

教育部 函

地址：100217 臺北市中正區中山南路5號
承辦人：李美緣
電話：(02)77129051
電子信箱：joannlee@mail.moe.gov.tw

受文者：國立臺中科技大學

發文日期：中華民國111年11月25日
發文字號：臺教資(二)字第1112702918號
速別：普通件
密等及解密條件或保密期限：

附件：徵件須知、附件1實驗模組教材資料、徵件須知申請書_行動通訊專業核心課程改進及推廣計畫 (A09000000E_1112702918_senddoc2_Attach1.pdf、
A09000000E_1112702918_senddoc2_Attach2.pdf、
A09000000E_1112702918_senddoc2_Attach3.pdf)

主旨：檢送「行動通訊專業核心課程改進及推廣計畫徵件須知」，請查照。

說明：

- 一、本次徵件旨為協助大學校院因應行動通訊技術快速發展趨勢，本部將補助大學校院進行行動通訊相關專業核心系列課程盤點，並適切採納本部「5G行動寬頻人才培育計畫」提供之實驗模組教材，進行有系統地課程內容重整及串連，以奠定中高階尖端及實務知識學習之基礎，以利銜接B5G/6G相關尖端技術課程，加速支援產學研各界對通訊專業人才缺口的需求，爰依據本部補助推動人文及科技教育先導型計畫要點，訂定旨揭本徵件須知。
- 二、本案以系所或院為單位提出申請，每單位以申請1案為限，每校至多提2案。案係部分補助，學校自籌經費比例不得少於計畫總經費10%。
- 三、每申請案之系列課程應包含至少3門課程，計畫執行期程內

每一課程須至少開課一次，並能導入本部5G行動寬頻人才培育計畫提供之實驗模組教材。

四、為利各校更瞭解計畫內涵，本部訂於本(111)年12月9日(星期五)下午2時於本部資訊及科技教育司1302會議室(臺北市和平東路二段106號科技大樓13樓)召開徵件說明會，請轉知相關系所教師報名參加。本次會議將依規定落實相關防疫措施，並可透過線上直播參與。請逕至<https://forms.gle/rTjjp46WqDvBwxZu7>報名。

五、請於112年1月6日前至本部計畫申請系統(<https://cfp.moe.gov.tw>)完成線上申請及用印後計畫書電子檔上傳作業，逾期未完成者，不予受理。

六、本徵件須知及相關附件(含計畫申請書格式)可於本部網站(首頁/認識教育部/本部各單位/資訊及科技教育司/電子布告欄)下載。

七、本案聯絡人：下世代行動通訊技術人才培育計畫辦公室(國立清華大學)李云真小姐，電話(03)5715131#34102，E-MAIL:yjl@mx.nthu.edu.tw。

正本：各公私立大學校院

副本：國立清華大學通訊工程所洪樂文教授(下世代行動通訊技術人才培育先期規劃計畫)、國立中興大學電機工程學系楊谷章教授(5G行動寬頻人才培育計畫辦公室)、國立中山大學電機工程學系許蒼嶺教授、國立陽明交通大學資訊工程學系曾煜棋教授、電機工程系吳文榕教授、電信工程研究所黃昱智副教授、國立臺灣科技大學電子工程系林丁丙教授

2022/11/25
11:54:68
電子交換章

教育部辦理補助「行動通訊專業核心課程改進及推廣計畫」

徵件須知

一、 依據：

教育部（以下簡稱「本部」）補助推動人文及科技教育先導型計畫要點及下世代行動通訊技術人才培育計畫。

二、 目的：

在行動通訊技術快速發展之際，大學校院也應適時配合技術發展進程，調整所教授之專業核心課程。透過補助大學校院進行行動通訊相關專業核心課程的盤點、更新及課程內容重整，以有效銜接 B5G/6G 相關之尖端技術課程，加速支援產學研各界對通訊專業人才缺口的需求。

三、 補助對象：全國公私立大學校院

四、 計畫期限：自 112 年核定日起至 114 年 1 月 31 日。

五、 系列課程規劃、開授原則及相關配合事項：

申請本計畫補助之大學校院相關院、系所應針對原有行動通訊相關專業核心課程，進行有系統地重整及串連，必要時並得視產業及院、系所長期發展需求，重新規劃建立或改進為更具系統性、時效性的系列課程，以深耕行動通訊專業學生的核心知能與技術，促進學生更有效地銜接中高階尖端及實務知識，加速培育能因應產學研各界亟需之通訊專業人才。

- (一) 本系列課程計畫係為深耕行動通訊專業學生的核心知能與技術，加速學生更有效地銜接中高階尖端及實務知識，爰各校所提系列課程案應以能長期扎根於申請單位長期持續開授之正規課程為主，以有效培育產業所需中高階通訊專業人才。
- (二) 申請單位應盤點現有之行動通訊相關課程及其內容，依據各單位本身發展特色、師資能量、可獲得之內外部資源及擬培育之專業人才目標，由相關教師共同討論規劃，檢視系列課程之課程間之內容的串接是否妥適合理，適當整併或整合重複的內容，移除不適當今或未來發展之內容，並納入當今通訊專業領域學生應具備之新的核心知識點或技術內容。
- (三) 每一系列課程應包含至少 3 門課程(可包含大學部至研究所課程)，以各單位原有之行動通訊專業核心課程為基礎，針對課程內容進行盤點、更新、改進，或視需要新開相關課程，並透過各授課教師的參與，有效串連各課程內容，有系統地培育學生行動通訊相關專業能力。並適切納入「5G 行動寬頻人才培育計畫」所發展之實驗模組教材(詳如

附件一)，以至少 2 項為原則，以增進實務知識之傳授。

- (四) 各申請案除應提出系列課程之規劃(含課程內容的設計、過時內容的汰除、新知識點的採納、各課程間的重整和串連)，並應提出系列課程學習成效的評估規劃與做法等，提供各單位與行動通訊相關部分之課程地圖，並於課程地圖標示、說明本系列課程規劃在其中的定位。
- (五) 獲得本計畫補助之系列課程，於計畫的第一年及第二年皆需有課程的開授；各課程並應於計畫期間完成開授至少一次。各課程於計畫結束後仍應有持續開課之規劃。
- (六) 獲補助之單位，應配合本部下世代行動通訊技術人才培育計畫辦公室(以下簡稱總計畫辦公室)之規劃、協調及相關推動事項，包括：
 - 1. 參與總計畫辦公室辦理之各類活動，如種子師資培訓營、計畫成果交流等活動。
 - 2. 獲補助之單位應落實課程數位化，將課程教材上網，讓修課學生能夠有足夠的課前與課後的學習資源。
 - 3. 配合相關考評程序之所需，提出成果效益報告(含課程規劃成果、實際開課狀況、學習成效之質化與量化評估、各項活動之影音紀錄等)。
 - 4. 鼓勵推動課程相關活動，如組成技術討論社群、參與競賽、促成產學交流發展等。
 - 5. 其他依整體計畫發展需求或相關審查建議所規劃之推動事項。

六、 計畫申請原則：

- (一) 每案以系所或院為單位提出申請。每單位至多申請 1 案，每校至多申請 2 案。
- (二) 本計畫係由本部部分補助。每一申請案本部最高補助額度以新臺幣 150 萬元為原則，並得視年度預算情形調整之。
- (三) 申請單位如曾執行本部「5G 行動寬頻人才培育計畫」所推動補助之相關計畫，應自行揭露曾獲補助內容及設備，以不重複補助相同設備為原則。計畫如經查證重複接受補助者，應繳回該項補助經費。
- (四) 已獲其他機關或單位補助之計畫項目，不得重複申請本部補助；同一計畫內容亦不得向本部其他單位申請補助。計畫如經查證重複接受補助者，應繳回該項補助經費。

七、 計畫申請方式：

- (一) 請於本部公告申請截止日前至本部指定網站完成線上申請及用印後計畫書電子檔上傳作業。逾期未完成線上申請及計畫書電子檔上傳者，不予受理。
- (二) 計畫書應以中文撰寫，凡書表資料未備齊者、申請資格不符者，或一校超過2案申請者，獲通知後，應於期限內補正，屆期未補正者，將不予受理。計畫審核完畢，計畫申請書不予退還。

八、計畫經費編列及支用原則：

- (一) 本計畫係部分補助，學校自籌經費比例不得少於計畫總經費之10%。
- (二) 各項經費項目，應依「教育部補(捐)助及委辦經費核撥結報作業要點」及「教育部及所屬機關(構)辦理各類會議講習訓練與研討(習)會管理要點」相關規定編列支用。
- (三) 對直轄市、縣(市)政府及其所屬學校、機關(構)之補助，依中央對直轄市及縣(市)政府補助辦法及本部與所屬機關(構)對直轄市及縣(市)政府計畫型補助款處理原則之規定辦理，依直轄市、縣(市)政府財力級次最低至最高，本部最高補助比率由百分之九十依序遞減百分之二。
- (四) 本計畫得編列以下經費：
 - 1. 經常費：
 - (1) 人事費
 - 計畫主持人、協同主持人及兼任助理以不超過4人為限，人事費以不逾計畫總經費之40%為限。
 - (2) 業務費及雜費
 - 執行計畫所需之項目。
 - 不得編列報名費、註冊費、保險費、證照考取費等。
 - (3) 若編列實驗材料或軟體租用費，請說明採購的必要性。
 - 2. 設備費：
 - (1) 若編列設備費，請說明採購的必要性。(可參考附件一)。
 - (2) 不得使用本部設備補助款採購一般/事務性/個人教學設備(如投影機、單槍投影機、實驗桌椅...等一般教學設備)。
 - (3) 不得購買大陸廠牌資通訊產品之設備及周邊產品。
 - (4) 設備項目應符合耐用年限二年以上且金額為新臺幣一萬元以上。
- (五) 同一課程如由跨校教師共同開授，其經費由申請學校統籌管控與核結。

九、 審查作業：

(一) 審查方式：由本部邀集產業界、學界及研究界相關專家學者書面審查，必要時得請學校進行簡報。

(二) 審查重點：

1. 系列課程的整體學習規劃、授課對象、內容與本計畫推動目標(深耕行動通訊專業學生的核心知能與技術，加速學生更有效地銜接中高階尖端及實務知識)之符合程度。
2. 系列課程之課程間的內容更新、整合、及重整串接之妥適、合理性。
3. 系列課程在系所相關課程地圖的定位與關聯度。
4. 系列課程之規劃與課程內容扎根於申請單位正規養成課程之可持續性。
5. 系列課程規劃應用之實驗模組教材適切度。
6. 系列課程規劃開授時程符合本計畫推動規範(每年皆有開授課程且於計畫執行期間內每門課程至少完成開授一次)。
7. 相關配套活動規劃合宜，可提升學生學習實質效益。
8. 系列課程績效指標與預期成果效益規劃明確合宜。
9. 學生學習成效的評估方式妥適合宜，且能適切評估系列課程之實施對學生學習成效之影響。
10. 計畫人員及其經費規劃之合理性與完備性。
11. 教學資源配置規劃之合宜性。

