

# 無線感應器 與生態學及環境學研究

---

金恒鏞/林業試驗所

2005年9月29日

田野生物學家與生態學家拜尖端科技之賜，可以「觀測到」過去「觀測不到」的生態現象與過程。

---

尖端科技是指「無線感應器」組成的「資訊網」。無線感應器在某特定時間（每秒數次）收集大面積的各類形式的資訊（溫度到影像到聲音），如此田野生態學家可從事頻繁與大面積的取樣及無障礙的取得「新」資訊。

# 即時資訊流

即時資訊流讓研究人員能對研究之對象與設施做出即時的反應，顛覆實驗室與田野試驗的區隔限制。

---

本文探討當下採用之無線感應器網，鑑識出可能的應用於生態學與環境學的研究。

# 應用例子

- 水文與氣象學家
- 溪流生物學家
- 鳥類學家
- 田野生態學家

研究生在野外連結視訊會議設施，在現場與在研究室的指導教授討論，即時解決許多現場發生的問題，決定是否採取行動，不必回到研究室，以免延誤時機。

# 台美合作湖泊研究



美國溫帶湖



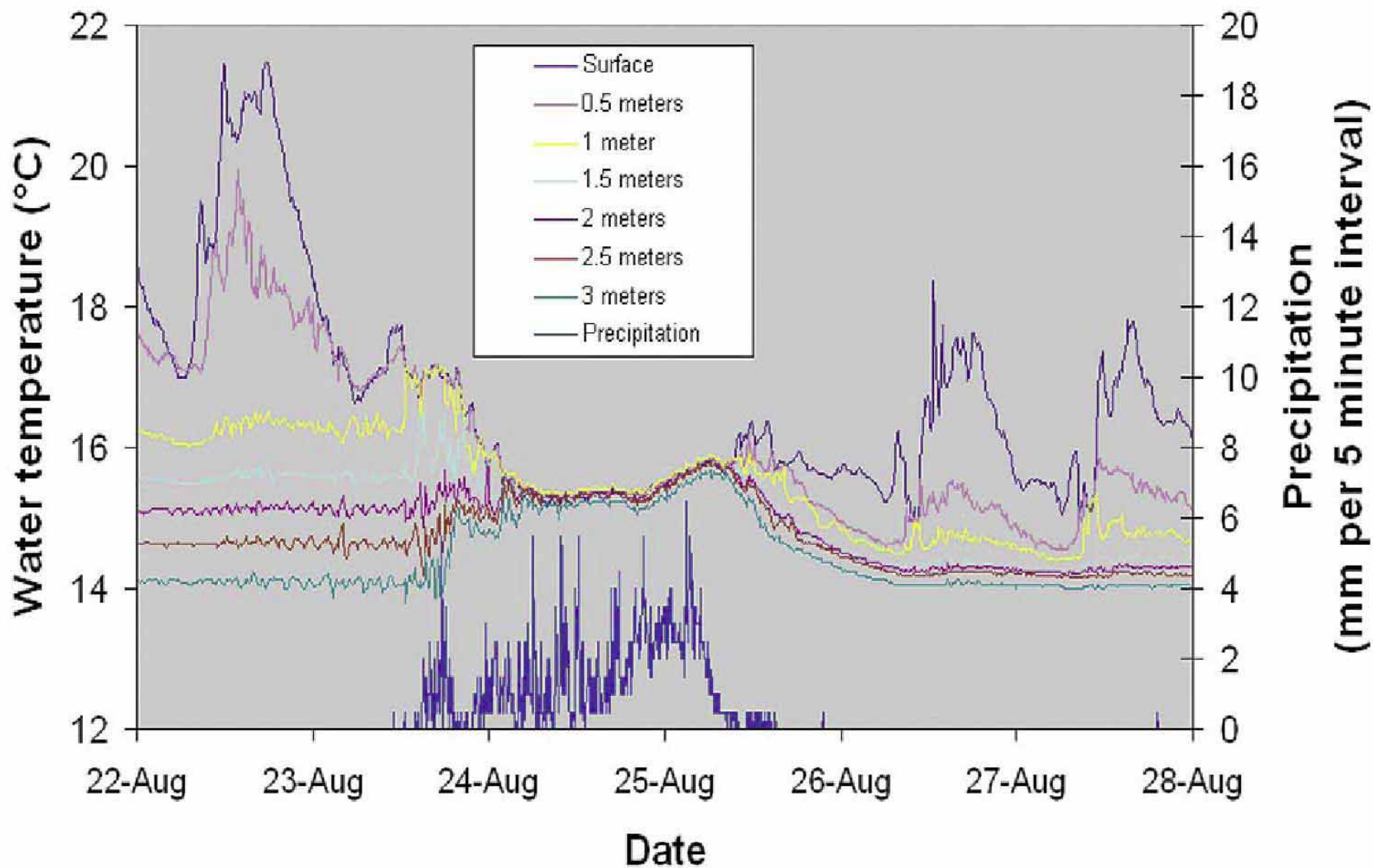
台灣鴛鴦湖



鴛鴦湖之載無線感應器浮筒



墾丁國家公園  
珊瑚礁  
紅外線照相機



## 鴛鴦湖湖泊水化學

# 遠距近觀生態現象



生態學家 (R. Baumberger) 在瑞士研究室，上網可以看到南加州的「灌木龍頭花」(bush monkey flower) 的生態。他想了解「灌木龍頭花」花色的分佈為何改變得異常快速，並研究蜂鳥與「灌木龍頭花」花之相互交感效應。

