
Chapter 4: 無線感測網路

Prof. Yuh-Shyan Chen

Department of Computer Science and
Information Engineering
National Taipei University

目錄

- 4-1 無線感測網路簡介
- 4-2 感測器微作業系統與軟體平台介紹
- 4-3 Zigbee低耗能協定
- 4-4 無線感測網路之媒介存取協定
- 4-5 無線感測網路之繞徑協定
- 4-6 無線感測網路之定位技術
- 4-7 無線感測網路之覆蓋技術
- 4-8 無線感測網路之資料蒐集與省電技術
- 4-9 結論

無線感測網路簡介

- 無線感測網路

- 是由少量的無線資料收集器(Wireless data collector or sink)以及為數眾多的感測器(Sensor node)所構成的網路系統。
- 感測器間通常以無線的方式(Wireless communication)來進行通訊。

電信網路簡介

- 感測器的設計目標
 - 省電
 - 價格低廉
 - 體積小
- 感測器體積雖小，但功能卻齊全，可謂「麻雀雖小，但五臟俱全」。
- 感測器的四個基本部分所組成：
 - 感測單元(Sensing unit)
 - 處理單元(Processing unit)
 - 無線傳輸單元(Wireless transmission unit)
 - 電力供應單元(Power unit)

圖4.1: 感測器的硬體主要四個基本單元

感測單元

無線傳輸單元

處理單元

電源供應單元



溫溼度感測模組



超音波感測模組



三軸加速度計



紅外線感測模組



聲音感測模組



運動感測模組

感測單元

- 感測單元主要包含「感測元件」(Sensor)及「訊號轉換元件」(Analog-to-Digital converters) 兩個部份。
 -
- 感測元件負責偵測環境
 - 溫度及濕度感測元件
 - 壓力感測元件
 - 三軸加速感測器
- 感測元件所收集到的資料乃使用類比訊號表示
 - 感測單元中需要訊號轉換元件將類比訊號轉換成數位訊號，並將資料送到處理單元加以處理。

處理單元

- 處理單元主要包含「儲存元件(Storage)」及「處理元件(Processor)」兩個部份。
- 儲存元件的功能類似個人電腦中的硬碟等儲存裝置，感測器將收集到的環境資訊儲存在儲存元件中。
- 處理元件的功能則類似於個人電腦中的中央處理機(CPU)，負責執行事先置入之程式碼，以協調並控制感測器內不同的單位元件。

無線傳輸單元

- 由於感測器大多佈建在戶外空曠的環境，因為成本考量，通常無法以有線網路將其連結，為使其收集的資料能即時傳回網際網路，因此，在感測器內需具備一無線傳輸的單元，負責連接感測器與感測器之間的溝通，或是將感測器的資料傳送給無線資料收集器(Wireless data collector or sink)。

電力供應單元

- 為了降低佈建線路的成本，因此感測器通常不以插電的方式提供電源給感測器，為了提供感測器進行感測及傳輸工作所需的電量，每個感測器中均會具備一電力供應單元。
- 感測器通常是以電池為其電力來源。

無線感測網路在生活中常見之應用場景

● 工業

- 無線感測器網路可用於工業製程與設備監控，利用感測器去偵測不良品，達到工廠自動化生產線上的品質控制。

● 商業

- 運用於商業大樓氣溫監測及通風設備控制，一般傳統辦公室的空調系統是中控式，因此會產生冷熱不一之情況。

● 醫療領域

- 將感測器佈署於室內房間內和人的身上，再經由無線傳輸的方式，可以達到遠距監測人體各項健康數據及各項行為的目的。

無線感測網路在生活中常見之應用場景

- 無線感測網路的各種不同應用，不僅為生活帶來許多便利，也解決了人類無法用感官去判斷的細微變化過程之問題。

感測器作業系統與軟體介面

- 由於感測器硬體資源有限(如電量、記憶體、運算效能等等)
 - 因此需透過較特殊的作業系統才能使其更有效率的使用這些資源。
- 工欲善其事，必先利其器
 - 感測器中不僅需要作業系統的支持。
 - 還需要一個好的程式撰寫軟體，提供給程式設計者能夠輕鬆的設計客製化的感測器。

感測器作業系統與軟體介面

● 感測器作業系統介紹

- TinyOS是目前已被廣泛使用於感測器之作業系統。
- TinyOS作業系統由UC Berkeley大學所開發。
- TinyOS主要目的在於可以縮短感測節點開發的過程。
- 同時可以達到異質性平台的溝通與整合。
- 支援行程排班管理、多執行緒，並且會自行分配管理系統資源。

圖4.2: 一般作業系統架構圖

- 一般的作業系統架構下

- 當應用層需要控制到硬體層時，需要經過Shell、Device Drivers、Kernel才能到達硬體層。
- 在這過程中會發生許多次的本文切換(Context switch)，而降低作業系統效率。

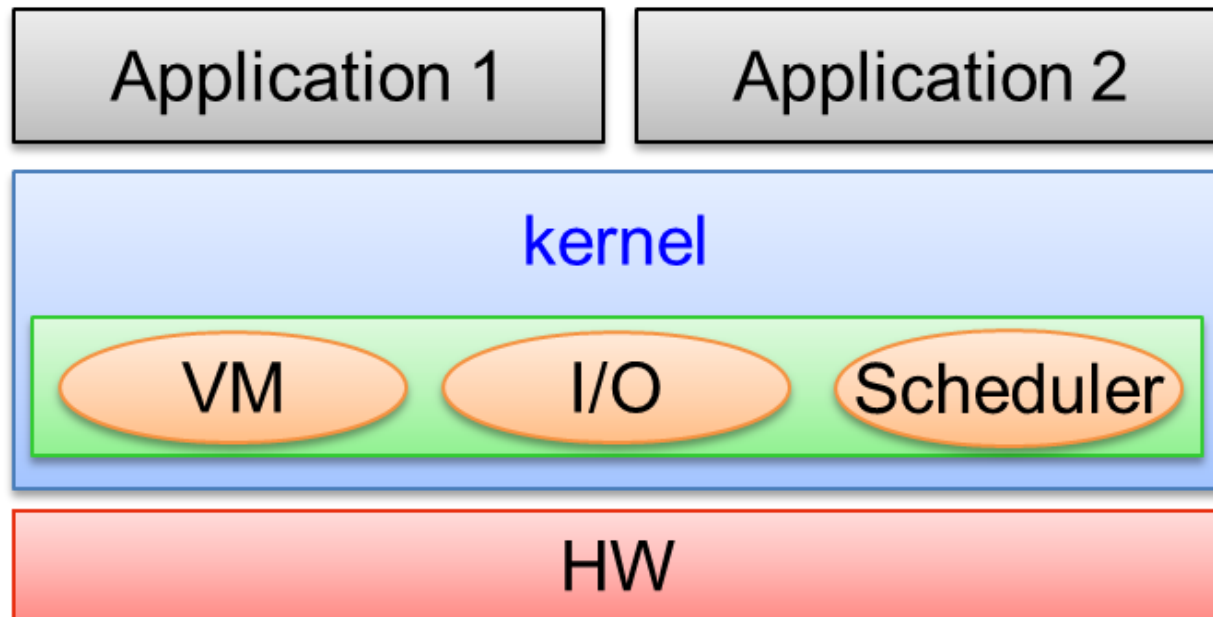


圖4.3: TinysOS作業系統架構圖

● 元件導向的概念

- 系統架構是由許多應用元件(Application component)所構成。
- 其目的在於將功能模組化，使得模組可被有效率地重覆使用並達到最小的程式體積。

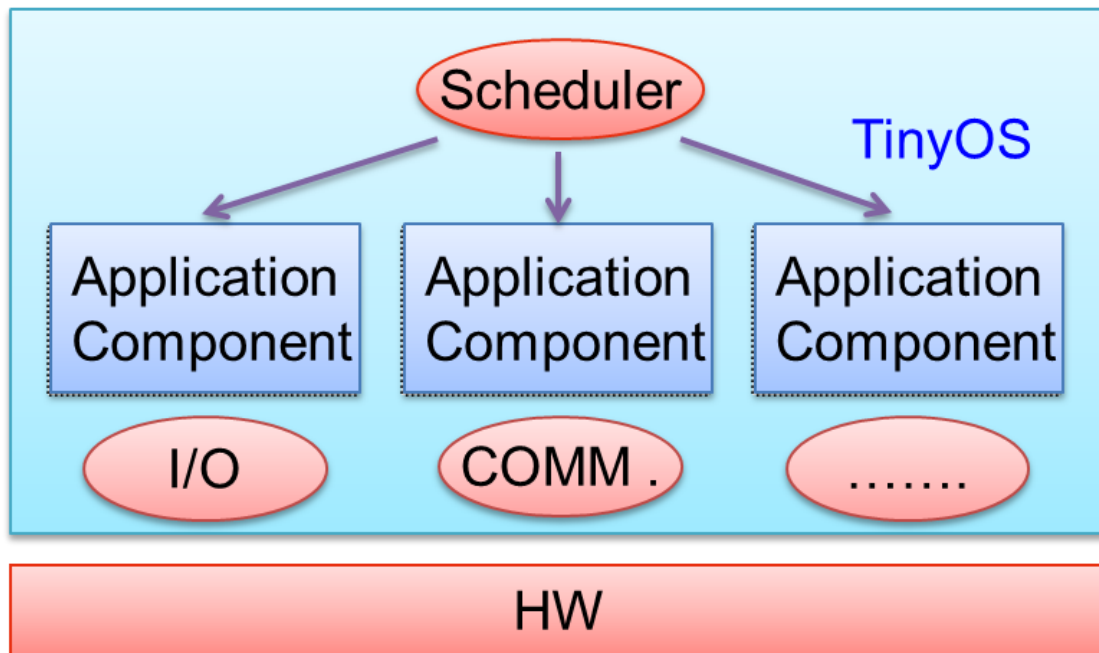
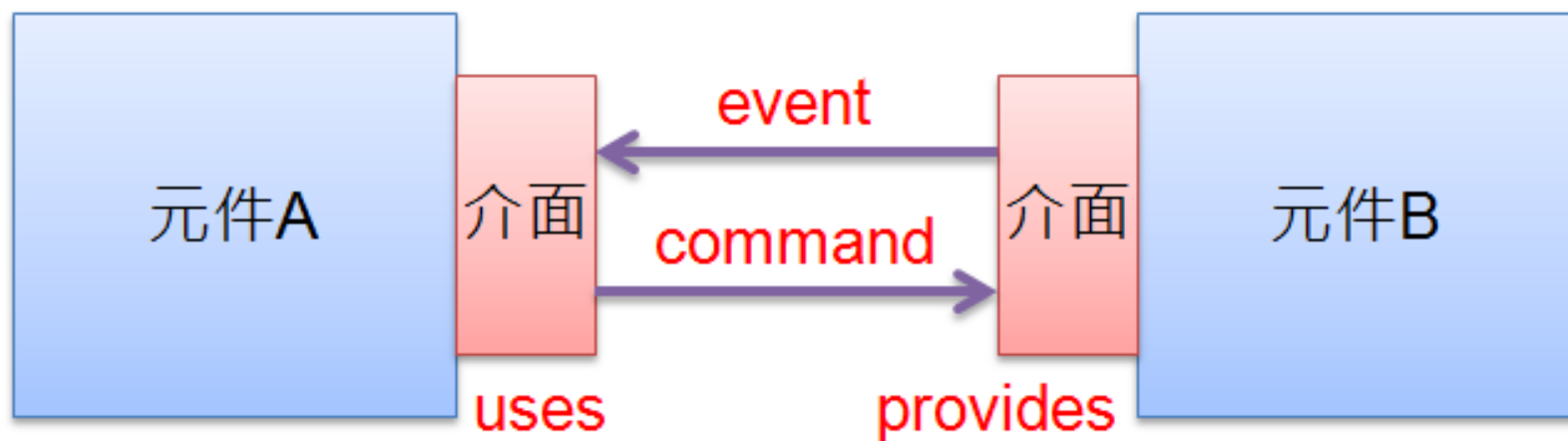


圖4.4: 元件之間的簡易關係圖

- 元件A需要使用(Uses)元件B中的功能時
 - 必須使用元件B所提供(Provides)的介面
 - 元件A只需透過介面下命令(command)，元件B就會實作相對應的功能
 - 當元件B功能實作完成後將會觸發元件A的事件(event)，
 - 元件A將可以選擇是否要有相對應的實作(由程式設計者決定)。



感測器作業系統與軟體介面

● 軟體平台介紹

□ 開發無線感測網路應用的開發軟體較常見

- Eclipse
- IAR Embedded Workbench

圖4.5:Eclipse可繪製TinyOS元件佈線架構圖

● Eclipse

- ❑ 著名的免付費跨平台開發軟體，原本主要目的在於開發JAVA程式。
- ❑ 可依靠外掛模組開發其他程式(如TinyOS相關套件)。
- ❑ 有為程式設計者繪製元件佈線架構圖(Component graph)之功能。

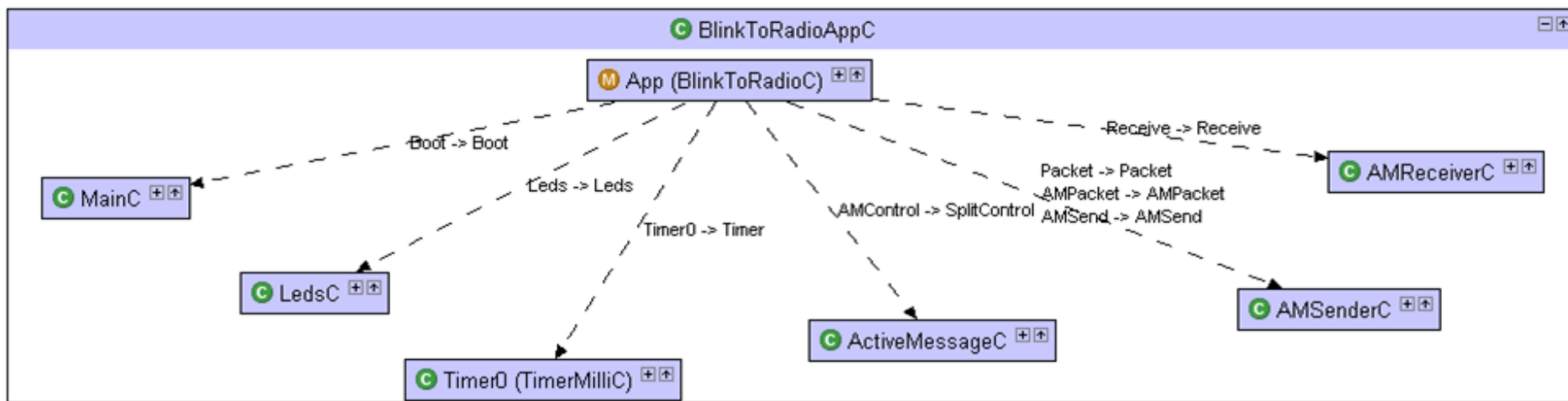
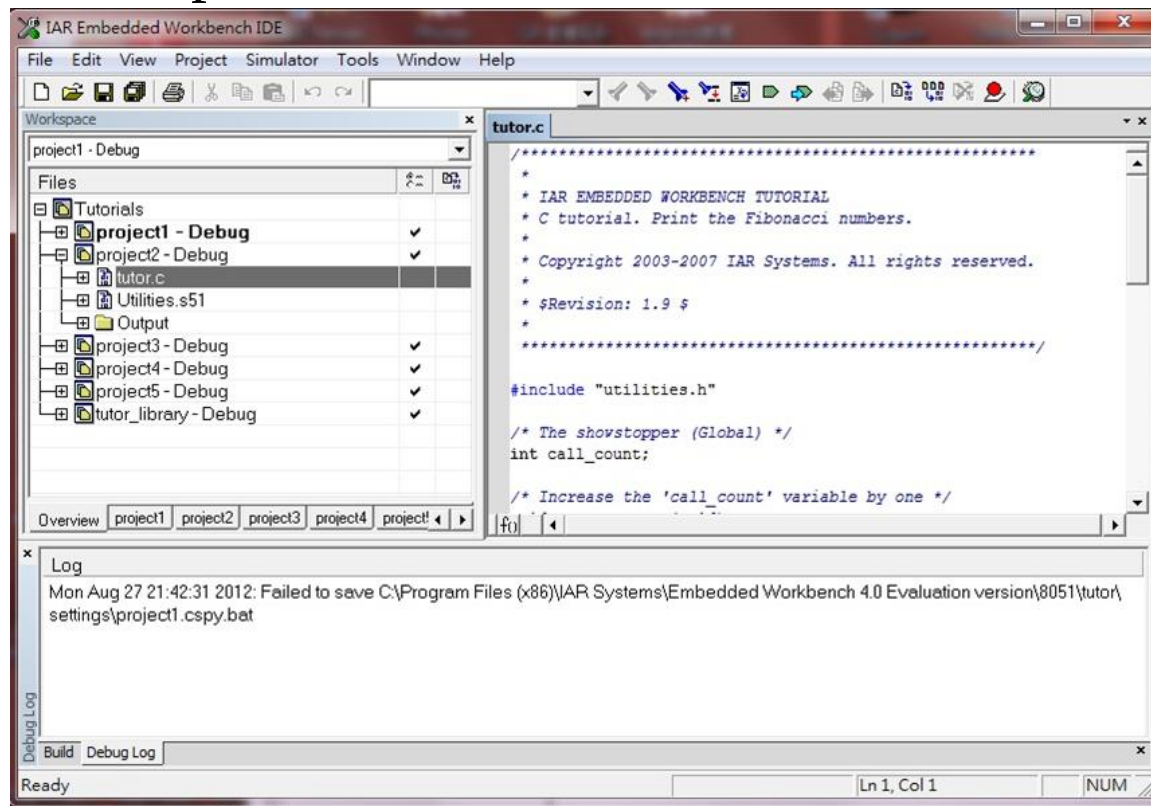