十、 經費核撥及核結：

- (一) 經費核定：計畫經費由本部審核整體計畫規劃(含相關計畫執行狀況)核定之。
- (二) 經費核撥：計畫經費分 2 期撥付，第 1 期撥付於核定日起 40 日內檢具經費領據辦理請領；第 2 期撥付於期中審查通過及第 1 期撥付經費執行率達 70%後，檢具經費領據辦理請領。所需經費如未獲立法院審議通過或經部分刪減，本部得重新核定補助額度並依預算法第 54 條之規定辦理。
- (三) 經費核結：依本部補(捐)助及委辦經費核撥結報作業要點規定辦理，送部辦理核結。

十一、 成效考核：

- (一) 各計畫應依其規劃推動之內容，自行研擬相關工作項目及績效指標

(如開課成果、學習成效之質化與量化評估、實驗模組教材採用情形等)，並敘明具體實施達成情形。

- (二) 本計畫由本部或總計畫辦公室規劃並執行相關管理考評作業，各獲補助計畫應配合參與相關會議、提報執行進度或成果效益報告，並依相關審查意見，具體配合改進。必要時，本部得實地訪查各專案計畫運作狀況。
- (三) 各計畫應於年度計畫結束時提出成果報告由本部考評，考評結果將作為本部相關計畫補助參考。
- (四) 計畫若有進度落後、成果堪虞等情形，本部得要求限期修正及改進；如逾期未完成且無特殊具體事由，或未通過各階段考評，本部得停止撥付未撥付之經費，並要求繳回未執行之補助經費。

附件一 實驗模組教材清單與基本資料

目錄

一、	實驗模組教材清單	2
二、	實驗模組教材基本資料	6
	模組群 1：通道編碼.....	6
	模組群 2：陣列天線.....	8
	模組群 3：5G 系統.....	9
	模組群 4：行動寬頻網路與安全.....	11
	模組群 5：行動網路應用.....	14
	模組群 6：下世代行動網路技術與資訊安全.....	16
	模組群 7：物聯網技術.....	21
	模組群 8：寬頻射頻傳收機關鍵技術.....	27
	模組群 9：毫米波電路設計與模擬.....	29
	模組群 10：毫微米波通訊模組分析與量測.....	32
	模組群 11：5G 行動通訊天線設計	35

一、 實驗模組教材清單

※申請單位可依課程規劃需求，跨模組群挑選適用的實驗模組教材。

※亦鼓勵申請單位使用各模組群中的相關數位教材，做為教學之輔助工具。

模組群 1：通道編碼

- 1-1. Introduction to E1000 SDR (初級)
- 1-2. Hamming code (中級)
- 1-3. LDPC code (高級)
- 1-4. Polar code (高級)
- 1-5. Coded QPSK transceiver experiment (高級)

相關數位教材：編碼理論

(由「5G 無線通訊技術聯盟中心」開發，聯絡人：國立陽明交通大學 吳文榕教授/ E-mail：
wrwu@nycu.edu.tw)

模組群 2：陣列天線

- 1-1. Introduction to E1000 SDR (初級)
- (此模組群的初級教材即為模組群 1 之實驗模組教材編號 1-1)
- 2-1. Beamforming (中級)
- 2-2. AoA estimation (高級)
- 2-3. Multiuser AoA estimation and beamforming (高級)

相關數位教材：MIMO 通訊系統

(由「5G 無線通訊技術聯盟中心」開發，聯絡人：國立陽明交通大學 吳文榕教授/ E-mail：
wrwu@nycu.edu.tw)

模組群 3：5G 系統

- 1-1. Introduction to E1000 SDR (初級)
- (此模組群的初級教材即為模組群 1 之實驗模組教材編號 1-1)
- 3-1. OFDM/F-OFDM (中級)
- 3-2. Non-orthogonal multiple access (中級)
- 3-3. 5G cell search (高級)
- 3-4. 5G random access (高級)

相關數位教材：編碼理論、MIMO 通訊系統

(由「5G 無線通訊技術聯盟中心」開發，聯絡人：國立陽明交通大學 吳文榕教授/E-mail：
wrwu@nycu.edu.tw)

模組群 4：行動寬頻網路與安全

- 4-1. 開源碼小基站實驗平台之建置與量測(初級)
- 4-2. eMBB 垂直應用網路實驗(中級)
- 4-3. uRLLC 垂直應用網路實驗(中級)
- 4-4. 偽基站收集行動裝置識別與連線資訊實驗(高級)

相關數位教材：5G 邊緣計算

(由「5G 行動網路協定與核網技術聯盟中心」開發，聯絡人：國立高雄大學 吳俊興教授/E-mail：
wuch@nuk.edu.tw)

模組群 5：行動網路應用

- 5-1. 5G 專網建置與量測實驗(初級)
- 5-2. mMTC 垂直應用網路實驗(中級)
- 5-3. 5G 核網中網路功能應用服務(NF/AF)開發實驗(中級)
- 5-4. 5G 專網中行動裝置與核網協同應用開發實驗(中級)
- 5-5. 5G 核網滲透測試與壓力測試實驗(高級)

相關數位教材：5G 網路切片、5G 邊緣計算

(由「5G 行動網路協定與核網技術聯盟中心」開發，聯絡人：國立高雄大學 吳俊興教授/E-mail：
wuch@nuk.edu.tw)

模組群 6：下世代行動網路技術與資訊安全

- 6-1. 5G 核心網路設計實驗模組(初級)
- 6-2. 5G 終端資安數據收集與分析實驗模組(初級)
- 6-3. 5G 核心網資安異常檢測實驗模組(中級)
- 6-4. ITS 在 C-V2X 應用實驗模組(中級)
- 6-5. 5G 非 3GPP 連線資安檢測實驗模組(高級)
- 6-6. C-V2X 的 MEC 之技術與應用實驗模組(高級)
- 6-7. C-V2X 的核心-eMBMS 實驗模組(高級)
- 6-8. C-V2X 的網路優化及管理實驗模組(高級)

相關數位教材：5G 網路切片、5G 邊緣計算

(由「以 5G 和 AI 為架構之下世代物聯網聯盟中心」開發，聯絡人：國立陽明交通大學 陳志成教授/ E-mail: jcc@cs.nctu.edu.tw；國立陽明交通大學 李奇育教授/ E-mail: chiyuli@cs.nctu.edu.tw；國立陽明交通大學 陳建志教授/ E-mail: jenjee@nycu.edu.tw)

模組群 7：物聯網技術

- 7-1. LoRaWAN 通訊實驗模組(初級)
- 7-2. NB-IoT 通訊實驗模組(初級)
- 7-3. LoRaWAN GPS 衛星定位追蹤器+震動感應器實驗模組(中級)
- 7-4. NB-IoT GPS 衛星定位追蹤器+震動感應器實驗模組(中級)
- 7-5. IoTtalk 物聯網管理平台進行光感測平台應用實驗模組(中級)
- 7-6. NB-IoT 雙向控制智慧小型溫室實驗模組(高級)
- 7-7. AI 個人化風扇實驗模組(高級)

相關數位教材：長距離低功耗廣域網路技術與應用

(由「以 5G 和 AI 為架構之下世代物聯網聯盟中心」開發，聯絡人：國立清華大學 黃能富教授 / E-mail: nfhuang@cs.nthu.edu.tw<LoRaWAN 與 NB-IoT 技術與應用>；國立陽明交通大學 林勻蔚教授/ E-mail: jyneda@gmail.com<IoTtalk 物聯網管理平台>)

模組群 8：寬頻射頻傳收機關鍵技術

- 8-1. 5G 載波聚合基本觀念(初級)
- 8-2. 功率放大器非線性特性(中級)
- 8-3. 功率放大器預失真線性化技術(高級)
- 8-4. 應用於 5G MIMO/載波聚合之頻率合成器技術 (高級)

相關數位教材：MIMO 通訊系統

(由「5G 天線與射頻技術聯盟中心」開發，聯絡人：元智大學 李建育教授/ E-mail: jianyu@saturn.yzu.edu.tw)

模組群 9：毫米波電路設計與模擬

- 9-1. 毫米波被動元件分析與設計(中級)
- 9-2. 毫米波主動元件分析與設計(中級)
- 9-3. 毫米波頻率合成器分析與設計(中級)
- 9-4. 毫米波小基站射頻前端模組分析與設計(高級)

相關數位教材：微波/毫米波電路分析與設計

(由「5G 天線與射頻技術聯盟中心」開發，聯絡人：元智大學 黃建彰教授/ E-mail：
cch@saturn.yzu.edu.tw)

模組群 10：毫微米波通訊模組分析與量測

- 10-1. 5G 系統之毫微米波通訊傳收機及其組成方塊模組(中級)
 - 10-2. 毫微米波通訊傳收機模組之電氣特性參數分析與量測(中級)
 - 10-3. 毫微米波通訊傳收機模組之數位調變信號效能簡介(高級)
 - 10-4. 毫微米波通訊發射／接收機模組之數位調變信號效能分析與量測(高級)
 - 10-5. 5G 毫微米波通訊多輸入／輸出架構下之數位調變信號效能分析與模擬(高級)
- 相關數位教材：微波/毫米波電路分析與設計

(由「5G 天線與射頻技術聯盟中心」開發，聯絡人：元智大學 黃建彰教授/ E-mail：
cch@saturn.yzu.edu.tw)

模組群 11：5G 行動通訊天線設計

- 11-1. 天線輻射原理、重要參數與微型化技術(初級)
 - 11-2. 電磁數值方法與天線模擬技術(初級)
 - 11-3. 行動終端多天線設計與解耦合技術(中級)
 - 11-4. 毫米波傳播特性(中級)
 - 11-5. 行動終端毫米波陣列天線設計(中級)
 - 11-6. MIMO 通訊技術與 5G 行動通訊(高級)
 - 11-7. Massive MIMO 天線與系統特性(高級)
 - 11-8. 大型陣列天線波束合成技術(高級)
- 相關數位教材：微波/毫米波電路分析與設計

(由「5G 天線與射頻技術聯盟中心」開發，聯絡人：國立臺灣科技大學 廖文照教授/E-mail：
wjliao@mail.ntust.edu.tw)

