
Chapter 8: 無線體域網路

Prof. Yuh-Shyan Chen

Department of Computer Science and
Information Engineering

National Taipei University

目錄

8-1 無線體域網路概述

8-2 通訊架構

8-3 無線通訊技術

8-4 媒介存取控制層

8-5 網路層

無線體域網路概述

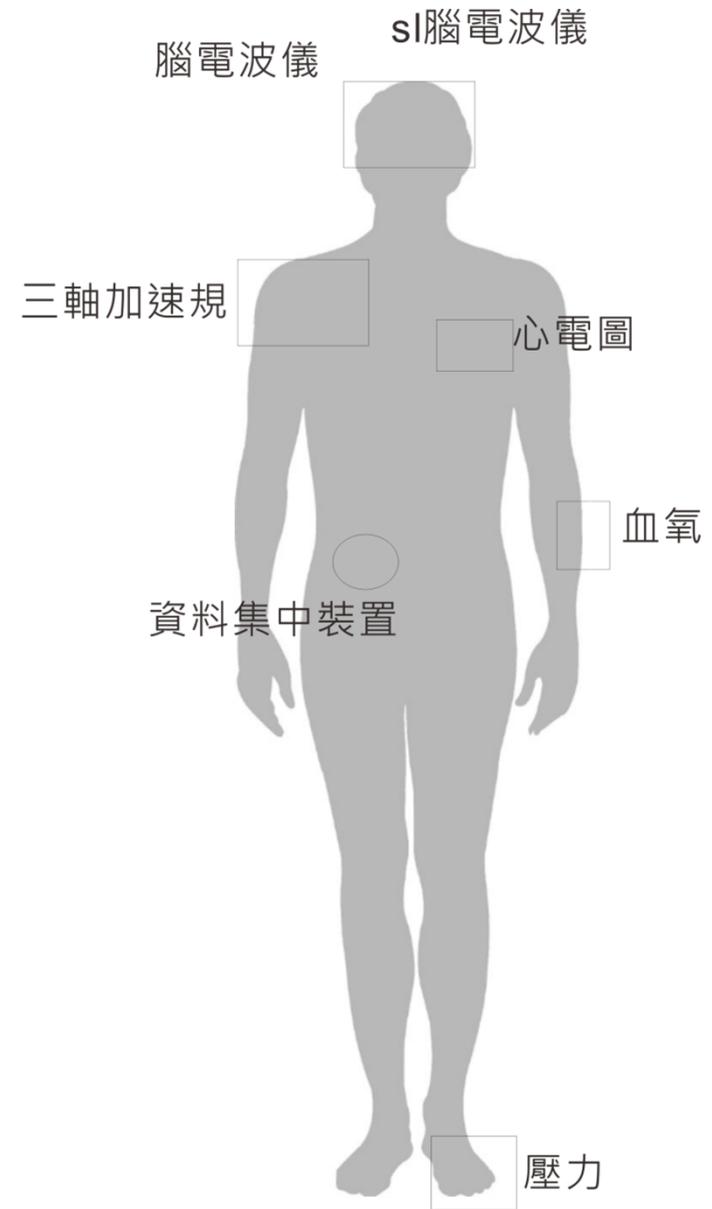
- 目前的衛生保健系統使得人口迅速增長，全球現有10%以上的人口是65歲以上的老年人，老年人口和不斷上升的醫療支出，這種全球性的趨勢預估到2050年每1個老人需要1.4位年輕人來負擔照顧的成本將對經濟造成致命性衝擊。
- 除了老年人口的問題外，隨著國人生活條件的富裕及健康觀念的改變，人們對自身健康問題越來越重視，所以「定期健康檢查」的觀念已逐漸在一般大眾心中形成，其目的是希望當疾病發生時，可以「早期發現，早期治療」以降低疾病對健康的損害。

無線體域網路概述

- 然而大部份的人都是感到身體不適時，才到醫院進行詳細之檢查與診斷，現在的醫學儀器與技術可以診斷出身體的疾病，但為時已晚，必須花費龐大之醫療照護資源或是長期忍受身體上的病痛。這樣的模式對於個人健康、生活品質以及社會醫療資源都不是正面的。所有這些統計數據表明，醫療保健需求的重大轉變，促使我們必須朝著更具擴展性和更經濟實惠的解決方案 [7]。

圖8.1: 感測器示意圖

- 隨著無線網路與感測設備技術的成熟，使得無線感測設備的體積可以縮小並使用在無線體域網路上，這些無線感測器被裝置在衣服或皮膚上，甚至於有些特殊的感測器被植入在皮膚下。



無線體域網路概述

- 可穿戴式健康監測系統，允許個人在他或她的生命體徵的變化密切監察，並提供反饋，以幫助維持最佳的健康狀態，如果這些系統集成到一個遠程醫療系統，甚至可以提醒醫務人員會發生危及生命的訊息，及時的處理。
- 藉由無線體域網路創新的應用，長期記錄各種生理訊號與活動紀錄以提高醫療保健和生活質量 [1]。

無線體域網路概述

- 在無線體域網路中的感測器可以量測多種的生理訊號，例如：心跳、血壓、血氧、血糖、體溫和心電圖。亦有學者研發各種不同的感測應用，例如：由雙加速規組合成之腰帶，雙加速規的位置位於髖關節的左右兩側，於運動時量測雙腳的步態訊號，並藉由藍芽方式傳輸至智慧型手機；步態辨識演算法能根據加速規的訊號計算出左右腳的步態參數，藉由分析可以評量運動量、運動姿勢是否正確，或提供運動教練檢測結果來制定運動健身計畫 [8]。