圖4.6: IAR程式撰寫環境

- IAR Embedded Workbench

- 支援了許多單晶片的燒入其中包含8051
- 知名OctopusX無線感測器主要的開發軟體



ZigBee低耗能協定

- ZigBee的特點

- ☐ 不需要大頻寬
- ☐ 低成本
- ☐ 低延遲
- ☐ 低耗電量
- ☐ 大量的感應裝置

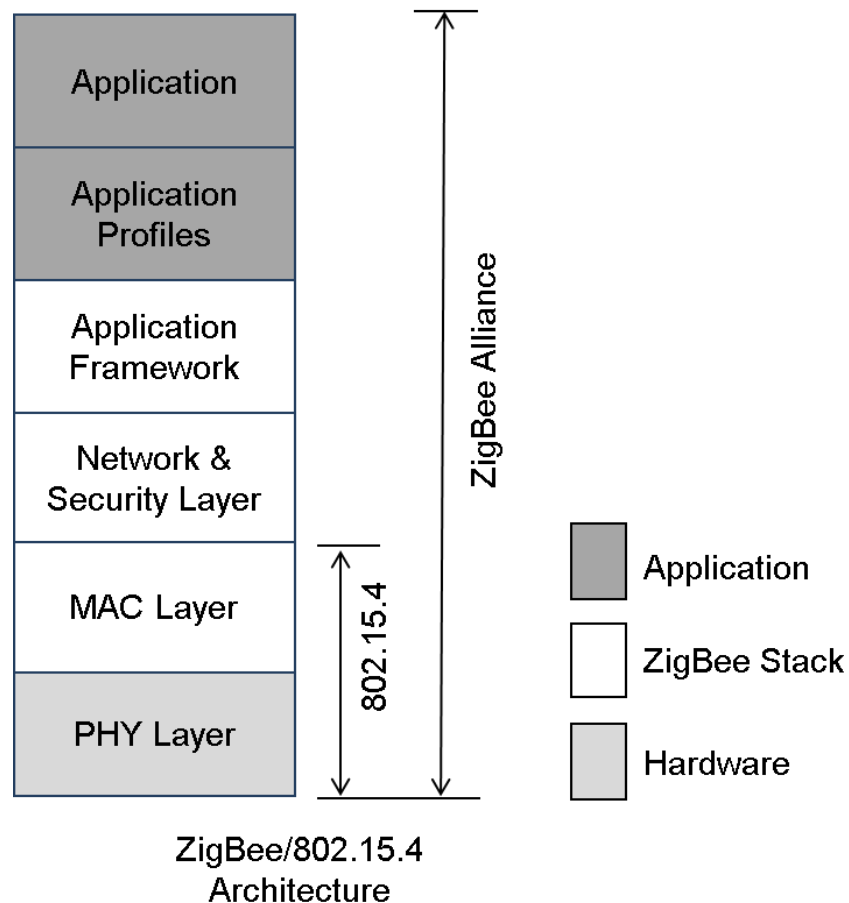
ZigBee低耗能協定

- 使用頻帶
 - 2.4GHz and 868/915 MH
- 傳輸範圍
 - 10~50米
- 最高傳輸速率
 - 250 kbps

圖4.7: ZigBee協定採用IEEE 802.15.4之MAC Layer與Physical Layer

● ZigBee架構

- 底層採用IEEE 802.15.4所規範的MAC層與PHY層



ZigBee低耗能協定

- 全功能裝置

- ☐ 適用於任何拓撲
- ☐ 能夠擔任網路中的協調者
- ☐ 能夠與任何裝置通訊

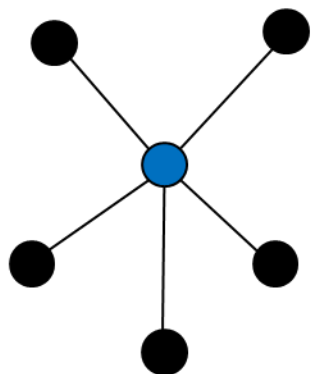
- 簡化功能裝置

- ☐ 只能用於特定的拓撲環境
- ☐ 不能夠擔任網路中的協調者
- ☐ 只能夠與全功能裝置通訊
- ☐ 實作上非常簡單且便宜

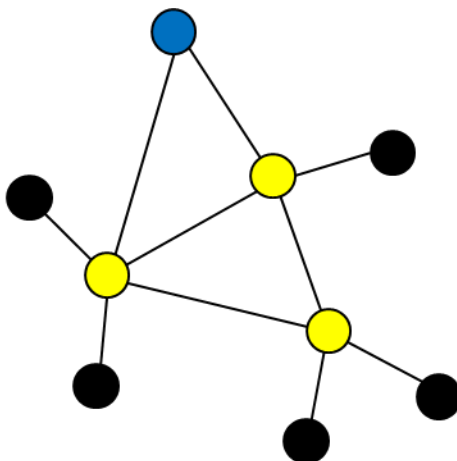
圖4.8: ZigBee支援的網路拓撲架構

- ZigBee協定支援三種拓撲

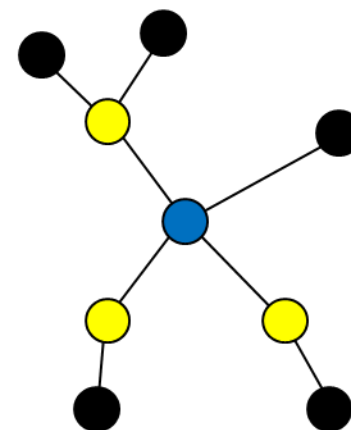
- ☐ 星型拓撲
- ☐ 網狀拓撲
- ☐ 叢集樹狀拓撲



Star



Mesh



Cluster Tree

 ZigBee Coordinator

 ZigBee Routers

 ZigBee Devices

ZigBee低耗能協定

- Beacon Mode

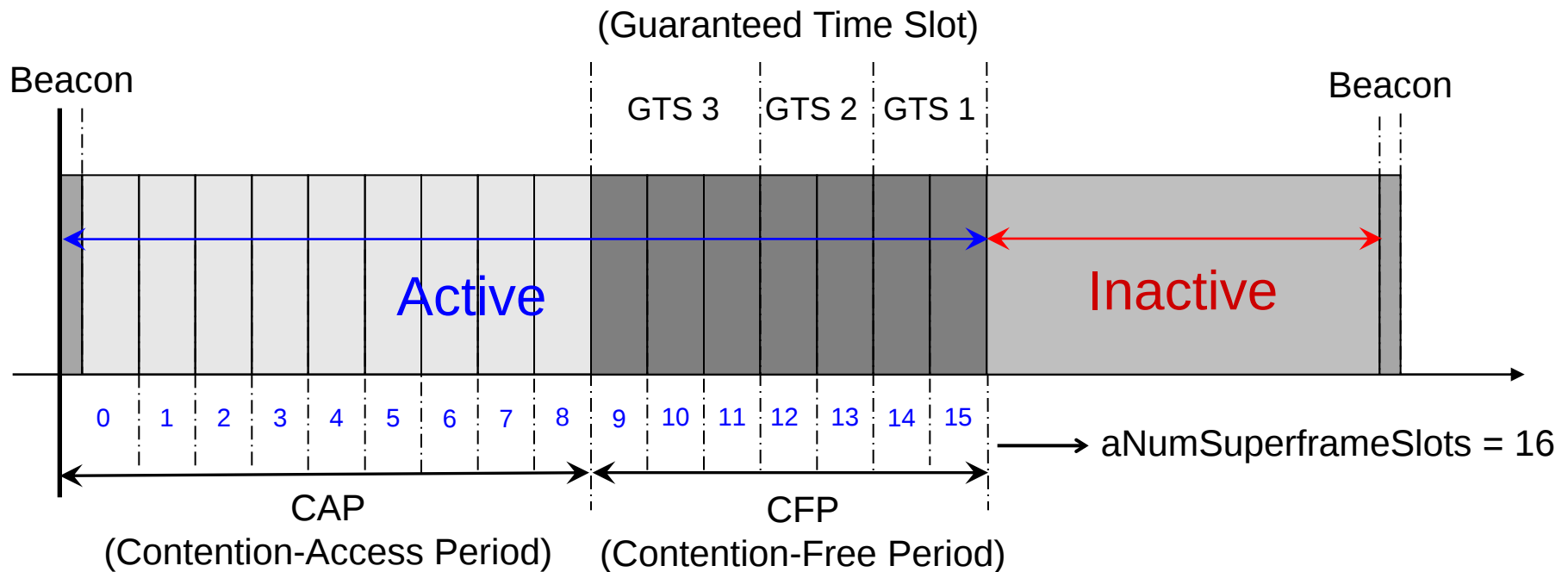
- ☐ 需要傳送beacon
- ☐ 利用超級訊框架構完成傳輸

- Non-Beacon Mode

- ☐ 沒有傳送beacon
- ☐ 使用類似於IEEE 802.11 CSMA-CA方式競爭傳輸

圖4.9: Zigbee協定的超級訊框架構示意圖

● Beacon Mode 中的超級訊框架構

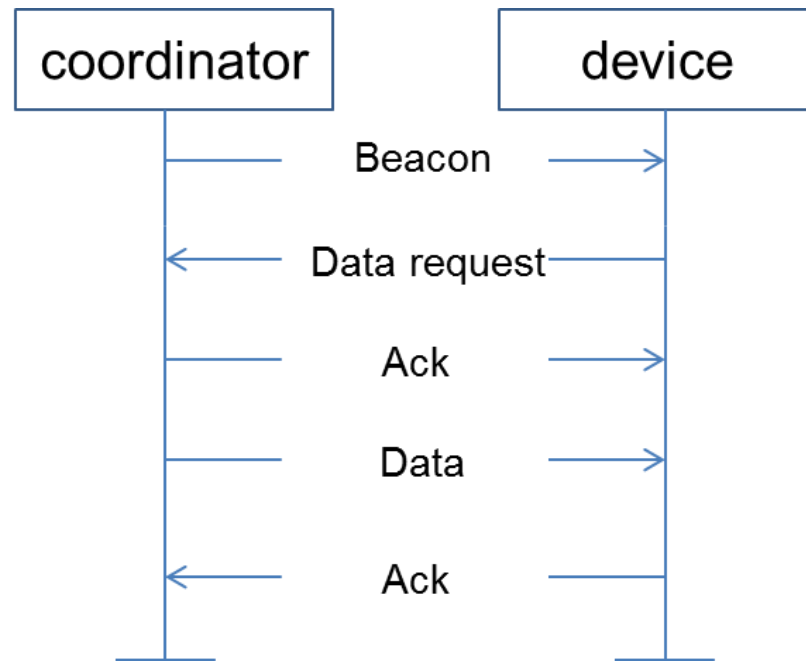


ZigBee低耗能協定

- ZigBee的傳輸機制依照不同的收送對象可分為
 - 協調者傳送給裝置
 - 裝置傳送給協調者
 - 裝置傳送給裝置

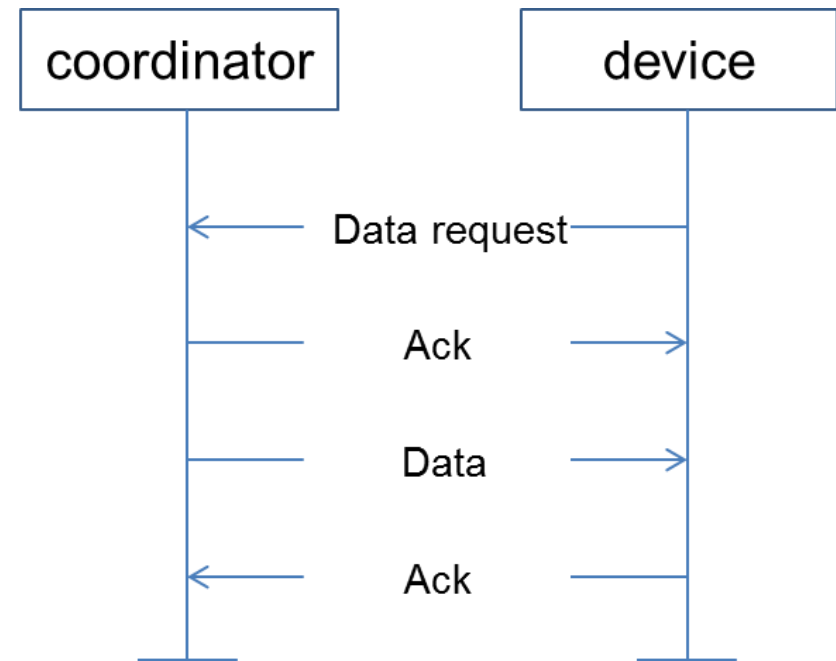
圖4.10: 協調者對裝置在兩種模式下的傳輸機制

● 協調者傳送給裝置



Slotted CSMA/CA

Beacon-enable networks

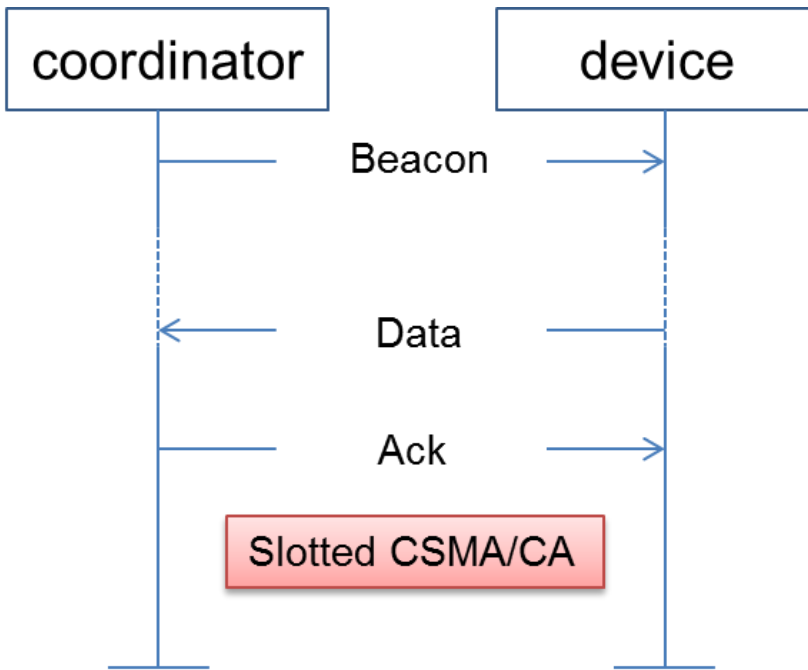


Un-slotted CSMA-CA

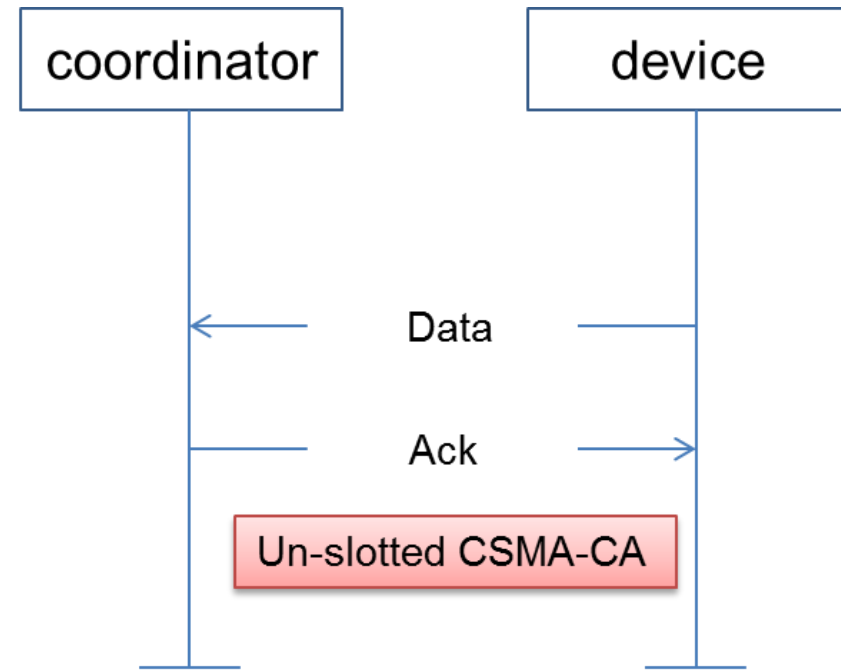
Non Beacon-enable networks

圖4.11: 裝置對協調者在兩種模式下的傳輸機制

● 裝置傳送給協調者



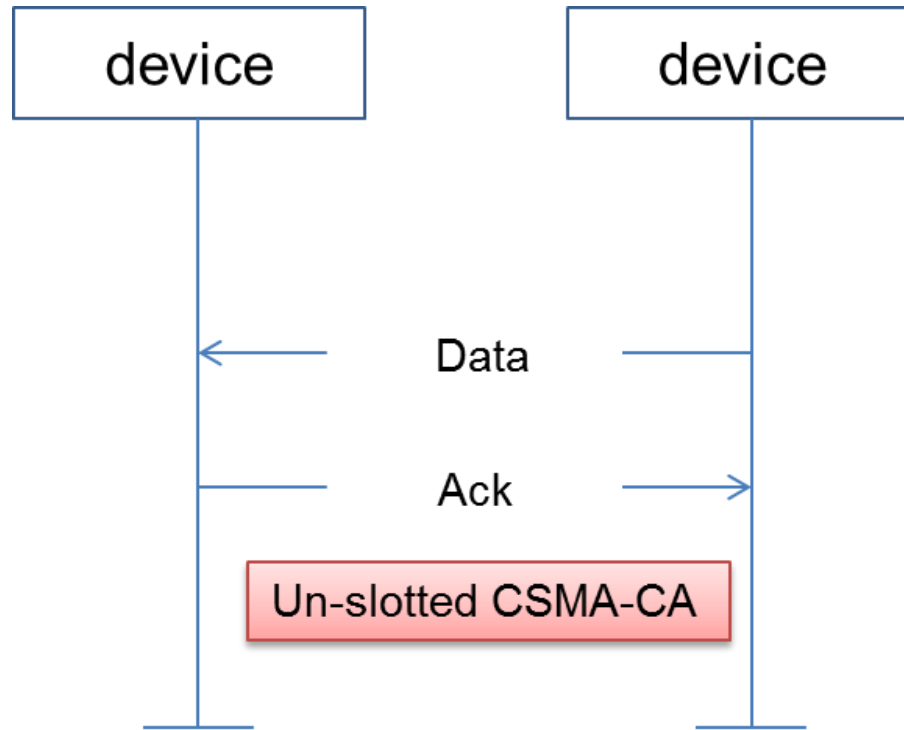
Beacon-enable networks



Non Beacon-enable networks

圖4.12: 裝置對裝置的傳輸機制

- 裝置傳送給裝置



Non Beacon-enable networks

ZigBee低耗能協定

- ZigBee的主要應用
 - 智慧電網
 - 智慧醫療
 - 智慧生活

ZigBee低耗能協定

● ZigBee的主要應用：智慧電網

- 有效分配電力至不同的區域，以達到節能省電的目標。
- 家用電器➡智慧電網(架構1)
 - 採用ZigBee技術：低速、低成本、支援大量網路節點，輕鬆與電網設備進行整合。
 - 結合功率放大機制，可涵蓋數公里遠之電網服務。
- 智慧電表➡資料收集站(架構2)
 - 採用ZigBee技術：低速、低成本、支援大量網路節點，輕鬆與電網設備進行整合。
 - 結合功率放大機制，可涵蓋數公里遠之電網服務。
- 資料收集站➡電力控制中心(架構3)
 - 採用一般通訊技術（如WiMAX、LTE-A等），將收集資料高速送至電力控制中心。