二、 實驗模組教材基本資料

模組群 1：通道編碼

A. 模組群簡介

本模組群主要是針對下世代通道編碼而開發，從基本的區塊編碼到先進的 LDPC 及 5G 極化碼都有涵蓋，並配合軟體無線電平台可做及時的通訊傳輸實驗。

B. 各實驗模組教材簡介

1-1. Introduction to E1000 SDR (初級)

- 課程大綱
上課教材
 - (1) Introduction to SDR
 - (2) Introduction to E1000 SDR
- 實驗教材
實驗教材
 - (1) OFDM loop back test
 - (2) OFDM EVM test
- 可分享之教材內容
上課實驗教材 36 頁

1-2. Hamming code (中級)

- 課程大綱
上課教材
 - (1) Introduction to Hamming code
 - (2) Hamming code decoding
- 實驗教材
實驗教材
 - (1) Hamming code encoding
 - (2) Hamming code decoding
- 可分享之教材內容
上課實驗教材 55 頁

1-3. LDPC code (高級)

- 課程大綱
上課教材
 - (1) Introduction to LDPC code
 - (2) LDPC code decoding
- 實驗教材
實驗教材

- (1) LDPC code encoding
- (2) LDPC code decoding
- 可分享之教材內容
上課教材投影片 180 頁，實驗教材投影片 12 頁

1-4. Polar code (高級)

- 課程大綱
上課教材
(1) Introduction to Polar code
(2) Polar code decoding
實驗教材
(1) Polar code encoding
(2) Polar code decoding
- 可分享之教材內容
上課教材投影片 97 頁，實驗教材投影片 15 頁

1-5. Coded QPSK transceiver experiment (高級)

- 課程大綱
上課教材
(1) QPSK transceiver
(2) Coded QPSK transceiver
實驗教材
(1) QPSK transceiver experiment
(2) Coded QPSK transceiver experiment
- 可分享之教材內容
上課實驗教材 55 頁

相關數位教材：編碼理論

YouTube 網址：https://www.youtube.com/channel/UCjvy2yZI6c_e7v91Y3e52Vg/playlists

C. 模組群所需實作平台配備與經費需求預估

實作平台配備 組/使用人數	設備名稱	單價	數量	總金額	適用之實驗模組 教材編號
4x4 MIMO 平 台發射端及接 收端各一台/ 約供 2 名學生 使用	4x4 MIMO 平 台發射端及接 收端各一台	NT\$125,000	2 台	NT\$125,000*2	1-1~1-5 2-1~2-3 3-1~3-4

D. 聯絡窗口

負責教師：陽明交通大學 吳文榕 教授/ E-mail：wrrwu@nycu.edu.tw

專責助理：陽明交通大學 陳楹瑋/ E-mail：yingcheng@nycu.edu.tw

聯絡電話：(03) 57131647

模組群 2：陣列天線

A. 模組群簡介

本模組群主要是針對陣列天線之訊號處理而開發，內容涵蓋 beamforming 及 AoA estimation，並介紹多使用者之 AoA estimation 及 beamforming，最後以軟體無線電平台從事實驗。

B. 各實驗模組教材簡介

1-1. Introduction to E1000 SDR (初級)

(此模組群的初級教材即為模組群 1 之實驗模組教材編號 1-1)

- 課程大綱

- 上課教材

- (1) Introduction to SDR

- (2) Introduction to E1000 SDR

- 實驗教材

- (1) OFDM loop back test

- (2) OFDM EVM test

- 可分享之教材內容

- 上課實驗教材 36 頁

2-1. Beamforming (中級)

- 課程大綱

- 上課教材

- (1) Introduction to array signal processing

- (2) Beamforming

- 實驗教材

- (1) Digital beamforming/beam patterns

- (2) Multiple-beam beamforming

- 可分享之教材內容

- 上課實驗教材 22 頁

2-2. AoA estimation (高級)

- 課程大綱

上課教材

- (1) AoA estimation with delay-and-sum method
- (2) AoA estimation with Capon's method
- (3) AoA estimation with MUSIC method

實驗教材

Array calibration

- (1) AoA estimation with delay-and-sum method
- (2) AoA estimation with Capon's method
- (3) AoA estimation with MUSIC method

- 可分享之教材內容

上課教材投影片 21 頁，實驗教材投影片 30 頁

2-3. Multiuser AoA estimation and beamforming (高級)

- 課程大綱

上課教材

- (1) MUSIC method
- (2) MMSE beamformer

實驗教材

- (1) Array calibration
- (2) Multiuser AoA estimation and beamforming

- 可分享之教材內容

上課實驗教材 158 頁

相關數位教材：MIMO 通訊系統

YouTube 網址：https://www.youtube.com/channel/UCjvy2yZI6c_e7v91Y3e52Vg/playlists

C. 模組群所需實作平台配備與經費需求預估

請參考模組群 1。

D. 聯絡窗口

請參考模組群 1。

模組群 3：5G 系統

A. 模組群簡介

本模組群主要是針對 5G 系統相關技術而開發，從基本的調變到系統層級的模擬都有涵蓋，配合軟體無線電平台可做及時的 5G 相關實驗。

B. 各實驗模組教材簡介

1-1. Introduction to E1000 SDR (初級)

(此模組群的初級教材即為模組群 1 之實驗模組教材編號 1-1)

- 課程大綱

上課教材

(1) Introduction to SDR

(2) Introduction to E1000 SDR

實驗教材

(1) OFDM loop back test

(2) OFDM EVM test

- 可分享之教材內容

上課實驗教材 36 頁

3-1. OFDM/F-OFDM (中級)

- 課程大綱

上課教材

(1) Introduction to OFDM

(2) Introduction to filtered OFDM

實驗教材

(1) OFDM simulations

(2) Filtered OFDM simulations

- 可分享之教材內容

上課實驗教材 71 頁

3-2. Non-orthogonal multiple access (中級)

- 課程大綱

上課教材

(1) Introduction to NOMA

(2) Power-domain NOMA

實驗教材

(1) Power-domain NOMA simulations

(2) Power-domain NOMA experiments

- 可分享之教材內容

上課教材投影片 48 頁，實驗教材投影片 30 頁

3-3. 5G cell search (高級)

- 課程大綱

上課教材

- (1) Introduction to 5G radio interface structure
- (2) Introduction to 5G transmission structure
- (3) 5G SSB detection

實驗教材

- (1) 5G SSB detection simulations
- (2) 5G SSB detection experiments
- 可分享之教材內容
- 上課實驗教材 59 頁

3-4. 5G random access (高級)

- 課程大綱
- 上課教材
- (1) Introduction to 5G radio interface structure
- (2) Introduction to 5G transmission structure
- (3) 5G PRACH preamble detection
- 實驗教材
- (1) 5G PRACH preamble detection simulations
- (2) 5G PRACH preamble detection experiments
- 可分享之教材內容
- 上課實驗教材 52 頁

相關數位教材：編碼理論、MIMO 通訊系統

YouTube 網址：https://www.youtube.com/channel/UCjvy2yZI6c_e7v91Y3e52Vg/playlists

C. 模組群所需實作平台配備與經費需求預估

請參考模組群 1。

D. 聯絡窗口

請參考模組群 1。

模組群 4：行動寬頻網路與安全

A. 模組群簡介

本模組群主要是針對新一代的行動寬頻網路而開發，從 5G 網路系統如何運作出發，進一步說明 5G 如何提供大頻寬、高可靠、低延遲的行動網路，並探討行動通訊網路的安全議題。

B. 各實驗模組教材簡介

4-1. 開源碼小基站實驗平台之建置與量測(初級)

- 課程大綱

上課教材

- (1) 5G 垂直應用系統簡介
- (2) 接取網路：NR 及 Xn
- (3) 核網設計：5GC 及 NG

實驗教材

- (1) 開源碼小基站實驗平台之建置與量測實驗

- 可分享之教材內容

上課教材

- (1) 5G 垂直應用系統簡介(67 頁)
- (2) 接取網路：NR 及 Xn (54 頁)
- (3) 核網設計：5GC 及 NG (68 頁)

實驗教材

- (1) 開源碼小基站實驗平台之建置與量測實驗(投影片 101 頁、手冊 41 頁、影片 11:24)

4-2. eMBB 垂直應用網路實驗(中級)

- 課程大綱

上課教材

- (1) eMBB 垂直應用網路技術
- (2) 3GPP eMBB 標準現況
- (3) eMBB 應用分析

實驗教材

- (1) eMBB 垂直應用網路實驗

- 可分享之教材內容

上課教材

- (1) eMBB 垂直應用網路技術(89 頁)
- (2) 3GPP eMBB 標準現況(47 頁)
- (3) eMBB 應用分析(35 頁)

實驗教材

- (1) eMBB 垂直應用網路實驗(投影片 102 頁、手冊 48 頁、影片 13:08)

4-3. uRLLC 垂直應用網路實驗(中級)

- 課程大綱

上課教材

- (1) uRLLC 垂直應用網路技術
- (2) 3GPP uRLLC 標準現況
- (3) uRLLC 應用分析

實驗教材

- (1) uRLLC 垂直應用網路實驗
- 可分享之教材內容
 - 上課教材
 - (1) uRLLC 垂直應用網路技術(45 頁)
 - (2) 3GPP uRLLC 標準現況(40 頁)
 - (3) uRLLC 應用分析(33 頁)
 - 實驗教材
 - (1) uRLLC 垂直應用網路實驗(投影片 53 頁、手冊 20 頁、影片 14:16)

4-4. 偽基站收集行動裝置識別與連線資訊實驗(高級)

- 課程大綱
 - 上課教材
 - (1) 5G 安全挑戰與要求
 - (2) 5G 安全技術架構 SECAM 與 SCAS 規範
 - (3) UICC 與 Generic Authentication Architecture
 - (4) 5G Lawful Interception (LI)與 Access Security
 - 實驗教材
 - (1) 偽基站收集行動裝置識別與連線資訊實驗
- 可分享之教材內容
 - 上課教材
 - (1) 5G 安全挑戰與要求(94 頁)
 - (2) 5G 安全技術架構 SECAM 與 SCAS 規範(93 頁)
 - (3) UICC 與 Generic Authentication Architecture (103 頁)
 - (4) 5G Lawful Interception (LI)與 Access Security (85 頁)
 - 實驗教材
 - (1) 偽基站收集行動裝置識別與連線資訊實驗(投影片 79 頁、手冊 38 頁、影片 11:11)

相關數位教材：5G 邊緣計算

YouTube 網址：https://www.youtube.com/channel/UCjvy2yZI6c_e7v91Y3e52Vg/playlists

C. 模組群所需實作平台配備與經費需求預估

實作平台 配備組/使 用人數	設備名稱	單價	數量	總金額	適用之實 驗模組教 材編號
每套實驗 設備約供 5 名學生 使用	桌上型電腦(gNB+5GC)	NT\$30,000	1 台	NT\$30,000	4-1~4-4 5-1~5-5
	桌上型電腦或筆電(UE)	NT\$30,000	1 台	NT\$30,000	4-1~4-3 5-1~5-5

