

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(ITERI 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 | |

課程模組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 | <ul style="list-style-type: none"> ● 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 | <ul style="list-style-type: none"> ● 子模組一：硬體描述語言與架構 課程大綱： <ol style="list-style-type: none"> 1. VHDL 2. 硬體背景與架構 |

| 教材模組名稱 | 模式化通訊 IC 設計課程模組 |
|--|--|
| | 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 專責助理：交通大學 陳楹瑋小姐 E-mail: yingcheng@nctu.edu.tw 聯絡電話：(03) 571-2121 ext 54566 |

課程模組2. 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 |

| 教材模組名稱 | 高等通訊系統實驗課程模組 |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> ● 子模組二：通訊系統實驗 課程大綱： <ol style="list-style-type: none"> 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) <ul style="list-style-type: none"> ● 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) | <ul style="list-style-type: none"> ● 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 專責助理：交通大學 陳楹瑋小姐 E-mail: yingcheng@nctu.edu.tw 聯絡電話：(03) 571-2121 ext 54566 |

課程模組3. 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 | <ul style="list-style-type: none"> ● 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 | <ul style="list-style-type: none"> ● 子模組一：編碼理論 課程大綱： <ol style="list-style-type: none"> 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： |

| 教材模組名稱 | 編碼理論與實驗 |
|--|--|
| | <ol style="list-style-type: none"> 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) <ul style="list-style-type: none"> ● 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) | <ul style="list-style-type: none"> ● 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 專責助理：交通大學 陳楹瑋小姐 E-mail: yingcheng@nctu.edu.tw 聯絡電話：(03) 571-2121 ext 54566 |

課程模組4. 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 | <ul style="list-style-type: none"> ● 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 | <ul style="list-style-type: none"> ● 課程模組：小基站與 WiFi 之異質性網路存取(OAI 平台)課程大綱： <ol style="list-style-type: none"> 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 <ol style="list-style-type: none"> 1. 讓學生能建立並熟悉 OAI-LTE 與 WiFi 網路整合的實驗環境。 |

| 教材模組名稱 | 小基站與 WiFi 之異質性網路存取(OAI 平台) |
|------------------------------------|--|
| | <p>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。</p> <p>實驗二：OAI-LTE 與 WiFi 網路整合的實驗平台上的干擾量測</p> <ol style="list-style-type: none"> 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。 <p>實驗三：OAI-LTE 與 WiFi 網路整合的實驗平台上的 QoS 效能量測</p> <ol style="list-style-type: none"> 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。 <p>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</p> <ol style="list-style-type: none"> 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 | <p>一、授課教材投影片(課程+實驗) 1057 頁</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 異質性行動寬頻網路簡介 (82 頁)：可公開 2. HetNet 以小基站為基礎之異質性行動網路 (94 頁)：可公開 3. ICIC 干擾協調與 CoMP 多點協調 (170 頁)：可公開 4. OAI-LTE 與 WiFi 網路實驗平台的建置 (80 頁)：可公開 5. 多媒體影音串流在異質性網路上的 QoS (82 頁)：可公開 6. LTE 使用 WiFi 網路的卸載(Off-loading) (98 頁)：可公開 7. LTE 與 WiFi 的負載分享排程演算法(Load Scheduling) (89 頁)：可公開 <p>二、實驗共 4 組</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 實驗一：OAI-LTE 與 WiFi 網路整合的實驗平台的建置 (117 頁) 可公開 2. 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 3. 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 4. 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 <p>課程教材下載：http://mbat-cctu.nsysu.edu.tw/index.php/wifi/</p> |
| 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 | <p>實作平台配備與經費需求(一套設備可供 5 位學生使用)：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 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 |

| 教材模組名稱 | 小基站與 WiFi 之異質性網路存取(OAI 平台) |
|------------------------------------|--|
| 體平台估算) | |
| 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) | <ul style="list-style-type: none"> ● 示範教學實驗室及聯盟網址： <ul style="list-style-type: none"> ■ 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： <ol style="list-style-type: none"> 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： <ol style="list-style-type: none"> 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 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 |