<http://hpwren.ucsd.edu/news/020415.html>

# 用無線感應網監測火山活動



# 提高資料收集的能力

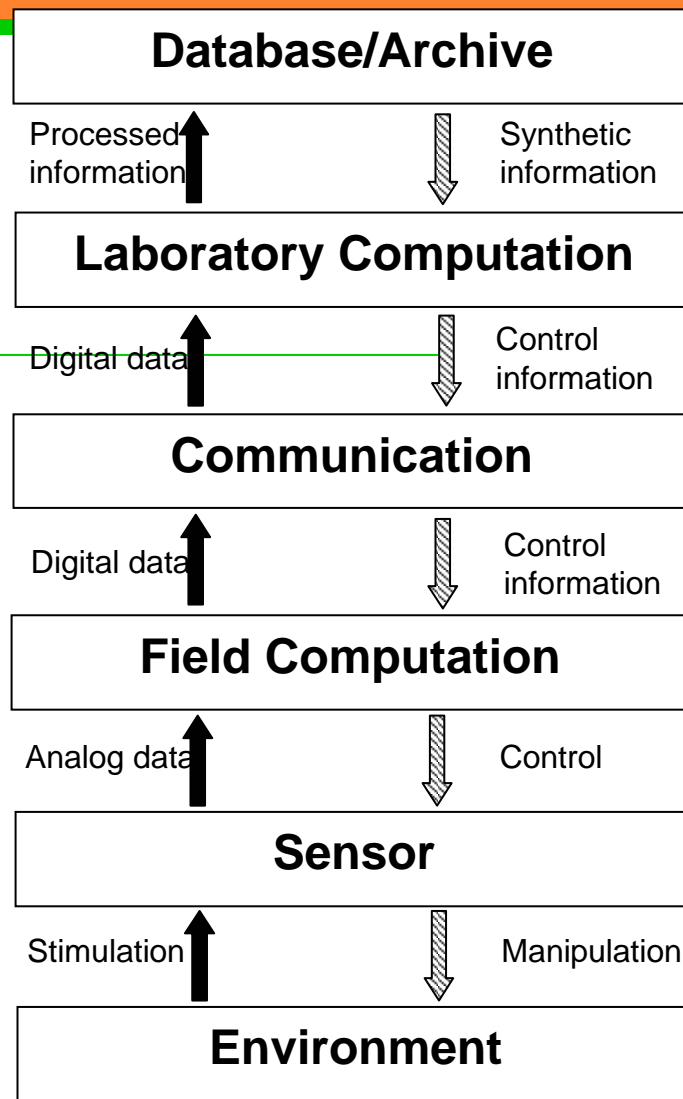
## 無線網科技結合感應器與資料紀錄器

- 大面積的強度取樣
- 資料量極大的資料流
- 收集新形式之資料
- 克服傳統觀測不到的生態現象
- 克服環境限制
- 操控試驗設計

基本的無線感應網：由感應網組成的網路形式繁多、可整合許多傳輸資訊的工具(如有線傳輸、手機、微波無線電)。

# 無線感應器網路 可分為相通通訊 之層階

- 感應器層  
(Sensor layer)
- 田野電腦層  
(Field computer layer)



無線感應器網的各組成層

Figure XX: Component layers of a wireless sensor network. In some cases multiple layers may be encompassed in a single device, for example sensor, field computation and communication may be packaged as in a wireless data logger with an integral temperature sensor.