	智慧型手機	NT\$15,000	2 隻	NT\$30,000	4-1, 4-4 5-1, 5-3, 5-5
	USRP B210	NT\$60,000	1 片	NT\$60,000	4-1~4-4 5-1~5-3
-	USRP B200	NT\$40,000	1 片	NT\$40,000	4-1~4-4 5-1~5-2

D. 聯絡窗口

負責教師：國立高雄大學 吳俊興教授 / E-mail：wuch@nuk.edu.tw

專責助理：國立中山大學 林儀婷 / E-mail：etinglin@atm.ee.nsysu.edu.tw

聯絡電話：(07)5252000 ext 4148

模組群 5：行動網路應用

A. 模組群簡介

本模組群針對新型態的行動通訊網路應用而開發，介紹 5G 新的以雲端服務及智慧聯網為基礎的核心系統架構，並探討如何在行動核心網路的信賴區或外部授權區開發新的核網應用服務。

B. 各實驗模組教材簡介

5-1. 5G 專網建置與量測實驗(初級)

- 課程大綱

上課教材

(1) 5G 行動通訊簡介

(2) 5G 核網暨專網技術

實驗教材

(1) 5G 專網建置與量測實驗

- 可分享之教材內容

上課教材

(1) 5G 行動通訊簡介(71 頁)

(2) 5G 核網暨專網技術(69 頁)

實驗教材

(1) 5G 專網建置與量測實驗(投影片 96 頁、手冊 49 頁、影片 12:26)

5-2. mMTC 垂直應用網路實驗(中級)

- 課程大綱

上課教材

(1) mMTC 垂直應用網路技術

(2) 3GPP mMTC 標準現況

(3) mMTC 應用分析

實驗教材

(1) mMTC 垂直應用網路實驗

- 可分享之教材內容

上課教材

(1) mMTC 垂直應用網路技術(46 頁)

(2) 3GPP mMTC 標準現況(51 頁)

(3) mMTC 應用分析(60 頁)

實驗教材

(1) mMTC 垂直應用網路實驗(投影片 91 頁、手冊 39 頁、影片 11:03)

5-3. 5G 核網中網路功能應用服務(NF/AF)開發實驗(中級)

- 課程大綱

上課教材

(1) 5G 應用與服務架構

(2) 5G Mission-Critical(MCx)和 Vertical Applications(xAPP)

實驗教材

(1) 5G 核網中網路功能應用服務(NF/AF)開發實驗

- 可分享之教材內容

上課教材

(1) 5G 應用與服務架構(56 頁)

(2) 5G Mission-Critical (MCx)和 Vertical Applications (xAPP) (76 頁)

實驗教材

(1) 5G 核網中網路功能應用服務(NF/AF)開發實驗(投影片 147 頁、手冊 88 頁、影片 15:17)

5-4. 5G 專網中行動裝置與核網協同應用開發實驗(中級)

- 課程大綱

上課教材

(1) CAPIF 與 Northbound APIs

(2) VAL 與 SEAL (Service Enabler Architecture Layer)

實驗教材

(1) 5G 核網中網路功能應用服務(NF/AF)開發實驗

- 可分享之教材內容

上課教材

(1) CAPIF 與 Northbound APIs (67 頁)

(2) VAL 與 SEAL (Service Enabler Architecture Layer)(72 頁)

實驗教材

- (1) 5G 核網中網路功能應用服務(NF/AF)開發實驗
(投影片 183 頁、手冊 86 頁、影片 12:14)

5-5. 5G 核網滲透測試與壓力測試實驗(高級)

- 課程大綱

上課教材

- (1) 5G 安全挑戰與要求
- (2) 5G 安全技術架構 SECAM 與 SCAS 規範
- (3) Network Domain Security(NDS)

實驗教材

- (1) 5G 核網滲透測試與壓力測試實驗

- 可分享之教材內容

上課教材

- (1) 5G 安全挑戰與要求(94 頁)
- (2) 5G 安全技術架構 SECAM 與 SCAS 規範(93 頁)
- (3) Network Domain Security (NDS)(57 頁)

實驗教材

- (1) 5G 核網滲透測試與壓力測試實驗(投影片 95 頁、手冊 45 頁、影片 11:18)

相關數位教材：5G 網路切片、5G 邊緣計算

YouTube 網址：https://www.youtube.com/channel/UCjvy2yZI6c_e7v91Y3e52Vg/playlists

C. 模組群所需實作平台配備與經費需求預估

請參考模組群 4。

D. 聯絡窗口

請參考模組群 4。

模組群 6：下世代行動網路技術與資訊安全

A. 模組群簡介

本模組群主要是讓學生習得行動網路之相關技術，包含核心網路之設計，並讓學生了解行動網路中資安防護機制的演進與相關機制。此外，V2X 通訊技術亦為下世代通訊科技競賽的關鍵應用，本模組群亦提供相關實驗模組，讓學生習得 V2X 通訊網路的相關技術與應用。

1. 5G 核心網路設計：以 3GPP 國際標準為依據介紹 1G 到 5G 行動通訊網路裡核心網路的演進，並對當下正在發展的 5G 核心網路作詳細講解。同時，會以開源 5G 核心網路為 free5GC 基礎，在實作課程中讓學員親自打造 5G 通訊網路、虛擬化核心網路及核心網路

設計。

2. 5G 資訊安全：使學生了解電信網路中資安防護機制的演進，並且介紹 5G 電信網路的架構、元件、技術和所有相關的資安防護機制，使得學生瞭解如何分析一個 5G 電信網路的資安防護程度，經由 Lab 實作，使得學生具備開發 5G 資安檢測工具的能力。
3. C-V2X 技術與應用服務：V2X 通訊技術是今日全球 5G 科技競賽的關鍵應用，各國採取各項可能措施以落實 5G 通訊產業在 V2X 的競爭優勢。瞭解當今 V2X 通訊網路的技術與應用，將成為一種關鍵能力。本模組將提供學生 V2X 通訊網路的相關技術與應用，包含其基礎知識、網路架構、國際組織、相關技術與應用服務，並同時透專題研究及實作以達到學生理論與實務兩者並重。

B. 各實驗模組教材簡介

6-1. 5G 核心網路設計實驗模組(初級)

- 課程大綱

上課教材

(1) 電信網路簡介：1G – 5G 核心網路的演進

(2) 5G 核心網路介紹

➤ 5G SBI 設計與運用

➤ 網路功能介紹

(3) 5G 開源核心網路 free5GC

➤ 開源核心網路動機

➤ free5GC 演進歷史

➤ free5GC 設計與開發

實驗教材

(1) Lab 1: free5GC 安裝及電信網路架設

(2) Lab 2: 以 Docker 虛擬化 free5GC 核心網路

(3) Lab 3: 網路功能 SBI 布署&簡易網路功能實作

- 可分享之教材內容

上課教材投影片約 600 頁，實驗教材投影片約 80 頁

6-2. 5G 終端資安數據收集與分析實驗模組(初級)

- 課程大綱

上課教材

(1) 電信網路基本知識和資安機制簡介

➤ 行動網路概論、4G 行動網路簡介

(2) 5G 行動網路簡介

(3) 5G 核心資安技術

➤ 認證和網路安全機制

實驗教材

(1) 5G 終端資安數據收集與分析實驗模組

- 可分享之教材內容

授課教材投影片 220 頁，實驗手冊 40 頁

6-3. 5G 核心網路資安異常檢測實驗模組(中級)

- 課程大綱

上課教材

(1) 電信網路基本知識和資安機制簡介

➤ 行動網路概論、4G 行動網路簡介

(2) 5G 行動網路簡介

(3) 5G 核心資安技術

➤ 認證和網路安全機制、服務化架構安全機制

實驗教材

(1) 5G 核心網路資安異常檢測實驗模組 (本實驗核心網採用 free5GC)

- 可分享之教材內容

授課教材投影片 300 頁，實驗手冊 30 頁

6-4. ITS 在 C-V2X 應用實驗模組(中級)

- 課程大綱

上課教材

(1) C-V2X ITS 應用介紹

(2) C-V2X ITS V2V & V2R 應用架構

(3) C-V2X ITS 應用協定

➤ DSRC & C-V2X

➤ IEEE 1609

➤ ITS-G5

➤ SAE J2735(SPaT, MAP)

(4) C-V2X ITS 應用場域建立

(5) C-V2X ITS 應用情境案例

實驗教材

(1) 建立智慧交通之號誌廣播情境應用實驗

- 可分享之教材內容

授課教材投影片 127 頁，實驗手冊 9 頁

6-5. 5G 非 3GPP 連線資安檢測實驗模組(高級)

- 課程大綱

上課教材

(1) 電信網路基本知識和資安機制簡介

➤ 行動網路概論、4G 行動網路簡介

(2) 5G 行動網路簡介

(3) 5G 核心資安技術

➤ 認證和網路安全機制

(4) 5G 非 3GPP 存取資安介紹

(5) VoWiFi 資安機制介紹

實驗教材

(1) 5G 非 3GPP 連線資安檢測實驗模組

- 可分享之教材內容

授課教材投影片 230 頁，實驗手冊 30 頁

6-6. C-V2X 的 MEC 之技術與應用實驗模組(高級)

- 課程大綱

上課教材

(1) C-V2X 結合 MEC 介紹

(2) C-V2X 定位技術介紹

➤ 定位情境介紹

➤ 定位技術介紹

➤ 定位方法與原理

(3) 定位應用實際案例

➤ 人員追蹤

➤ 物理訪問控制

➤ 工廠運行安全

實驗教材

(1) C-V2X 之 MEC 定位應用實作：斑馬線行人定位偵測實驗

- 可分享之教材內容

授課教材投影片 71 頁，實驗手冊 19 頁

6-7. C-V2X 的核心-eMBMS 實驗模組(高級)

- 課程大綱

上課教材

(1) Technologies of C-V2X

(2) Introduction to V2N Technology

➤ X-Cast

➤ LTEBroadcast Technology

➤ NRBroadcast Technology

(3) Applications of Mobile Broadcast

(4) ITRI's V2N E2E System

(5) Prospect for Broadcast Service

- Service Scenarios
- Requirements
- Use Cases

實驗教材

(1) 3GPP 廣播系統實作實驗

- 可分享之教材內容

授課教材投影片 106 頁，實驗手冊 31 頁

6-8. C-V2X 的網路優化及管理實驗模組(高級)