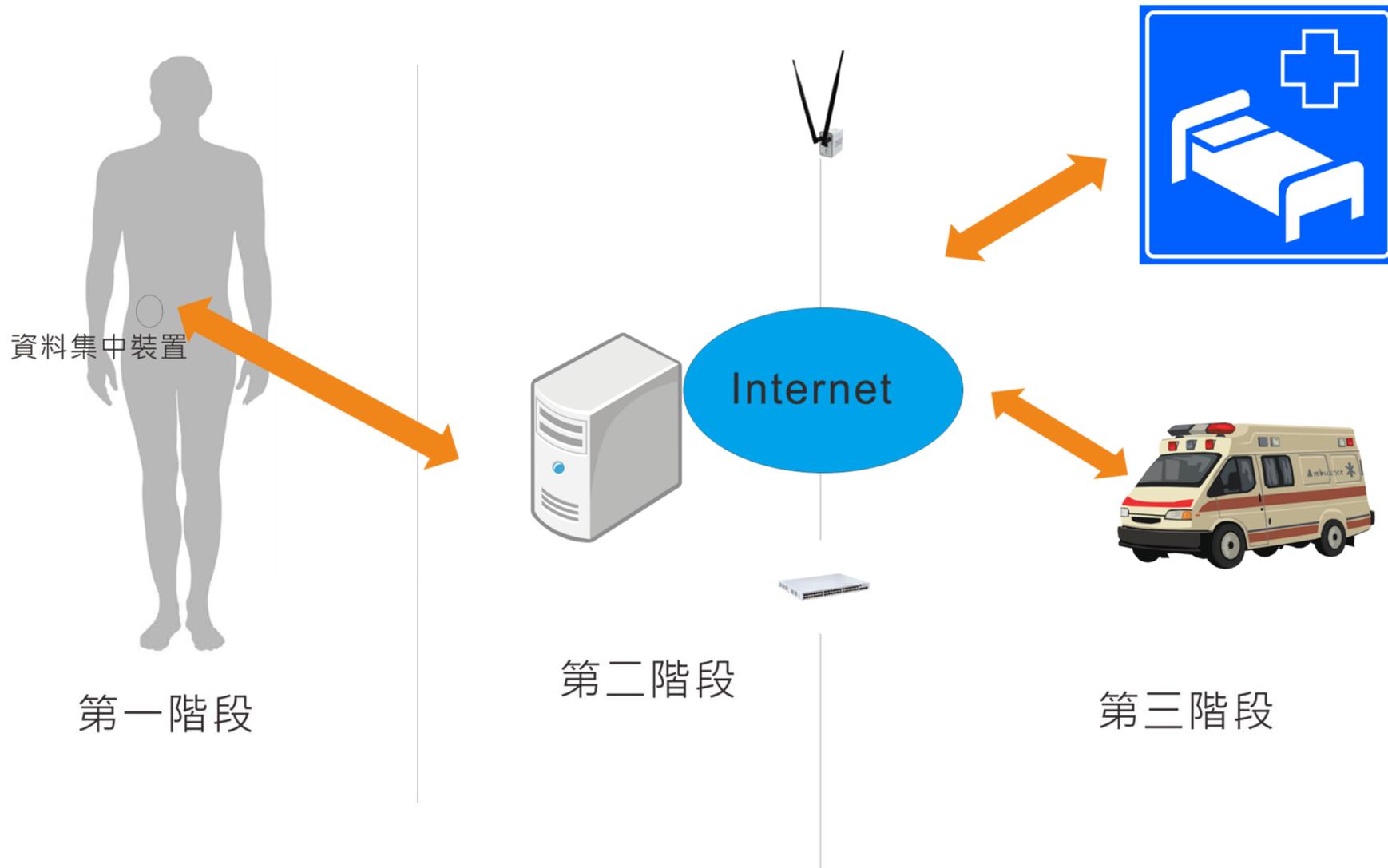
無線體域網路概述

- 另外在我國長庚醫院養生村的U-care系統中老人隨身佩戴WiFi收發器隨時掌握老人進出各種社交場合與活動時間的紀錄,藉由適當輔導提升他們達到身、心、靈平衡的健康狀態;當老人發生緊急事件時更可藉由定位系統通知附近工作人員提供即時的急救與照護 [9][10][11][12]。

無線體域網路概述

- 在本章節中將會針對無線體域網路中的通訊架構、媒介存取控制層、網路層和無線傳輸技術等做詳細的介紹。通訊架構中分成內部跟外部，內部為無線感測器與資料集中裝置 (Gateway) 的通訊，外部為資料集中裝置與外部伺服器的通訊。媒介存取控制層將探討分時多重存取 (TDMA) 與載波偵測多重存取 (CSMA) 兩種。網路層將探討各種不同的路由方法。無線傳輸技術中探討各種不同應用在無線體域網路的傳輸技術。

圖8.2: 無線體域網路架構



通訊架構

- 在無線體域網路中感測器的資料集中方式分成三個階段如圖8.2 [2]。
- 第一個階段為感測器與資料集中裝置通訊 (使用無線個人區域網路技術 Wireless personal area network, WPAN)，感測器會依不同的功能與運作方式收集參數並直接傳送至資料集中裝置，若具備運算能力之感測器會經過計算再傳送回資料集中裝置，這些感測器的計算能力會依不同的需求及情況改變。