# 感應器層 (Sensor layer)

環境改變的反應可驅動感應器產生電流訊號。感應器的改變往往因電壓、電流或頻率的改變。

環境改變如溫度、濕度、降水、地表或溪流水位；也可用化學感應器偵測 pH 值，CO<sub>2</sub> 與 O<sub>2</sub> 濃度的改變。

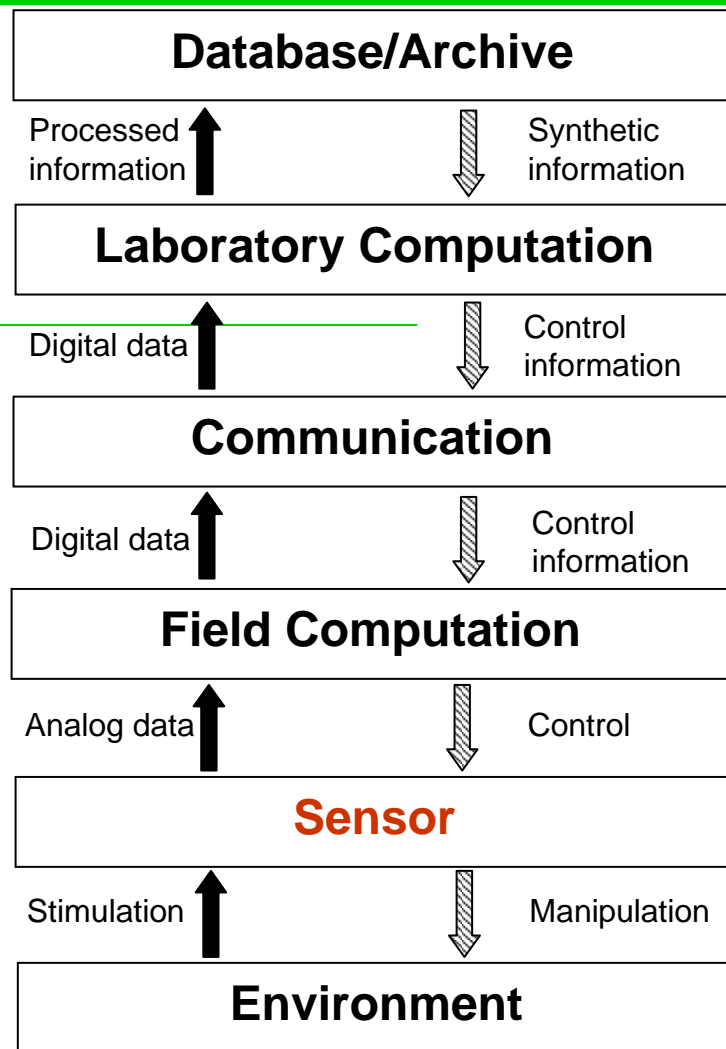


Figure XX: Component layers of a wireless sensor network. In some cases multiple layers may be encompassed in a single device, for example sensor, field computation and communication may be packaged as in a wireless data logger with an integral temperature sensor.

# 田野運算層 (Field computer layer)

處理機 (processors) 將感應器的訊號變更成數位形式 (digital form) 數據，並儲存起來，供未來取用。

田野生態學家用無線的通訊層 (communication layer) 及目前網路無線電是數位光譜通訊 (Digital-Spectrum Communications) 為基礎，利用許多不同無線電頻率的弱訊號傳遞資料。

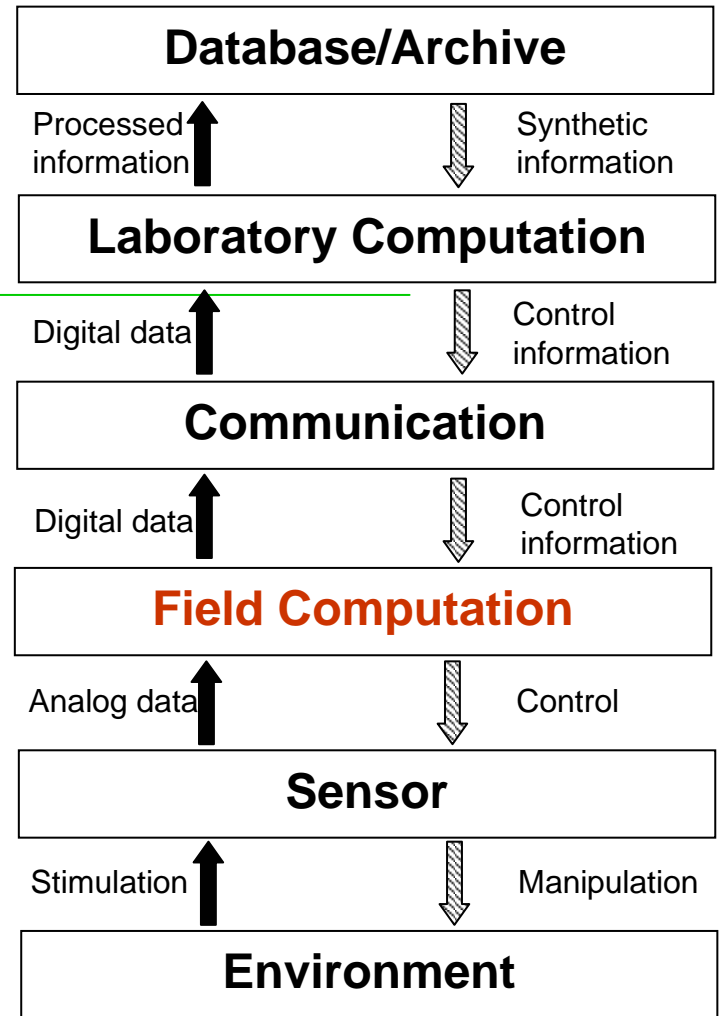


Figure XX: Component layers of a wireless sensor network. In some cases multiple layers may be encompassed in a single device, for example sensor, field computation and communication may be packaged as in a wireless data logger with an integral temperature sensor.