- 課程大綱

上課教材

(1) Overview

(2) Network Management

- Architecture
- Configuration Management
- Performance Management
- Fault Management

(3) Network Optimization

- Architecture
- Self-Configuration
- Self-Optimization
- Self-Healing

實驗教材

(1) 網路優化及管理系統實作實驗

- 可分享之教材內容

授課教材投影片 128 頁，實驗手冊 33 頁

相關數位教材：5G 網路切片、5G 邊緣計算

YouTube 網址：https://www.youtube.com/channel/UCjvy2yZI6c_e7v91Y3e52Vg/playlists

C. 模組群所需實作平台配備與經費需求預估

實作平台配備組/使用人數	設備名稱	單價	數量	總金額	適用之實驗模組教材編號
5G 核心網路設計/10 人	4G 商用基地台	75,000	1 台	75,000	6-1
	低階 4G 手機	5,000	5 支	25,000	6-3
	實驗用 SIM 卡	2,000	5 張	10,000	
資訊安全/供 2	高階個人電腦(含	30,000	1 台	30,000	6-2

名學生使用	SSD)				6-3
	高階 5G 手機	20,000	1 支	2,000	6-5
	商用 SIM 卡(易付卡)	500	1 張	500	
C-V2X 技術 與應用服務/ 供 12 名學生 使用	C-V2X RSU	50,000	1 台	50,000	6-4
	C-V2X OBU	55,000	4 台	220,000	
	CSI 定位開發板 及模組系統	60,000	3 套	180,000	6-6
	eMBMS 實驗平 台租用一套(1 年)	250,000	1 套	250,000	6-7
	基站網管與模擬 器系統(實驗用) 陽春版租用一套 (半年)	100,000	1 套	100,000	6-8

D. 聯絡窗口

負責教師：陽明交通大學 陳志成教授 / E-mail：jcc@cs.nctu.edu.tw

陽明交通大學 李奇育教授 / E-mail：chiyuli@cs.nctu.edu.tw

陽明交通大學 陳建志教授 / E-mail：jenjee@nycu.edu.tw

專責助理：陽明交通大學 邱薰瑩 / E-mail：hsunyc@nctu.edu.tw

聯絡電話：(03) 571-2121 ext 55735

模組群 7：物聯網技術

A. 模組群簡介

本模組群內容主要包含物聯網關鍵傳輸技術 LPWAN 長距離低功耗無線通訊網路中最重要
的兩個技術：LoRaWAN 與 NB-IoT 技術與應用。共提供五個實驗模組、依照實驗內容的技
術含量與難易度分為初級、中級與高級模組，分別適合電腦網路與物聯網相關基礎課程，核
心課程與進階課程使用。

除了物聯網關鍵傳輸技術 LPWAN 中之兩個技術外，我們更提供使用 IoTalk 物聯網管理平
台結合 AI 技術進行 AI 物聯網應用設計與開發之相關模組，藉由導入輸入輸出模組化(I/O
modules)與 ML_device (machine learning device)的概念以快速實現 AI 物聯網應用之設計與
實作，讓學員們透過動手實作以體會物聯網應用的設計與開發，與降低物聯網應用開發的心
力與時程，並開發出智慧物聯網應用，其中包含的實驗項目如下：

1. 連接 Arduino / Raspberry Pi / ESP8266 到 IoTalk
2. 多種 Sensor 連接到 IoTalk
3. 智慧開關製作
4. IoTalk 資料連結到 AI 模組
5. AI 個人化風扇開發

B. 各實驗模組教材簡介

7-1. LoRaWAN 通訊實驗模組(初級)

- 課程大綱

上課教材

- (1) 聯發科 Linkit 7697 物聯網平台與 LoRaWAN 通訊模組硬體與功能介紹
- (2) IoT 裝置取得環境資料
 - 環境資料取得方法
- (3) MQTT 與 Postman 介紹
 - 資料傳輸介紹
 - 資料接收方法
 - 利用 LoRaWAN 通訊模組將資料傳回伺服器

實驗教材

- (1) MCU 結合通訊模組之 IoT 資料傳輸實作：蒐集環境變數傳輸至伺服器端應用
- 可分享之教材內容
Linkit 7697 物聯網平台與 LoRaWAN 通訊模組功能介紹約 40 頁

7-2. NB-IoT 通訊實驗模組(初級)

- 課程大綱

上課教材

- (1) NB-IoT 技術介紹
 - NB-IoT 無線通信技術特性
 - NB-IoT 技術應用
- (2) NB-IoT 通訊模組
 - NB-IoT 模組元件介紹
 - NB-IoT 模組應用環境及支援特性
 - NB-IoT 通訊指令之 AT Command 介紹
- (3) TCP/UDP 傳輸協定
- (4) NB-IoT 通訊實驗架構
 - NB-IoT 模組傳輸到雲端伺服器流程

實驗教材

- (1) NB-IoT 傳輸模組實習
- 可分享之教材內容
NB-IoT 實驗教材約 40 頁

7-3. LoRaWAN GPS 衛星定位追蹤器+震動感應器實驗模組(中級)

- 課程大綱

上課教材

- (1) 系統架構

- (2) 物聯網校園數據分析服務平台介紹
- (3) 藍芽指令介紹
- (4) 基於 LoRaWAN 技術之創新校園應用
 - GPS 軌跡紀錄(GPS 衛星定位追蹤器)
 - ✓ 校狗追蹤管理 App
 - ✓ 自行車追蹤管理系統
 - 洗衣機管理 App(震動感應器)
 - 乾洗手機使用管理系統
 - 宿舍浴室使用管理系統
 - 田園資料感測

實驗教材

- (1) LoRaWAN 穿戴式感應器與校園創新應用

- 可分享之教材內容

LoRaWAN 穿戴式感應器傳輸實習教材約 50 頁

7-4. NB-IoT GPS 衛星定位追蹤器+震動感應器實驗模組(中級)

- 課程大綱

上課教材

- (1) 系統架構
- (2) 物聯網校園數據分析服務平台介紹
- (3) 藍芽指令介紹
- (4) 基於 NB-IoT 技術之創新校園應用
 - GPS 軌跡紀錄(GPS 衛星定位追蹤器)
 - ✓ 校狗追蹤管理 App
 - ✓ 自行車追蹤管理系統
 - 洗衣機管理 App(震動感應器)
 - 宿舍浴室使用管理系統

實驗教材

- (1) NB-IoT 穿戴式感應器與校園創新應用

- 可分享之教材內容

NB-IoT 穿戴式感應器與校園創新應用教材投影片約 65 頁

7-5. IoTtalk 物聯網管理平台進行光感測平台應用實驗模組(中級)

- 課程大綱

上課教材

- (1) IoTtalk 系統介紹
- (2) 物聯網物件定義與管理介紹

- (3) Input/Output device feature 介紹
- (4) Device Model 介紹
- (5) Input data normalization / Output device scaling 介紹
- (6) Joint function / Mapping function 介紹

實驗教材

- (1) 連接 Arduino / Raspberry Pi / ESP8266 到 IoTtalk
- (2) 多種 Sensor 連接到 IoTtalk
- (3) 智慧開關製作
- 可分享之教材內容
 - (1) IoTtalk 系統介紹投影片約 60 頁
 - (2) IoTtalk 物聯網管理平台進行光感測平台應用實驗模組投影片約 60 頁

7-6. NB-IoT 雙向控制智慧小型溫室實驗模組(高級)

- 課程大綱

上課教材

- (1) NB-IoT 小溫室組件原理與構造
 - 電源供應模組
 - 繼電器
 - 土壤溼度感應器
 - 光線感測器
 - 溫溼度感測器
 - 馬達
- (2) 智慧農業物聯網平台介紹及使用教學
- (3) NB-IoT 雙向控制小溫室組裝教學
- (4) NB-IoT 雙向控制小溫室使用教學

實驗教材

- (1) NB-IoT 雙向控制智慧溫室實習教材內容
- 可分享之教材內容
 - NB-IoT 雙向控制智慧溫室實習教材投影片 83 頁

7-7. AI 個人化風扇實驗模組(高級)

- 課程大綱

上課教材

- (1) IoTtalk 系統介紹
 - 物聯網物件定義與管理介紹
 - Input/Output device feature 介紹
 - Device Model 介紹
 - Input data normalization / Output device scaling 介紹

➤ Joint function / Mapping function 介紹

- (2) AI 演算法介紹
- (3) AI 套件介紹 / ML_device 介紹
- (4) AI 物聯網應用開發

實驗教材

- (1) AI 個人化風扇開發
- 可分享之教材內容
 - (1) IoTalk 系統介紹投影片約 60 頁
 - (2) AI 物聯網應用開發實驗模組投影片

相關數位教材：長距離低功耗廣域網路技術與應用

YouTube 網址：https://www.youtube.com/channel/UCjvy2yZI6c_e7v91Y3e52Vg/playlists

C. 模組群所需實作平台配備與經費需求預估

實作平台配備 組/使用人數	設備名稱	單價	數量	總金額	適用之實驗模 組教材編號
LoRaWAN 通 訊實驗模組/ 供 2 名學生使 用	LoRaWAN 通訊模組	6,000	1 個	6,000	7-1
	LoRaWAN 程式燒錄器	3,000	1 個	3,000	
	LinkIn 7697 開發板	1,000	1 個	1,000	
	感應器套件	3,500	1 組	3,500	
LoRaWAN 戶 外基地台 (全校建置一 台覆蓋校園)	LoRaWAN 戶外基地 台	100,000	1 套	100,000	7-1 7-3
LoRaWAN 室 內基地台 (校園可建置 數台覆蓋死角 範圍或教室內 範圍)	LoRaWAN 室內基地 台	20,000	1 套	20,000	7-1 7-3
NB-IoT 通訊 實驗模組/供 2 名學生使用	NB-IoT 通訊模組	6,000	1 個	6,000	7-2
	NB-IoT 程式燒錄器	3,000	1 個	3,000	
LoRaWAN GPS 衛星定 位追蹤器+震 動感應器實驗 模組/供 2 名	LoRaWAN 微型震動 感應器(GPS 衛星定位 + LoRaWAN 通訊 + BLE 藍芽通訊 +3 軸 加速器)	4,500	1 個	4,500	7-3