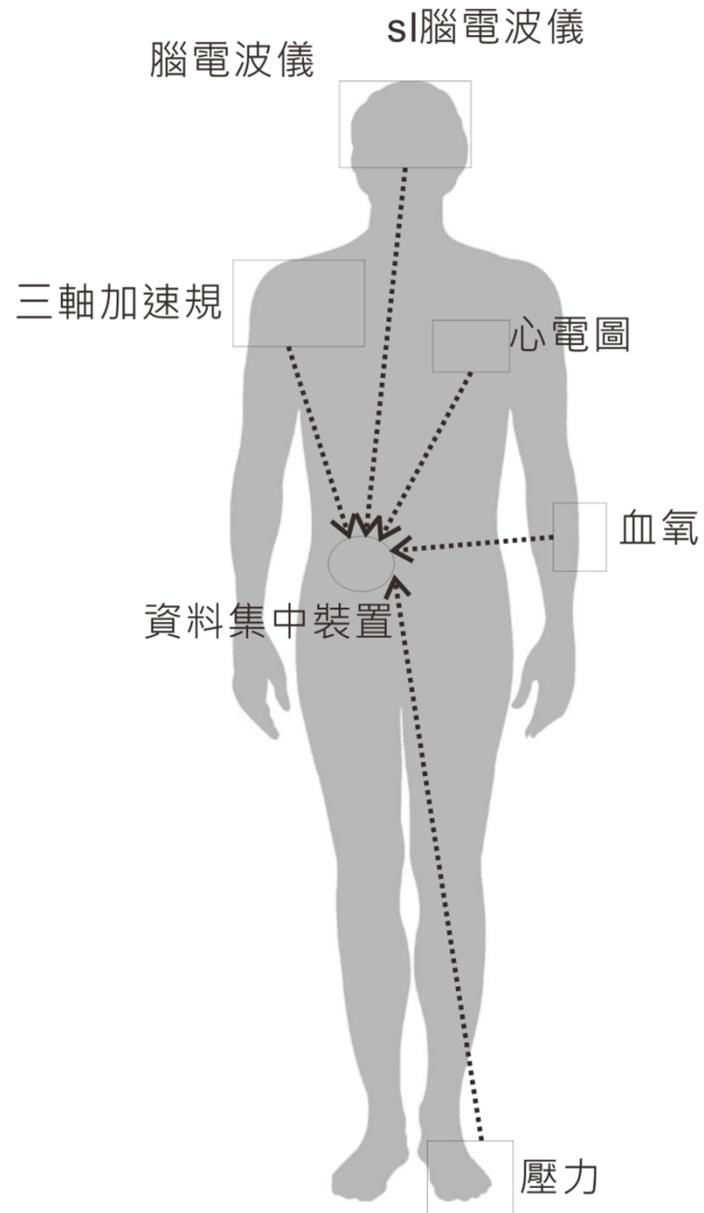
通訊架構

- 第二階段為資料集中裝置與外部伺服器 (可使用無線個人區域網路WPAN或無線區域網路Wireless Local Area Network , WLAN) , 在資料集中裝置收集一段時間後會將訊息傳送至外部伺服器。
- 第三階段為外部伺服器透過網際網路轉送至醫療中心, 資料作為醫療的參考或是健康狀況的監測, 而在緊急情況發生時資料集中裝置會傳送訊息至外部伺服器, 透過網際網路, 將緊急的訊息第一時間傳遞出去。以下內容將會針對第一與第二階段做詳細的介紹。

感測器與資料集中裝置通訊

- 各種不同的感測器會收集資料如圖8.3，根據不同的功能傳輸的頻率不一樣，因為感測器為了省電通常不具備太高的計算能力，因此資料傳輸至資料集中裝置時，資料集中裝置會再經過計算並將資料儲存，具備計算能力的感測器回傳資料就不會再經過處理。

圖8.3: 資料集中裝置收集感測器資料



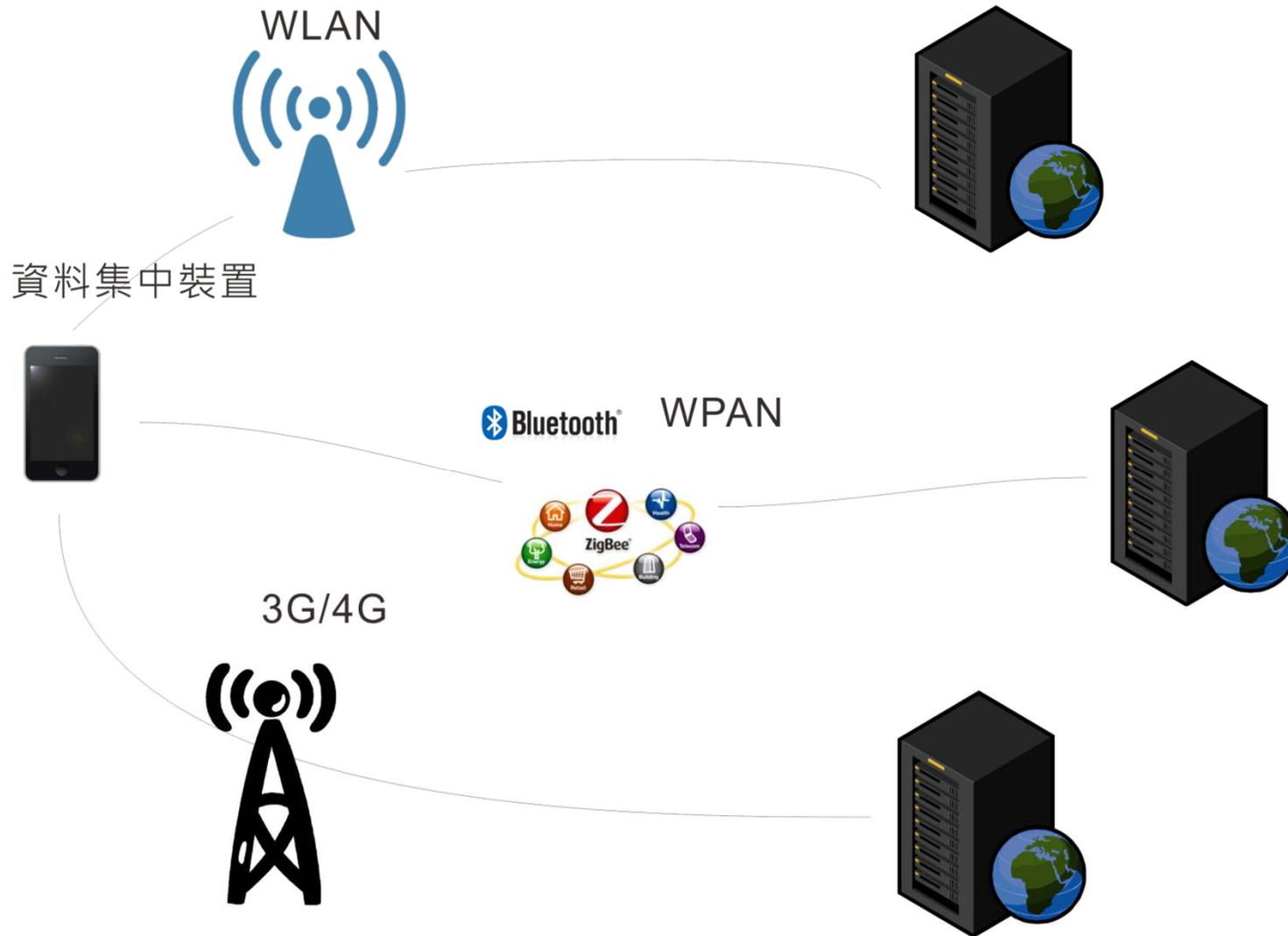
感測器與資料集中裝置通訊

- 資料集中裝置必須具備分析感測器數值之能力，才能判斷緊急事件的發生，在緊急事件發生時，資料集中裝置會優先處理疑似緊急事件感測器之訊號，並立即將求救訊號發送至外部伺服器尋求協助，若外部伺服器不再通訊範圍時，資料集中裝置會使用另一種的網路架構(如3G、4G等通訊技術)將資料傳送至緊急救援中心。資料集中裝置也依使用上的不同而具備不同的硬體與通訊架構，目前常用智慧型手機來當資料集中裝置。

與資料集中裝置與外部伺服器通訊

- 當資料集中裝置收集到一定量的感測資訊後，先經過計算處理，再將資料上傳至外部伺服器，若資料沒有經過處理就傳上外部伺服器，此資料傳輸將會相當的頻繁，也會耗損相當多的電力，因此資料集中裝置必須具備儲存空間以及相當的計算能力。外部伺服器除了提供儲存資料外另一個更重要的功能為，透過網際網路傳送資料至緊急救援中心或是醫療中心，經由這樣的一個架構如圖8.4，使遠距照護變得是一件相當容易的事。

