**附件1 課程模組基本資料**

本次徵件相關課程模組之基本資料詳如本附件。請考量系所本身特色與師資能量及可獲得之外部資源(如學校本身或外校應用領域相關系所及產研界資源)，擇定1至2個課程模組實施。

|  |  |
| --- | --- |
| **模組名稱** | **發展聯盟** |
| **1** | **模式化通訊IC設計** | 下世代尖端無線技術跨校教學聯盟 |
| **2** | **高等通訊系統實驗** |
| **3** | **編碼理論與實驗** |
| **4** | **小基站與WiFi之異質性網路存取(OAI平台)** | 小細胞基站跨校教學聯盟 |
| **5** | **LTE-Small Cell核心網路架構及服務** |
| **6** | **小基站與WiFi之異質性網路存取(ITRI LWA Small Cell)** |
| **7** | **物聯網平台Raspberry PI** | 行動智慧聯網跨校教學聯盟 |
| **8** | **LoRaWAN長距離低功耗網路與應用實驗模組** |
| **9** | **深度學習** |
| **10** | **多天線系統通道特性與效能分析** | 行動通訊電路設計跨校教學聯盟 |
| **11** | **行動通訊陣列天線** |

1. **模式化通訊IC設計課程模組**

**[下世代尖端無線技術跨校教學聯盟]**

| **教材模組名稱** | **模式化通訊IC設計課程模組** |
| --- | --- |
| 教材模組教學目標 | * 此課程介紹Mathworks所提供的模式化通訊IC設計流程， 主要的目的是讓通訊系統快速的雛型化。課程內容主要有硬體描述語言簡介，演算法實現之硬體架構，以及HDL轉碼器使用等，最後會以一個完整的無線通訊系統為範例來說明整個的設計流程，並以一連串的實驗漸進式的完成一個以FPGA實現之傳收機。
* 子模組一：硬體描述語言與硬體架構教學目標：介紹硬體描述語言與硬體架構，並以HDL轉碼器實現一設計
* 子模組二：無線收發機之設計與實現教學目標：以模組一的背景來做無線系統之FPGA實現並實驗
 |
| 教材模組課程大綱 | * 子模組一：硬體描述語言與架構

課程大綱：1. VHDL
2. 硬體背景與架構
3. HDL轉碼器之應用
4. 定點設計與模擬
* 子模組二：無線收發機之設計與實現

課程大綱：1. 同步電路
2. Simulink與Xilinx SDR平台操作
3. 無線收發機之系統模擬
4. 無線收發機之實現與實作
 |
| 可分享教材模組內容說明  | 授課教材投影片300頁, 實驗手冊共6組 |
| 所需實作平台配備與經費需求預估(以模組教學實作所需基本軟、硬體平台估算) | 實作平台配備說明(每組供2位同學使用)* 傳送端:一套Zedboard與RF模組(AD9361)
* 接收端:一套Zedboard與RF模組(AD9361)
* 一組實驗需要兩套FPGA板

設備經費需求:一組NT$76,000(每套NT$38,000) |
| 聯盟/示範教學實驗室可提供之訓練與技術支援(含實驗示範影片) | * 示範教學實驗室及聯盟網址：<ngwt.nctu.edu.tw>
* 助教工作坊 20 人/場，共1場
* 教師工作坊 20 人/場，共1場
* 實驗示範教學影片1件，可下載網址：<ngwt.nctu.edu.tw>
 |
| 聯絡窗口 | 負責教師：交通大學 吳文榕教授 E-mail: [wrwu@faculty.nctu.edu.tw](wrwu%40faculty.nctu.edu.tw)專責助理：交通大學 陳楹琤小姐 E-mail: yingcheng@nctu.edu.tw聯絡電話： (03) 571-2121 ext 54566 |

1. **高等通訊系統實驗課程模組**

**[下世代尖端無線技術跨校教學聯盟]**

| **教材模組名稱** | **高等通訊系統實驗課程模組** |
| --- | --- |
| 教材模組教學目標 | * 本課程的目標是實現一即時傳收之無線通訊系統，藉著一系列的軟硬體實驗讓學生真正了解數位訊號是如何傳送與接收。
* 子模組一：通訊系統模擬

教學目標：軟體模擬無線之通訊系統，熟悉傳送與接收的各種處理模組* 子模組二：通訊系統實驗

教學目標：藉著一系列實驗了解傳送與接收端如何做及時的處理。 |
| 教材模組課程大綱 | * 子模組一：通訊系統模擬

課程大綱：1. Matlab簡介
2. 類比與數位通訊
3. 時序/相位回復
4. 數位通訊系統模擬
* 子模組二：通訊系統實驗

課程大綱：1. Simulink簡介
2. Xilinx SDR平台簡介
3. 無線收發機之系統模擬
4. QPSK收發系統實現
 |
| 可分享教材模組內容說明  | 授課教材投影片250頁, 實驗手冊共6組 |
| 所需實作平台配備與經費需求預估(以模組教學實作所需基本軟、硬體平台估算) | 實作平台配備說明(每組供2位同學使用)* 傳送端：一套Zedboard與RF模組(AD9361)
* 接收端：一套Zedboard與RF模組(AD9361)
* 一組實驗需要兩套FPGA板