學生使用	雲端智慧校園 LPWAN 物聯網數據收集與分析平台(包含 API) 供全班使用	30,000	1 組帳號密碼一年	30,000	
NB-IoT GPS 衛星定位追蹤器+震動感應器實驗模組/ 供 2 名學生使用	NB-IoT 震動感應器平台(GPS 衛星定位 + NB-IoT 通訊 + BLE 藍芽通訊 + 3 軸加速器 + 電信公司 SIM card(含一年流量使用費))	6,000	1 個	6,000	7-4
	雲端智慧校園 LPWAN 物聯網數據收集與分析平台(包含 API) 供全班使用	30,000	1 組帳號密碼一年	3,000	
NB-IoT 雙向 控制智慧小型溫室實驗模組/ 供 4 名學生使用	NB-IoT 雙向控制智慧小型溫室(包含空氣溫溼度感應器/光感應器/土壤溼度感應器/排風扇/燈光排/滴灌馬達/控制繼電器等) 不包含 NB-IoT 通訊模組	20,000	1 組	20,000	7-6
	雲端智慧校園 LPWAN 物聯網數據收集與分析平台(包含 API) 供全班使用	30,000	1 組帳號密碼一年	30,000	
IoTtalk 物聯網管理平台/ 供 1 名學生使用	AI 伺服器(共用)	80,000	1 台	80,000	7-5
	筆記型電腦	24,000	1 台	24,000	7-7
	NodeMCU (ESP8266)	100	2 組	200	
	微控制板 Arduino	3,000	2 組	6,000	
	微控制板 Raspberry Pi	3,000	2 組	6,000	
	零件材料包	1,000	2 組	2,000	

D. 聯絡窗口

(1) LoRaWAN 與 NB-IoT 技術與應用

負責教師：國立清華大學 黃能富教授 / E-mail：nfhuang@cs.nthu.edu.tw

專責助理：國立清華大學 劉紫瑩 / E-mail：lze48@hotmail.com

聯絡電話：(03) 5715131 ext 31200

(2) IoTtalk 物聯網管理平台

負責教師：國立陽明交通大學 林勻蔚教授 / E-mail：jyneda@gmail.com

專責助理：國立陽明交通大學 高嘉臨/ E-mail：dks221502908@gmail.com

聯絡電話：(03) 5712121 ext 57763

模組群 8：寬頻射頻傳收機關鍵技術

A. 模組群簡介

本模組群係從系統層面瞭解下世代行動寬頻通訊系統為何採用具有載波聚合功能之收發機技術來提高峰值數據傳輸速率和增加頻譜資源使用效率。

本模組群期望讓學生瞭解在 MIMO/載波聚合架構下之多路射頻收發機與本地振盪之同步技術，以及在 MIMO/載波聚合架構中功率放大器高線性度之要求，並學習如何利用預失真技術與數位信號處理達到射頻特性之補償並提高其功率附加效率。

本模組群透過所安排之實驗課程讓學生將所學習之理論知識與實作互相連結。

本模組群各模組間的關聯性以 5G 載波聚合的效能以及所需的關鍵技術為主軸，依次介紹這些關鍵技術後再整體說明 5G 載波聚合系統的效能。

B. 各實驗模組教材簡介

8-1. 5G 載波聚合基本觀念(初級)

- 課程大綱

- 上課教材

- (1) 5G 載波聚合技術簡介
- (2) 載波聚合標準制定現況與規格
- (3) 載波聚合接收機分析與設計
- (4) 載波聚合發射機分析與設計
- (5) 實例介紹軟體定義無線電發展平台

- 實驗教材

- (1) 實驗單元一：射頻載波聚合開關模組實驗

- 可分享之教材內容

上課教材投影片 125 頁，實驗教材投影片 16 頁

8-2. 功率放大器非線性特性(中級)

- 課程大綱

- 上課教材

- (1) 非線性數學模型
- (2) 增益壓縮
- (3) 交互調變失真

- (4) 三階截斷點
- (5) 多音交互調變比例
- (6) 鄰近通道功率比例
- (7) 雙頻與複頻交互調變失真關係
- (8) AM/AM 與 AM/PM 之轉換關係

實驗教材

- (1) 實驗單元二：功率放大器預失真線性化實驗

- 可分享之教材內容

上課教材投影片 58 頁

8-3. 功率放大器預失真線性化技術(高級)

- 課程大綱

上課教材

- (1) 載波聚合功率放大器設計考量
- (2) 回授式線性化技術
- (3) 前饋式線性化技術
- (4) 射頻/中頻預失真線性化技術
- (5) 數位預失真線性化技術
- (6) 實例解析

實驗教材

- (1) 實驗單元二：功率放大器預失真線性化實驗

- 可分享之教材內容

上課教材投影片 35 頁，實驗教材投影片 33 頁

8-4. 應用於 5G MIMO/載波聚合之頻率合成器技術(高級)

- 課程大綱

上課教材

- (1) MIMO/載波聚合頻率合成器架構
- (2) 寬頻振盪器架構
- (3) 頻率合成器穩定度
- (4) 頻率合成器相位雜訊分析
- (5) 頻率合成器穩定時間分析

實驗教材

- (1) 實驗單元三：應用於 MIMO/載波聚合之頻率合成器實驗

- 可分享之教材內容

上課教材投影片 77 頁，實驗教材投影片 69 頁(23 頁、22 頁與 24 頁)

相關數位教材：MIMO 通訊系統

YouTube 網址：https://www.youtube.com/channel/UCjvy2yZI6c_e7v91Y3e52Vg/playlists

C. 模組群所需實作平台配備與經費需求預估

實作平台配備組/使用人數	設備名稱	單價	數量	總金額	適用之實驗模組教材編號
實作平台配備 4 組/使用人數 12 人	載波聚合以及數位預失真之實作平台	NT\$75,000	4 台	NT\$300,000	8-1~8-4
	微波電路模擬軟體軟體租用	專案維護合約費 NT\$200,000 (需租用 4 年，專案維護合約費 20 萬元，在維護期間的 4 年期內，學校可有 10 套 license 使用權；學生則上網登錄可免費使用，登錄網站： https://connectlp.keysight.com/StudentLicense 。)	不限	- (註)	

註：必須搭配租用微波電路模擬軟體軟體。因學生上網登錄可免費使用，故經費需求預估為零。

D. 聯絡窗口

負責教師：元智大學 李建育 教授 / E-mail：jianyu@saturn.yzu.edu.tw

專責助理：元智大學 鄭善峰 同學 / E-mail：s1104806@mail.yzu.edu.tw

聯絡電話：03-4638800 ext 7011 分機 909

模組群 9：毫米波電路設計與模擬

A. 模組群簡介

「毫米波電路設計與模擬」模組分為四大部份，第一個部分為毫米波被動元件分析與設計，了解毫米波被動元件高損耗等物理機制及其相關知識，第二個部分是毫米波主動元件分析與設計，學習毫米波頻段主動元件增益與功率的限制，第三部分則是毫米波頻率合成分析與設計，讓學生了解毫米波信號源不論是射頻信號信號品質或輸出功率皆難以與低頻形況相比擬，而第四部份則是統合前三單元內容，以毫米波小基站射頻前端模組為例介紹 5G 系統毫米波傳接機實際應用之特性、架構、規劃與設計方法。授課教師可針對學生背景、程度、應用需求不同選用合適的課程單元。

本課程發展內容旨在培訓相關專業人員，具體目標為：(1)從系統層面瞭解 5G 行動寬頻通訊系統為何提升操作頻段至毫米波來增加傳輸頻寬以及增加系統容量。(2)瞭解毫米波主被

動元件與頻率合成器之特性、架構與設計方法。(3)瞭解毫米波小基站射頻射頻前端模組之特性、架構、規劃與設計方法。

本模組群各模組間的關聯性以毫米波頻段物理特性為主軸，依次介紹在此高頻段的元件與電路與低頻微波的基本差異，後再說明於 5G 系統之實際應用。

B. 各實驗模組教材簡介

9-1. 毫米波被動元件分析與設計(中級)

- 課程大綱

上課教材

- (1) 5G 系統毫米波通訊與射頻傳接機簡介
- (2) 傳輸線毫米波傳輸特性分析
- (3) 電阻、電容、電感毫米波特性和分析
- (4) 毫米波共振器分析與設計
- (5) 毫米波濾波器分析與設計
- (6) 毫米波功率分配器及耦合器分析與設計

實驗教材

- (1) 實驗單元一：毫米波帶通濾波器實驗

- 可分享之教材內容

上課教材投影片 89 頁，實驗教材投影片 15 頁

9-2. 毫米波主動元件分析與設計(中級)

- 課程大綱

上課教材

- (1) CMOS FET 元件毫米波特性和分析
- (2) GaAs HEMT 元件毫米波特性和分析
- (3) SiGe HBT 元件毫米波特性和分析
- (4) 毫米波放大器分析與設計
- (5) 毫米波混頻器分析與設計
- (6) 毫米波積體電路設計概論

實驗教材

- (1) 實驗單元二：毫米波放大器實驗

- 可分享之教材內容

上課教材投影片 45 頁，實驗教材投影片 18 頁

9-3. 毫米波頻率合成器分析與設計(高級)

- 課程大綱

上課教材

- (1) 毫米波電壓控制振盪器分析與設計

- (2) 毫米波頻率除法器分析與設計
- (3) 毫米波倍頻器分析與設計
- (4) 毫米波頻率合成器系統分析與設計
- (5) 毫米波頻率合成器測試技術

實驗教材

- (1) 實驗單元三：毫米波頻率合成器實驗

- 可分享之教材內容

上課教材投影片 77 頁，實驗教材投影片 23 頁

9-4. 毫米波小基站射頻前端模組分析與設計(高級)

- 課程大綱

上課教材

- (1) 毫米波小基站天線與射頻模組整合架構
- (2) 毫米波小基站射頻接收模組架構與分析
- (3) 毫米波小基站射頻發射模組架構與分析
- (4) 毫米波小基站射頻前端模組案例簡介

實驗教材

- (1) 實驗單元四：毫米波小基站射頻前端實驗

- 可分享之教材內容

上課教材投影片 36 頁，實驗教材投影片 52 頁

相關數位教材：微波/毫米波電路分析與設計

YouTube 網址：https://www.youtube.com/channel/UCjvy2yZI6c_e7v91Y3e52Vg/playlists

C. 模組群所需實作平台配備與經費需求預估

實作平台配備組/使用人數	設備名稱	單價	數量	總金額	適用之實驗模組教材編號
實作平台配備 4 組/使用人數 12 人	微波電路模擬軟體軟體租用	專案維護合約費 NT\$200,000 (需租用 4 年，專案維護合約費 20 萬元，在維護期間的 4 年期內，學校可有 10 套 license 使用權；學生則上網登錄可免費使用，登錄網站： https://connectlp.keysight.com/StudentLicense 。)	不限	- (註)	9-1~ 9-4