圖8.4: 資料集中裝置與外部伺服器架構



無線通訊技術

- 無線體域網路中資料集中裝置與感測器之間的傳輸範圍較短，故常使用的通訊技術通常都屬於無線個人區域網路。無線個人區域網路提供了一種小範圍內無線通信的手段，並且跟IEEE 802.11系列相比有較低功耗。
- 無線個人區域網路的特點有無線的覆蓋範圍較小，較低的設備功耗，這些特點符合無線體域網路中的需求，以下舉三種無線通訊技術做介紹，Bluetooth (IEEE 802.15.1) 與ZigBee (IEEE 802.15.4)為目前常用的標準，IEEE 802.15.6為正在制定中的標準。



IEEE 802.15.1 (Bluetooth)

- 藍牙 (Bluetooth) 技術最初由易利信創製。技術始於易利信公司的1994方案，它是研究在行動電話和其他配件間進行低功耗、低成本無線通訊連線的方法。發明者希望為裝置間的通訊創造一組統一規則 (標準化協議)，以解決使用者間互不相容的移動電子裝置。

IEEE 802.15.1 (Bluetooth)

- 藍芽技術聯盟 (Bluetooth Special Interest Group, SIG) 在1999年7月26日正式公布1.0版，確定使用2.4GHz頻譜，最高資料傳輸速度1Mbps，同時開始了大規模宣傳。和當時流行的紅外線技術相比，藍牙有著更高的傳輸速度，而且不需要像紅外線那樣進行介面對介面的連線，所有藍牙裝置基本上只要在有效通訊範圍內使用，就可以進行隨時連線。

IEEE 802.15.1 (Bluetooth)

- 當1.0規格推出以後，藍牙並未立即受到廣泛的應用，除了當時對應藍牙功能的電子裝置種類少，藍牙裝置也十分昂貴。2001年的1.1版正式列入IEEE標準，Bluetooth 1.1即為IEEE 802.15.1。

IEEE 802.15.1 (Bluetooth)

- 同年，SIG成員公司超過2000家。過了幾年之後，採用藍牙技術的電子裝置如雨後春筍般增加，售價也大幅回落。為了擴寬藍牙的應用層面和傳輸速度，SIG先後推出了1.2、2.0版，以及其他附加新功能，例如EDR (Enhanced Data Rate，配合2.0的技術標準，將最大傳輸速度提高到3Mbps)、A2DP (Advanced Audio Distribution Profile，一個控音軌分配技術，主要應用於立體聲耳機)、AVRCP (A/V Remote Control Profile) 等。

IEEE 802.15.1 (Bluetooth)

- Bluetooth 2.0將傳輸率提升至2Mbps、3Mbps，遠大於1.x版的1Mbps (實際約723.2kbps)。2010年藍牙在新提出的v4.0技術規格中改善過去的缺點，讓裝置可以用較少的電力損耗運作，卻同樣可透過較高的傳輸速率傳送資料內容。另外新的技術規格底下，藍芽裝置可透過兩種模式運作：雙工模式 (dual mode) 及單工模式 (single mode)。在雙工模式運作時，裝置可以根據不同對應裝置切換高速或低耗電運作方式。單工模式則會以最低耗電模式運作，因此裝置可以長時間的連結 [3]。

圖 8.6: Bluetooth Logo

- 因為藍芽的普及使得在無線體域網路可以連接上我們常使用的設備，不必因為硬體上的限制而多出成本，在越來越多感測器提供藍芽的連線方式，及藍芽通訊技術持續的發展下去，藍芽在無線體域網路中將佔有一定的地位。



IEEE 802.15.4

- ZigBee為IEEE 802.15.4中常用的標準。主要由Honeywell公司組成的ZigBee Alliance制定，從1998年開始發展，於2001年向電機電子工程師學會(IEEE)提案納入IEEE 802.15.4標準規範之中，自此將ZigBee技術漸漸成為各業界共同通用的低速短距無線通訊技術之一 [4]。
- ZigBee已被廣泛應用在無線感測網路中，無線感測網路與無線體域網路在某些情況中屬於類似的情況，差異較大的地方為無線體域網路的感測器必須配戴於人體上，以致於體積必須要很小，在設計上就會不同於無線感測網路中的設計，目前在無線體域網路中使用的頻率最高。

圖 8.7: ZigBee Logo



IEEE 802.15.6

- 研究小組在2006年開始的研究與產業化在WBANs的興趣和動機，IEEE標準協會決定成立IEEE 802.15.6工作組於2007年11月。在其團隊對此描述「IEEE 802.15工作組6 (BAN) 正在開發一種優化的低功率器件和操作，或周圍人的身體 (但不僅限於人類)，可滿足各種應用，包括醫療，消費電子/個人娛樂和其他通信標準」，此標準將會針對無線體域網路等做設計，將來有很大的可能成為無線體域網路中主要的傳輸技術。

媒介存取控制層

- 在無線體域網路中媒介存取控制層可以分成兩大類，一種是基於排程的方式，另一種為相互競爭的。在本節中將舉兩個種類中的代表性方法加以解釋描述，並分析兩種的方法的使用時機。

分時多重存取 (TDMA)

- 分時多重存取 [5](Time division multiple access , TDMA)是一種為實現共用的無線電頻段或者網路的通訊技術，允許多個感測器在不同的時間來使用相同的頻率。

