extend the Cloud to Where the Things Are", CISCO, 2015.
4. X. Zhang, Z. Cao and W. Dong, "Overview of Edge Computing in the Agricultural Internet of Things: Key Technologies, Applications, Challenges," in IEEE Access, vol. 8, pp. 141748-141761, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3013005.
5. G. Singh and J. Singh, "A Cost Effective IoT-Assisted Framework Coupled with Fog Computing for Smart Agriculture," 2023 IEEE 8th International Conference for Convergence in Technology (I2CT), Lonavla, India, 2023, pp. 1-8, doi: 10.1109/I2CT57861.2023.10126231.
6. Symeonaki, Eleni, Konstantinos G. Arvanitis, and Dimitrios D. Piromalis. "Review on the Trends and Challenges of Cloud Computing Technology in Climate-Smart Agriculture." HACTA (2017): 66-78.
7. Shanhe Yi, Cheng Li, and Qun Li. 2015. A Survey of Fog Computing: Concepts, Applications and Issues. In Proceedings of the 2015 Workshop on Mobile Big Data (Mobidata '15). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 37–42.
8. K. Cao, Y. Liu, G. Meng and Q. Sun, "An Overview on Edge Computing Research," in IEEE Access, vol. 8, pp. 85714-85728, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2991734.
9. Riddhiman Sherlekar, Binil Starly, Paul H. Cohen, Provisioned Data Distribution for Intelligent Manufacturing via Fog Computing, Procedia Manufacturing, Volume 34, 2019

# **Thanks for listening**

# **Q&A**