ZigBee低耗能協定

● ZigBee的主要應用：智慧醫療

□ 慢性病監測（Chronic disease monitoring）

- 慢性病（如糖尿病、高血壓等）患者需要某種程度的監測，可透過ZigBee接收連接於患者身上的感測元件，定期將健康資訊回報給醫院，醫生可即時檢視患者的身體狀況，並作出正確的判斷。

□ 個人健康監測（Personal wellness monitoring）

- 用來監測老人或行動不方便的病患，周邊感測裝置可透過ZigBee進行資料傳輸，包含生理資訊及安全資訊，當偵測異常數值時，護理人員能及時透過手機收到訊息，並做立即的處理。

□ 個人健身監測（Personal fitness monitoring）

- 使用者可將生理感測器穿戴於身上，透過ZigBee將資料傳到遠端伺服器上，記錄自己的訓練狀況，或根據目前感測到的數據，直接轉換運動器材的操作模式。

ZigBee低耗能協定

● ZigBee的主要應用：智慧生活

- 以ZigBee將智慧空間（Smart space）的裝置進行整合。
 - 如環境感測器、移動偵測、多媒體控制...等。
- 將收集到的資訊透過ZigBee送往伺服器端進行分析。
- 藉由伺服器系統根據使用者情境或所在位置，自動提供相對應的服務。
- 透過自動化服務降低手動操作裝置的次數，讓使用者能專注處理更重要的事件，以達到無所不在的運算環境。

無線感測網路之媒介存取協定

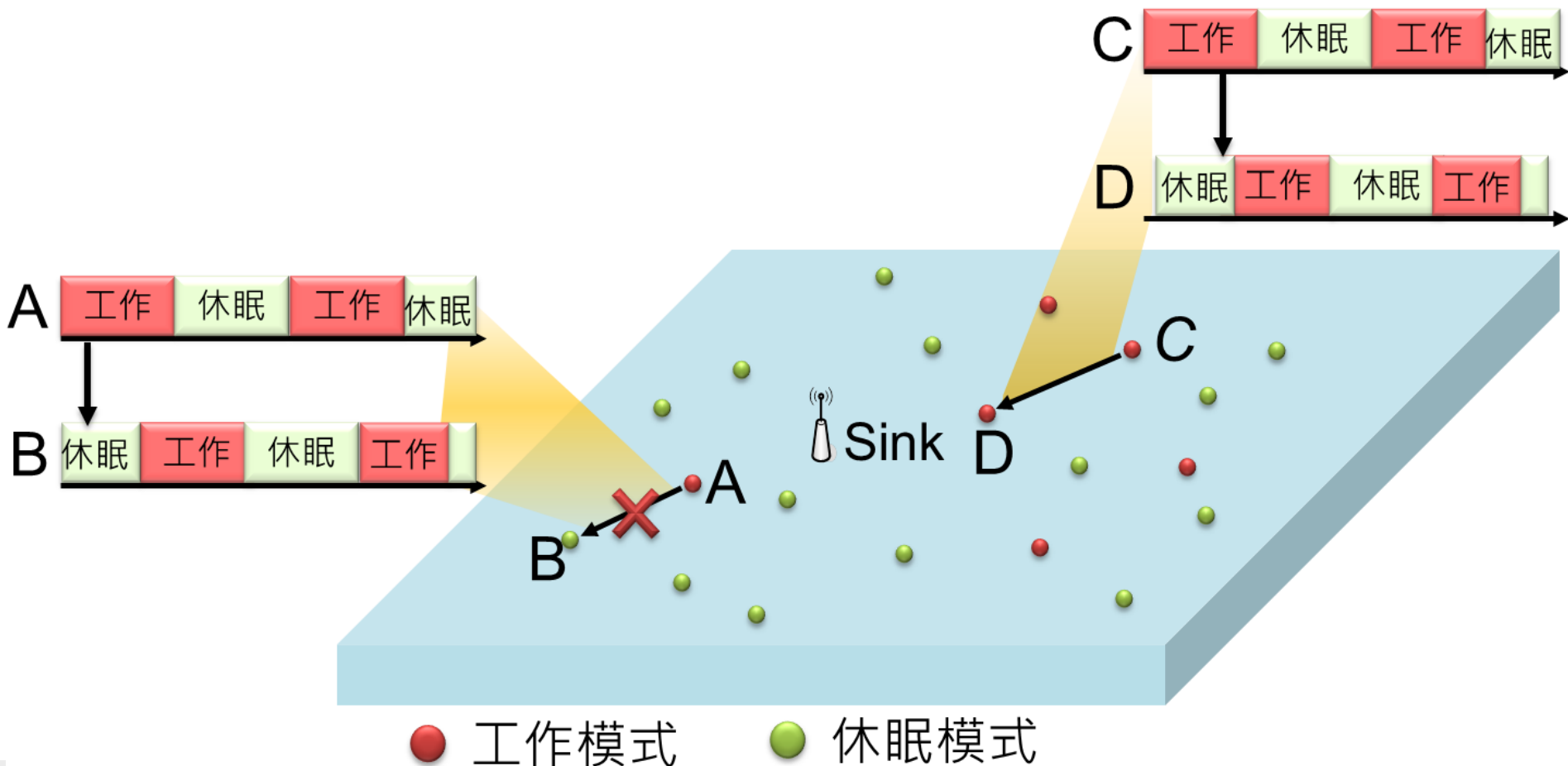
- Media Access Control

- 媒體存取協定
- 無線網路中主要功能
 - 醒睡省電機制
 - 排程機制
 - 存取機制
 - 碰撞控制

圖4.13:感測器處於休眠模式時無法得知是否有其他節點欲傳送資訊

● 傳輸問題

- 感測器醒睡週期不一



無線感測網路之媒介存取協定

● MAC Protocols

□ Asynchronous MAC protocols

- 非時間同步媒體存取協定
- 感測器之間不需要時間同步
- B-MAC、X-MAC、RI-MAC...etc

□ Synchronous MAC protocols

- 時間同步媒體存取協定
- 感測器需定期醒來監聽是否需要與鄰近節點時間同步
- S-MAC、D-MAC、TRAMA

無線感測網路之媒介存取協定

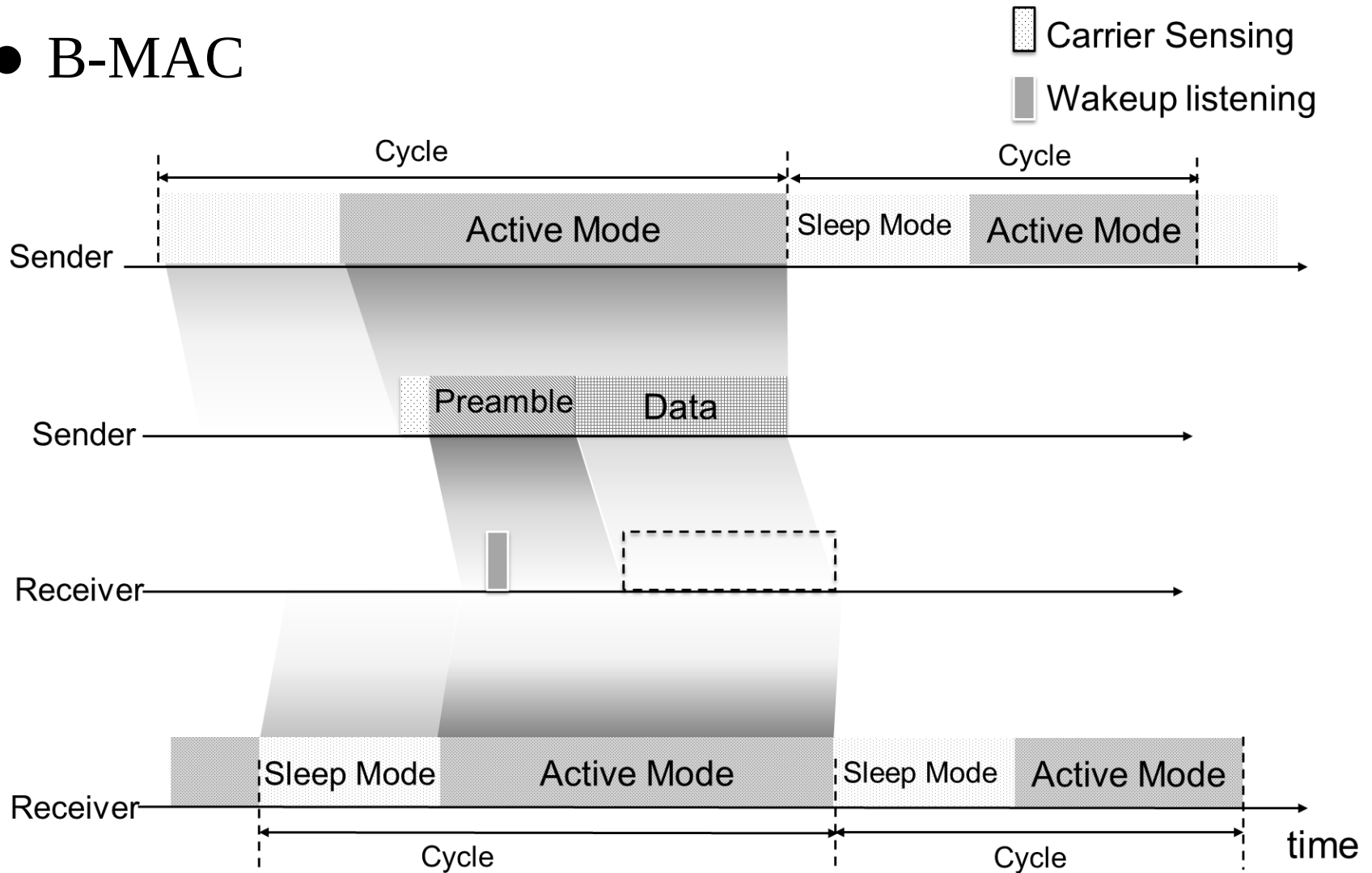
- Asynchronous MAC protocols

- B-MAC

- 感測器無須和周圍感測器時間同步
 - 發送preamble封包

圖 4.14 : B-MAC

● B-MAC



無線感測網路之媒介存取協定

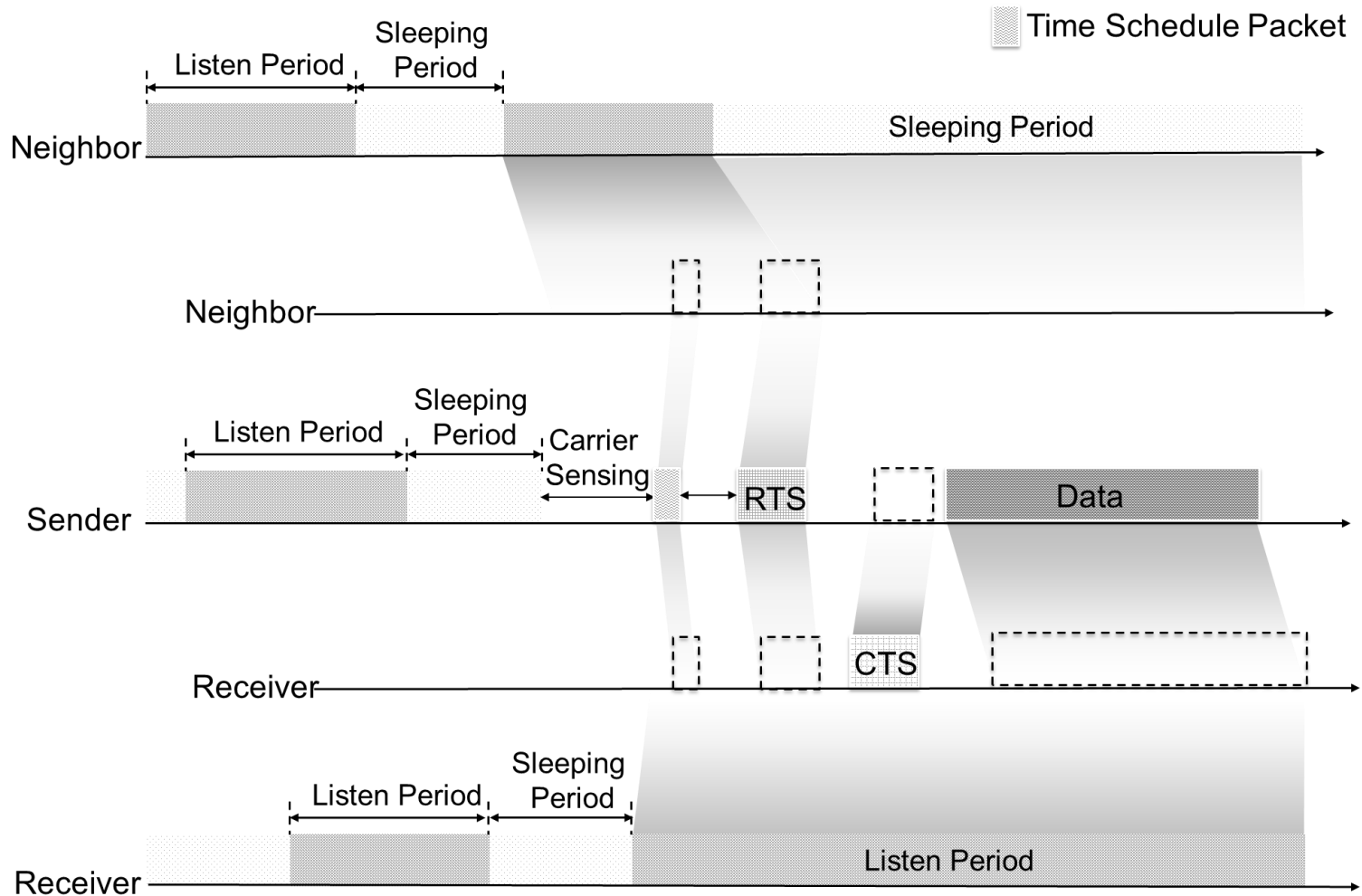
- Synchronous MAC protocols

- S-MAC

- 感測器定期醒來監聽是否需時間同步
 - 傳輸週期分為：Listening Period、Sleep Period。

圖 4.15 : S-MAC

● S-MAC

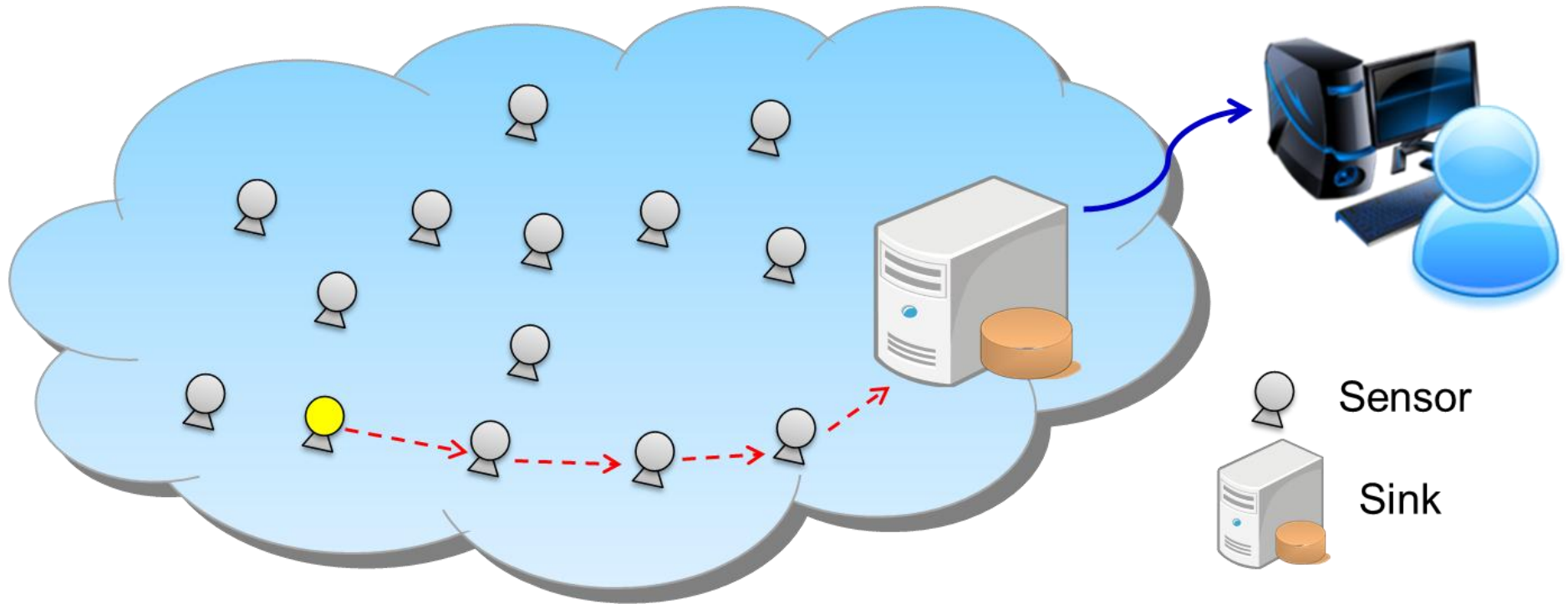


無線感測網路之繞徑協定

- 在無線感測網路中，當感測器偵測到特定事件時，須回報給資料收集站。
- 繞徑協定的重要性
 - 由於感測器隨意散布在監控環境內，所以相鄰的感測器之間只能交換簡單的訊息來判斷如何傳遞資料。
 - 繞徑協定所建立的回傳路徑將決定封包被傳遞的次數，進而影響到整體無線感測網路的生命週期。
 - 感測環境可能受到障礙物的干擾或是因感測器耗盡電力死亡而增加資料傳輸的難度。