媒介存取控制層

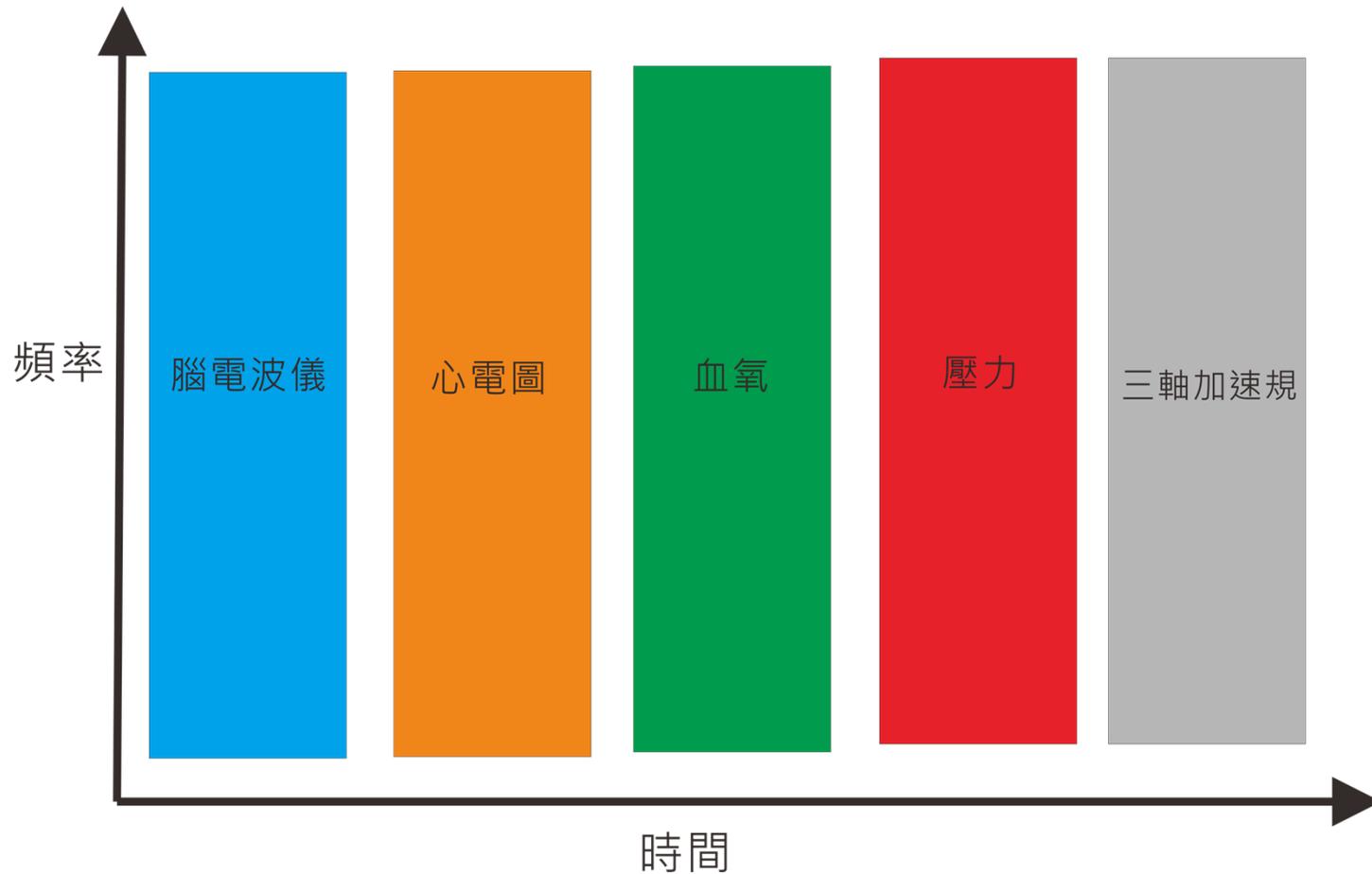
- 每個感測器使用他們自己的時間區間來傳輸資料，在資料開始傳輸前所有感測器與資料集中裝置必須要先經過時間的同步，確保所有通訊裝置的時間皆相同，而資料集中裝置負責協調分配不同的時間給不同的感測器如圖8.8、8.9，使得每一個感測器在傳輸的時候不受其它感測器之干擾，為了避免長時間運作造成時間差，所以每隔一段時間就必須要再同步，但同步頻率不宜過高以免造成電源不必要的消耗。

圖8.8: TDMA 資料傳送示意圖



圖8.9: 使用TDMA傳送

- 使用TDMA傳送時，感測器使用他們自己的時間區間所有系統頻寬來傳輸資料



媒介存取控制層

- 分時多重存取適合使用在較固定的傳輸模式中，也就是感測器傳輸的頻率與數量不會改變，然而時間同步對於感測器與資料集中裝置不是件容易的事，必須要不斷的調整，若時間同步的不夠精準，就會造成碰撞，使得所有資料皆無法被傳送到。
- 而在HMAC中 [6]提出利用心跳來做時間的同步，用心跳來同步時間的好處為不必為了同步額外增加傳輸次數，但要利用心跳來同步的前提是每個感測器必須有偵測心跳的功能，這也是一個額外的成本。

載波偵測多重存取 (CSMA/CA)

- 每個感測器在傳輸前會先偵測是否有資料正在同一通道傳輸中，若沒有任何感測器傳輸中，則傳輸資料至資料集中裝置，若有人在同時間傳輸則停止傳送並等待一段隨機的時問後，再次進行偵測通道的傳輸情況，直到通道上沒有被其它感測器使用，才做資料的傳輸如圖8.10。
- 載波偵測多重存取的最大優點就是不需要做時間的同步，不過在通道上相當多感測器要傳輸時就會造成效能的低落，並且因為不斷的碰撞，如圖8.11造成較多能源的消耗。