設備經費需求:一組NT$76,000(每套NT$38,000) |
| 聯盟/示範教學實驗室可提供之訓練與技術支援(含實驗示範影片) | * 示範教學實驗室及聯盟網址：[ngwt.nctu.edu.tw](file:///C%3A%5CUsers%5CLab605_AppleNi%5CDesktop%5C%E8%A8%88%E7%95%AB%E8%B3%87%E6%96%99%5C1-%E6%8E%A8%E5%BB%A3%E8%A8%88%E7%95%AB%5C%E6%8E%A8%E5%BB%A3%E7%AC%AC%E4%BA%8C%E6%9C%9F%5C1%E5%BE%B5%E4%BB%B6%E5%8F%8A%E9%99%84%E4%BB%B6%5C%E7%AC%AC%E4%B8%89%E7%89%88%5C03-1%20%E7%BE%8E%E7%B7%A3%E5%A7%90%E5%86%8D%E6%AC%A1%E4%BF%AE%E6%94%B91070614%20Gmail%2B%20%E8%AB%8B%E5%8A%A9%E7%90%86%E6%9C%80%E5%BE%8C%E7%9A%84%E6%AA%A2%E6%9F%A5%E4%BF%AE%E6%94%B9%5C%E3%80%90%E9%99%84%E4%BB%B61%E3%80%91%E6%A8%A1%E7%B5%84%E5%85%A7%E5%AE%B9%E8%AA%AA%E6%98%8E%20%28%E8%BF%BD%E8%B9%A4%E4%BF%AE%E8%A8%82%29%5Cngwt.nctu.edu.tw)
* 助教工作坊 20 人/場，共1場
* 教師工作坊 20 人/場，共1場
* 實驗示範教學影片1件，可下載網址：[ngwt.nctu.edu.tw](file:///C%3A%5CUsers%5CLab605_AppleNi%5CDesktop%5C%E8%A8%88%E7%95%AB%E8%B3%87%E6%96%99%5C1-%E6%8E%A8%E5%BB%A3%E8%A8%88%E7%95%AB%5C%E6%8E%A8%E5%BB%A3%E7%AC%AC%E4%BA%8C%E6%9C%9F%5C1%E5%BE%B5%E4%BB%B6%E5%8F%8A%E9%99%84%E4%BB%B6%5C%E7%AC%AC%E4%B8%89%E7%89%88%5C03-1%20%E7%BE%8E%E7%B7%A3%E5%A7%90%E5%86%8D%E6%AC%A1%E4%BF%AE%E6%94%B91070614%20Gmail%2B%20%E8%AB%8B%E5%8A%A9%E7%90%86%E6%9C%80%E5%BE%8C%E7%9A%84%E6%AA%A2%E6%9F%A5%E4%BF%AE%E6%94%B9%5C%E3%80%90%E9%99%84%E4%BB%B61%E3%80%91%E6%A8%A1%E7%B5%84%E5%85%A7%E5%AE%B9%E8%AA%AA%E6%98%8E%20%28%E8%BF%BD%E8%B9%A4%E4%BF%AE%E8%A8%82%29%5Cngwt.nctu.edu.tw)
 |
| 聯絡窗口 | 負責教師：交通大學 吳文榕教授 E-mail: [wrwu@faculty.nctu.edu.tw](file:///C%3A%5CUsers%5CLab605_AppleNi%5CDesktop%5C%E8%A8%88%E7%95%AB%E8%B3%87%E6%96%99%5C1-%E6%8E%A8%E5%BB%A3%E8%A8%88%E7%95%AB%5C%E6%8E%A8%E5%BB%A3%E7%AC%AC%E4%BA%8C%E6%9C%9F%5C1%E5%BE%B5%E4%BB%B6%E5%8F%8A%E9%99%84%E4%BB%B6%5C%E7%AC%AC%E4%B8%89%E7%89%88%5C03-1%20%E7%BE%8E%E7%B7%A3%E5%A7%90%E5%86%8D%E6%AC%A1%E4%BF%AE%E6%94%B91070614%20Gmail%2B%20%E8%AB%8B%E5%8A%A9%E7%90%86%E6%9C%80%E5%BE%8C%E7%9A%84%E6%AA%A2%E6%9F%A5%E4%BF%AE%E6%94%B9%5C%E3%80%90%E9%99%84%E4%BB%B61%E3%80%91%E6%A8%A1%E7%B5%84%E5%85%A7%E5%AE%B9%E8%AA%AA%E6%98%8E%20%28%E8%BF%BD%E8%B9%A4%E4%BF%AE%E8%A8%82%29%5Cwrwu%40faculty.nctu.edu.tw)專責助理：交通大學 陳楹琤小姐 E-mail: yingcheng@nctu.edu.tw聯絡電話： (03) 571-2121 ext 54566 |

1. **編碼理論與實驗課程模組**

**[下世代尖端無線技術跨校教學聯盟]**

| **教材模組名稱** | **編碼理論與實驗** |
| --- | --- |
| 教材模組教學目標 | * 本課程的目標是介紹基本之編碼理論與實現一即時傳收之具編碼無線通訊系統，藉著一系列的理論學習及軟硬體實驗讓學生真正了解數位訊號是如何傳送與接收。
* 子模組一：編碼理論

教學目標：熟悉編碼之基本理論。* 子模組二：編碼實驗

教學目標：藉著一系列實驗了解傳送與接收端如何做及時的編　　　　　碼與傳收處理。 |
| 教材模組課程大綱 | * 子模組一：編碼理論

課程大綱：1. 編碼理論簡介
2. 區塊碼
3. 迴旋碼
4. 先進之編碼
* 子模組二：編碼實驗

課程大綱：1. Simulink簡介
2. Xilinx SDR平台簡介
3. 具編碼之無線收發機系統模擬
4. 編碼之QPSK收發系統實現
 |
| 可分享教材模組內容說明  | 授課教材投影片492頁及實驗手冊50頁 |
| 所需實作平台配備與經費需求預估(以模組教學實作所需基本軟、硬體平台估算) | 實作平台配備說明(每組供2位同學使用)* 傳送端：一套Zedboard與RF模組(AD9361)
* 接收端：一套Zedboard與RF模組(AD9361)
* 一組實驗需要兩套FPGA板

設備經費需求:一組NT$76,000(每套NT$38,000) |
| 聯盟/示範教學實驗室可提供之訓練與技術支援(含實驗示範影片) | * 示範教學實驗室及聯盟網址：[ngwt.nctu.edu.tw](file:///C%3A%5CUsers%5CLab605_AppleNi%5CDesktop%5C%E8%A8%88%E7%95%AB%E8%B3%87%E6%96%99%5C1-%E6%8E%A8%E5%BB%A3%E8%A8%88%E7%95%AB%5C%E6%8E%A8%E5%BB%A3%E7%AC%AC%E4%BA%8C%E6%9C%9F%5C1%E5%BE%B5%E4%BB%B6%E5%8F%8A%E9%99%84%E4%BB%B6%5C%E7%AC%AC%E4%B8%89%E7%89%88%5C03-1%20%E7%BE%8E%E7%B7%A3%E5%A7%90%E5%86%8D%E6%AC%A1%E4%BF%AE%E6%94%B91070614%20Gmail%2B%20%E8%AB%8B%E5%8A%A9%E7%90%86%E6%9C%80%E5%BE%8C%E7%9A%84%E6%AA%A2%E6%9F%A5%E4%BF%AE%E6%94%B9%5C%E3%80%90%E9%99%84%E4%BB%B61%E3%80%91%E6%A8%A1%E7%B5%84%E5%85%A7%E5%AE%B9%E8%AA%AA%E6%98%8E%20%28%E8%BF%BD%E8%B9%A4%E4%BF%AE%E8%A8%82%29%5Cngwt.nctu.edu.tw)
* 助教工作坊 20 人/場，共1場
* 教師工作坊 20 人/場，共1場
* 實驗示範教學影片1件，可下載網址：[ngwt.nctu.edu.tw](file:///C%3A%5CUsers%5CLab605_AppleNi%5CDesktop%5C%E8%A8%88%E7%95%AB%E8%B3%87%E6%96%99%5C1-%E6%8E%A8%E5%BB%A3%E8%A8%88%E7%95%AB%5C%E6%8E%A8%E5%BB%A3%E7%AC%AC%E4%BA%8C%E6%9C%9F%5C1%E5%BE%B5%E4%BB%B6%E5%8F%8A%E9%99%84%E4%BB%B6%5C%E7%AC%AC%E4%B8%89%E7%89%88%5C03-1%20%E7%BE%8E%E7%B7%A3%E5%A7%90%E5%86%8D%E6%AC%A1%E4%BF%AE%E6%94%B91070614%20Gmail%2B%20%E8%AB%8B%E5%8A%A9%E7%90%86%E6%9C%80%E5%BE%8C%E7%9A%84%E6%AA%A2%E6%9F%A5%E4%BF%AE%E6%94%B9%5C%E3%80%90%E9%99%84%E4%BB%B61%E3%80%91%E6%A8%A1%E7%B5%84%E5%85%A7%E5%AE%B9%E8%AA%AA%E6%98%8E%20%28%E8%BF%BD%E8%B9%A4%E4%BF%AE%E8%A8%82%29%5Cngwt.nctu.edu.tw)
 |
| 聯絡窗口 | 負責教師：交通大學 吳文榕教授 E-mail: [wrwu@faculty.nctu.edu.tw](file:///C%3A%5CUsers%5CLab605_AppleNi%5CDesktop%5C%E8%A8%88%E7%95%AB%E8%B3%87%E6%96%99%5C1-%E6%8E%A8%E5%BB%A3%E8%A8%88%E7%95%AB%5C%E6%8E%A8%E5%BB%A3%E7%AC%AC%E4%BA%8C%E6%9C%9F%5C1%E5%BE%B5%E4%BB%B6%E5%8F%8A%E9%99%84%E4%BB%B6%5C%E7%AC%AC%E4%B8%89%E7%89%88%5C03-1%20%E7%BE%8E%E7%B7%A3%E5%A7%90%E5%86%8D%E6%AC%A1%E4%BF%AE%E6%94%B91070614%20Gmail%2B%20%E8%AB%8B%E5%8A%A9%E7%90%86%E6%9C%80%E5%BE%8C%E7%9A%84%E6%AA%A2%E6%9F%A5%E4%BF%AE%E6%94%B9%5C%E3%80%90%E9%99%84%E4%BB%B61%E3%80%91%E6%A8%A1%E7%B5%84%E5%85%A7%E5%AE%B9%E8%AA%AA%E6%98%8E%20%28%E8%BF%BD%E8%B9%A4%E4%BF%AE%E8%A8%82%29%5Cwrwu%40faculty.nctu.edu.tw)專責助理：交通大學 陳楹琤小姐 E-mail: yingcheng@nctu.edu.tw聯絡電話： (03) 571-2121 ext 54566 |