註：必須搭配租用微波電路模擬軟體軟體。因學生上網登錄可免費使用，故經費需求預估為零。

D. 聯絡窗口

負責教師：元智大學 黃建彰 教授 / E-mail：cch@saturn.yzu.edu.tw

專責助理：元智大學 劉品賢 同學 / E-mail：s1104816@mail.yzu.edu.tw

聯絡電話：03-4638800 ext 7011 分機 911

模組群 10：毫微米波通訊模組分析與量測

A. 模組群簡介

「毫微米波通訊模組分析與量測」模組群分為五大部份，第一個部分為毫微米波通訊傳收機及其組成方塊模組，瞭解傳統微波頻段行動通訊如何提升操作頻段至毫米波，接著介紹以商用 IC 組成之毫微米波通訊系統之各組成方塊，包括射頻開關，濾波器、低雜訊放大器、功率放大器、升／降頻混頻器、IQ 調變／解調器倍頻器與頻率合成器等；第二個部分是毫微米波通訊傳收機模組之電氣特性參數分析與量測，讓學生了解毫微米波射頻模組基本電氣特性參數及其模擬與量測方法；第三部分為毫微米波通訊傳收機模組之數位調變信號效能簡介，係快速複習一些數位通訊與調變技術基本的知識與效能指標定義；第四部份則是毫微米波通訊發射／接收機模組之數位調變信號效能分析與量測，針對毫微米波通訊接收機的構成模組諸如 IQ 解調器、降頻混頻器、低雜訊放大器與濾波器等進行數位調變信號效能分析與量測，指標參數包含數位調變信號劣化程度與最大耐受輸入功率等，推展至接收子系統整體效能分析與量測時，指標參數則為特定誤碼率下之接收靈敏度、鄰近波道選擇度與最大耐受輸入功率等，同時比較微波與毫米波電路模組效能差異；而第五部份為毫微米波通訊多輸入／輸出架構下之數位調變信號效能分析與量測，毫微米波通訊多輸入／輸出架構之射頻傳接機在編碼情況下之數位調變信號可進行吞吐量（Throughput）、多重衰減（Multi-path fading）及特定天線角度干擾（Interference）防制的分析與量測。授課教師可針對學生背景、程度、應用需求不同選用合適的課程單元。

本模組群各實驗模組教材間的關聯性以毫微米波通訊模組為主軸，依次介紹在這些模組教材與其組成之射頻系統在電氣特性與數位調變信號下之模擬與量測技術，最後說明在 5G 多輸入／輸出架構下之效能分析。

B. 各實驗模組教材簡介

10-1. 5G 系統之毫微米波通訊傳收機及其組成方塊模組(中級)

- 課程大綱

上課教材

- (1) 微波／毫米波天線與電波傳播特性
- (2) 微波／毫米波通訊多輸入輸出運作
- (3) 微波／毫米波通訊射頻傳接機架構
- (4) 毫微米波通訊各模組介紹

實驗教材

- (1) 實驗單元一：毫微米波通訊模組基本操作

- 可分享之教材內容
上課教材投影片 66 頁，實驗教材投影片 51 頁

10-2. 毫微米波通訊傳收機模組之電氣特性參數分析與量測(中級)

- 課程大綱
上課教材
 - (1) 毫微米波電氣特性簡介
 - (2) 毫微米波量測儀器簡介
 - (3) 毫微米波模組電氣特性參數定義與量測
 - (4) 毫微米波通訊模組整合之分析與量測實驗教材
 - (1) 實驗單元二：毫微米波通訊傳收機模組之雜訊指數模擬分析實驗
 - (2) 實驗單元三：毫微米波通訊傳收機模組之三階截斷點模擬分析實驗
- 可分享之教材內容
上課教材投影片 33 頁，實驗教材投影片 40 頁

10-3. 毫微米波通訊傳收機模組之數位調變信號效能簡介(高級)

- 課程大綱
上課教材
 - (1) 數位無線通訊架構
 - (2) 脈波整形
 - (3) 線性／非線性數位調變
 - (4) 毫微米波通訊模組之數位調變信號效能指標
 - (5) 毫微米波通訊模組教學平台軟體操作／顯示架構實驗教材
 - (1) 實驗單元四：毫微米波通訊模組數位調變信號迴路傳輸實驗
- 可分享之教材內容
上課教材投影片 29 頁，實驗教材投影片 30 頁

10-4. 毫微米波通訊發射／接收模組之數位調變信號效能分析與量測(高級)

- 課程大綱
上課教材
 - (1) 毫微米波接收機架構
 - (2) 毫微米波發射機架構
 - (3) 毫微米波發射／接收模組之數位調變信號效能分析
 - (4) 毫微米波發射／接收模組之數位調變信號效能量測實驗教材
 - (1) 實驗單元五：毫微米波通訊模組數位調變信號無線傳輸實驗

- 可分享之教材內容

上課教材投影片 28 頁，實驗教材投影片 20 頁

10-5. 5G 毫微米波通訊多輸入／輸出架構下之數位調變信號效能分析與模擬(高級)

- 課程大綱

上課教材

(1) 5G NR 實體層簡介

(2) 毫微米波通訊多輸入／輸出架構之通道特性

(3) 毫微米波通訊多輸入／輸出架構之硬體失真分析

(4) 毫微米波通訊多輸入／輸出架構之資訊吞吐量分析

(5) 5G 毫微米波通訊多輸入／輸出天線陣列波束成型系統

實驗教材

(1) 實驗單元六：毫微米波通訊傳收機模組之數位調變信號模擬分析實驗

- 可分享之教材內容

上課教材投影片 67 頁，實驗教材投影片 20 頁

相關數位教材：微波/毫米波電路分析與設計

YouTube 網址：https://www.youtube.com/channel/UCjvy2yZI6c_e7v91Y3e52Vg/playlists

C. 模組群所需實作平台配備與經費需求預估

實作平台配備組/使用人數	設備名稱	單價	數量	總金額	適用之實驗模組教材編號
實作平台配備 4 組/使用人數 12 人	Sub-6GHz/mmW 多輸入輸出射頻傳收實作平台	NT\$75,000	4 台	NT\$300,000	10-1~10-5
	微波電路模擬軟體軟體租用	專案維護合約費 NT\$200,000 (需租用 4 年，專案維護合約費 20 萬元，在維護期間的 4 年期內，學校可有 10 套 license 使用權；學生則上網登錄可免費使用，登錄網站： https://connectlp.keysight.com/StudentLicense 。)	不限	- (註)	

註：必須搭配租用微波電路模擬軟體軟體。因學生上網登錄可免費使用，故經費需求預估為零。

D. 聯絡窗口

負責教師：元智大學 黃建彰 教授 / E-mail：cch@saturn.yzu.edu.tw

專責助理：元智大學 劉品賢 同學 / E-mail：s1104816@mail.yzu.edu.tw

聯絡電話：03-4638800 ext 7011 分機 911

模組群 11：5G 行動通訊天線設計

A. 模組群簡介

本模組群係結合 109 至 111 年所開發的「行動終端多天線設計」、「5G 毫米波天線設計」、與「5G 基地台天線與高階 MIMO 技術」三個課程模組的教材內容，組織一個從天線基礎、陣列天線原理出發，逐步導入與 5G 行動通訊相關的手機多天線設計，基地台支援高階 MIMO 的大型陣列天線等主題的模組群。可用於開設適合大四與研究所學生，以應用為導向的天線設計專精課程。該模組群的技術內容聚焦於 5G 行動通訊導入的天線相關新興技術，例如多天線解耦合、毫米波天線設計、Massive MIMO 大型天線陣列、與陣列天線適應性場型合成等天線技術。由於模組群的設計是以 5G 行動通訊實行的天線技術為主軸，各實驗模組教材間雖有不同主題，例如手機端天線與基地台端天線，但可相互呼應，協助學生獲取貼近實務應用的天線設計經驗，便利與產業接軌。

B. 各實驗模組教材簡介

11-1. 天線輻射原理、重要參數與微型化技術(初級)

- 課程大綱：本模組介紹共振型天線單元如何產生輻射，天線尺寸與共振頻率的關係，並以光學與聲學相關的日常生活經驗闡述天線集合結構與輻射能量分布特性的關聯。

上課教材

- (1) 自然共振現象
- (2) 天線輻射現象
- (3) 天線重要參數
- (4) 天線縮小化技巧

實驗教材

- (1) 以 Rectenna 觀察指向性天線與全向性天線的輻射特性。
- 可分享之教材內容
上課教材投影片 48 頁，實驗教材投影片 10 頁

11-2. 電磁數值方法與天線模擬技術(初級)

- 課程大綱：本模組介紹商用電磁模擬軟體的核心:數值方法，及其處理天線共振、電磁輻射、近場電磁場分布轉換遠場輻射場型等電磁問題的原理。

上課教材

- (1) 電磁數值方法原理
- (2) 電磁數值方法種類與特性
- (3) 電磁數值方法於天線及傳播問題之應用自然共振現象
- (4) Excitation、Meshing and Absorbing boundaries

實驗教材

- (1) HFSS 電磁模擬軟體操作教學：導波管例
 - (2) HFSS 電磁模擬軟體天線設計教學：偶極天線例
- 可分享之教材內容
上課教材投影片 80 頁，實驗教材投影片 80 頁

11-3. 行動終端多天線設計與解耦合技術(中級)

- 課程大綱：本模組介紹多天線系統與 MIMO 等先進無線通訊技術的關係，多天線系統效能評估指標。針對行動裝置上，緊湊式的多天線布建環境，說明如何化解輻射耦合與傳導電流耦合，提升相鄰天線間的隔離度。

上課教材

- (1) 行動終端之多天線需求與通訊性能提升原理
- (2) 多天線系統效能評估參數
- (3) 天線輻射耦合機制與解耦合技巧
- (4) 天線傳導耦合機制與解耦合技巧

實驗教材

- (1) HFSS 電磁模擬軟體天線設計教學：以極化分集漸少天線輻射耦合
 - (2) HFSS 電磁模擬軟體天線設計教學：以接地面突出結構減少天線傳導耦合
- 可分享之教材內容
上課教材投影片 32 頁，實驗教材投影片 32 頁

11-4. 毫米波傳播特性(中級)

- 課程大綱：本模組從 5G 行動通訊應用與系統架構開始說明，並介紹 Sub 6 GHz 微波與 24 GHz 以上毫米波在空間傳播的基本差異，及其所造成的不同天線傳輸需求，以及毫米波傳播特性對接取點網路布建所造成的影響。

上課教材

- (1) 5G 行動通訊系統應用
- (2) 5G 行動通訊系統架構
- (3) 5G 行動通訊系統的傳輸需求
- (4) 5G 頻段訊號傳播特性與通道模型

實驗教材

- (1) 毫米波頻段高指向天線模擬實驗
- 可分享之教材內容

上課教材投影片 33 頁，實驗教材投影片 29 頁

11-5. 行動終端毫米波陣列天線設計(中級)