圖4.16: 多重跳躍傳輸機制

- 無線感測網路中可藉由一步或多重跳躍代傳機制建立繞徑。



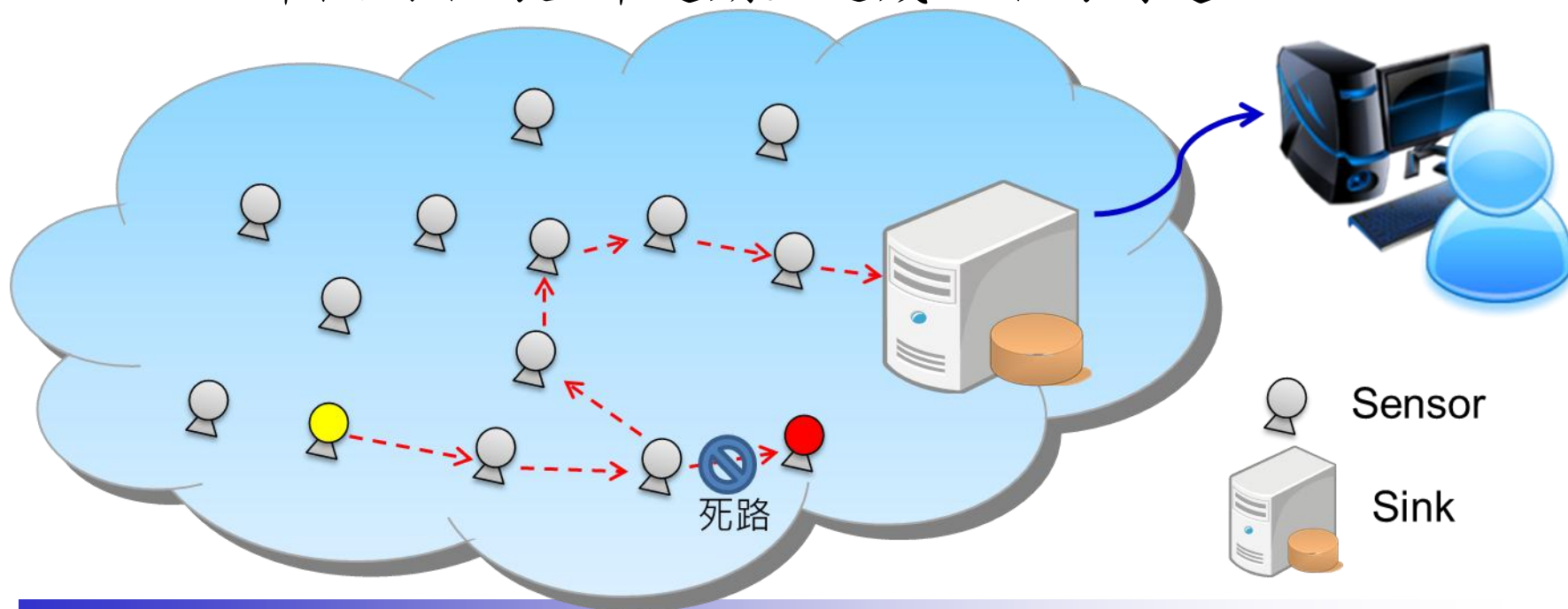
GPSR繞徑協定

- 貪婪式路由協定(Greedy perimeter stateless routing , GPSR)。
 - 最常見的繞徑演算法
 - 所有感測器知道自己位置並提供給鄰近的感測節點
 - 選擇離資料收集站最近的感測器為下一步轉送節點

圖4.17: 感測器電量耗盡造成死路

● 貪婪式路由協定的缺點

- 未考慮代傳點剩餘電量，可能導致代傳點沒有足夠的電力將封包傳遞出去而造成封包遺失。
- 只挑選最快傳輸的路徑，導致部分感測器快速耗盡電量，降低網路的生命週期並造成死路的問題。

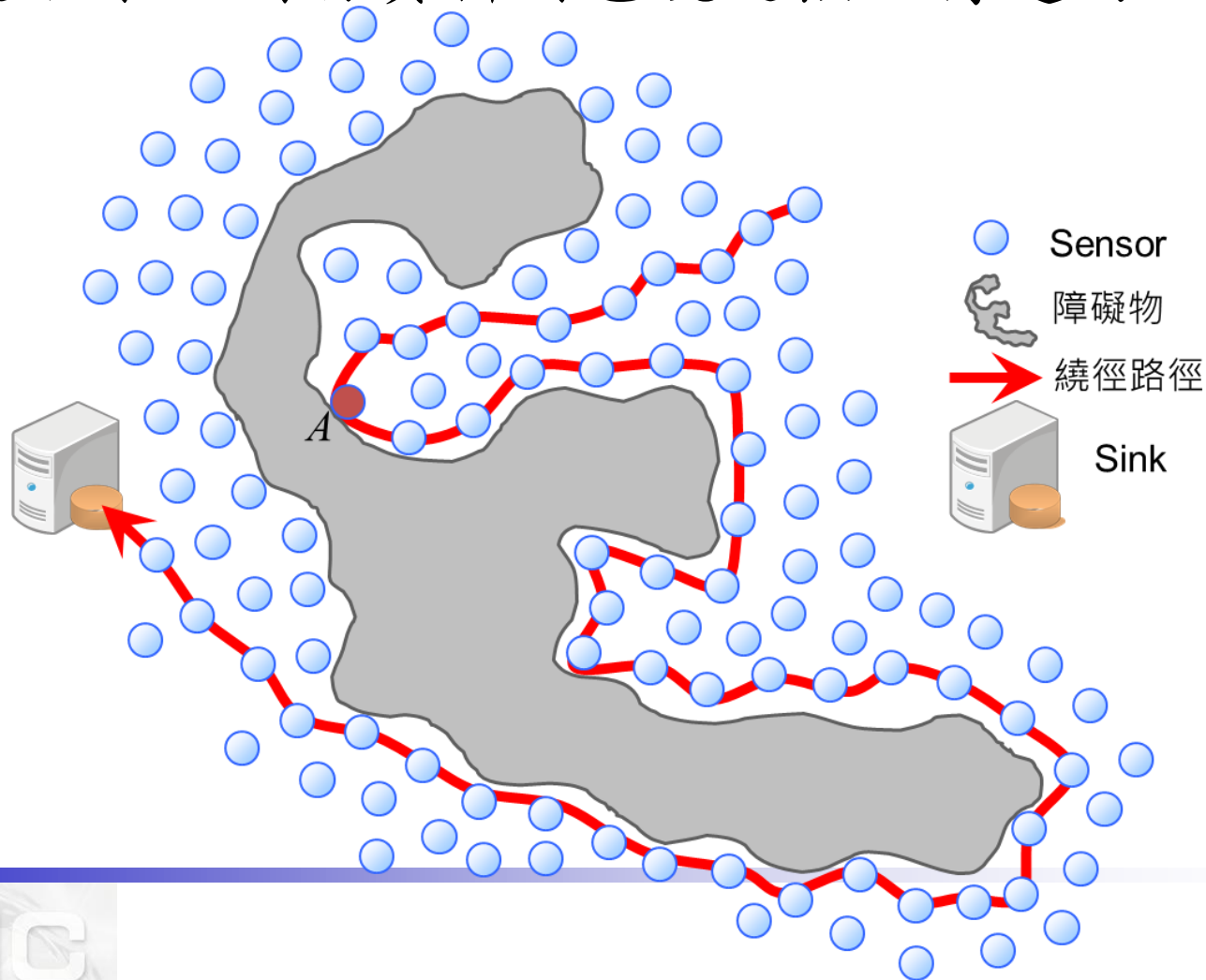


繞徑協定的挑戰

- 在感測環境中產生死路或障礙物的主要原因
 - 感測器的定位位置資訊錯誤
 - 感測器電量用盡或是佈點密度的不平均造成部份區域無法被感測的情況，而可視為一虛擬的障礙物。
 - 現實環境中存有天然障礙(如高山、河流)的阻檔，使得部份區域無法佈建感測器。
 - 強波干擾使某區塊內的感測器無法運作而形成虛擬障礙物

圖4.18: GPSR的邊緣式路由法

- GPSR發展出一套邊緣式路由法來解決死路的問題，透過右手法則將資料封包繞過無法傳遞的區域。



具障礙物克服機制之繞徑協定

- GPSR邊緣式路由法的缺點
 - 資料的傳輸路徑可能過長
 - 浪費很多電量在不必要的路徑
- 為解決上述問題，發展出許多進階的障礙物克服機制之繞徑演算法，例如
 - 感測器會偵測是否位於障礙物凹洞，若是則將自己標示為障礙物並告知鄰近感測器，以此來避免資料封包傳遞至障礙區凹洞的情況發生。

無線感測網路之定位技術

- 定位在無線感測網路中是相當重要的議題。
 - 無線感測網路執行環境監控、物件追蹤等應用皆需要位置資訊。

圖4.19:火山監控系統中位置資訊的重要性

- 定位在無線感測網路中是相當重要的議題
 - 無線感測網路執行環境監控、物件追蹤等應用皆需要位置資訊。

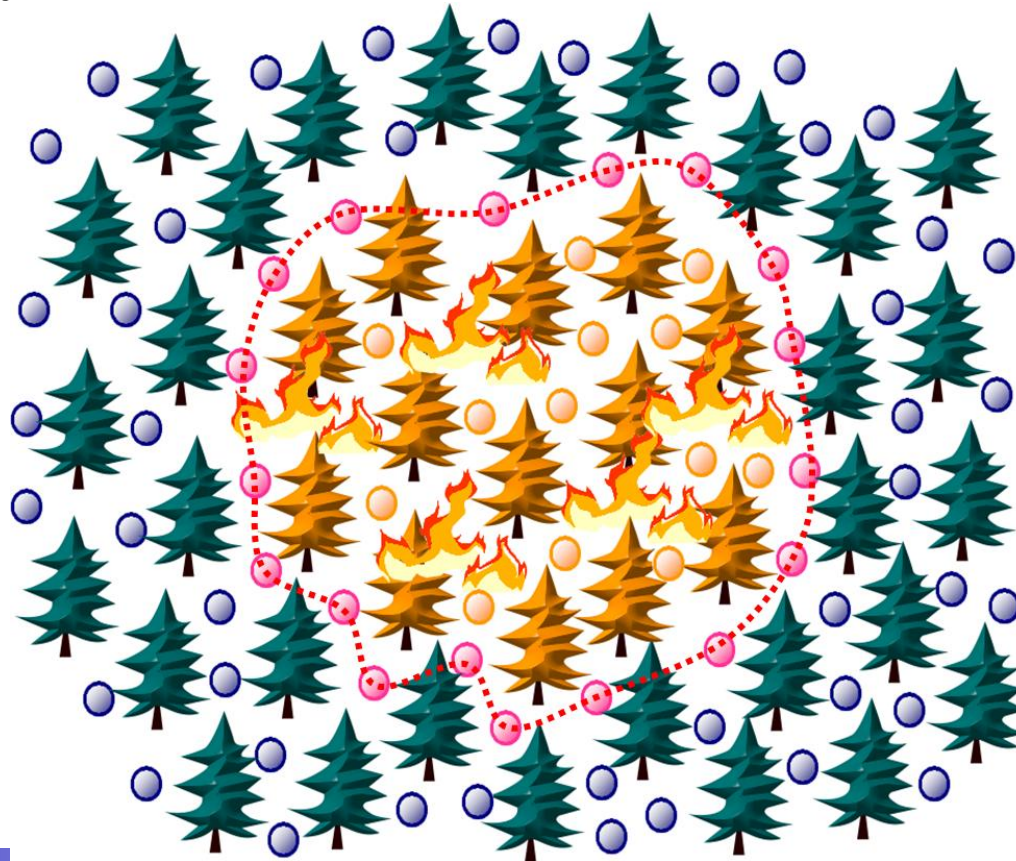
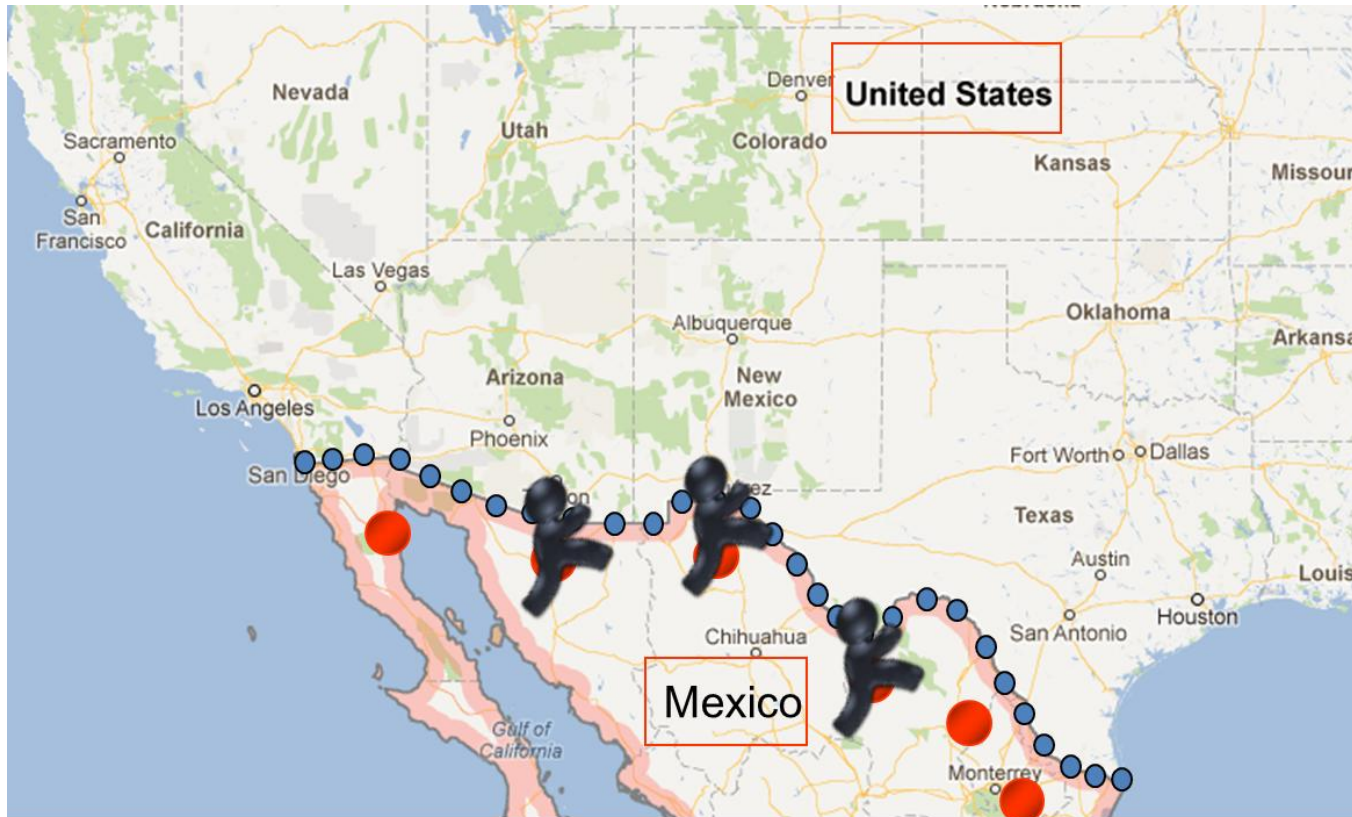


圖4.20: 國邊界監控系統中位置資訊的重要性

- 定位在無線感測網路中是相當重要的議題
 - 無線感測網路執行環境監控、物件追蹤等應用皆需要位置資訊。



無線感測網路之定位技術

- 最直觀的方式，是將所有感測器皆裝載全球定位系統(GPS)。
- 成本太高，且造成感測器額外的耗電。
- 許多感測器不需配備GPS裝置的定位技術在近幾年陸續被提出
 - 範圍基礎(Range-based)
 - 範圍基礎(Range-based)

無線感測網路之定位技術

- 範圍基礎(Range-based)

- 接收端的訊號強度(Received Signal Strength Indicator，簡稱RSSI)
- 感測器間的角度(Angle of Arrival，簡稱AoA)
- 訊號到達時間(Time of Arrival，簡稱ToA)
- 傳播訊號時間差(Time Difference of Arrival，簡稱TDoA)

- 優點：可得到精準的定位位置。

- 缺點：感測需要裝置額外硬體設備，造成成本提升。

無線感測網路之定位技術

- 無範圍基礎(Range-free)
 - 利用Anchor(定位裝置)協助定位
 - Anchor已裝載GPS裝置
- 依照Anchor的移動能力分為
 - 固定式定位裝置(static anchor)
 - 移動式定位裝置(mobile anchor)

無線感測網路之定位技術

- 固定式定位裝置(static anchor)
 - 缺點:定位精準度與static anchor的數量成正比

無線感測網路之定位技術

- 移動式定位裝置(mobile anchor)
- 依照定位精準度可區分為
 - 範圍位置(bounding box)
 - 準確位置(accurate location)