1. **小基站與WiFi之異質性網路存取(OAI平台)課程模組**

**[小細胞基站跨校教學聯盟]**

| **教材模組名稱** | **小基站與WiFi之異質性網路存取(OAI平台)** |
| --- | --- |
| 教材模組教學目標 | * 學習使用OAI-LTE的實驗平台結合WiFi網路以建立異質性網路環境。
* 學習在OAI-LTE與WiFi網路的實驗平台上操作UE如何透過USRP與WiFi網路介面進行Attach、Detach。
* 學習在OAI-LTE與WiFi網路的實驗平台上實作影音串流的卸載與負載分享等相關的程式實作技術。
 |
| 教材模組課程大綱 | * 課程模組：小基站與WiFi之異質性網路存取(OAI平台)

課程大綱：1. 異質性行動寬頻網路的簡介
2. HetNet以小基站為基礎之異質性行動網路
3. ICIC干擾協調與CoMP多點協調
4. OAI-LTE與WiFi網路實驗平台的建置
5. 多媒體影音串流在異質性網路上的QoS
6. OAI-LTE使用WiFi網路的卸載(Off-loading)
7. OAI-LTE與WiFi的負載分享排程演算法(Load Scheduling)

實驗一：OAI-LTE與WiFi網路整合的實驗平台的建置1. 讓學生能建立並熟悉OAI-LTE與WiFi網路整合的實驗環境。
2. 學生透過OAI-LTE與WiFi網路整合的實驗平台去了解並觀察UE在連接服務時的Attach程序與中斷服務時的Detach程序的訊息流程。

實驗二：OAI-LTE與WiFi網路整合的實驗平台上的干擾量測1. 學習OAI-LTE與WiFi網路整合的ICIC干擾協調。
2. 學習OAI-LTE與WiFi網路整合的CoMP多點協調。

實驗三：OAI-LTE與WiFi網路整合的實驗平台上的QoS效能　　　 量測1. 學生得以了解各種網路效能指標(QoS參數)之意義。
2. 使用現有軟體工具量測各項網路效能、培養學生解讀所量測的QoS參數之能力。

實驗四：多媒體影音串流使用OAI-LTE與WiFi網路整合的卸 載與負載分享1. 學生得以了解各種網路效能指標之意義。
2. 使用現有工具軟體量測網路效能、培養解讀量測數據之能力。
3. 培養學生在OAI與WiFi網路的實驗平台上實作影音串流的卸載與負載分享等相關的程式實作技術。
 |
| 可分享教材模組內容說明  | 1. 授課教材投影片(課程+實驗) 1057頁
2. 異質性行動寬頻網路簡介 (82頁) ：可公開
3. HetNet以小基站為基礎之異質性行動網路 (94頁) ：可公開
4. ICIC干擾協調與CoMP多點協調 (170頁) ：可公開
5. OAI-LTE與WiFi網路實驗平台的建置 (80頁) ：可公開
6. 多媒體影音串流在異質性網路上的QoS (82頁) ：可公開
7. LTE使用WiFi網路的卸載(Off-loading) (98頁) ：可公開
8. LTE與WiFi的負載分享排程演算法(Load Scheduling) (89頁) ：可公開
9. 實驗共4組
10. 實驗一：OAI-LTE與WiFi網路整合的實驗平台的建置 (117頁) 可公開
11. 實驗二：OAI-LTE與WiFi網路整合的實驗平台上的干擾量測 (78頁) 可公開
12. 實驗三：OAI-LTE與WiFi網路整合的實驗平台上的QoS效能量測 (80頁) 可公開
13. 實驗四：多媒體影音串流使用OAI-LTE與WiFi網路整合的卸載與負載分享 (87頁) 可公開

課程教材下載：<http://mbat-cctu.nsysu.edu.tw/index.php/wifi/>  |
| 所需實作平台配備與經費需求預估(以模組教學實作所需基本軟、硬體平台估算) | 實作平台配備與經費需求(一套設備可供5位學生使用)：* 一台桌上型電腦 (OAI-eNB): 3萬
* 一台筆電或桌上型電腦 (OAI-EPC): 3萬
* USRP 卡: 4萬
* 行動裝置 (手機) (含實驗用LTE SIM Card) : 每支1萬
 |
| 聯盟/示範教學實驗室可提供之訓練與技術支援(含實驗示範影片) | * 示範教學實驗室及聯盟網址：
* 示範教學實驗室：<http://mbat-cctu.nsysu.edu.tw/demo_lab/>
* 小細胞基站聯盟：<http://mbat-cctu.nsysu.edu.tw/>
* 助教工作坊10人/場，共2場
* 實驗示範教學影片 9件，下載網址:<http://mbat-cctu.nsysu.edu.tw/demo_lab/>
* 可分享資源與示範教學實驗室運作制度

可提供之訓練：1. 遠端登入學習實驗環境的設定與操作。
2. 種子教師與助教可到示範教學實驗室接受訓練。
3. 舉辦種子教師及助教培訓營。

可提供之技術支援：1. 課程規劃主持人可到種子學校進行示範教學。
2. 可派遣技術人員到種子學校進行安裝設定的指導。
 |
| 聯絡窗口 | 負責教師：中山大學 許蒼嶺教授E-mail:[sheu@mail.ee.nsysu.edu.tw](sheu%40mail.ee.nsysu.edu.tw)教材編撰：高雄大學 吳俊興教授專責助理：中山大學 林儀婷小姐E-mail: etinglin@atm.ee.nsysu.edu.tw 聯絡電話：(07)525-2000 ext 4148 |

1. **LTE-Small Cell核心網路架構及服務課程模組**

**[小細胞基站跨校教學聯盟]**

| **教材模組名稱** | **LTE-Small Cell核心網路架構及服務課程模組** |
| --- | --- |
| 教材模組教學目標 | * 學習UE如何在兩台LTE-Small Cells間進行換手(Handover)。
* 學習如何量測Handover Delay與 Throughput。
* 學習使用4個UE傳送不同的Traffic Types (Skype、VoD、VoIP、FTP)。
* 學習如何實作不同Traffic Types間具有QoS的Handover。
 |
| 教材模組課程大綱 | * 課程模組：LTE-Small Cell核心網路架構及服務課程模組