# 通訊層 1/3

## (Communication Layer)

- 展頻無線電 (spread-spectrum radio) 具有高頻寬，低用電量，具有「錯誤修正」功能，減少傳訊誤差，而且不必申請使用執照。
- 序列埠 (serial) 的展頻無線電 (SSR) 可連結實驗室電腦與田野處理機，功能有如長程連續電纜線。它傳資訊速率為0.115 Mb/S

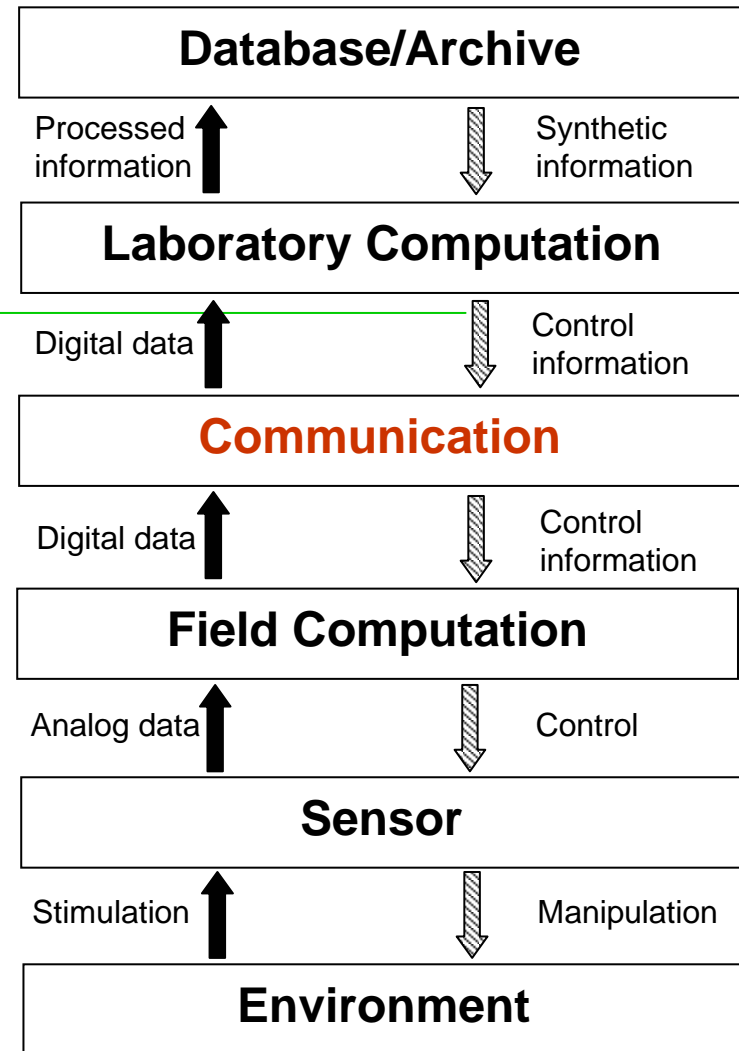


Figure XX: Component layers of a wireless sensor network. In some cases multiple layers may be encompassed in a single device, for example sensor, field computation and communication may be packaged as in a wireless data logger with an integral temperature sensor.

# 通訊層 2/3

## (Communication Layer)

- 一個主無線電可自動在從無線電之間自動切換，故收到從許多儀器傳來的資訊流。
- 另外一種以太為基礎的展頻無線電 (Ethernet-based Spread-spectrum Radios) 將資料流切成許多封包，許多封包可同時可高速 (11~108Mb，甚至1Gb) 傳輸。