圖8.10: CSMA/CA 傳送示意圖

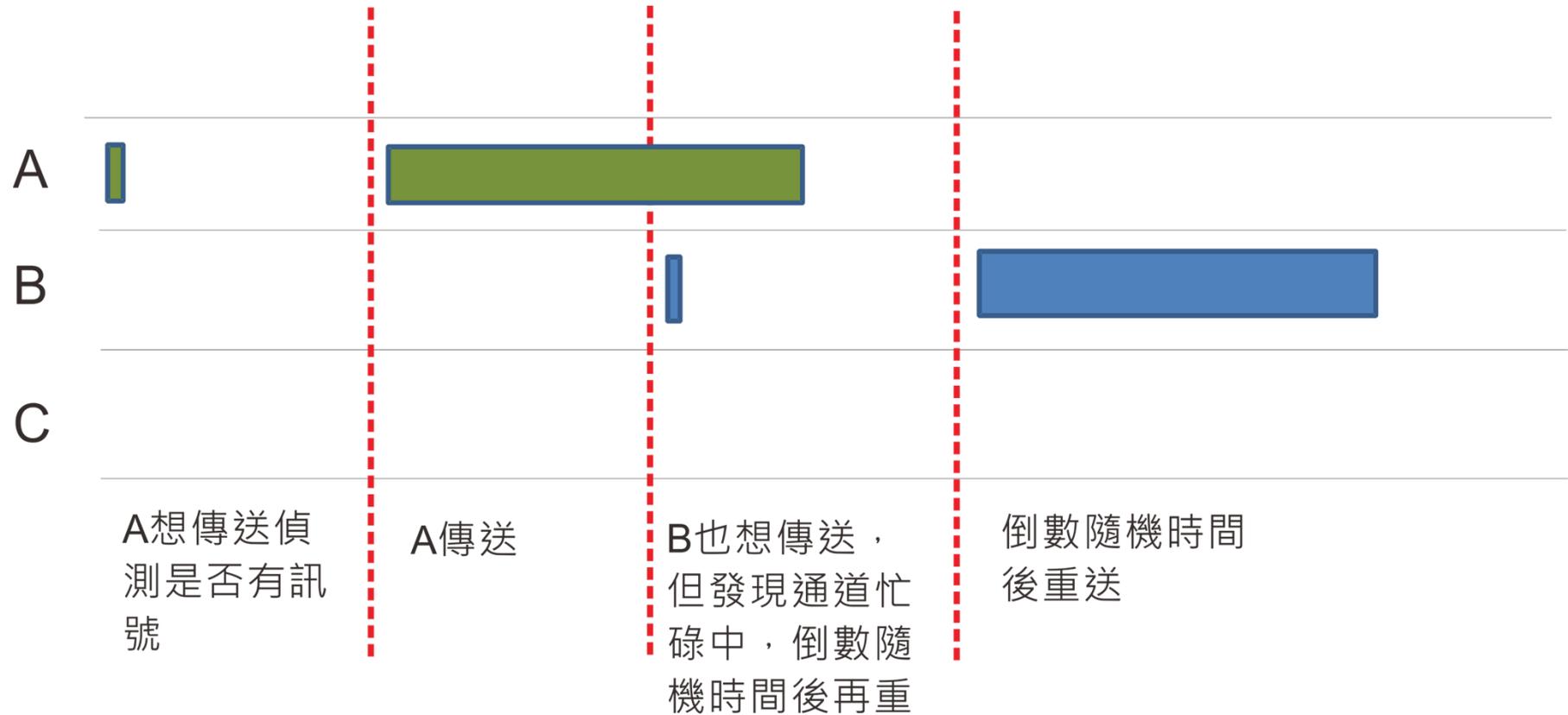
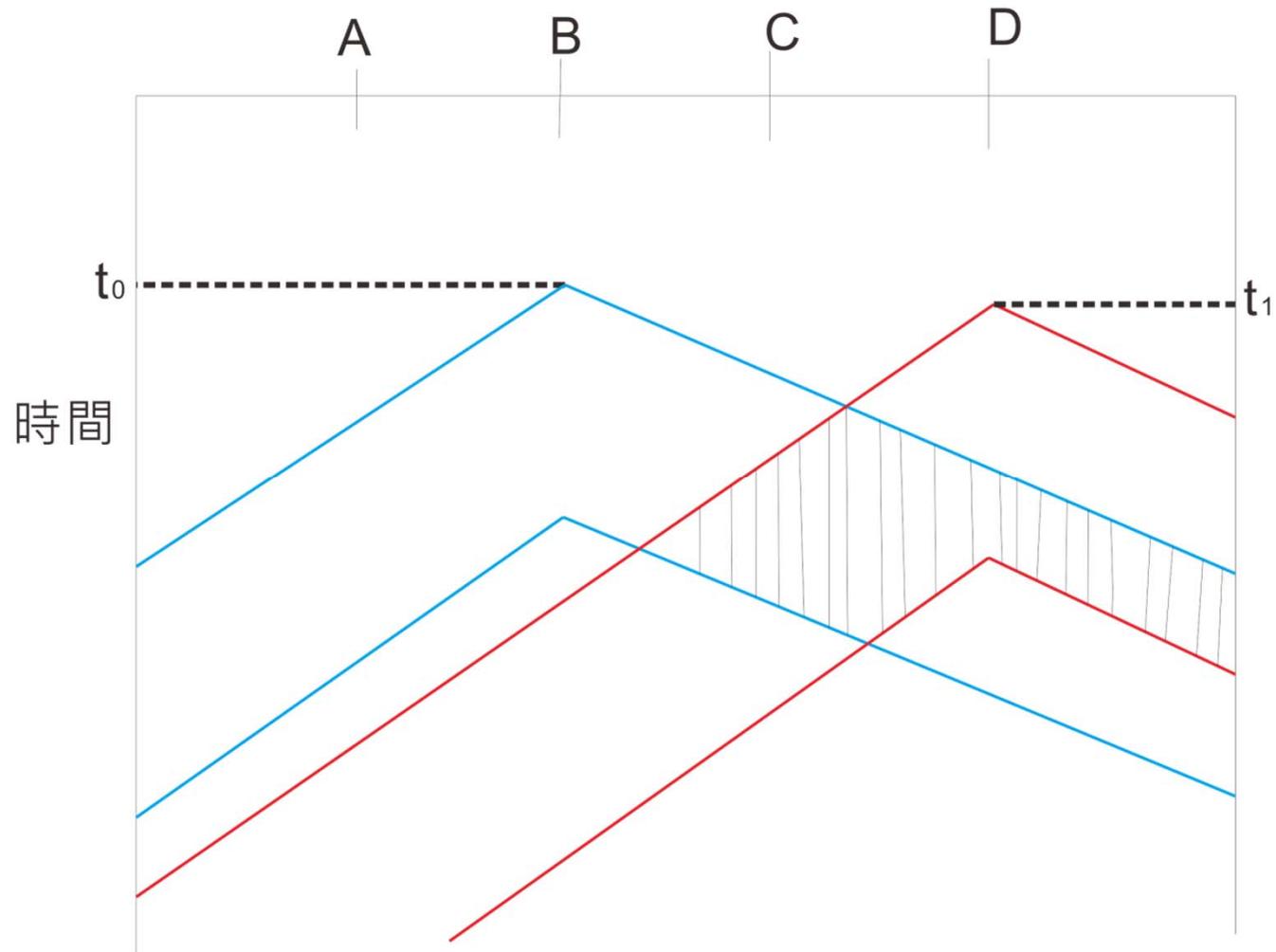


圖8.11 CSMA/CA傳送時序圖

- 封包碰撞產生再虛線面積內



網路層

- 因為具體的無線環境的特點，在無線體域網路中發展高效率的路由協議是一個困難的任務。首先，可用的頻寬是有限的，會因為共享 (sharing)，衰落 (fading)，噪音 (noisy) 和干擾 (interference) 等，使通訊協議的資訊應用遭到限制。
- 其次，構成網路的節點可用能源或計算能力方面相當有限，因此在無線區域網路中的路由方式不見得適合套用在無線體域網路中，以下針對無線體域網路之特性介紹傳輸之路由方式。

感測器回傳資料之路由方式

- 感測器回傳至資料集中裝置可依傳輸型態分成兩種，單跳躍 (single-hop) 直接回傳如圖8.12，與多跳躍 (multi-hop) 透過其它感測器回傳如圖8.13。單跳躍的條件為，感測器之無線通訊範圍必須要直接可以達到資料集中裝置，若有感測器無法直接傳輸，則必須透過多跳躍幫忙回傳資料。單跳躍的路由架構相當容易實現，適合在小範圍的區域中。