課程大綱：1. 通道品質(Channel Quality)與訊號干擾雜訊比(SINR)。
2. 傳送與接收功率(RSRP)與訊號衰減的關係。
3. 換手(Handover)的啟動程序。
4. LTE-Small Cells的觸發條件。
5. 不同Traffic Types的QoS效能參數 (Packet Delay、PLR、Throughput)。
6. 換手對Small Cells負載平衡的影響。
7. 具有QoS的換手演算法。

實驗一：傳送與接收功率對通道品質(Channel Quality)的影響1. 在兩台Small Cells設定不同的RSRP。
2. 啟動UE連線、移動UE並觀察SINR的變化。

實驗二：UE在兩個Small Cells間的換手(Handover)1. 學習Handover流程、Measurement Report、Handover Events。
2. 學習如何設定Handover Decision的條件。
3. UE於兩台eNodeB間移動，觀察Handover的啟動狀態與時間。

實驗三：UE傳送不同的Traffic Types與QoS的影響1. 架設四種Traffic Types的伺服器(Skype、VoD、VoIP、FTP)。
2. 啟動連線4個UE分別傳送4種不同的Traffic Types (Skype、VoD、VoIP、FTP)。
3. 觀察不同Traffic Types之間完成換手的先後順序。

實驗四：實作具有QoS的換手演算法1. 使用TCP的Port Number設定4種不同Traffic Types的換手優先順序。
2. 根據預設的優先權讓四種不同Traffic Types依序進行換手。
3. 觀察換手順序並量測四種Traffic Types的QoS效能參數(Packet Delay、PLR、Throughput)。
 |
| 可分享教材模組內容說明  | 1. 授課教材投影片(課程+實驗) (581頁)
2. 通道品質(Channel Quality)與訊號干擾雜訊比(SINR) (83頁)：可公開
3. 傳送與接收功率(RSRP)與訊號衰減的關係 ( 45頁) ：可公開
4. 換手(Handover)的啟動程序 (66頁) ：可公開
5. LTE-Small Cells的觸發條件 (39頁) ：可公開
6. 不同Traffic Types的QoS效能參數 (Packet Delay、PLR、Throughput) ( 50頁) ：可公開
7. 換手對Small Cells負載平衡的影響 (50頁) ：可公開
8. 具有QoS的換手演算法 ( 50頁) ：可公開
9. 實驗共4組
10. 實驗一：傳送與接收功率對通道品質(Channel Quality)的影響 (59頁) 可公開
11. 實驗二：UE在兩個Small Cells間的換手(Handover) (41頁) 可公開
12. 實驗三：UE傳送不同的Traffic Types與QoS的影響 (57頁) 可公開
13. 實驗四：實作具有QoS的換手演算法 (41頁) 可公開
 |
| 所需實作平台配備與經費需求預估(以模組教學實作所需基本軟、硬體平台估算) | 實作平台配備：(一套設備可供給5 位學生使用)* ITRI Small Cell eNodeB (兩台)：50萬
* 筆電或桌上型電腦 (Intel-based; 含 EPC open source)：3萬
* 行動裝置 (4支手機)　(含實驗用LTE SIM Card)：每支1萬，共4萬。
 |
| 聯盟/示範教學實驗室可提供之訓練與技術支援(含實驗示範影片) | * 示範教學實驗室及聯盟網址：
* 示範教學實驗室：<http://mbat-cctu.nsysu.edu.tw/demo_lab/>
* 小細胞基站聯盟：<http://mbat-cctu.nsysu.edu.tw/>
* 助教工作坊10人/場，共2場
* 實驗示範教學影片 9件，下載網址:<http://mbat-cctu.nsysu.edu.tw/demo_lab/>
* 可分享資源與示範教學實驗室運作制度

可提供之訓練：1. 遠端登入學習實驗環境的設定與操作。
2. 種子教師與助教可到示範教學實驗室接受訓練。
3. 舉辦種子教師及助教培訓營。

可提供之技術支援：1. 課程規劃主持人可到種子學校進行示範教學。
2. 可派遣技術人員到種子學校進行安裝設定的指導。
 |
| 聯絡窗口 | 負責教師：中山大學 許蒼嶺教授E-mail:[sheu@mail.ee.nsysu.edu.tw](sheu%40mail.ee.nsysu.edu.tw)教材編撰：高雄大學 吳俊興教授專責助理：中山大學 林儀婷小姐E-mail: etinglin@atm.ee.nsysu.edu.tw聯絡電話：(07)525-2000 ext 4148 |

1. **小基站與WiFi之異質性網路存取(ITRI LWA Small Cell)
 　　　課程模組**

**[小細胞基站跨校教學聯盟]**

| **教材模組名稱** | **小基站與WiFi之異質性網路存取(ITRI LWA Small Cell)** |
| --- | --- |
| 教材模組教學目標 | * 學習使用ITRI LWA-Small Cell的異質性網路實驗平台。
* 學習在LWA-Small Cell的實驗平台上操作UE如何透過LTE與WiFi網路介面進行Attach、Detach。
* 學習在LWA-Small Cell的實驗平台上實作影音串流的卸載與負載分享等相關的程式實作技術。
 |
| 教材模組課程大綱 | * 課程模組：小基站與WiFi之異質性網路存取(ITRI LWA

　　　　　Small Cell)課程大綱：1. 異質性行動寬頻網路的簡介
2. HetNet以小基站為基礎之異質性行動網路
3. ICIC干擾協調與CoMP多點協調
4. ITRI LWA-Small Cell的異質性網路實驗平台的建置
5. 多媒體影音串流在異質性網路上的QoS
6. 在LWA-Small Cell實驗平台上的卸載(Off-loading)
7. 在LWA-Small Cell實驗平台上負載分享排程演算法(Load Scheduling)

實驗一：LWA-Small Cell實驗平台的建置1. 讓學生能建立並熟悉ITRI LWA-Small Cell實驗平台的實驗環境。
2. 學生透過ITRI LWA-Small Cell實驗平台去了解並觀察UE在連接服務時的Attach程序與中斷服務時的Detach程序的訊息流程。

實驗二：LWA-Small Cell實驗平台上的干擾量測1. 學習ITRI LWA-Small Cell實驗平台的ICIC干擾協調。
2. 學習ITRI LWA-Small Cell實驗平台的CoMP多點協調。

實驗三：LWA-Small Cell實驗平台上的QoS效能量測1. 學生得以了解各種網路效能指標(QoS參數)之意義。
2. 使用現有軟體工具量測各項網路效能、培養學生解讀所量測的QoS參數之能力。