圖4.21: 定位資訊若不夠精準，則將造成資訊傳輸延遲

- 範圍位置(Bounding box)
 - 缺點-定位精準度不足

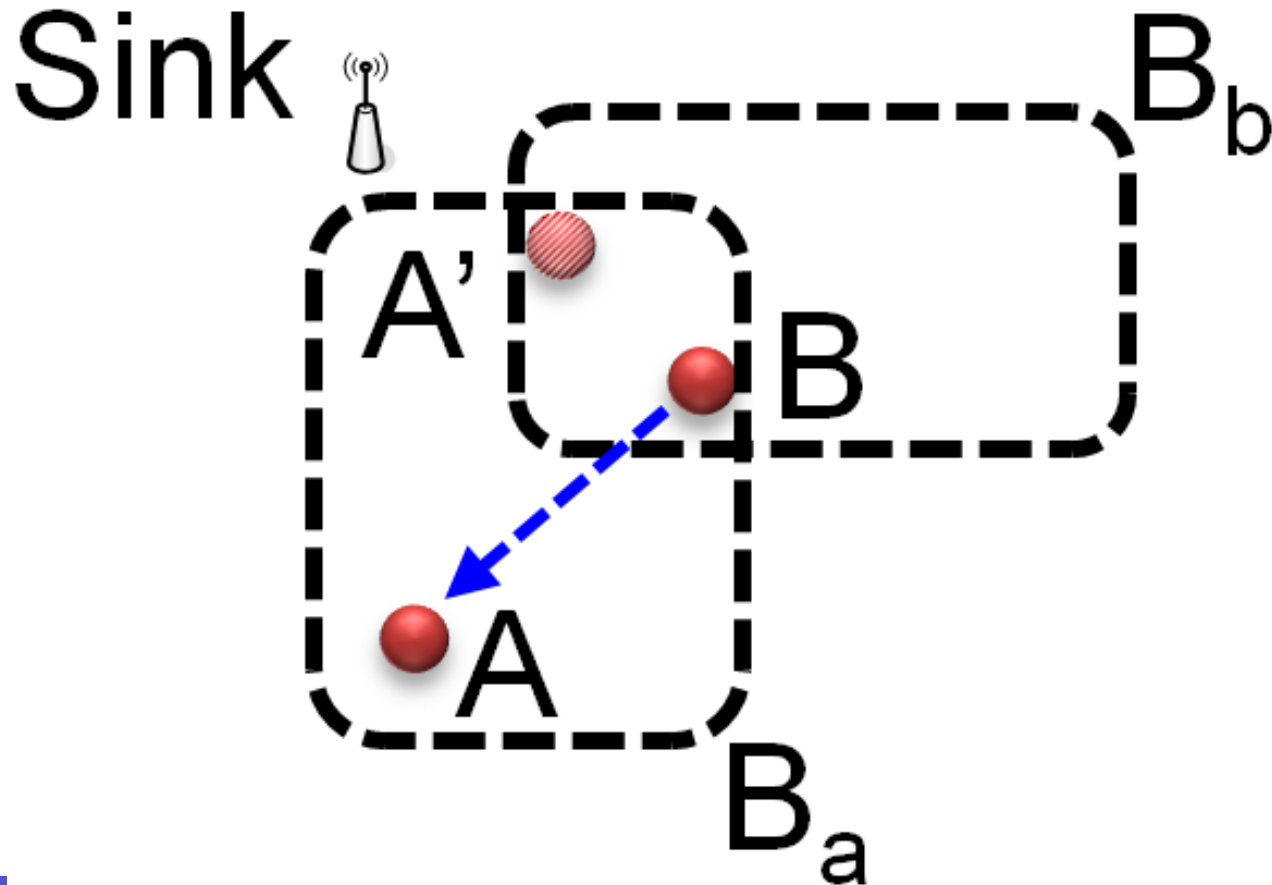


圖4.22(a): Bounding Box可讓感測器獲得一矩形 區塊位置資訊

- 範圍位置(Bounding box)

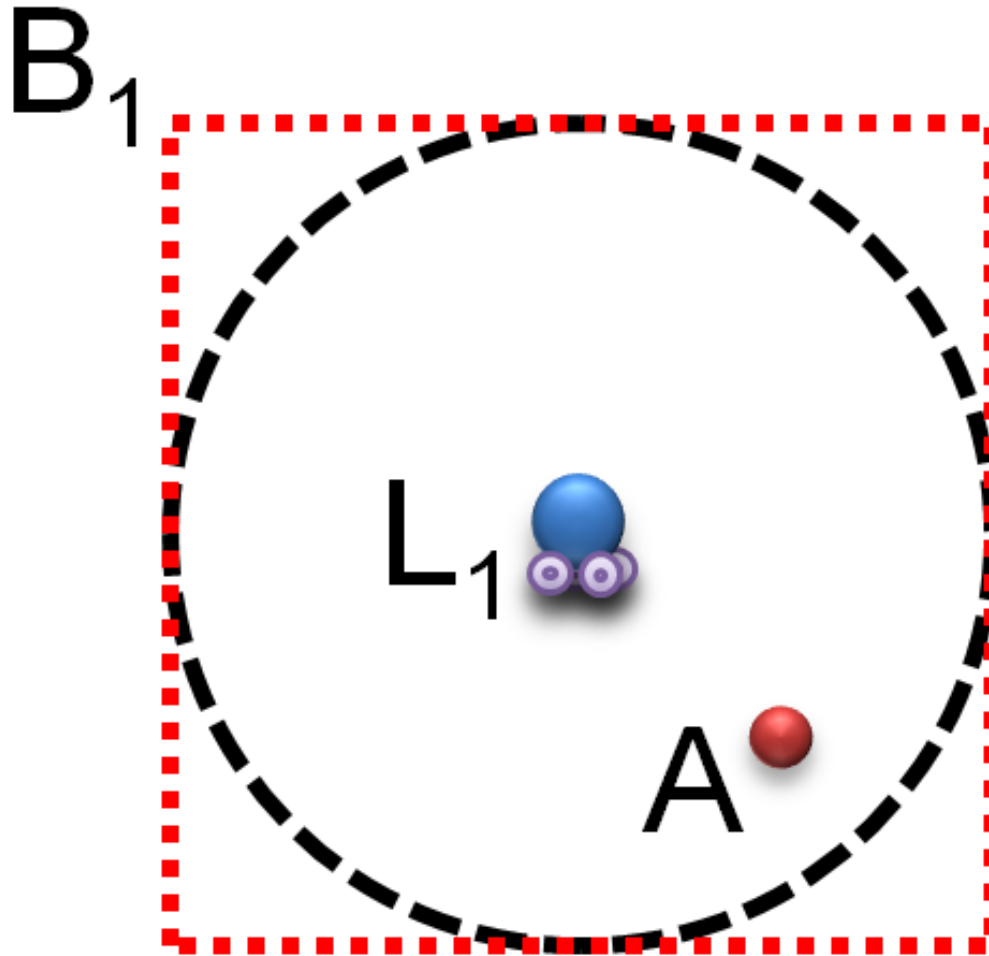


圖4.22(b): Bounding Box可讓感測器獲得一 矩形區塊位置資訊

- 範圍位置(Bounding box)

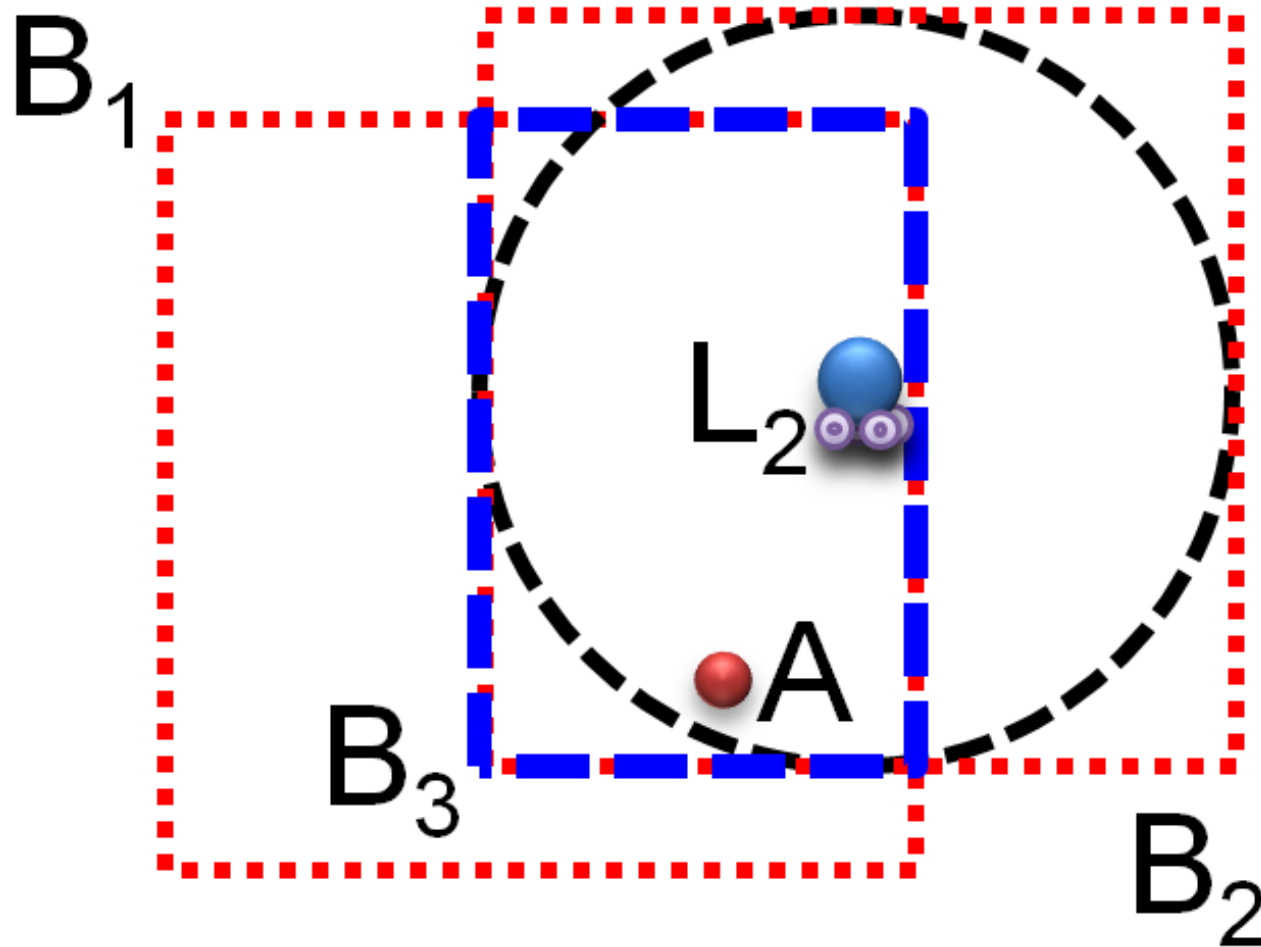


圖4.23(a): Mobile anchor進出感測器其通訊範圍兩次，即可得到一點位置資訊

- 準確位置(Accurate location)

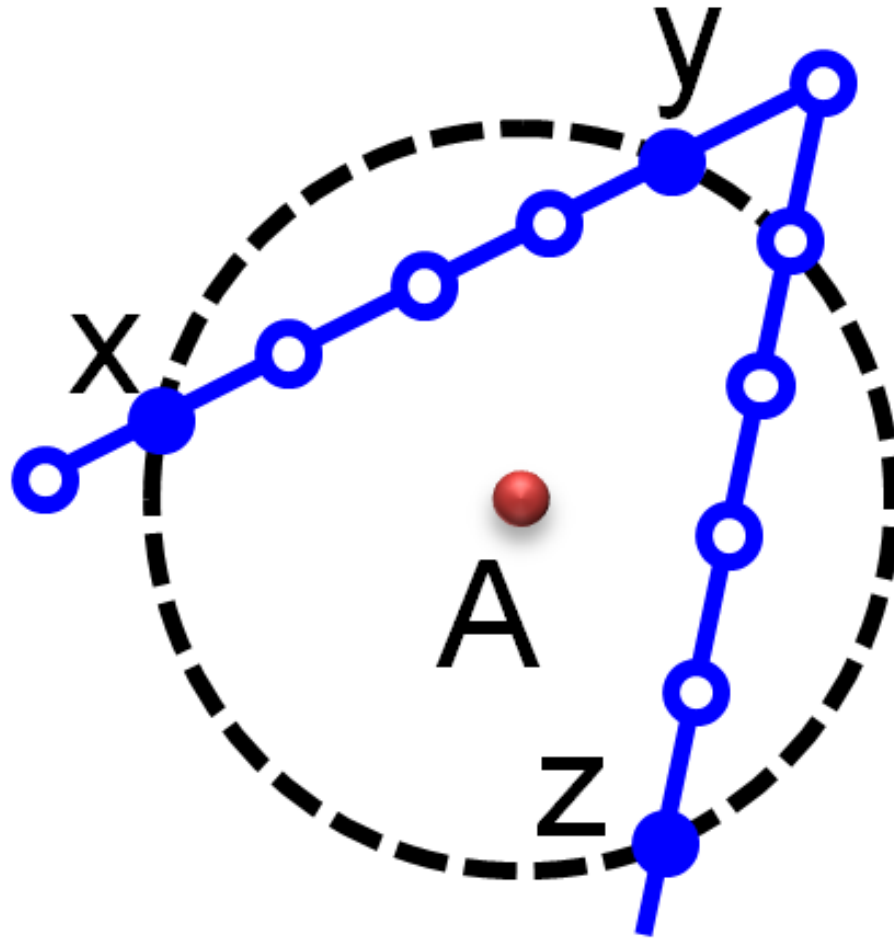


圖4.23(b): Mobile anchor進出感測器其通訊範圍兩次，即可得到一點位置資訊

- 準確位置(Accurate location)

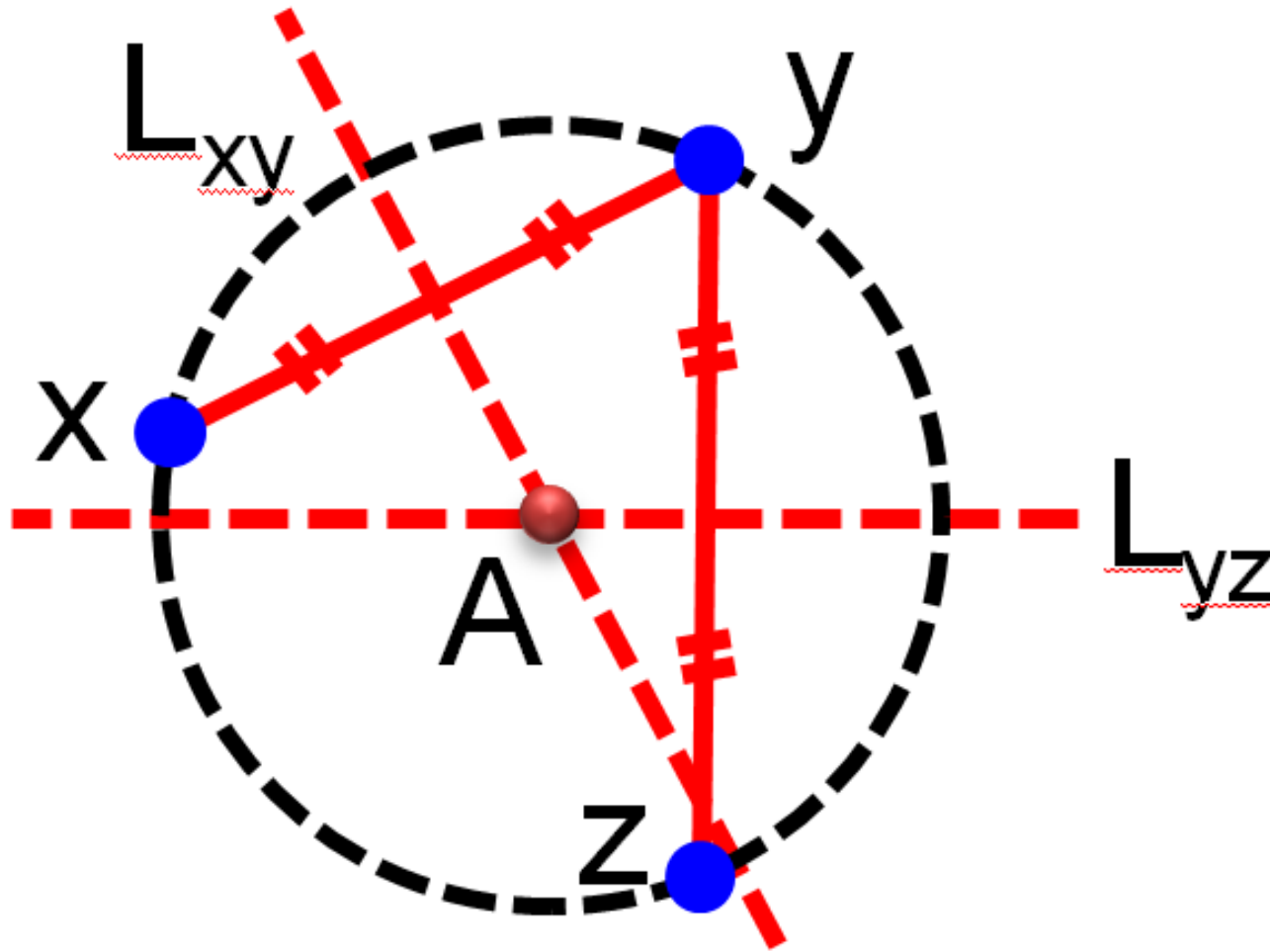


圖4.24(a): 現存的 Range free 定位技術，仍存在誤差的可能性

- 準確位置(Accurate location)