課程模組5. 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 | <ul style="list-style-type: none"> ● 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 | <ul style="list-style-type: none"> ● 課程模組：LTE-Small Cell 核心網路架構及服務課程模組 課程大綱： <ol style="list-style-type: none"> 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 <ol style="list-style-type: none"> 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) |

| 教材模組名稱 | LTE-Small Cell 核心網路架構及服務課程模組 |
|--------------------------------------|--|
| | <ol style="list-style-type: none"> 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。 <p>實驗三：UE 傳送不同的 Traffic Types 與 QoS 的影響</p> <ol style="list-style-type: none"> 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。 <p>實驗四：實作具有 QoS 的換手演算法</p> <ol style="list-style-type: none"> 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 | <p>一、授課教材投影片(課程+實驗) (581 頁)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 通道品質(Channel Quality)與訊號干擾雜訊比(SINR) (83 頁)：可公開 2. 傳送與接收功率(RSRP)與訊號衰減的關係 (45 頁)：可公開 3. 換手(Handover)的啟動程序 (66 頁)：可公開 4. LTE-Small Cells 的觸發條件 (39 頁)：可公開 5. 不同 Traffic Types 的 QoS 效能參數 (Packet Delay、PLR、Throughput) (50 頁)：可公開 6. 換手對 Small Cells 負載平衡的影響 (50 頁)：可公開 7. 具有 QoS 的換手演算法 (50 頁)：可公開 <p>二、實驗共 4 組</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 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 2. 實驗二：UE 在兩個 Small Cells 間的換手(Handover) (41 頁) 可公開 3. 實驗三：UE 傳送不同的 Traffic Types 與 QoS 的影響 (57 頁) 可公開 4. 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) | <p>實作平台配備：(一套設備可供給 5 位學生使用)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 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 | <ul style="list-style-type: none"> ● 示範教學實驗室及聯盟網址： |

| 教材模組名稱 | LTE-Small Cell 核心網路架構及服務課程模組 |
|-----------------------------|--|
| 實驗室可提供之訓練與技術支援 (含實驗示範影片) | <ul style="list-style-type: none"> ■ 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： <ul style="list-style-type: none"> 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： <ul style="list-style-type: none"> 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 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 |

課程模組6. 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 | <ul style="list-style-type: none"> ● 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 | <ul style="list-style-type: none"> ● 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： <ol style="list-style-type: none"> 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 <ol style="list-style-type: none"> 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 |

| 教材模組名稱 | 小基站與 WiFi 之異質性網路存取(ITRI LWA Small Cell) |
|--|---|
| | <p>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。</p> <p>實驗二：LWA-Small Cell 實驗平台上的干擾量測</p> <ol style="list-style-type: none"> 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。 <p>實驗三：LWA-Small Cell 實驗平台上的 QoS 效能量測</p> <ol style="list-style-type: none"> 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。 <p>實驗四：多媒體影音串流的卸載與負載分享</p> <ol style="list-style-type: none"> 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 | <p>一、授課教材投影片(課程+實驗)(919 頁)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 異質性行動寬頻網路簡介 (82 頁)：可公開 2. HetNet 以小基站為基礎之異質性行動網路 (94 頁)：可公開 3. ICIC 干擾協調與 CoMP 多點協調 (170 頁)：可公開 4. ITRI LWA-Small Cell 的異質性網路實驗平台的建置 (52 頁)：可公開 5. 多媒體影音串流在異質性網路上的 QoS (82 頁)：可公開 6. 在 LWA-Small Cell 實驗平台上的卸載(Off-loading) (81 頁)：可公開 7. 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 <p>二、實驗共 4 組</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 實驗一：LWA-Small Cell 實驗平台的建置 (79 頁) 可公開 2. 實驗二：LWA-Small Cell 實驗平台上的干擾量測 (86 頁) 可公開 3. 實驗三：LWA-Small Cell 實驗平台上的 QoS 效能量測 (65 頁) 可公開 4. 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) | <p>實作平台配備與經費需求(一套設備可供 5 位學生使用)：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 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 | ● 示範教學實驗室及聯盟網址： |

| 教材模組名稱 | 小基站與 WiFi 之異質性網路存取(ITRI LWA Small Cell) |
|----------------------------|--|
| 驗室可提供之訓練與技術支援 (含實驗示範影片) | <ul style="list-style-type: none"> ■ 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： <ol style="list-style-type: none"> 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： <ol style="list-style-type: none"> 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 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 |