實驗四：多媒體影音串流的卸載與負載分享1. 學生得以了解各種網路效能指標之意義。
2. 使用現有工具軟體量測網路效能、培養解讀量測數據之能力。
3. 培養學生在ITRI LWA-Small Cell實驗平台上實作影音串流的卸載與負載分享等相關的程式實作技術。
 |
| 可分享教材模組內容說明  | 1. 授課教材投影片(課程+實驗) (919頁)
2. 異質性行動寬頻網路簡介 (82頁) ：可公開
3. HetNet以小基站為基礎之異質性行動網路 (94頁) ：可公開
4. ICIC干擾協調與CoMP多點協調 (170頁) ：可公開
5. ITRI LWA-Small Cell的異質性網路實驗平台的建置 (52頁) ：可公開
6. 多媒體影音串流在異質性網路上的QoS (82頁) ：可公開
7. 在LWA-Small Cell實驗平台上的卸載(Off-loading) (81頁) ：可公開
8. 在LWA-Small Cell實驗平台上負載分享排程演算法(Load Scheduling) (57頁) ：可公開
9. 實驗共4組
10. 實驗一：LWA-Small Cell實驗平台的建置 (79頁) 可公開
11. 實驗二：LWA-Small Cell實驗平台上的干擾量測 (86頁) 可公開
12. 實驗三：LWA-Small Cell實驗平台上的QoS效能量測 (65頁) 可公開
13. 實驗四：多媒體影音串流的卸載與負載分享 (71頁) 可公開
 |
| 所需實作平台配備與經費需求預估(以模組教學實作所需基本軟、硬體平台估算) | 實作平台配備與經費需求(一套設備可供5位學生使用)：* ITRI LWA-Small Cell (含WiFi) : 25萬
* 筆電或桌上型電腦 (Intel-based; 含 EPC open source) : 3萬
* 行動裝置 (手機) (含實驗用LTE SIM Card) : 每支1萬
 |
| 聯盟/示範教學實驗室可提供之訓練與技術支援(含實驗示範影片) | * 示範教學實驗室及聯盟網址：
* 示範教學實驗室：<http://mbat-cctu.nsysu.edu.tw/demo_lab/>
* 小細胞基站聯盟：<http://mbat-cctu.nsysu.edu.tw/>
* 助教工作坊10人/場，共2場
* 實驗示範教學影片 9件，下載網址:<http://mbat-cctu.nsysu.edu.tw/demo_lab/>
* 可分享資源與示範教學實驗室運作制度

可提供之訓練：1. 遠端登入學習實驗環境的設定與操作。
2. 種子教師與助教可到示範教學實驗室接受訓練。
3. 舉辦種子教師及助教培訓營。

可提供之技術支援：1. 課程規劃主持人可到種子學校進行示範教學。
2. 可派遣技術人員到種子學校進行安裝設定的指導。
 |
| 聯絡窗口 | 負責教師：中山大學 許蒼嶺教授E-mail:[sheu@mail.ee.nsysu.edu.tw](sheu%40mail.ee.nsysu.edu.tw)教材編撰：高雄大學 吳俊興教授專責助理：中山大學 林儀婷小姐E-mail: etinglin@atm.ee.nsysu.edu.tw聯絡電話：(07)525-2000 ext 4148 |

1. **物聯網平台Raspberry PI課程模組**

**[行動智慧聯網跨校教學聯盟]**

| **教材模組名稱** | **物聯網平台Raspberry PI課程模組** |
| --- | --- |
| 教材模組教學目標 | * 課程模組整體教學目標：
1. 嵌入式系統為資訊融入生活之核心元件，物聯網系統則為工業4.0等應用之核心技術。兩者之整合可建立各種應用 ，如：智慧家庭、智慧城市、智慧工廠等。
2. 透過各項實驗模組介紹物聯網與嵌入式系統概念，提供學生基礎知識與實作經驗。
* 課程模組：物聯網平台Raspberry PI

教學目標：1. 本課程將以實作動手為主，以一系列實驗為基礎，透過一連串的實驗，讓同學接觸並學習操作物聯網平台(樹梅派)，從無到有建立一個物聯網系統應用。
2. 過程中，學員可了解物聯網感測技術原理、核心網路技術與雲端平台之整合技術。
3. 透過專題實作，讓學員瞭解物聯網相關之研究領域及應用能力。
 |
| 教材模組課程大綱 | * 課程大綱：
1. 單元1：Raspberry PI Introduction
2. 單元2：Raspberry PI GPIO and Python
3. 單元3：Input and output of Raspberry PI
4. 單元4：Communications (Wi-Fi, Bluetooth, Arduino)
5. 單元5：Integration with Cloud platform
6. 實驗：In-class discussions, quiz, hands-on labs
* 範例Quiz：DIY倒車雷達
* 結合LED+溫濕度+超音波感測器，設計溫度校正功能，當目標物距離靠近時，閃爍頻率變高。
	+ 距離30cm以上， LED沒反應。
	+ 小於30cm，LED開始閃爍。
	+ 小於15cm，LED的閃爍變快。
* 範例 discussions：慣性感測元件資訊
* 紀錄加速度的數值, 觀察並畫出靜止與搖晃狀態的資訊。
 |
| 可分享教材模組內容說明 | 授課教材投影片教材5份共382頁，內含實驗手冊與題目，可參閱範例教材。 |
| 所需實作平台配備與經費需求預估(以模組教學實作所需基本軟、硬體平台作估算) | 實作平台配備說明：(每份供1位同學使用)建議如下規格之零件：* 物聯網平台：Raspberry PI3 (含電源供應器、記憶卡、螢幕線或USB-to-Serial傳輸線)
* 電子零件：電阻、LED燈泡、麵包板、杜邦線、可變電阻
* 感測器：溫濕度、超音波、3軸加速度/電子羅盤/陀螺儀、氣壓計、光敏電阻、伺服馬達、Raspberry PI相機模組
* 軟體：Raspbian (OS), PL2303HX driver (USB-to-Serial driver)
* 選用感測器(optional)：氣體濃度感測器、懸浮粒子感測器、EMG感測器(人體脈搏) 、心律感測器

設備經費需求：每份約NT$5700，選用感測器約NT$5500。 |
| 聯盟/示範教學實驗室可提供之訓練與技術支援(含可提供之實驗示範影片) | 直接接洽聯絡窗口 |
| 聯絡窗口 | 負責人員：交通大學 吳昆儒博士聯絡方式：[wufish@g2.nctu.edu.tw](wufish%40g2.nctu.edu.tw) / (03)571-2121 #54747 |

1. **LoRaWAN長距離低功耗網路與應用實驗課程模組**

**[行動智慧聯網跨校教學聯盟]**

| **教材模組名稱** | **LoRaWAN長距離低功耗網路與應用實驗課程模組** |
| --- | --- |
| 教材模組教學目標 | * 課程模組整體教學目標：

訓練與培育智慧聯網與智慧校園應用開發人才，經由建置 LoRaWAN 校園網路 (LoRaWAN基地台 + LoRa 微型震動感應器+ LoRa 環境感應器集中器 sensor hub)，以及開發智慧校園創新應用軟體APP，讓同學學習 LoRaWAN 長距離低功耗網路基礎知識以及累積智慧校園創新應用 APP 開發經驗，協助建置具創新服務應用的智慧校園。* 教學目標：

以 LoRaWAN 核心技術為基礎，物聯網概論為輔助，透過小型智慧溫室來使用LoRa 通訊模組進行雙向控制的實驗，讓學生熟悉 LoRaWAN 的運作原理。最後帶領學生建置 LoRaWAN 校園網路 (LoRaWAN基地台 + LoRa 微型震動感應器+ LoRa 環境感應器集中器 sensor hub)，以及開發智慧校園創新應用軟體 APP。 |
| 教材模組課程大綱 | * 課程大綱
1. 物聯網基礎架構
2. LPWAN 低功耗廣域網路特性
3. LoRaWAN 通訊協定與網路架構介紹
4. LoRaWAN 效能提升機制
5. LoRaWAN 產業應用
6. LoRaWAN智慧校園建置與創新應用設計案例