- 現實世界中，mobile anchor並非連續發送位置資訊，這間接影響感測器的定位結果。
- 真實環境下，得依據場景的定位精準度需求，選擇最適合定位技術。

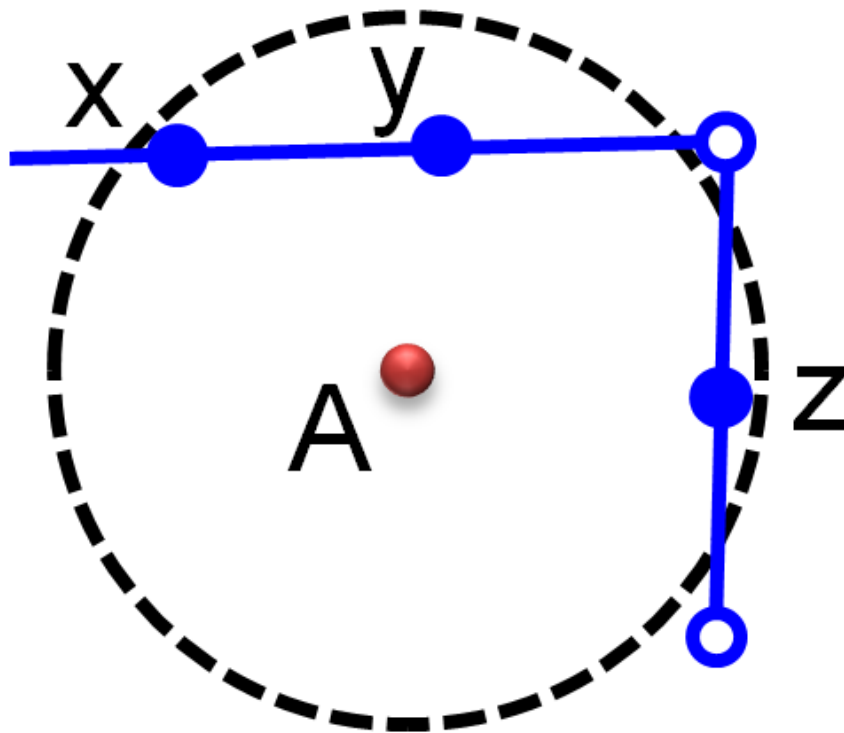
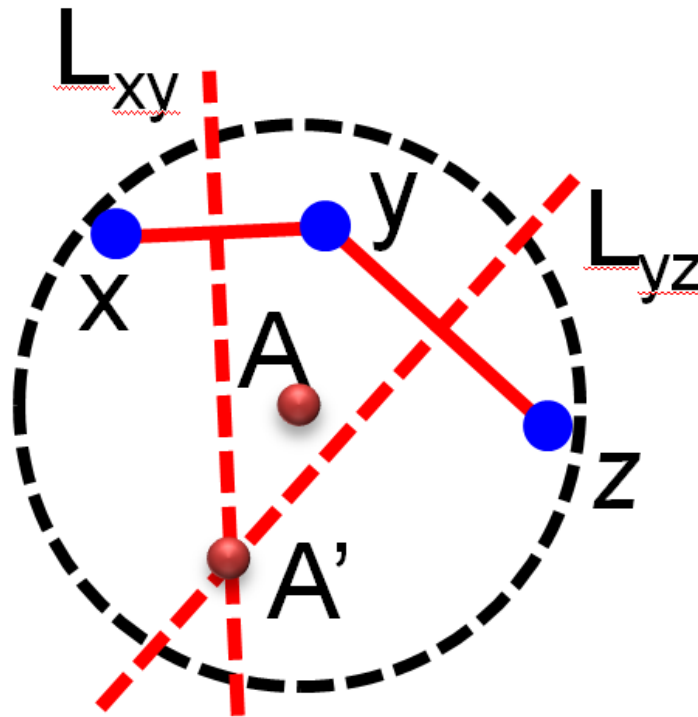


圖4.24(b): 現存的 Range free 定位技術，仍存在誤差的可能性

● 準確位置(Accurate location)

- 現實世界中，mobile anchor並非連續發送位置資訊，這間接影響感測器的定位結果。
- 真實環境下，得依據場景的定位精準度需求，選擇最適合定位技術。



無線感測網路之覆蓋技術

- 覆蓋議題可分為
 - 目標物覆蓋 (Target coverage)
 - 邊界覆蓋 (Barrier Coverage)
 - 區域覆蓋 (Area Coverage)

圖4.25：目標覆蓋應用於軍事監控

- 目標物覆蓋 (Target coverage)
 - 在感興趣的目標物放置感測器



無線感測網路之覆蓋技術

- 目標物覆蓋 (Target coverage)
 - 依覆蓋要求可分為兩類
 - Spatial coverage
 - Temporal coverage (Sweep coverage)

圖 4.26(a) : Spatial coverage

- 目標物覆蓋 (Target coverage)
 - Spatial coverage

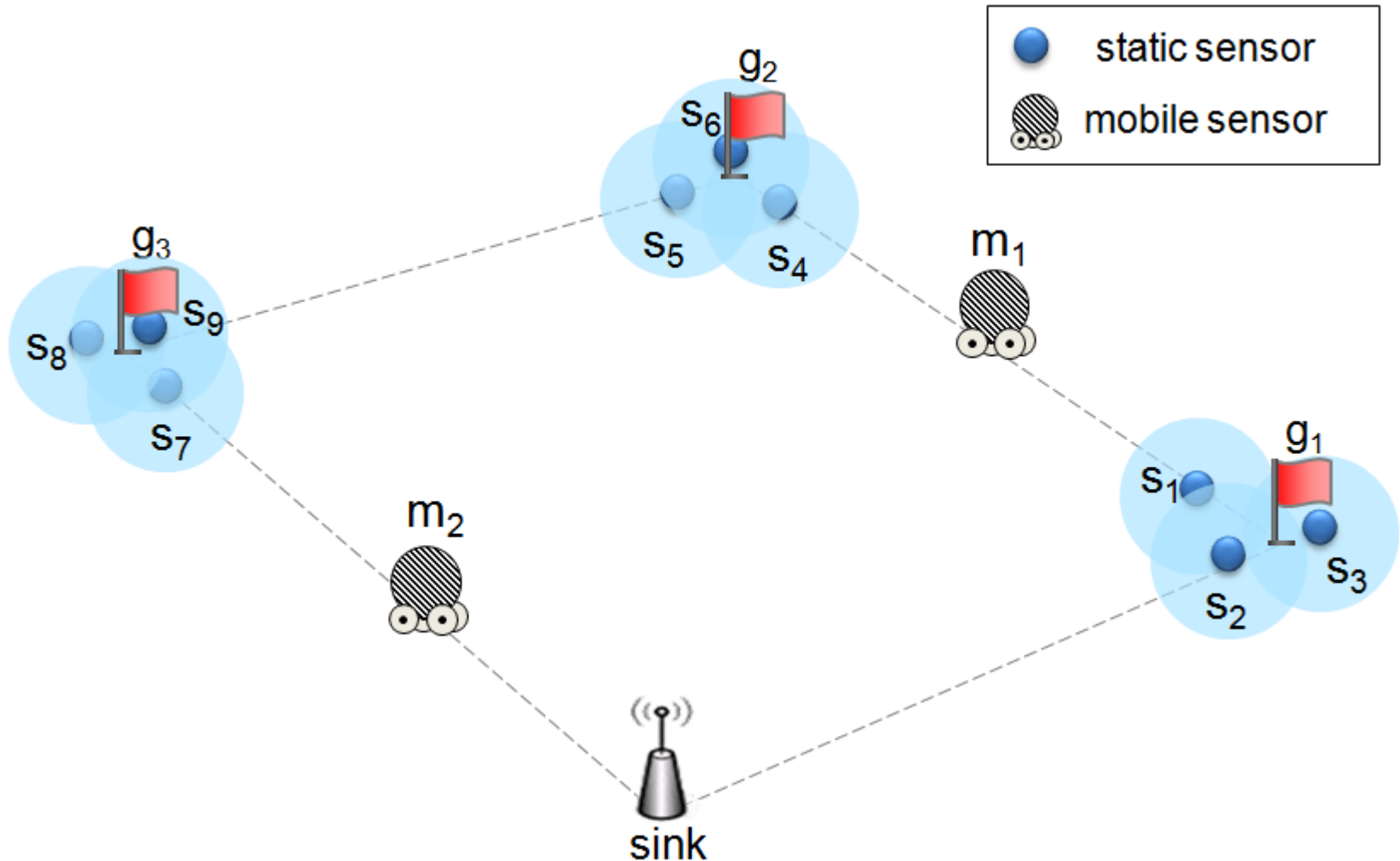


圖 4.26(b) : Sweep coverage

- 目標物覆蓋 (Target coverage)
 - Temporal coverage (Sweep coverage)

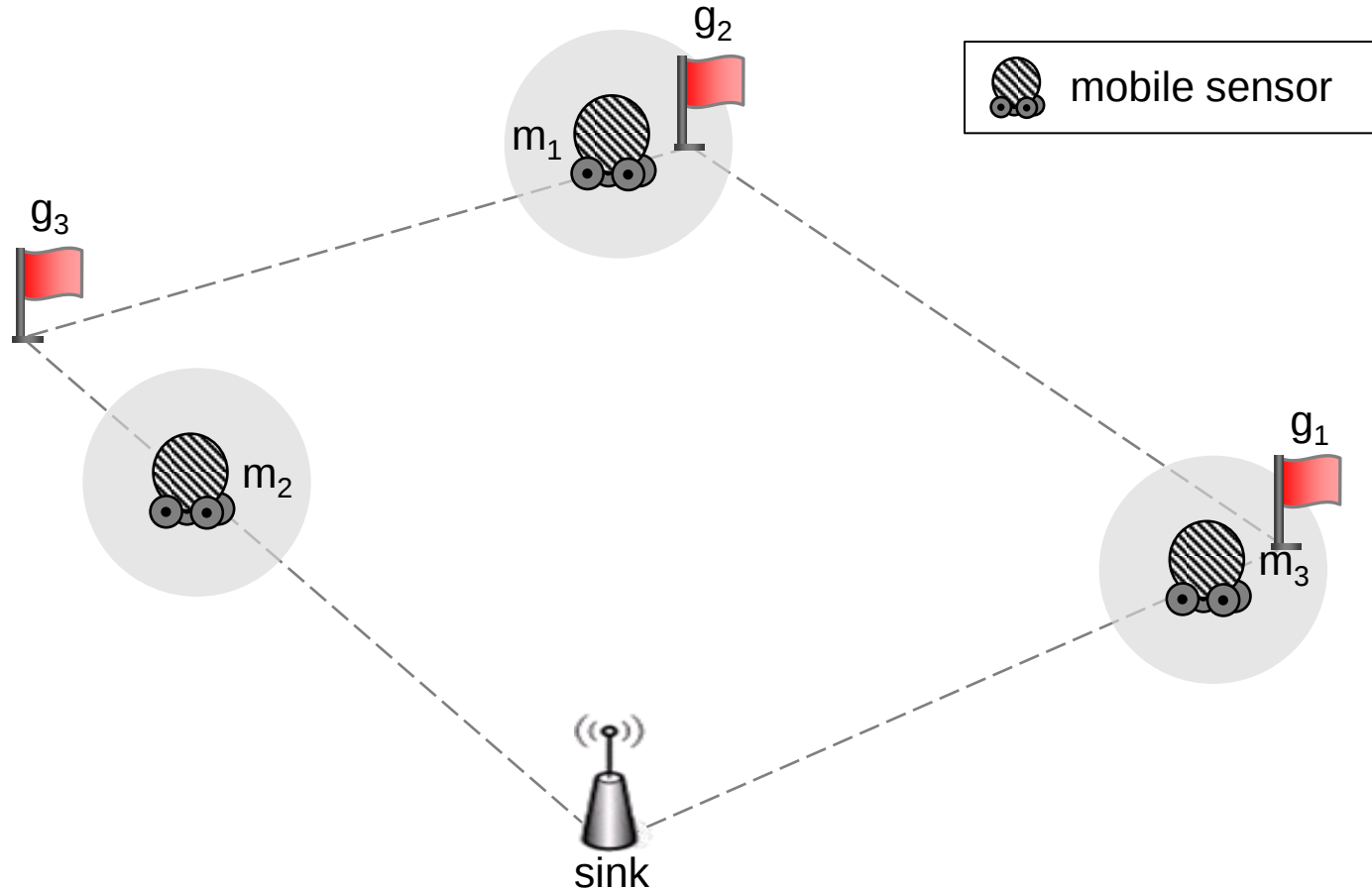


圖4.27：邊界覆蓋 (Barrier coverage)

- 邊界覆蓋 (Barrier coverage)



Intruder

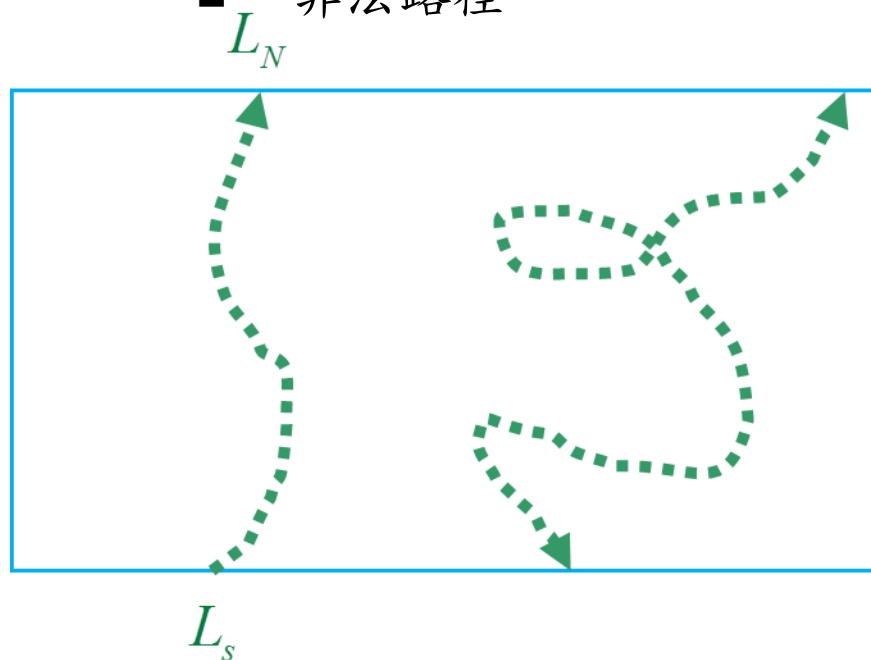
圖4.28：(a)合法入侵路徑(b)非法入侵路徑

● 邊界覆蓋 (Barrier coverage)

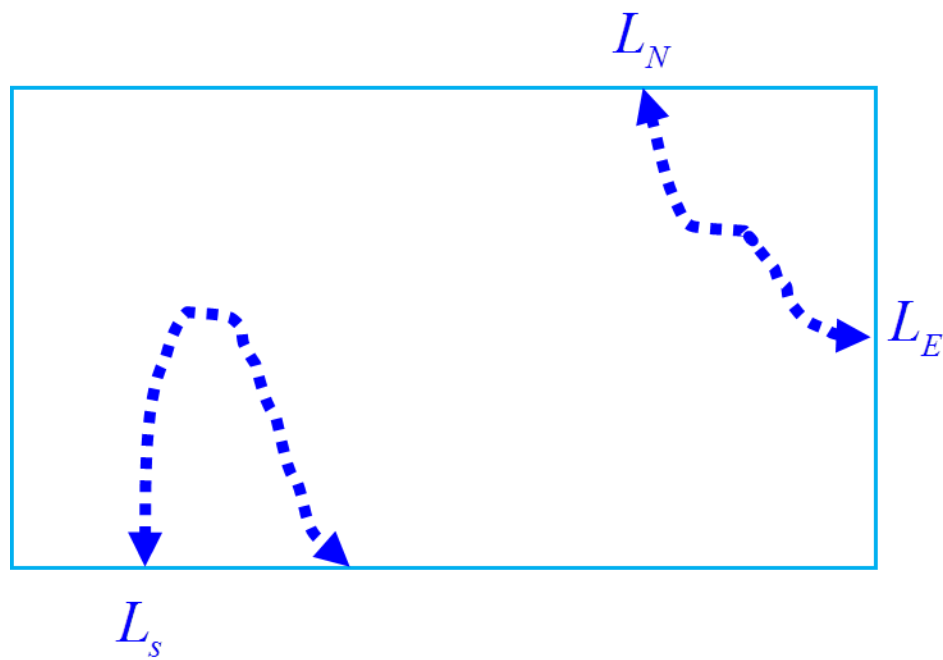
□ 入侵路徑

■ 合法路徑

■ 非法路徑



合法路徑



非法路徑

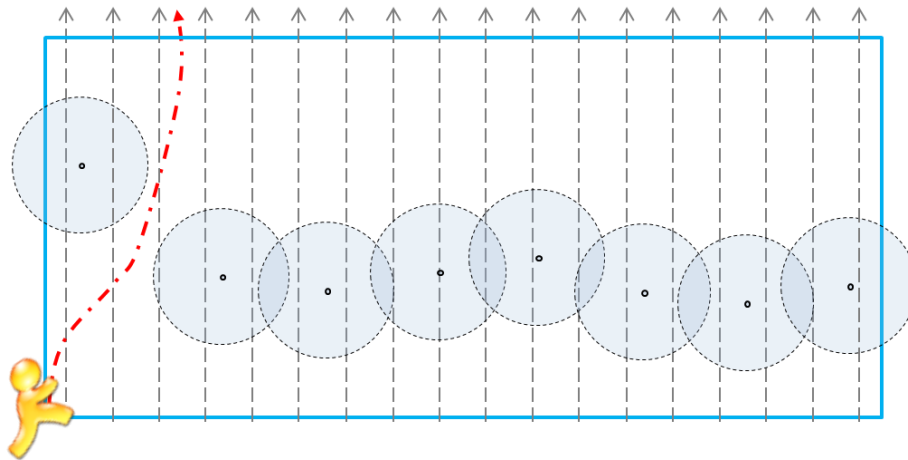
圖4.29：(a) weak k- barrier coverage(b) strong k- barrier coverage

● 邊界覆蓋 (Barrier coverage)

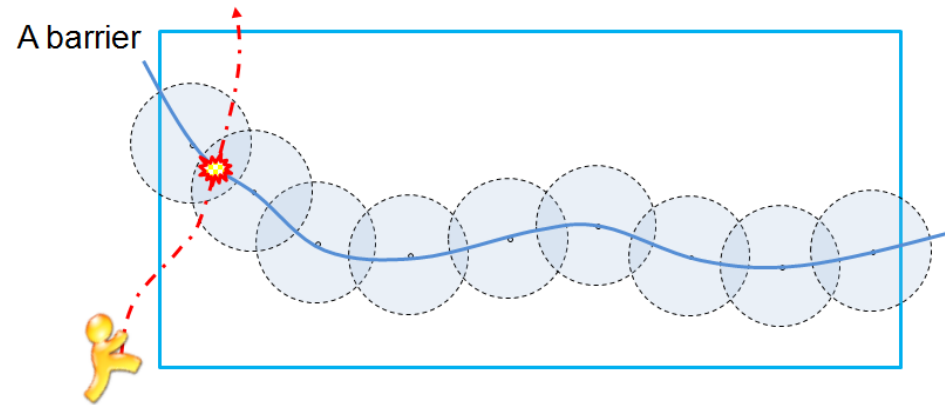
□ K-barrier Coverage

■ Weak K-barrier Coverage

■ Strong K-barrier Coverage



Weak K-barrier Coverage



Strong K-barrier Coverage

圖30：(a) 虛擬網格大小

- 邊界覆蓋 (Barrier Coverage)