網路層

- 而多跳躍的傳輸方式可以應用到感測器分佈較廣的情形中，其運作的模式就比單跳躍複雜許多。在多跳躍路由常用的方法可分為兩類：主動式路由協定 (pro-active routing protocol) 及回應式路由 (reactive routing protocol)。
- 主動式路由方法先為網路中任意的兩節點建立路由資訊，因此當有新連線要建立時 (來源節點傳送封包到目的節點)，便能夠及時得到路由資訊，將封包送到目的地。

回應式路由

- 回應式路由策略與主動式路由策略的概念不同，在回應式路由的策略中，節點只會尋找和維護有需要的路由，一般指會被使用的路由。
- 回應式路由較適合網路流量偶然發生、只涉及少數的節點且流量大的情況。而缺點則是首次溝通時須耗費較多的時間尋找路徑，因此封包會有較多延遲。

主動式路由

- 主動式路由策略中，所有的路由資訊都必需維護，無論路徑是否會被使用；而回應式路由策略的優點是只會尋找和維護有需要的路由，而不理會不需要的路由，因而省下了這些成本。
- 主動式路由常用的演算法有 Destination-sequenced distance-vector (DSDV)[14]，回應式路由常用的演算法有 AODV (Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing)[13] [15]、DSR (Dynamic Source Routing)[13] [17] 及 Temporally Ordered Routing Algorithm (TORA)[13][17] 等。

圖8.12: 感測器單跳躍回傳示意圖

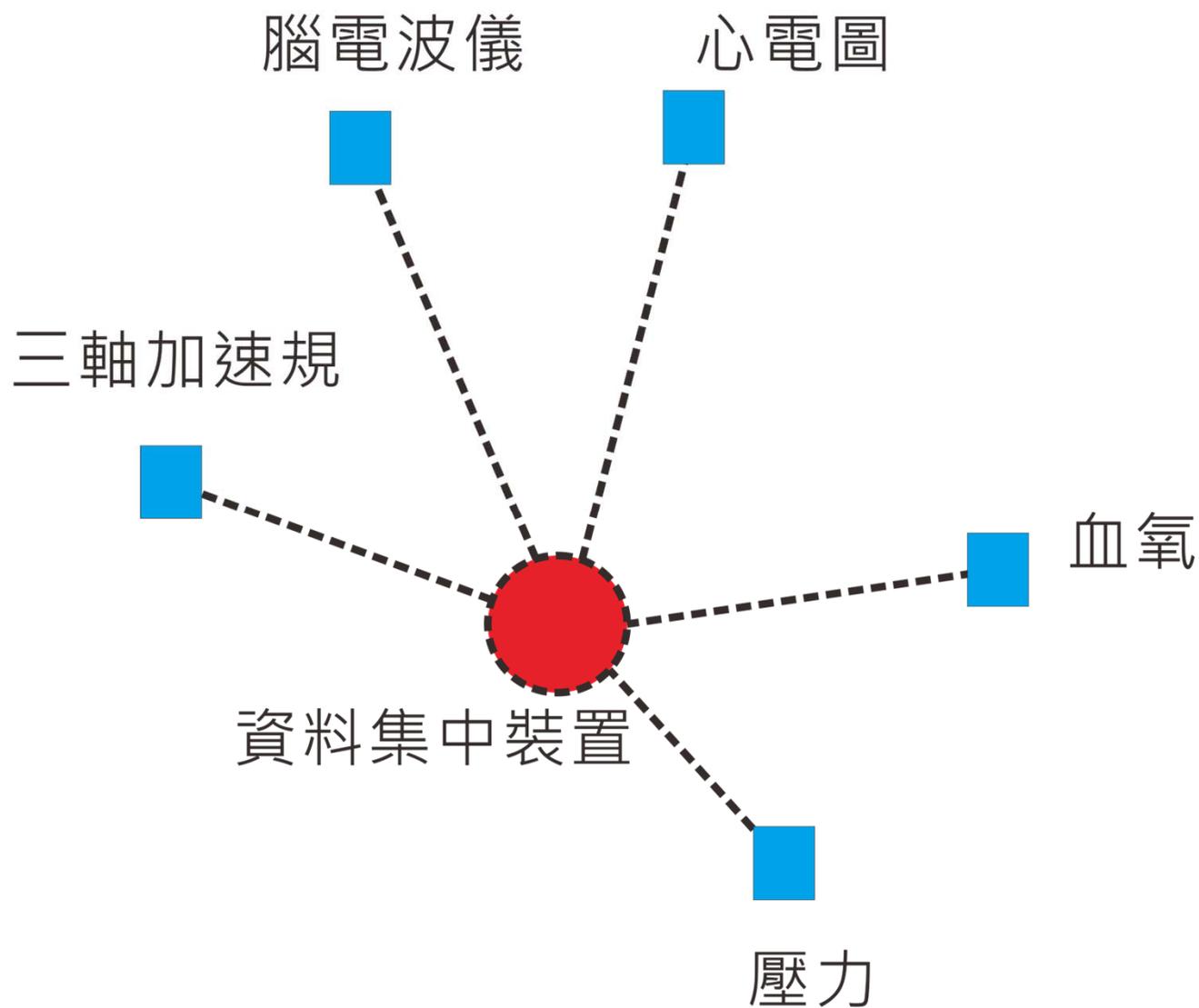
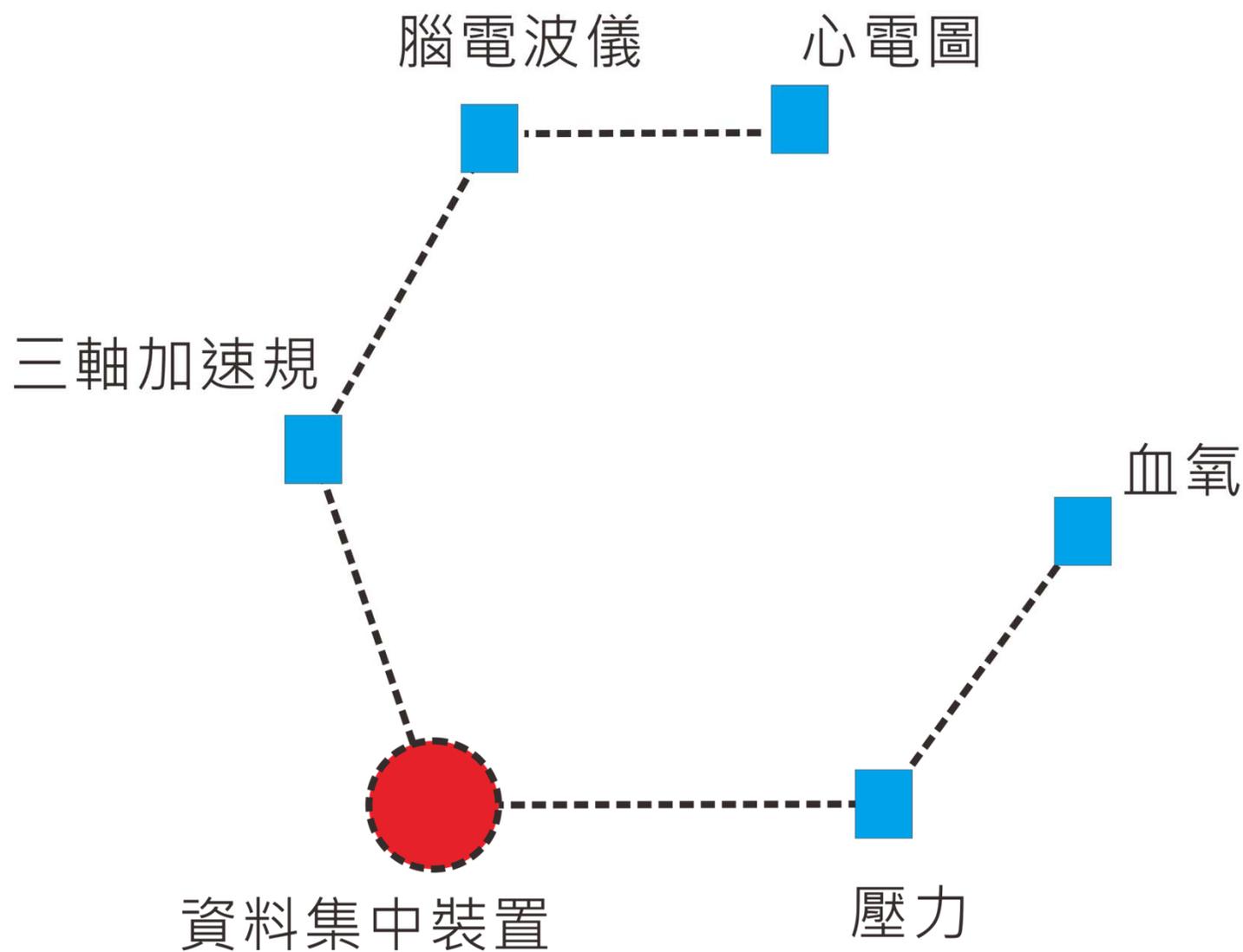