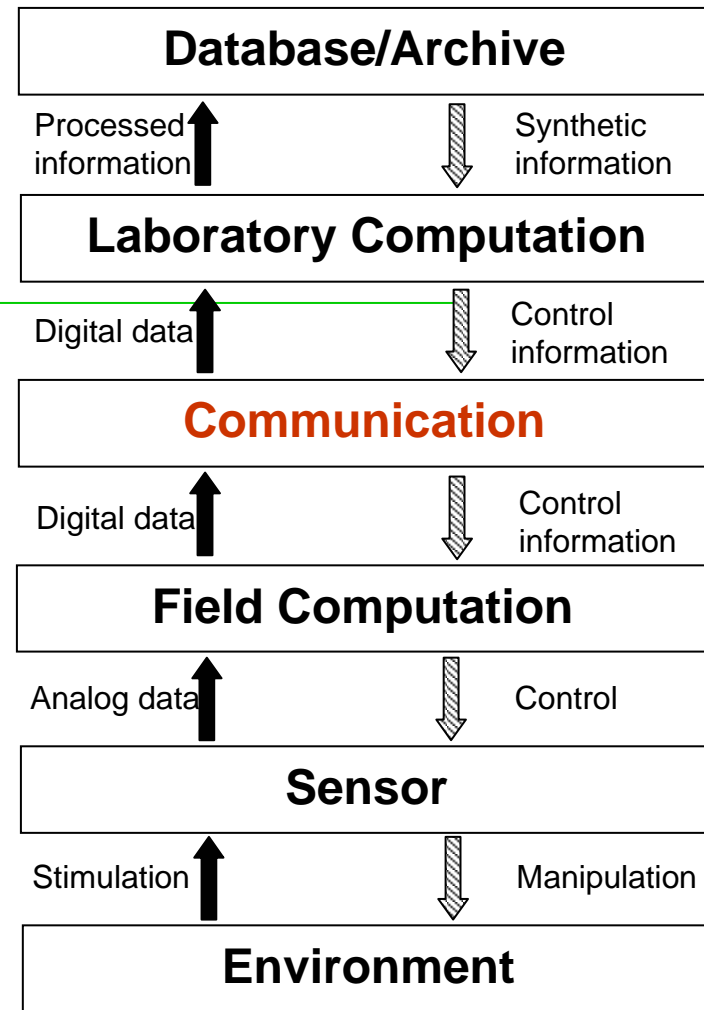


Figure XX: Component layers of a wireless sensor network. In some cases multiple layers may be encompassed in a single device, for example sensor, field computation and communication may be packaged as in a wireless data logger with an integral temperature sensor.

# 通訊層 3/3

## (Communication Layer)

- 展頻無線電的傳輸範圍受到地形、植群、海拔高，電力的限制。但是採用高塔、定向天線、放大器，傳輸範圍可到 75km。
- 常用頻率為 900MHz，2.4GHz 與 5.8GHz。但是在無視障 (line-of-sight) 通訊，否則如 2.4GHz 易為植群阻隔。

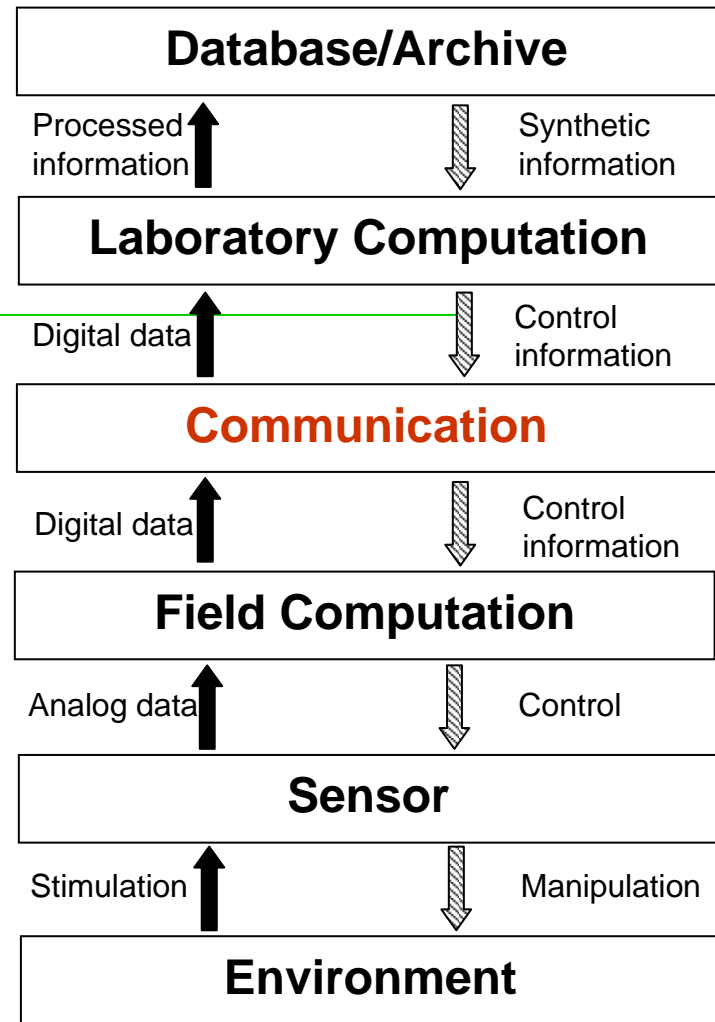


Figure XX: Component layers of a wireless sensor network. In some cases multiple layers may be encompassed in a single device, for example sensor, field computation and communication may be packaged as in a wireless data logger with an integral temperature sensor.