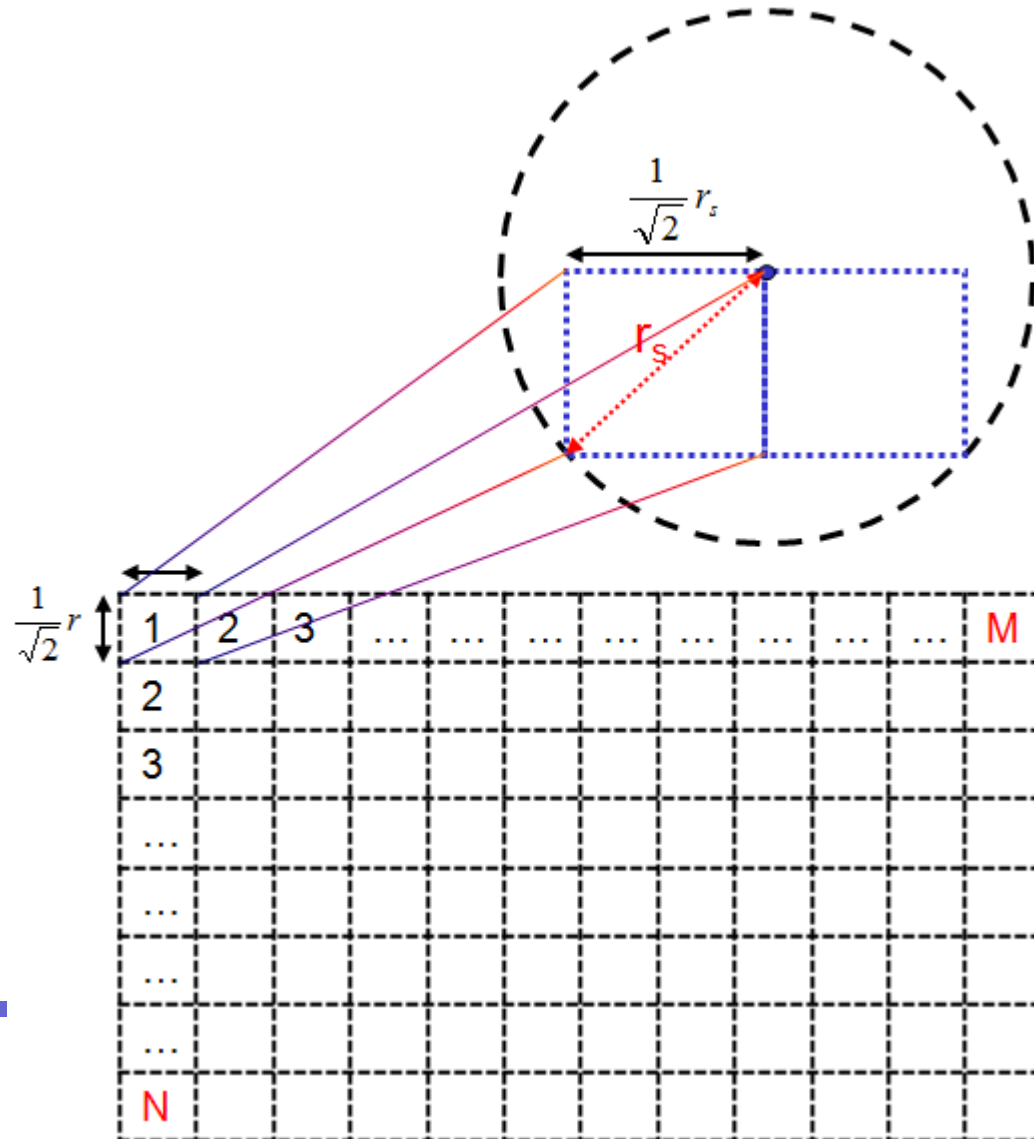


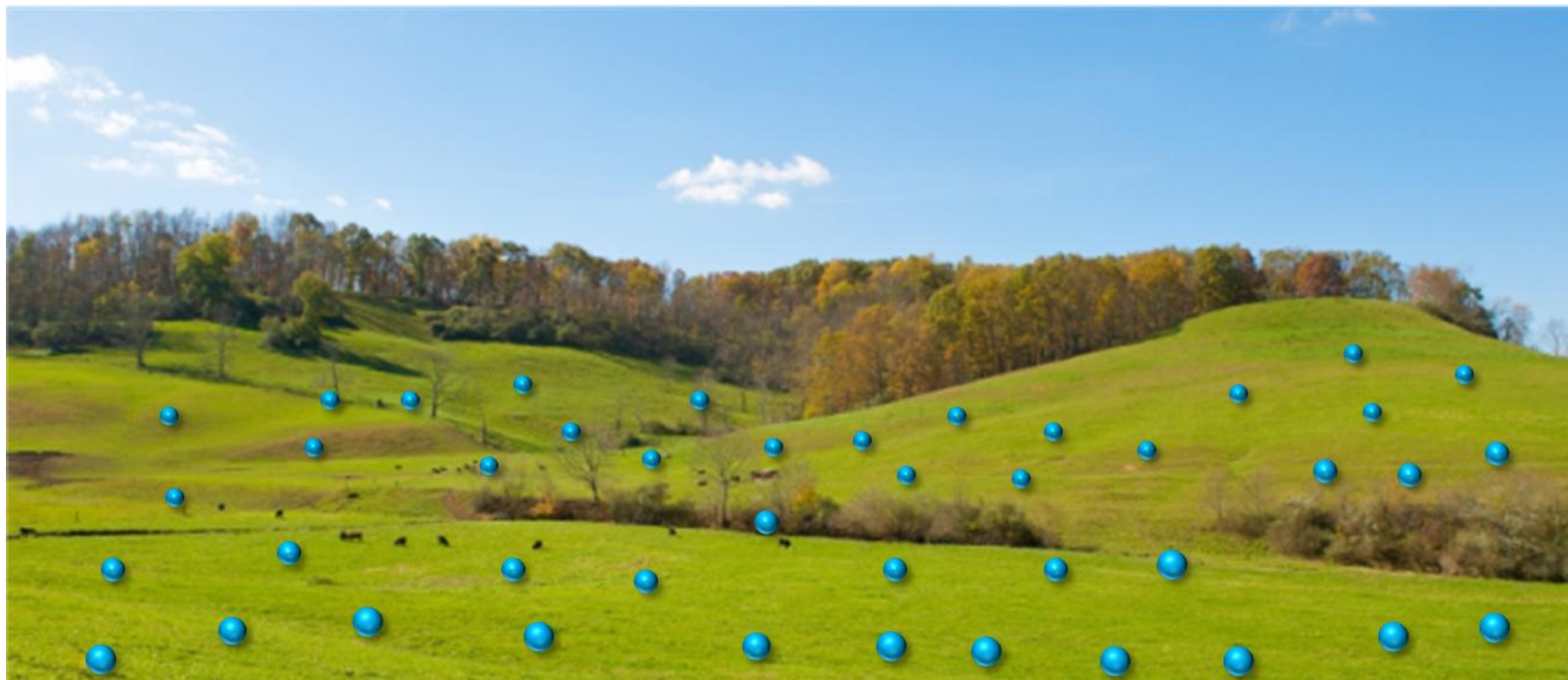
圖30：(b)挑選虛擬網格建構防禦邊界

- 邊界覆蓋 (Barrier coverage)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	2	1	1	1	2	1	2	2	2
2	1	2	1	2	2	2	1	3	3	3
3	2	3	3	3	2	1	3	2	3	2
4	3	4	2	3	4	2	3	2	3	3
5	3	4	4	5	4	5	4	4	1	3
6	3	3	2	3	2	3	3	4	4	4
7	2	2	3	3	3	3	4	4	5	5

圖4.31：佈建大量的感測器於農田中，以達到區域覆蓋的目的

- 區域覆蓋 (Area coverage)



無線感測網路之覆蓋技術

- 區域覆蓋 (Area coverage)

- 依覆蓋要求分為兩類

- Spatial coverage

- Temporal coverage

圖4.32：(a) Spatial full coverage 監控場景被感測器完全覆蓋

- 區域覆蓋 (Area coverage)
 - Spatial coverage

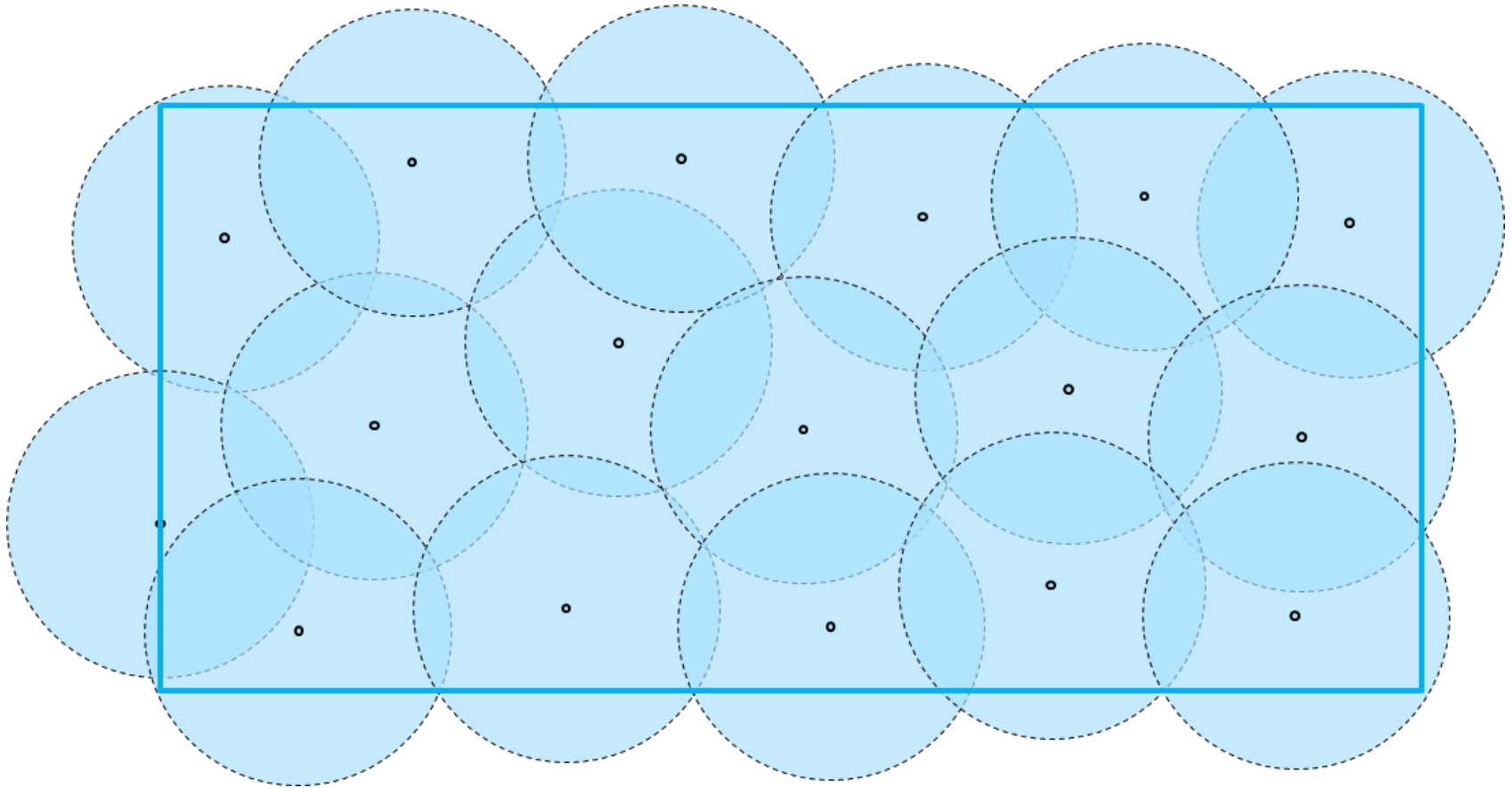
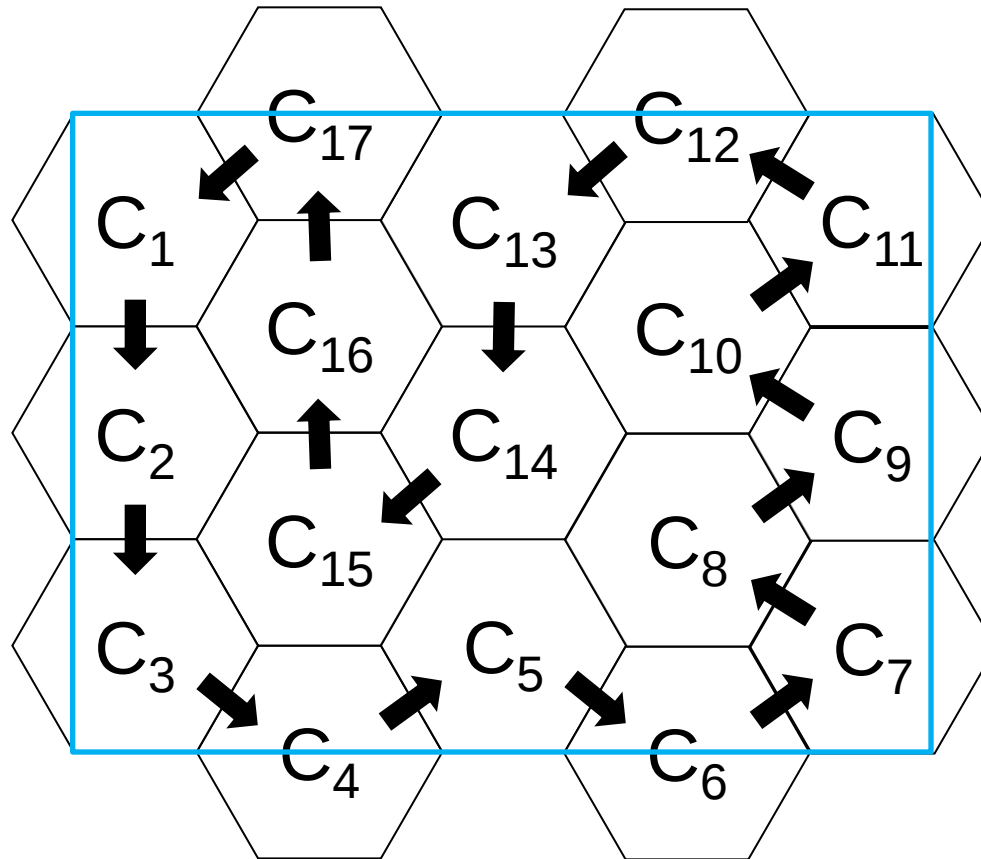


圖4.32：(b) Sweep Full Coverage監控場景可透過行動感測器在一定的時間內完全覆蓋

- 區域覆蓋 (Area coverage)
 - Temporal coverage



無線感測網路之資料收集與省電機制

- 資料收集是無線感測網路最重要的任務之一
 - 收集網路中每個感測器週遭的環境或事件資訊
- 感測器本身的能量供應主要皆來自電池
 - 如何節能以延長網路生命週期將是關鍵要素

感測網路之資料收集與省電機制

- 無線感測網路之資料收集機制
 - 固定式感測器(Static sensor)
 - 移動式感測器(Mobile sensor)

圖4.33: 資料收集繞徑樹 (routing tree)

- 固定式感測器 (Static sensor)
 - 建立一棵資料收集繞徑樹 (routing tree)
 - 將資料收集中心 (sink) 做為一棵樹的樹根 (root)
 - 其餘感測器對樹根建立路由樹
 - 藉由多重跳躍傳遞的方式回傳資料

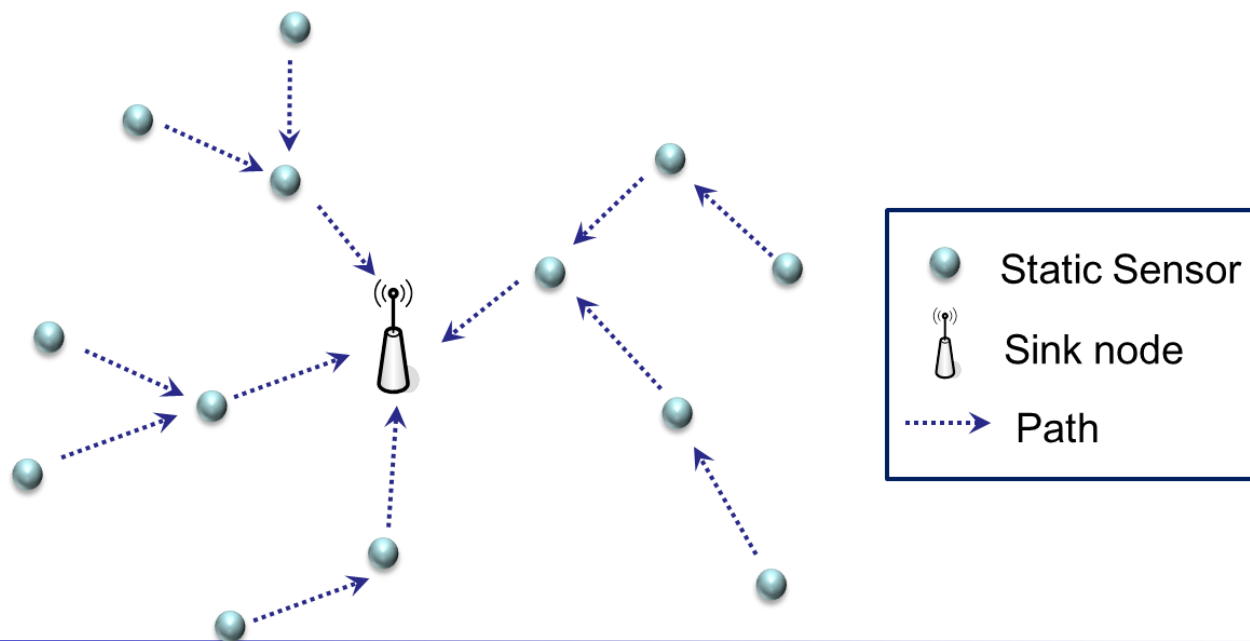
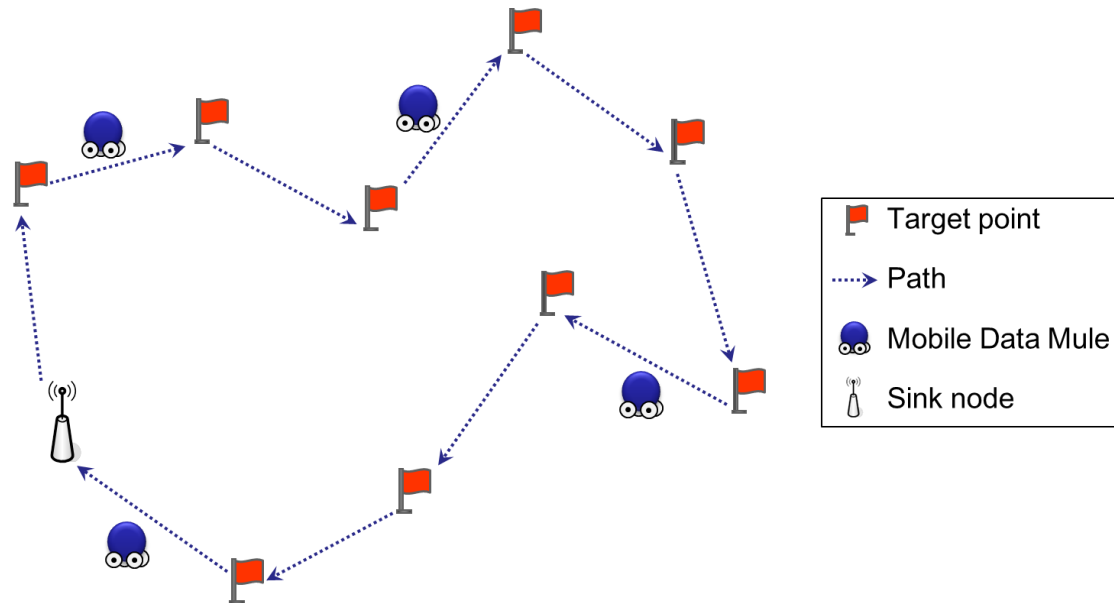