圖8.13: 感測器多跳躍回傳示意圖



習題

1. 在無線體域網路中的通訊架構可以分成哪幾種?
2. 請比較WPAN與WLAN的差別?
3. 資料集中至少具備哪些通訊技術?至少列舉兩種。
4. 請描述TDMA方法。
5. 請描述CSMA/CA方法。
6. 比較TDMA與CSMA/CA之差異。
7. 試問在何種情況適合使用TDMA方法?
8. 試問在何種情況適合使用CSMA/CA方法?
9. 單跳躍傳輸的優點為何?
10. 多跳躍傳輸的優點為何?

參考文獻

1. B.Latre, B.Braem, I.Moerman, C.Blondia and P.Demeester “A survey on wireless body area network” Wireless Networks Volume 17 Issue 1, Pages 1-18, January 2011.
2. M.Chen, S.Gonzalez, A.Vasilakos, H.Cao, V.C.M Leung, “Body area networks: a Survey MOBILE NETWORKS AND APPLICATIONS” Volume 16, Number 2, 171-193, 2011.
3. [http://zh.wikipedia.org/wiki/ Bluetooth](http://zh.wikipedia.org/wiki/Bluetooth)
4. [http://zh.wikipedia.org/wiki/ ZigBee](http://zh.wikipedia.org/wiki/ZigBee)

參考文獻

5. H.Li and J.Tan, “ Medium Access Control for Body Sensor Networks ”, International Conference on Computer Communications and Networks, 13-16 August 2007.
6. H.Li, J.Tan, “Heartbeat-Driven Medium-Access Control for Body Sensor Networks ”, IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, 44-51, January 2010 .

參考文獻

7. Milenković, C. Otto, E. Jovanov, “Wireless sensor networks for personal health monitoring: Issues and an implementation”, *Wireless Sensor Networks and Wired/Wireless Internet Communications*, Volume 29, Issues 13–14, 21 August 2006, Pages 2521–2533
8. 劉安邦, 謝萬雲, “應用行動計算技術於隨身步態系統之研究”, 17th Mobile Computing Workshop, August 29-30, 2012.

參考文獻

9. S.-L. Wu, Y.-L. Yeh, and C.-F. Lin, “An Indoor Calibration-free Location Estimation for Dynamic Radio Frequency Environments”, The 1st International Symposium on Bioengineering (ISB 2011), Singapore, 18-19, January 2011.
10. C. Lin, W. Kong, C. Chung, C. Ma, S.-L. Wu, C. Lin, W. Shieh, C. Lee, C. Lee Cheng, S. Chi, Y. Chou, “An Important Requisite for Personalized Health Services from the U-care Project for the Aged: A Questionnaire Survey”, Journal of the American Medical Directors Association, Volume 11, Number 3, March 2010.

參考文獻

11. 鍾乾癸、馬成玉民、吳世琳、林仲志、謝萬雲、李春良,"個人化銀髮族健康照護服務", 生物醫學工程科技研討會, p.51, Dec.12-13, 2008
12. 鍾乾癸、馬成玉民、吳世琳、林仲志、謝萬雲、李春良,"銀髮族優質照護服務創新計畫以長庚養生村為例", 生物醫學工程科技研討會, p.185,Dec.12-13, 2008.
13. Y.-C.Tseng; S.-L.Wu ; W.-H.Liao; C.-M.Chao
"Location awareness in ad hoc wireless mobile networks" Computer, P.46-52, 2001.

參考文獻

14. C. E. Perkins, “Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers,” ACM SIGCOMM, pp.234-244, 1994.
15. D. B. Johnson , D. A. Maltz, “Dynamic Source Routing in ad hoc wireless networks,” The Kluwer International Series in Engineering and Computer, Volume 353, pp.153-181, 1996.
16. C. E. Perkins, E. M. Royer, “Ad-hoc on-demand distance vector routing”, IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, 1999.

參考文獻

17. D. Park, M. S. Corson, “A Highly Adaptive Distributed Routing Algorithm for Mobile Wireless Networks”, Sixteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, volume 3, pp.1405-1413, Apr. 1997.