# 實驗室運算層

(Laboratory Computation Layer)

- 從野外傳輸到研究室的訊，必須轉換成人類能讀的形式 (圖與表)。並將資訊存到資訊庫，即資訊庫檔庫/案庫層 (Database/archive layer)。
- 其內資訊從野外到室內之傳遞是定向性的。檔案室內資訊可用來產生合成產出 (synthetic products)，可用來指揮感應器 (例如增加取樣頻率或改變取樣間

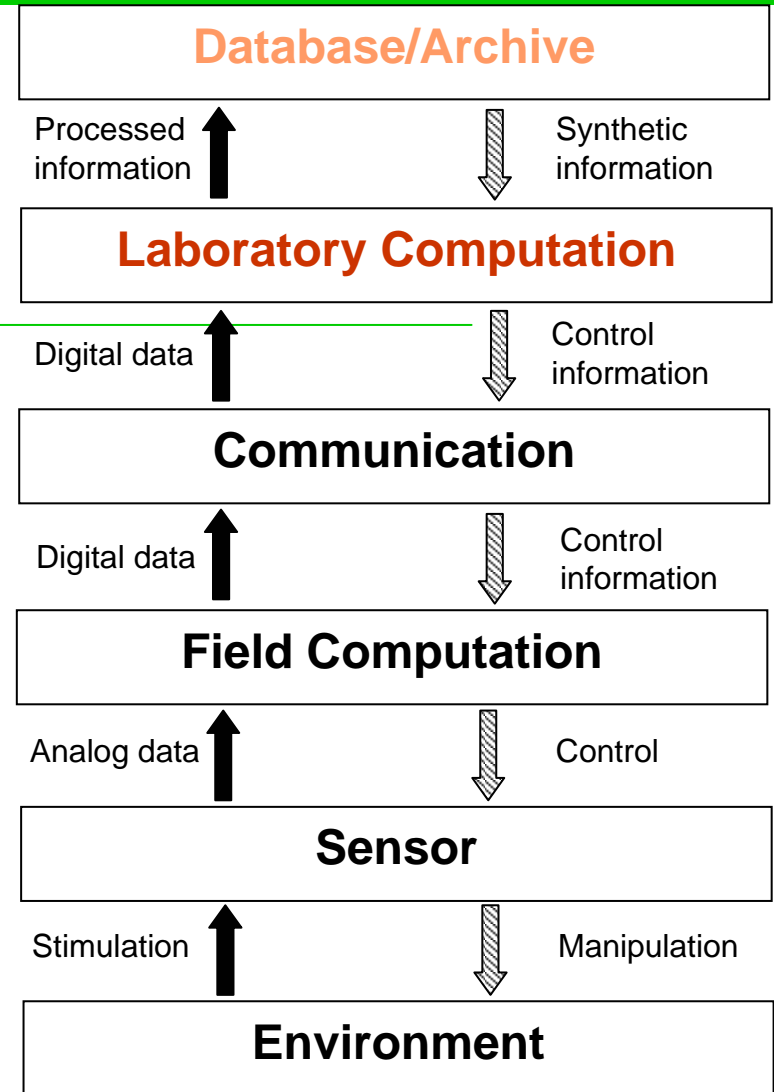
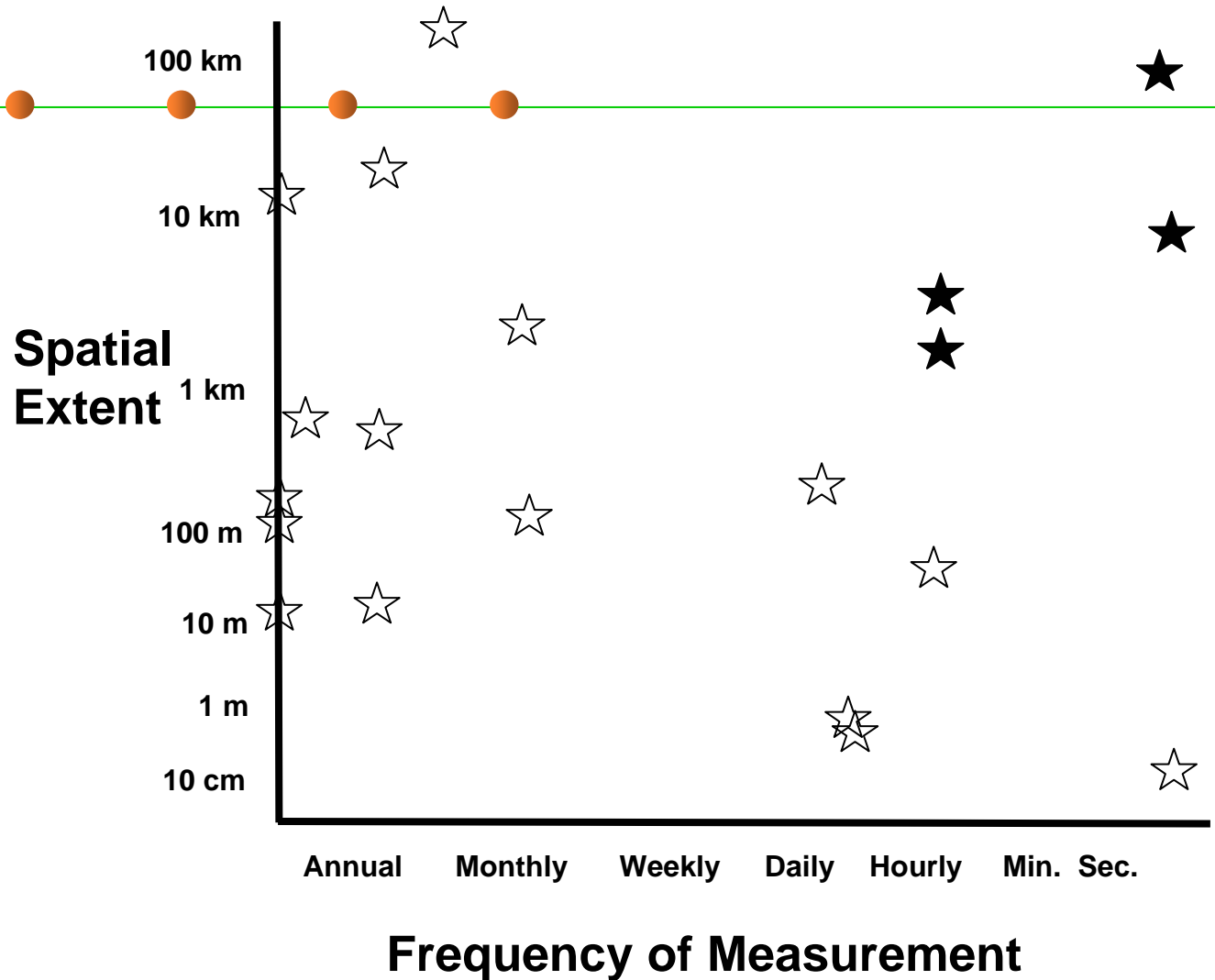
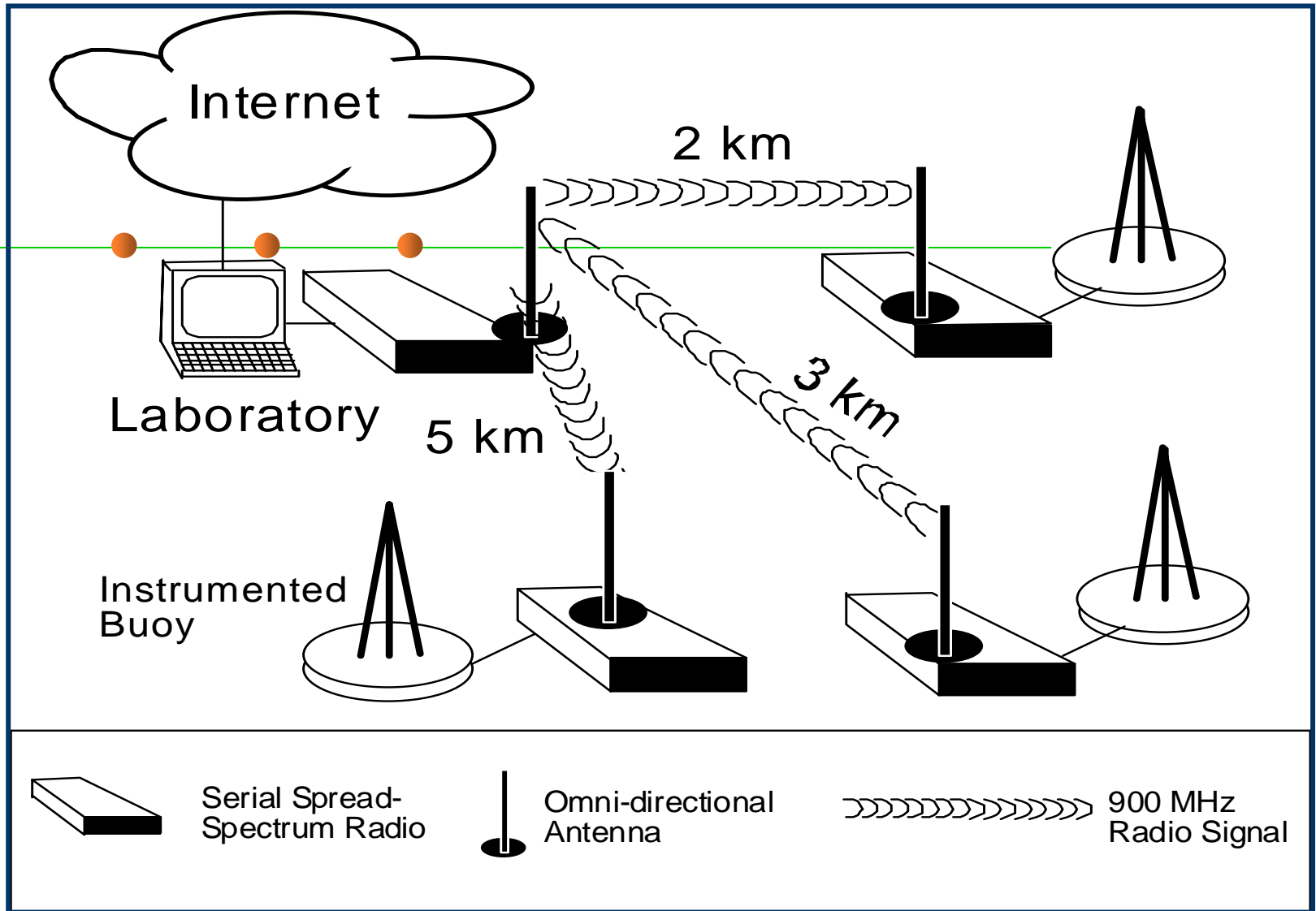