圖4.34: 建立巡邏路徑進行感測器之資料收集

● 移動式感測器(Mobile Sensor)

□ 第一類

- 在一個佈滿固定的感測器(Static Sensor)的環境中
- 利用mobile sensor的移動性挑選網路中許多重要的位置停駐
- 建立一條巡邏路徑以收集資料
- 達到固定的感測器電量平衡的目的



無線感測網路之資料收集與省電機制

- 移動式感測器(Mobile Sensor)

- 第二類

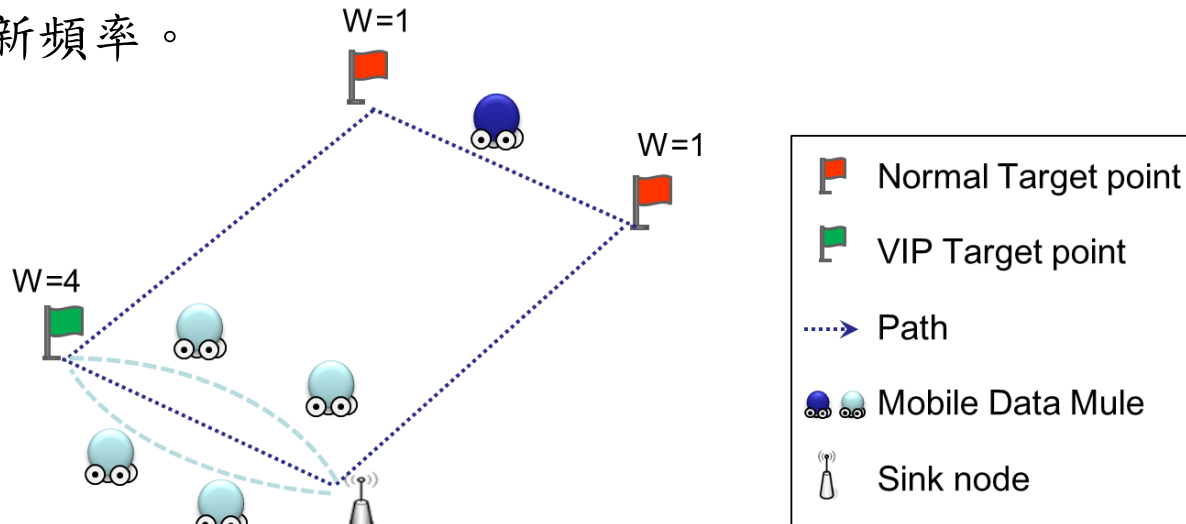
- 考慮監控場景為多個不連續的子網路(cluster)所組成，每個子網路為連通
 - 各子網路中挑選一資料收集節點(cluster head)
 - 各感測器利用多步繞徑的方式將資料傳送至此節點(cluster head)
 - 再由行動式資料收集站(Mobile Data Mule)巡邏進行資料收集的動作

圖4.35: 不同重要性的感興趣的位置點

● 移動式感測器(Mobile Sensor)

□ 第三類

- 考慮場景中有許多我們所感興趣的位置點 (Points of Interest, POIs)
- POIs具有不同的重要性，給予不同的拜訪頻率。
- 權重值較高的POIs可頻繁被拜訪，提高其資料收集的頻率。
- 使行動式資料收集站巡邏迴路時，每個POIs均可達到穩定的資料更新頻率。



無線感測網路之資料收集與省電機制

● 無線感測網路之省電機制

- 在無線感測網路中，主要有幾個因素會造成電量消耗
 - 監聽(Idle listening)：最主要電量消耗。
 - 傳送控制封包所需要的成本。
 - 重新傳送封包所導致的碰撞問題。
 - 不必要的高電量傳輸。
- 為了盡量減少電量消耗
 - 醒睡周期(duty cycle)

圖4.36: 醒睡周期

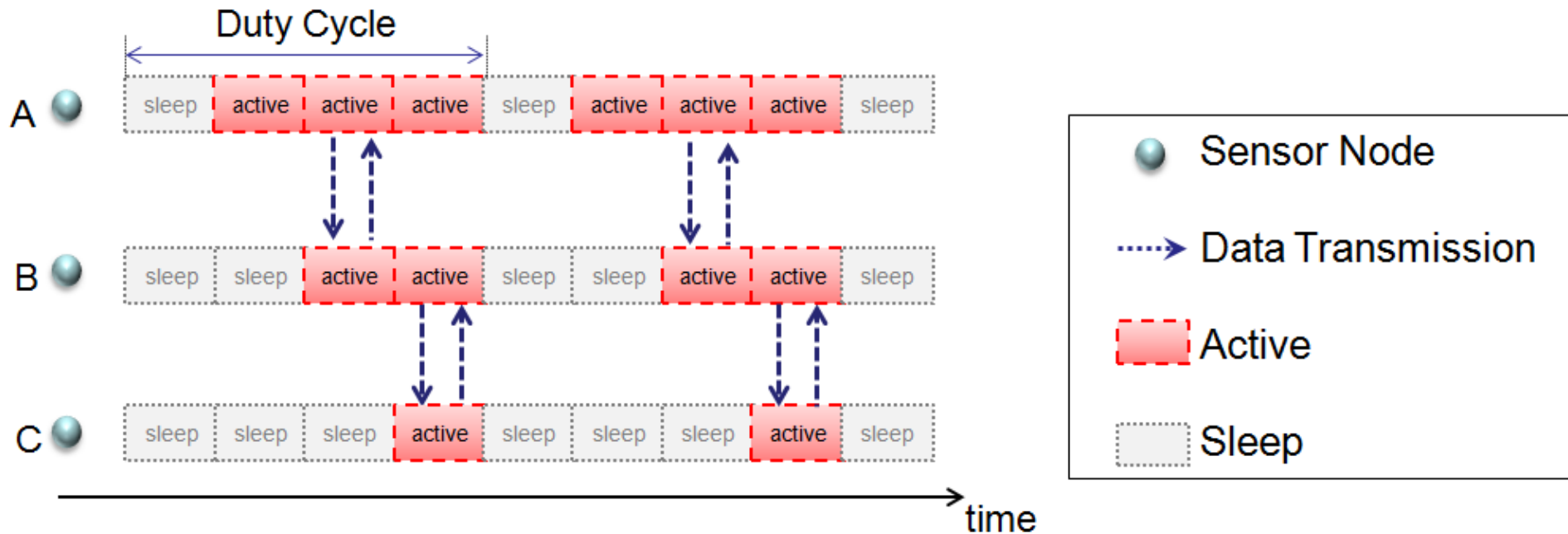
● 醒睡周期(duty cycle)

□ 每個sensor

■ Duty cycle

■ 同時在active時，才可交換資料

■ 如此，可以節省整個網路和自己本身的電量



無線感測網路之資料收集與省電機制

● 醒睡周期機制之一：S-MAC

- 傳輸週期分成聆聽時段(Listen period)和睡眠時段(Sleep period)。
- 所有感測節點必須事先和鄰近的節點進行時間同步。
- 在聆聽時段監聽網路中是否有節點欲與自己進行資料傳輸。
- 送者(Sender)欲傳送資料前，需先將其醒睡周期告知收者(Receiver)。

無線感測網路之資料收集與省電機制

- ❑ 收者聽到此訊息之後，就可和送者進行醒睡同步的動作。
- ❑ 送者發送Request-to-Send (RTS)封包給收者，並在成功接收到收者回傳Clear-to-Send(CTS)封包後，就可在接下來的時段進行資料傳輸。
- ❑ 而其餘不需要傳送資料的感測節點，則在該時段(Sleep mode)進入睡眠模式。

無線感測網路之資料收集與省電機制

● 結論

- 在本章節之中，我們介紹了一些常見的資料收集方法和省電機制，根據上述的方法，可以讓感測器有效率的收集資料，並藉由省電機制，讓整個網路場景的生命週期可以提升，以達到效能最佳化。

結論

- 無線感測網路的快速發展，亦帶動了許多感測器之應用。
 - 例如工業、醫療產業之應用。
 - 協助發展精緻農漁業或是環境監控和維護公安等。
 - 增添了日常生活中的便利，也節省許多的時間和金錢。
- 無線感測網路的未來趨勢
 - 不再只是被動的偵測環境、監控事件。
 - 直接與使用者面對面、即時反應各項的需求。
 - 過去遠端監視的應用將可以進階到即時性地遠端處理相關事件。

習題

1. 請說明感測器的硬體由哪四個單元所組成的？
2. 請解釋無線感測網路的定義。
3. 在ZigBee的Beacon Mode中，每個網路的協調者會定義一個超級訊框的架構，請繪圖說明超級訊框的架構為何？
4. 請說明貪婪式路由協定的概念。
5. 資料收集的方式分為哪幾種，其中各有甚麼差別？
6. 省電機制對於整個無線感測網路有何幫助？
7. 請說明什麼情況會造成無線感測網路中出現障礙物。

習題

8. 請繪圖說明在Zigbee協定下，當協調者(coordinator)欲傳輸資料給裝置(device)時，Beacon Mode與Non-Beacon Mode的傳輸程序。
9. 請說明MAC的用途
10. 請問設計一個良好的MAC協定時，需要注意到甚麼？
11. 請問何謂同步與非同步MAC協定？
12. 依照不同的覆蓋應用可將覆蓋(Coverage)問題劃分為三類，請問分別是哪三類？

習題

13. 請列舉兩種歸類在目標覆蓋的應用?
14. 請列舉兩個會造成網路空洞的原因?
15. 在目標覆蓋中，依照被覆蓋的時間長短可再細分為兩類，請問分別是哪兩類?

參考文獻

1. <http://zh.wikipedia.org/wiki/> , 行動電話系統。 Smart Dust Project, <http://robotics.eecs.berkeley.edu/~pister/SmartDust/>
2. TinyOS , <http://www.tinyos.net/>
3. Eclipse , <http://eclipse.org/>
4. IAR Embedded Workbench , <http://www.iar.com/>
5. ZigBee Alliance Inc., <http://www.zigbee.org/>
6. ZigBee, a technical overview of wireless technology, <http://zigbee.hasse.nl/>

參考文獻

7. What is ZigBee? A Tutorial on the Basics of ZigBee – RF design magazine, zigbee, http://rfdesign.com/next_generation_wireless/who-needs-zigbee/
8. J. Polastre, J. Hill and D. Culler, “Versatile low power media access for wireless sensor networks,” ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (ACM SensSys), pp 95-107, Nov. 2004.
9. W. Ye, J. Heidemann, and D. Estrin, “Medium Access Control With Coordinated Adaptive Sleeping for Wireless Sensor Networks,” IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 12, no. 3, June 2004.

參考文獻

10. B. Karp and H.T. Kung, “Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks,” ACM The Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (ACM MobiCom), pp. 243-254, Aug. 2000.
11. C. H. Lin, S. A. Yuan, S. W. Chiu, M. J. Tsai, “ProgressFace: An Algorithm to Improve Routing Efficiency of GPSR-Like Routing Protocols in Wireless Ad Hoc Networks,” IEEE Transactions on Computers, vol. 59, no. 6, pp. 822-834, June 2010.

參考文獻

12. D. Rango, F. Guerriero, P. Fazio, “Link-Stability and Energy Aware Routing Protocol in Distributed Wireless Networks,” IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems (IEEE TPDS), vol. 23, no. 4, pp. 713-726, Apr. 2012.
13. A. L. Ekuakille, P. Vergallo, D. Saracino, A. Trotta, “Optimizing and Post Processing of a Smart Beamformer for Obstacle Retrieval,” IEEE Sensors Journal, vol. 12, no. 5, pp. 1294-1299, May 2012.

參考文獻

14. G. Ajwani, C. Chu, W. K. Mak, “FOARS: FLUTE Based Obstacle-Avoiding Rectilinear Steiner Tree Construction,” IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems, vol. 30, no. 2, pp. 194-204, Feb 2011.
15. C. Y. Chang, C. T. Chang, Y. C. Chen, and H. R. Chang, “Obstacle-Resistant Deployment Algorithms for Wireless Sensor Networks,” IEEE Transactions on Vehicular Technology (IEEE TVT), vol. 58, no. 6, pp. 2925-2941, Jul. 2009.

參考文獻

16. S. Zhang, J. Cao, L. Chen, and D. Chen, “Accurate and Energy-Efficient Range-Free Localization for Mobile Sensor Networks,” *IEEE Transactions on Mobile Computing (IEEE TMC)*, vol. 9, no. 6, pp.897–910, Jun. 2010.
17. K. F. Ssu, C. H. Ou, and H. C. Jiau, “Localization with Mobile Anchor Points in Wireless Sensor Networks,” *IEEE Transactions on Vehicular Technology (IEEE TVT)*, vol. 54, no. 3, pp. 1187–1197, May 2005.

參考文獻

18. C. Y. Chang, L. L. Hung, Y. C. Chen and M. H. Li, “On-Supporting Energy Balanced K-Barrier Coverage in Wireless Sensor Networks,” IEEE Wireless Communications and Mobile Computing (IEEE IWCMC), pp. 274-278, 2009.
19. C. Y. Chang, W. C. Chu, C. Y. Lin, C. F. Cheng, “Energy-balanced hole-movement mechanism for temporal full-coverage in mobile WSNs,” IEEE Wireless Communications and Mobile Computing (IEEE IWCMC), 2010.

參考文獻

20. E. Ekici, Y. Gu and D. Bozdag, “Mobility-Based Communication in Wireless Sensor Networks,” IEEE Communications Magazine, pp. 56-62, August 2006.
21. M. Zhao and Y. Yang, “A Framework for Mobile Data Gathering with Load Balanced Clustering and MIMO Uploading,” The 2011 IEEE Conference on Computer Communications (IEEE INFOCOM), Shanghai, China, April 2011.
22. G. Xing, M. Li, T. Wang, W. J and J. Huang, “Rendezvous Algorithms for Wireless Sensor Networks with a Mobile Base Station,” IEEE Transactions on Mobile Computing (IEEE TMC), May 2011.

參考文獻

23. M. Zhao, M. Ma and Y. Yang, “Mobile Data Gathering with Space-Division Multiple Access in Wireless Sensor Networks,” The 2008 IEEE Conference on Computer Communications (IEEE INFOCOM), Apr. 2008.
24. M. Zhao, Y. Yang, “Data Gathering in Wireless Sensor Networks with Multiple Mobile Collectors and SDMA Technique Sensor Networks,” The 2010 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (IEEE WCNC), Apr. 2010.

參考文獻

25. R. Sugihara and R. K. Gupta, “Optimal Speed Control of Mobile Node for Data Collection in Sensor Networks,” The IEEE Transactions on Mobile Computing (IEEE TMC), vol. 9, no. 1, pp.127-139, Jan. 2010.
26. F. J. Wu, C. F. Huang and Y. C. Tseng, “Data Gathering by Mobile Mules in a Spatially Separated Wireless Sensor Network,” Mobile Device Management (MDM), Mar. 2009.

參考文獻

27. Y. C. Tseng, W. T. Lai, C. F. Huang, and F. J. Wu, “Using Mobile Mules for Collecting Data from an Isolated Wireless Sensor Network,” The 2010 IEEE International Conference on Parallel Processing (IEEE ICPP), Sep. 2010.
28. M. Xi, K. Wu, Y. Qi, J. Zhao, Y. Liu, M. Li, “Run to Potential: Sweep Coverage in Wireless Sensor Networks,” The 2009 IEEE International Conference on Parallel Processing (IEEE ICPP), Sep. 2009.

參考文獻

- 29. C. Liu and G. Cao, “Distributed Critical Location Coverage in Wireless Sensor Networks with Lifetime Constraint,” The 2012 IEEE Conference on Computer Communications (IEEE INFOCOM), Mar. 2012.
- 30. J. Du, Y. Li, H. Liu and K. Sha, “On Sweep Coverage with Minimum Mobile Sensors,” The 2010 IEEE International Conference on Parallel and Distributed Systems (IEEE ICPADS), Dec. 2010.
- 31. M. Li, W. Cheng, K. Liu, Y. He, X. Y. Li and X. Liao, “Sweep Coverage with Mobile Sensors,” The IEEE Transactions on Mobile Computing (IEEE TMC), vol. 10, no. 11, Nov. 2011.

參考文獻

32. C. Y. Chang, C. Y. Lin, C. Y. Hsieh and Y. J. Ho, “Patrolling Mechanisms for Disconnected Targets in Wireless Mobile Data Mules Networks,” The 2011 IEEE International Conference on Parallel Processing (IEEE ICPP), Taiwan, Sep. 2011.
33. W. Ye, J. Heidemann and D. Estrin, “Medium Access Control With Coordinated Adaptive Sleeping for Wireless Sensor Networks,” IEEE/ACM Transaction on Network, vol. 12, No. 3, June 2004.