課程模組7. 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 | <ul style="list-style-type: none"> ● 課程模組整體教學目標： <ol style="list-style-type: none"> 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： <ol style="list-style-type: none"> 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 | <ul style="list-style-type: none"> ● 課程大綱： <ol style="list-style-type: none"> 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 |

| 教材模組名稱 | 物聯網平台 Raspberry PI 課程模組 |
|---------------------------------------|--|
| | <p>6. 實驗：In-class discussions, quiz, hands-on labs</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 範例 Quiz：DIY 倒車雷達 <ul style="list-style-type: none"> ■ 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。 <ul style="list-style-type: none"> • 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 <ul style="list-style-type: none"> ■ 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) | <p>實作平台配備說明：(每份供 1 位同學使用)</p> <p>建議如下規格之零件：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 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) <ul style="list-style-type: none"> ➢ 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 <p>設備經費需求：每份約 NT\$5700，選用感測器約 NT\$5500。</p> |
| 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 | <p>負責人員：交通大學 吳昆儒博士</p> <p>聯絡方式：wufish@g2.nctu.edu.tw / (03)571-2121 #54747</p> |

課程模組8. 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 | <ul style="list-style-type: none"> ● 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： |

| 教材模組名稱 | LoRaWAN 長距離低功耗網路與應用實驗課程模組 |
|--------------|--|
| | <p>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。</p> <div data-bbox="531 483 1409 1055"> <h3 style="text-align: center;">智慧校園物聯網大數據收集分析平臺</h3> </div> |
| 教材模組 課程大綱 | <ul style="list-style-type: none"> ● 課程大綱 <ol style="list-style-type: none"> 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 <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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：</p> <ol style="list-style-type: none"> 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。 |

| 教材模組名稱 | LoRaWAN 長距離低功耗網路與應用實驗課程模組 | | | |
|---------------------------------------|--|----|--------|--|
| | 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 | 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) |

| 教材模組名稱 | LoRaWAN 長距離低功耗網路與應用實驗課程模組 | | | |
|------------------------------------|---|---|-------|---------------------------|
| | 環境相關種類創新應用的數據) | | | |
| | 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 嫩小姐 聯絡方式： meei2548@cs.nthu.edu.tw / (03) 5715131 ext 80080 | | | |

課程模組9. 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 | <ul style="list-style-type: none"> ● 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： <ol style="list-style-type: none"> 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： <ol style="list-style-type: none"> 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 | <ul style="list-style-type: none"> ● 子模組一：卷積神經網路 (Convolutional Neural Networks) 課程大綱： <ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction 2. Convolution Operation 3. Pooling 4. Variants of Basic Convolution Function |

| 教材模組名稱 | 深度學習課程模組 |
|-----------------------------|---|
| | <p>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 classification</p> <p>In 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 images</p> <p>(a) 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. (b) Show some of feature maps in hidden layers</p> <p>● 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 samples (a) Please build an autoencoder to reconstruct mnist-m dataset, and show the reconstruction loss during training stage (b) Please refer to the “adversarial autoencoder”(AAE), implement an AAE and use t-SNE dimension reduction method to plot the encoding of training data</p> |
| 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 | 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 |

| 教材模組名稱 | 深度學習課程模組 | | | |
|------------------------------------|---|-----------------------------|----|-----------|
| 軟、硬體平台作 估算) | 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)16 GB | 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) | <ul style="list-style-type: none"> ● 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： <ol style="list-style-type: none"> 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 交通大學 王俊煒助教 E-mail: ula1592001@gmail.com 交通大學 呂昱穎助教 E-mail: kevinlumail@gmail.com 連絡電話：(03) 571-2121 #54632 | | | |

課程模組10. 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 | <ul style="list-style-type: none"> ● 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 |

| 教材模組名稱 | 多天線系統通道特性與效能分析課程模組 |
|--------------|--|
| | <p>技術，導引訊號、一維線性內插法、FTPC 通道估測。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 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 Multiplexing 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 | <ul style="list-style-type: none"> ● 子模組一：OFDM 技術介紹 <ol style="list-style-type: none"> 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 <ol style="list-style-type: none"> 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 <ol style="list-style-type: none"> 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. FTPC 通道估測 ● 子模組四：無線通道特性與模型 <ol style="list-style-type: none"> 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 <ol style="list-style-type: none"> 1. 藉由實際講述 LabVIEW 程式碼以理解通訊系統的調變與解 |