實驗一：物聯網平台 Linkit 7697 介紹. 感測器平台的基礎認識，軟體安裝以及韌體更新等等前置作業。實驗二：LoRaWAN 通訊模組介紹. 熟習使用 LoRaWAN 通訊模組將傳送數據至雲端平台接收顯示數據。實驗三：LoRaWAN雙向控制系統實習. 透過小型智慧溫室來使用LoRaWAN 通訊模組進行雙向控制的實驗。實驗四：LoRaWAN 網路建置與智慧校園創新應用軟體 APP 開發。帶領學生建置LoRaWAN校園網路(LoRaWAN基地台+LoRa微型震動感應器+ LoRa環境感應器集中器 sensor hub)，以及開發智慧校園創新應用軟體APP (已建置之雲端智慧校園LPWAN創新應用數據平台可提供多種API給APP呼叫使用)。例如：1. 各類球場 (籃球場/網球場/羽球場/桌球場等等) 使用管理系統。
2. 宿舍洗衣機/烘乾機/浴室使用管理系統。
3. 校園電梯使用數據分析與管理系統。
4. 校園人員 (老人/小孩) 以及寵物 (校狗) 追蹤管理系統。
5. 校園環境 (溫溼度/CO2/光照度) 管理系統。
6. 校園交通 (單車/摩托車/汽車/校園巴士) 追蹤管理系統。
7. 校園安全管理系統等等。
 |
| 可分享教材模組內容說明 | 課程講義投影片約200頁，實習介紹投影片約200頁 |
| 所需實作平台配備與經費需求預估(以模組教學實作所需基本軟、硬體平台作估算) |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 實驗套件 | 單位 | 單價 | 備註 |
| LinkIt 7697 開發板 | 片 | 600 | (可供兩人使用) |
| 感應器套件 (約十種感應器) | 套 | 2000 | (可供兩人使用) |
| LoRaWAN 通訊模組 | 片 | 1200 | (可供兩人使用) |
| 雙向控制智慧小型溫室(含溫溼度感應器/風扇/控制器等) | 套 | 5000 | (可供四人使用) |
| LoRaWAN Outdoor Gateway (包含場勘以及安裝) | 台 | 120000 | (可供2000人使用，全班或全校共用一台)，依校園大小與建築分布等等。建議可建置 1-2 台 |
| LoRaWAN Indoor Gateway | 台 | 12000 | (可供 20 人使用) 也可用來補強戶外基地台信號較弱的地區(如大樓的阻隔等等)，建議可建置 3-5 台  |
| LoRaWAN震動感知微型感應器(GPS 衛星定位 + LoRaWAN 通訊 + BLE 藍芽通訊 +3軸加速器 +9軸加速器：收集震動、體感、相關種類創新應用的數據)  | 組 | 50000 | 可供 20 人使用 (一組 30 個震動感知微型感應器，可依照校園創新應用APP 功能(如籃球場管理系統) 需求機動分配並建置於校園中) |
| LoRaWAN 環境感知感應器集中器 (sensor hub)(Linkit 7697+ LoRaWAN 通訊 + WiFi通訊 + 太陽能板 + 溫溼度感應器 + CO2 感應器 + 光照度感應器：收集環境相關種類創新應用的數據) | 組 | 50000 | 可供 20 人使用 (一組 2 個感應器集中器 sensor hub，可依照校園創新應用APP 功能(如校園空氣溫溼度等等管理系統) 需求機動分配並建置於校園中) |
| LoRaWAN 微型感應器程式燒錄器 | 台 | 2000 | 可供 2-4 人使用 (將程式燒錄於微型感應器中) |
| 雲端智慧校園 LPWAN 物聯網數據收集與分析平台 (包含 API) | 套 | 30000 | 可供 1000 人使用, 平台每年服務使用費 |

 |
| 聯盟/示範教學實驗室可提供之訓練與技術支援(含可提供之實驗示範影片) | 1. 課程教學磨課師影片 (約 6-9小時) 置放於清華大學學聯網磨課師平台 (<www.sharecourse.net>)
2. 提供智慧校園 LPWAN創新應用數據收集與分析平台 APIs，並提供同學設計創新應用網頁或是APP 呼叫使用
3. 課程助教培訓 (預計於清華大學舉辦)
4. 提供補充教材 “物聯網概論” 講義約 200 頁以及磨課師課程影片約 3-6 小時
 |
| 聯絡窗口 | 專責助理：清華大學 羅 媺小姐聯絡方式：[meei2548@cs.nthu.edu.tw](meei2548%40cs.nthu.edu.tw) /(03) 5715131 ext 80080 |

1. **深度學習課程模組**

**[行動智慧聯網跨校教學聯盟]**

| **教材模組名稱** | **深度學習課程模組** |
| --- | --- |
| 教材模組教學目標 | * 課程模組整體教學目標：

　　讓學生熟悉深度學習技術與相關應用。* 子模組一：卷積神經網路 (Convolutional Neural Networks)

教學目標：1. 介紹卷積神經網路基本原理，培養學生觀念與實作能力。
2. 透過作業，讓同學實作並視覺化神經網路中間層所擷取到的特徵。
3. 透過作業，讓同學了解不同filter size、stride所造成的影響。
* 子模組二：自編碼器 (Autoencoders)

教學目標：1. 介紹自編碼器基本原理，培養學生觀念與實作能力。
2. 透過作業，讓同學了解不同種類的自編碼器。
3. 透過作業，讓學生實作重構MNIST-M資料集的自編碼器並觀察結果。
 |
| 教材模組課程大綱 | * 子模組一：卷積神經網路 (Convolutional Neural Networks)

課程大綱：1. Introduction
2. Convolution Operation
3. Pooling
4. Variants of Basic Convolution Function
5. Structured Output
6. Data Types
7. Efficient Convolution Algorithms
8. Random or Unsupervised Features
9. Neuroscientific Basis for Convolutional Networks

實驗: Convolutional Neural Network實驗內容說明:Use CIFAR-10 Dataset and build a convolutional neural network to do multi-class classificationIn this problem, you will construct a Convolutional Neural Network (CNN) for image recognition using CIFAR-10 dataset. The CIFAR-10 dataset consists of 60,000 $32×32$ color images in 10 classes, with 6,000 images per class. There are 50,000 training images and 10,000 test images1. Implement a CNN for image recognition using CIFAR-10. Analyze the effect of different settings including stride size and filter size. You should show the learning curve of training set and the final test error rate.
2. Show some of feature maps in hidden layers
* 子模組二：自編碼器 (Autoencoders)

課程大綱：1. Introduction
2. Undercomplete Autoencoders
3. Representational Power, Layer Size and Depth
4. Stochastic Encoders and Decoders
5. Denosing Autoencoders
6. Learning Manifolds with Autoencoders
7. Predictive Sparse Decomposition
8. Applications of Autoencoders

實驗: Autoencoder實驗內容說明:Use MNIST-M Dataset and build an autoencoder to observe the 　　　　learning curve and the generated samples1. Please build an autoencoder to reconstruct mnist-m dataset, and show the reconstruction loss during training stage
2. Please refer to the “adversarial autoencoder”(AAE), implement an AAE and use t-SNE dimension reduction method to plot the encoding of training data
 |
| 可分享教材模組內容說明 | 授課教材投影片8份共627頁。實驗內容2份。實驗一：Convolutional Neural Network實驗二：Autoencoder |
| 所需實作平台配備與經費需求預估(以模組教學實作所需基本軟、硬體平台作估算) | 使用桌上型電腦、筆記型電腦，或者如參考規格之server (供8～12人使用):伺服器價格: 100,000元可參考配置如下表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 硬體 | 規格 | 數量 | 價錢 |
| 伺服器(Server) | CPU:Inteli9-7900 | 1 | 32,000元 |
| GPU: Nvidia GTX 1080Ti 11GB | 1 | 28,000元 |
| MB:X299 | 1 | 15,000元 |
| RAM:DDR4(2400)16GB | 4 | 16,000元 |
| HDD:SATA3 2TB | 1 | 3,000元 |
| Power:1000W | 1 | 6,000元 |
| 合計 |  | 100,000元 |

 |
| 聯盟/示範教學實驗室可提供之訓練與技術支援(含可提供之實驗示範影片) | * 示範教學實驗室及聯盟網址：<http://miiot.nctu.edu.tw/>
* 一日之工作坊/培訓課程：
	1. 講授"深度學習基本介紹" (配合本課程上課使用之投影片)。
	2. 帶領學員實作深度學習開發環境建置與維護，以及實驗課程操作。
 |
| 聯絡窗口 | 負責人員：交通大學 郭哲宇助教E-mail:[a7807656@gmail.com](a7807656%40gmail.com)　　　　　交通大學 王俊煒助教E-mail:[ula1592001@gmail.com](ula1592001%40gmail.com) 交通大學 呂昱穎助教E-mail:[kevinlumail@gmail.com](kevinlumail%40gmail.com)連絡電話：(03) 571-2121 #54632 |