Figure XX: Component layers of a wireless sensor network. In some cases multiple layers may be encompassed in a single device, for example sensor, field computation and communication may be packaged as in a wireless data logger with an integral temperature sensor.

# 現況分析





# 無線感應器網之架設

# 無線感應器網之應用

- 取樣與分析之時間頻率密集
- 面積大與空間密度高
- 可無障礙觀測
- 共享度高：在同一試驗地的許多研究計畫可共享無線基礎設施。

# 美國加州大學研究人員發展 無線移動式感應系統監測環境



# 裝置無線感應系統

- 協助完成信賴性強，成本較低之資訊收集系統
- 免除在野外工作之不便及危險性
- 增加觀測之時空密集度，克服過去無法觀測之生態現象與過程
- 達到了了解科學所設的目的。

# 高頻率的觀測

密集的觀測可免去遺漏關鍵性的生態資料，否則導出錯誤的結論，誤解生態的現象。



# 時間密集與空間廣大的取樣

在廣袤地區設置數十處取樣地點，如果該地區地形複雜，無路可通，溫度極端，幾乎不能靠人工取樣與收集資料，為此，研究人員可利用無線電基礎設施。

吊纜機械上有照相機與感應器，  
由手提電腦控制移動路徑。



崎嶇山區的30英畝松  
林與闊葉林區，研究  
環境變遷

J. Emilio Flores for The New York Times



# 無障礙觀測

研究動物（哺乳類、鳥類、魚類）的困難度極高，尤其是應避免研究者親身在現場，可能會改變其所研究動物的行為。

---

無線感應器的另一起優點是方便、省時，同時不干擾被觀測動物的活動。動物研究者可在取樣點極為分散且不易抵達的大範圍內，收集數位資料，影像與聲音。

# 可擴充的基礎設施 達成多項目的



一旦無線通訊基礎設施建妥，可供許多研究人員或團隊使用此無線網

# 其他若干技術問題與議題

無線感應器網雖可協助現在進行的研究。

我們不僅要問一些科學問題：

---

● ● ● ●

研究者現在做不到而未來可做的是什麼？

如果要決定設置「無線感應器網」，那麼要如何實際設置與實施？

1. 感應器：價格、田間適用性、耐用度、電力支援。

2. 田間試驗處理：採用資料記錄器，資料處理機  
(小電腦)

- 資料記錄器的限制 (具有詳細說明的資料紀錄介面)

- 掌上型電腦

- 未來：小型、低電力，可整合許多感應器處理機  
與通訊，可放在mote 最佳。

\* mote：迷你型無線網絡資料傳輸器

### 3. 通訊層次

- 決定網路協議 (Network Protocol)、頻率、電力；通訊傳輸速率 (序列埠與乙太網)
- 電力 (Power) 與頻率 (Frequency) 受法律規範，需要無視障 (Clear Line of Sight)，採用高塔 (即Hybrid Network)
- 實驗室運算基礎設施：問題不多主要是軟體部分 (QA/QC)

## 4. 其他

- 自動診斷 (Self-Diagnosis) 與自行修護 (Self-Healing) 的感應器網
- 安全性 (入侵與儀器失靈監測)
- 需要新的後設資料 (Metadata), 分析 (Analysis) 與影視 (Visualization) 工具

# 結論

要採用「無線感應器網」，代替傳統的「人工收集資料」，研究人員必須知道

1. 試驗區的面積廣大？
2. 資料收集的頻率 (密集度) 高？
3. 資料收集時必須遙控？
4. 需要「即時」或「近即時」之資料？
5. 需要雙向資料流？

# 謝謝



利用「隨時-隨處-高速」的科技