| 教材模組名稱 | 多天線系統通道特性與效能分析課程模組 |
|---------------------------------------|---|
| | <p>調變</p> <p>2. 練習程式之修改</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 實驗二:以 USRP 實現通道中 2x2 Alamouti code 信號之收發 <ol style="list-style-type: none"> 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 <ol style="list-style-type: none"> 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 | <p>授課教材投影片 225 頁，實驗手冊共 120 頁，題庫共 2 頁</p> <ol style="list-style-type: none"> 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) | <p>實作平台配備說明(每組供 2 位同學使用)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 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 <p>設備經費需求：一組 NT\$98,000</p> |
| 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) | <ul style="list-style-type: none"> ● 示範教學實驗室及聯盟網址： <ul style="list-style-type: none"> ■ 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 | <p>負責教師：台北科技大學 林信標教授</p> <p>專責助理：台北科技大學 莊柏煜同學 Email：g830806@gmail.com</p> <p>聯絡電話：02-27712171#2271</p> |

課程模組11. 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 | <ul style="list-style-type: none"> ● 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。 ● 子模組一：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 | <ul style="list-style-type: none"> ● 子模組一：行動通訊概論與細胞規劃 課程大綱： <ol style="list-style-type: none"> 1. 無線通訊的世代 2. 從 2G 到 3G 之路 <ul style="list-style-type: none"> ■ 第一代 (1G , First Generation): 1G –AMPS 及早期行動通訊系統 |

| 教材模組名稱 | 行動通訊陣列天線課程模組 |
|--------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> ■ 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 <ol style="list-style-type: none"> 3. 從 1G 到 3G 看行動通訊系統之演進 4. 4G 概述:4G 的網路遠景、4G 相關功能目標、4G 之核心技術 5. 第一代到第四代的基本技術參數 6. 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 <ul style="list-style-type: none"> ● 子模組二：MIMO 的基本原理及應用(含 Massive MIMO) <p>課程大綱：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. MIMO 技術簡介： <ul style="list-style-type: none"> ■ 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 2. MIMO 基本原理： <ul style="list-style-type: none"> ■ 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 3. MIMO 在 LTE 的應用： <ul style="list-style-type: none"> ■ 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 4. Massive MIMO： <ul style="list-style-type: none"> ■ 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 |

| 教材模組名稱 | 行動通訊陣列天線課程模組 |
|-------------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> ■ 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： <ol style="list-style-type: none"> 1. MIMO 通訊傳播特性 <ul style="list-style-type: none"> ■ 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 2. MIMO 天線系統效能 <ul style="list-style-type: none"> ■ 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： <ol style="list-style-type: none"> 1. 數值電磁模擬技術基本介紹 <ul style="list-style-type: none"> ■ 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 2. 電磁模擬軟體 HFSS 介紹 <ul style="list-style-type: none"> ■ 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 3. 電磁模擬軟體 CST 介紹 <ul style="list-style-type: none"> ■ 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 <p>實驗一：2.4GHz 與 5.8GHz 之 1x4 陣列天線模擬設計</p> ● 子模組五：天線量測系統及量測方法介紹 課程大綱： <ol style="list-style-type: none"> 1. 電磁輻射基本理論、天線驗證方法、天線驗證實驗系統。 2. 天線參數量測方法介紹，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 | <p>授課教材投影片 484 頁，實驗手冊共 2 組</p> <ol style="list-style-type: none"> 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 | 實作平台配備說明(每組供 3 位同學使用)： |

| 教材模組名稱 | 行動通訊陣列天線課程模組 |
|------------------------------------|---|
| 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) | <p>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。</p> <p>設備經費需求：</p> <p>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)</p> |
| 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) | <ul style="list-style-type: none"> ● 示範教學實驗室及聯盟網址： <ul style="list-style-type: none"> ■ 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 <p>可提供之訓練：</p> <ol style="list-style-type: none"> 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。 <p>可提供之技術支援：</p> <ol style="list-style-type: none"> 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 | <p>負責教師：台灣大學 周錫增教授</p> <p>專責助理：台灣大學 林思華小姐 Email:shlin0819@ntu.edu.tw</p> <p>聯絡電話：02-33661893</p> |