1. **多天線系統通道特性與效能分析課程模組**

**[行動通訊電路設計跨校教學聯盟]**

| **教材模組名稱** | **多天線系統通道特性與效能分析課程模組** |
| --- | --- |
| 教材模組教學目標 | * 課程模組整體教學目標：

本課程的教學目標是為了讓學生更能夠理解在多天線系統中的通道特性與通道的效能分析，利用USRP NI2901軟體定義無線電(SDR)與LabVIEW Communications System Design Suite2.0的開發平台，讓學生可以更容易了解到MIMO-OFDM的收發理論及實務操作，並介紹各種無線傳輸通道特性。先由OFDM最基本的概念讓學生對目前最廣泛使用的調變技術做一個深度的了解；其次是介紹MIMO OFDM所使用的相關技術，例如空間分集、空間多工等等，讓學生可以了解通道的傳送方式非常多元，搭配實驗二與實驗三的實做課程，可以從程式中驗證上課的理論，更可以加深學生對於這門課的印象。* 子模組一：OFDM 技術介紹

教學目標：介紹OFDM的原理及應用、OFDM的特性與優點及OFDM經過非時變通道的系統模型。* 子模組二：MIMO OFDM 技術介紹

教學目標：介紹MIMO OFDM的分集技術、組合方法、MIMO系統的架構和MIMO OFDM結合之訊號。* 子模組三： OFDM之同步與通道估測技術

教學目標：介紹OFDM的時間同步與頻率同步以及通道估測的技術，導引訊號、一維線性內插法、FTPC通道估測。* 子模組四：無線通道特性與模型

教學目標：介紹在無線通道的環境下常用的通道模型，模擬各類通道的衰落與路徑損失。* 實驗一:以USRP實現通道中調變與解調變

教學目標：先教學生熟悉NI2901的設備與LabVIEW Communications System Design Suite 2.0的軟體開發環境，接下來介紹QAM的TX與RX如何實做在NI2901上面。 * 實驗二:以USRP實現通道中2x2 Alamouti code信號之收發

教學目標：介紹空間分集的概念，利用程式中的Block說明訊號傳送時的方式，以及各個block的功用。* 實驗三:以USRP實現通道中2x2 Spatial Mutiplexing OFDM信號之收發

教學目標：介紹空間多工的概念，用v-blast的方式傳送資料，讓資料的傳輸效率更高。 |
| 教材模組課程大綱 | * 子模組一：OFDM 技術介紹
1. OFDM原理
2. OFDM特性與優點
3. OFDM經過非時變通道的系統模型
4. OFDM之應用
* 子模組二：MIMO OFDM 技術介紹
1. 分集技術
2. 組合(combining)方法
3. 智慧型天線
4. 陣列信號處理
5. MIMO系統
6. MIMO-OFDM結合之訊號
* 子模組三：OFDM之同步與通道估測技術
1. 時間同步
2. 頻率同步
3. 解決頻率偏移
4. 通道估測與補償
5. 導引訊號通道估測
6. 一維線性內插
7. FPTC通道估測
* 子模組四：無線通道特性與模型
1. 無線傳播通道基本概念
2. 電波傳播特性及其對系統之影響
3. 各類通道與其模擬
4. Rayleigh衰減通道模擬
5. 業界無線通道(TGN/UMa/UMi)通道介紹
* 實驗一:以USRP實現通道中調變與解調變
1. 藉由實際講述LabVIEW程式碼以理解通訊系統的調變與解調變
2. 練習程式之修改
* 實驗二:以USRP實現通道中2x2 Alamouti code信號之收發
1. 藉由實際講述LabVIEW程式碼以理解Alamouti code的流程及通訊理論
2. 透過調校程式參數以分析不同情況下的Alamouti code效能
3. 練習程式之修改
* 實驗三:以USRP實現通道中2x2 Spatial Multiplexing OFDM信號之收發
1. 藉由實際講述LabVIEW程式碼以理解2x2 Spatial Multiplexing的工作方式
2. 透過調校程式參數以分析不同情況下的Spatial Multiplexing效能
3. 練習程式之修改
 |
| 可分享教材模組內容說明 | 授課教材投影片225頁，實驗手冊共120頁，題庫共2頁1. 單元一: OFDM 技術介紹 (13頁)
2. 單元二: MIMO OFDM 技術介紹 (30頁)
3. 單元三: OFDM之同步與通道估測技術 (33頁)
4. 單元四: 無線通道特性與模型 (73頁)
5. 實驗一: 以USRP實現無線通道模型 (21頁)
6. 實驗二: 以USRP實現2x2 Alamouti code信號之收發 (37頁)
7. 實驗三: 以USRP實現2x2 Spatial Multiplexing OFDM信號之收發 (18頁)
 |
| 所需實作平台配備與經費需求預估(以模組教學實作所需基本軟、硬體平台作估算) | 實作平台配備說明(每組供2位同學使用)* 傳送端：一台NI USRP 2901軟體無線電
* 接收端：一台NI USRP 2901軟體無線電
* 一組實驗需要兩台軟體無線電，另自備執行LaVIEW Communications Design Suite電腦兩部

設備經費需求：一組NT$98,000 |
| 聯盟/示範教學實驗室可提供之訓練與技術支援(含可提供之實驗示範影片) | * 示範教學實驗室及聯盟網址：
* 示範教學實驗室：<http://mobilerf.ntust.edu.tw/demonstration-teaching-laboratory>
* 行動通訊電路設計聯盟：<http://mobilerf.ntust.edu.tw/>
* 教師工作坊 20 人/場，共1場
* 實驗示範教學影片預計3件
 |
| 聯絡窗口 | 負責教師：台北科技大學 林信標教授 專責助理：台北科技大學 莊柏煜同學 Email：[g830806@gmail.com](g830806%40gmail.com)聯絡電話：02-27712171#2271 |

1. **行動通訊陣列天線課程模組**

**[行動通訊電路設計跨校教學聯盟]**

| **教材模組名稱** | **行動通訊陣列天線課程模組** |
| --- | --- |
| 教材模組教學目標 | * 課程模組整體教學目標：

本課程模組的目標在於讓學生了解陣列天線在行動通訊的應用及設計觀念，因此課程的介紹以應用為起始點，介紹行動通訊的基本觀念，尤其是利用陣列天線來形成細胞規劃的機制；其次將課程引導至次世代的行動應用，包括利用多路徑通道特性來形成MIMO的機制及MIMO的基本原理與應用；待應用的觀念建置後，將學生的訓練導引至陣列天線的基本原理及設計觀念，最後讓學生設計簡易的陣列天線，以數值模擬的方式來呈現陣列天線的各個面向，其中數值模擬介紹及量測系統的介紹。如此，本模組屬於陣列天線的入門課程，讓學生由應用、規劃、設計、乃至於模擬驗證等均有一個初步的認識，讓學生對於第五代行動通訊天線技術有一個背景式的知識與了解，有助於訓練系統性人才。* 子模組ㄧ：行動通訊概論與細胞規劃教學目標：介紹4G的網路遠景、 4G相關功目標、4G之核心技術、第一代到第四代的基本技術參數、細胞規劃：蜂巢式網路的概念、無線電波干擾、頻率重複使用、增進系統容量、改善通訊品質、多重存取。
* 子模組二：MIMO的基本原理及應用(含Massive MIMO)教學目標：MIMO技術簡介、MIMO基本原理、 MIMO在LTE的應用、Massive MIMO。建立學生MIMO運作機制的觀念，此MIMO技術將會在5G大幅的應用。
* 子模組三：通訊傳播通道概論、估計與量測教學目標： MIMO通訊傳播特性,MIMO天線系統效能，由多重路徑的訊號差異，讓學生了解通道特性對於行動通訊訊號品質與效能的重要，進而引出MIMO的應用。
* 子模組四：陣列天線的數值模擬技術教學目標：介紹電磁數值模擬方法與模擬軟體的應用，讓學生跨入設計陣列天線的第一步，利用數值軟體的使用，一步一步引導學生完成一個陣列天線的設計。
* 子模組五：天線量測技術與量測方法教學目標： 介紹典型的天線量測系統，包括遠場與近場的量測方式，本課程亦介紹各種天線相關參數及其量測方式，讓學生了結天線的特性驗證、及與通訊系統整合時的介面關係。
 |
| 教材模組課程大綱 | * 子模組ㄧ：行動通訊概論與細胞規劃課程大綱：
1. 無線通訊的世代
2. 從2G到3G之路
* 第一代 (1G , First Generation): 1G –AMPS 及早期行動通訊系統
* 第二代 (2G , Second generation): 2G–GSM, 2G–IS-95 (窄頻CDMA)
* 第2.5代 (2.5 G): 2.5G–GPRS 與 WAP 通訊協定
* 第三代 (3G , Third Generation): 2G/2.5G網路如何升級到3G網路、3G –WCDMA、3G–cdma2000
1. 從 1G 到 3G 看行動通訊系統之演進
2. 4G概述:4G的網路遠景、4G相關功能目標、4G之核心技術
3. 第一代到第四代的基本技術參數
4. 細胞規劃:蜂巢式網路的概念、無線電波干擾、頻率重複使用、增進系統容量、改善通訊品質、多重存取
* 子模組二：MIMO的基本原理及應用(含Massive MIMO)課程大綱：
1. MIMO 技術簡介：
* 傳輸模型
* MIMO是甚麼?
* LTE中的MIMO 模型
* MIMO的系統容量
* 為何選擇MIMO技術
1. MIMO基本原理：
* MIMO 系統模型圖
* MIMO原理
* 空間複用
* 發射分集
* 空間發射分集
* 空頻發射分集
* 循環延遲發射分集
* 接收分集
* MIMO 關鍵技術: 層映射、預編碼
1. MIMO在LTE的應用：
* LTE中的MIMO模式
* MIMO模式的應用
* 發射分集的應用場景
* 空間複用的應用場景
* 波束成型的應用場景
1. Massive MIMO：
* Massive MIMO的定義
* Multi user vs Single user
* Massive MIMO的潛力
* TDD OR FDD
* Massive MIMO的限制
* Massive MIMO的研發問題
* Massive MIMO的Channel
* Massive MIMO的coding
* 子模組三：通訊傳播通道概論、估計與量測課程大綱：
	1. MIMO通訊傳播特性
* 多輸入多輸出系統簡介
* 無線通道之特性及其參數
* 波束形成、空間分集和空間多工傳輸技術
	1. MIMO天線系統效能
* 天線之基礎介紹與設計
* 提升隔離度之去耦合架構設計
* 天線間耦合對於通道容量影響
* 通道量測系統及量測結果分析
* 子模組四：陣列天線的數值模擬技術課程大綱：
1. 數值電磁模擬技術基本介紹
* 陣列天線電磁特性基本介紹
* 使用MATLAB執行陣列天線場型模擬
1. 電磁模擬軟體HFSS介紹
* 使用HFSS執行陣列天線電磁模擬
* 使用HFSS分析陣列天線電磁特性
1. 電磁模擬軟體CST介紹
* 使用CST執行陣列天線電磁模擬
* 使用CST分析陣列天線電磁特性

實驗一： 2.4GHz與5.8GHz之1x4陣列天線模擬設計* 子模組五：天線量測系統及量測方法介紹課程大綱：
1. 電磁輻射基本理論、天線驗證方法、天線驗證實驗系統。
2. 天線參數量測方法計紹，包括增益量測與在各種實驗系統的量測方法。
3. 天線遠、近場量測系統介紹，近場系統包括平面、圓柱面及球面近場量測系統；遠場量測包括戶外量測系統、縮距式天線量測系統等。
 |
| 可分享教材模組內容說明 | 授課教材投影片 484 頁，實驗手冊共 2組1. 單元1：行動通訊概論與細胞規劃 (159頁)
2. 單元2：MIMO基本原理及應用(含Massive MIMO) (125頁)
3. 單元3：通訊傳播通道概論、估計與量測 (50頁)
4. 單元4：天線數值模擬設計 (50頁)
5. 單元5：天線量測系統及量測方法介紹 (50頁)
6. 實驗1：2.4GHz與5.8GHz之1x4陣列天線模擬設計
7. 實驗2：2.4GHz與5.8GHz之1x8陣列天線模擬設計 (2個實驗共50頁)
 |
| 所需實作平台配備與經費需求預估(以模組教學實作所需基本軟、硬體平台作估算) | 實作平台配備說明(每組供 3位同學使用)：以電磁數值模擬軟體在電腦上模擬天線的設計，實驗方式係由三位同學為一組進行陣列天線的設計與參數的驗證。因此實作平台包括Ansys Dessigner/HFSS和Keysight ADS模擬軟體。設備經費需求：整體軟體以Ansys軟體租用，每年約10萬元。另十台電腦可以使用學校電腦教室或購置(每台約三萬元，含螢幕) |
| 聯盟/示範教學實驗室可提供之訓練與技術支援(含可提供之實驗示範影片) | * 示範教學實驗室及聯盟網址：
	+ 示範教學實驗室： <http://mobilerf.ntust.edu.tw/demonstration-teaching-laboratory>
	+ 行動通訊電路設計聯盟： <http://mobilerf.ntust.edu.tw/>
* 助教工作坊 20 人/場，共1場
* 教師工作坊 20 人/場，共1場
* 實驗示範教學影片2件，預計完成日期2018/2/28。
* 可分享資源與示範教學實驗室運作制度

可提供之訓練：1. 遠端登入學習實驗環境的設定與操作。
2. 種子教師與助教可到示範教學實驗室接受訓練。

可提供之技術支援：1. 課程規劃主持人可到種子學校進行示範教學。
2. 可派遣技術人員到種子學校進行安裝設定的指導。
 |
| 聯絡窗口 | 負責教師：台灣大學 周錫增教授專責助理：台灣大學 林思華小姐 Email:[shlin0819@ntu.edu.tw](shlin0819%40ntu.edu.tw)聯絡電話：02-33661893  |