- 課程大綱：本模組說明陣列天線技術以較大的天線孔徑達到增益提升的學理基礎，並介紹適用於 5G 通訊裝置的陣列天線形式及其波束特性。天線特性可重置技術：可重置天線是因應 5G 終端對天線使用頻段與場型特性的多樣化需求的有效對治手段之一，本單元就針對行動終端環境與動態改變天線輻射區域的天線設計實例，介紹特性可重置與多天線解耦合等技術。

上課教材

- (1) 5G 行動終端天線需求
- (2) 行動終端 5G 毫米波天線設計挑戰
- (3) 行動終端 5G 毫米波多天線設計
- (4) 整合 LTE 與毫米波的行動終端天線設計

實驗教材

- (1) 毫米波頻段陣列天線模擬實驗
- 可分享之教材內容
上課教材投影片 61 頁，實驗教材投影片 28 頁

11-6. MIMO 通訊技術與 5G 行動通訊(高級)

- 課程大綱：本模組回顧 MIMO 技術特性及其提升通訊頻寬的學理基礎，進而說明何以 Massive MIMO 可以用更高的資料傳輸率容納更多使用者，並強化通聯系統的穩定度。

上課教材

- (1) 多輸入多輸出 MIMO 技術
- (2) 波束成型原理
- (3) 5G 行動通訊技術
- (4) 5G 毫米波通道特性評估

實驗教材

- (1) 子陣列天線設計模擬實驗
 - (2) 波束極值零點合成實驗
- 可分享之教材內容
上課教材投影片 52 頁，實驗教材投影片 67 頁

11-7. Massive MIMO 天線與系統特性(高級)

- 課程大綱：本模組說明 Massive MIMO 技術施行與大型天線陣列的關聯性，解釋關鍵天線設計規格與 MIMO 效能的連動關係，以及設計時常面臨的規格取舍情境。

上課教材

- (1) Massive MIMO 原理與操作

- (2) 5G 毫米波大型陣列天線系統
- (3) 5G 毫米波波束掃描天線
- (4) 5G Massive MIMO 基地台天線設計

實驗教材

- (1) 射頻子陣列天線系統模擬實驗
- (2) 陣列天線波束掃描實驗
- 可分享之教材內容
上課教材投影片 56 頁，實驗教材投影片 48 頁

11-8. 大型陣列天線波束合成技術(高級)

- 課程大綱：本模組說明介紹大型陣列天線在天線單元布局、主被動電路架構、基頻訊號處理流程等系統觀點出發的規格需要。

上課教材

- (1) 陣列天線與波束成型原理
- (2) 陣列因子與陣列天線場型
- (3) 陣列天線場型合成
- (4) 平面陣列波束成型
- (5) 適應性場型合成

實驗教材

- (1) 相移器饋入網路設計實驗
- (2) 大型陣列天線波束合成實驗
- 可分享之教材內容
上課教材投影片 50 頁，實驗教材投影片 66 頁

相關數位教材：微波/毫米波電路分析與設計

YouTube 網址：https://www.youtube.com/channel/UCjvy2yZI6c_e7v91Y3e52Vg/playlists

C. 模組群所需實作平台配備與經費需求預估

實作平台配備組/使用人數	設備名稱	單價	數量	總金額	適用之實驗模組教材編號
電磁數值模擬實驗電腦 15 台/約供 30 名學生使用	模擬用電腦	NT\$30,000	15 台	NT\$ 【30,000】 * 【15】 = 450,000	11-1~11-8
	HFSS 模擬軟體	NT\$100,000	1 式	NT\$ 【100,000】 * 【1】 = 100,000	
	MATLAB 模擬軟體	-	-	一般為校級授權軟體	

D. 聯絡窗口

負責教師：國立臺灣科技大學 廖文照教授 / E-mail : [wjiao@mail.ntust.edu.tw](mailto:wjliao@mail.ntust.edu.tw)

專責助理：國立臺灣科技大學 劉賀云 / E-mail : hyliu@mail.ntut.edu.tw

聯絡電話：(02) 27303240

教育部補助
行動通訊專業核心課程改進及推廣計畫
申請書

請加蓋學校校印

計畫期程 ： 自 112 年核定日起至 114 年 1 月 31 日
申請學校 ： (請填全銜)
系所(院) ：
計畫主持人 ： (姓名/職稱)

中華民國 年 月

壹、基本資料

※填寫說明：

- ◆ 申請本計畫補助之大學校院相關院、系所應針對原有行動通訊相關專業核心課程，進行有系統地重整及串連，必要時並得視產業及院、系所長期發展需求，重新規劃建立或改進為更具系統性、時效性的系列課程，以深耕行動通訊專業學生的核心知能與技術，促進學生更有效地銜接中高階尖端及實務知識，加速培育能因應產學研各界亟需之通訊專業人才。
- ◆ 本系列課程計畫係為深耕行動通訊專業學生的核心知能與技術，加速學生更有效地銜接中高階尖端及實務知識，爰各校所提系列課程案應以能長期扎根於申請單位長期持續開授之正規課程為主，以有效培育產業所需中高階通訊專業人才。
- ◆ 申請單位應盤點現有之行動通訊相關課程及其內容，依據各單位本身發展特色、師資能量、可獲得之內外部資源及擬培育之專業人才目標，由相關教師共同討論規劃，檢視系列課程之課程間之內容的串接是否妥適合理，適當整併或整合重複的內容，移除不適當今或未來發展之內容，並納入當今通訊專業領域學生應具備之新的核心知識點或技術內容。
- ◆ 每一系列課程應包含至少 3 門課程(可包含大學部至研究所課程)，以各單位原有之行動通訊專業核心課程為基礎，針對課程內容進行盤點、更新、改進，或視需要新開相關課程，並透過各授課教師的參與，有效串連各課程內容，有系統地培育學生行動通訊相關專業能力。並適切納入「5G 行動寬頻人才培育計畫」所發展之實驗模組教材(詳如附件一)，以至少 2 項為原則，以增進實務知識之傳授。
- ◆ 各申請案除應提出系列課程之規劃(含課程內容的設計、過時內容的汰除、新知識點的採納、各課程間的重整和串連)，並應提出系列課程學習成效的評估規劃與做法等，提供各單位與行動通訊相關部分之課程地圖，並於課程地圖標示、說明本系列課程規劃在其中的定位。
- ◆ 獲得本計畫補助之系列課程，於計畫的第一年及第二年皆需有課程的開授；各課程並應於計畫期間完成開授至少一次。各課程於計畫結束後仍應有持續開課之規劃。
- ◆ 每案以系所或院為單位提出申請。每單位至多申請 1 案，每校至多申請 2 案。
- ◆ 計畫主持人與協同主持人得兼任課程教師。

一、基本資料

申請學校		系所(院)			
計畫主持人		服務單位		職稱	
協同主持人	(請依需求自行新增或刪除表格)	服務單位		職稱	
計畫期程	自 112 年核定日起至 114 年 1 月 31 日				
系列課程基本資料					
課程一名稱			課程教師		
授課年級	例：大四、碩一		預計開課學期	例：112 學年度上學期及 113 學年度上學期	
採用之實驗模組教材名稱	若有採用「5G 行動寬頻人才培育計畫」發展之實驗模組教材(如附件)，請填入教材編號與名稱。若未採用請填「無」。				

課程二名稱			課程教師	
授課年級			預計開課 學期	
採用之實驗模組 教材名稱				
課程三名稱			課程教師	
授課年級			預計開課 學期	
採用之實驗模組 教材名稱				
課程四名稱 (請依需求自行新 增表格)			課程教師	
授課年級			預計開課 學期	
採用之實驗模組 教材名稱				
總經費				
經費來源 經費科目		申請教育部補助	自籌款 (含學校及業界補助)	合計
經 費 需 求	人事費			
	業務費 及雜費			
	設備費			
	合計			
計畫聯絡人資訊				
姓名			職稱	
電話		(公)	電子郵件	

主持人：_____ (簽章) 負責單位主管：_____ (簽章) 校長：_____ (簽章)

貳、計畫內容簡介

一、申請單位現有開授課程盤點

※填寫說明：

- ◆ 請申請單位提出與行動通訊相關部份之課程地圖。
- ◆ 請檢附申請單位最近三個學年度，與上述課程地圖相關的開課清單(需教務處核章)。

二、申請單位現有之教學用途實驗室及設備盤點

※填寫說明：

- ◆ 請申請單位提出與本規劃案相關之教學用途實驗室及設備。

實驗室名稱	配備設備	設置時間

三、系列課程規劃改進說明

(1) 系列課程簡介

※填寫說明：

- ◆ 請簡要說明申請補助的系列課程之整體規劃目標及各課程名稱。
- ◆ 請簡要說明跨課程間知識點之串聯。
- ◆ 請以前述「一、申請單位現有開授課程盤點」所列出之課程地圖為基礎，標示及說明所規劃之系列課程(含修訂、新開之課程)在其中的定位。

(2) 規劃改進重點

i. 課程名稱對照

預計納入改進的原相關課程	改進後之系列課程
請填寫納入改進的相關課程名稱 1.課甲 2.課乙 ...	請填寫改進後之各課程名稱(含修訂、新開之課程) 1.課程一名稱 2.課程二名稱 3.課程三名稱 ...

ii. 改進重點說明

※填寫說明：請依改進後之系列課程，以文字說明各課程規劃改進重點，如課程大綱新增/修改處、實驗設計、評量方式修改重點、如何安排跨課程間知識點之串連等。並說明相關規劃能如何提升學生銜接中高階課程之實務學習

(3) 採用之實驗模組教材

改進後之系列課程名稱	採用之實驗模組教材編號及名稱
課程一名稱	若有採用「5G 行動寬頻人才培育計畫」發展之實驗模組教材，請填入教材編號與名稱(請參考附件一)。若未採用請填「無」。
課程二名稱	
課程三名稱	
以下請自行新增需要的課程數目	

參、課程改進及其詳細執行規劃

一、系列課程基本資料

※填寫說明：以下請自行新增所需的課程個數，並依序填寫(1)課程基本資料及(2)改進後課程執行內容。

1. 課程一：(請填入課程名稱)

(1) 課程基本資料

預計開課學期	例：112 學年度上學期 113 學年度上學期		授課年級		例：碩一、大四
			預計修課人數		
課程教師	姓名		電話	(公)	
	服務單位		傳真		
	職稱		E-mail		
業界講師(選填)	姓名		服務單位		
	預計時數		職稱		
	授課內容				
參與人員	學校/服務單位	職稱	負責之項目(於本工作項目之職掌)		
課程教師					
助教 A(若人員未定，姓名可不					

預計開課學期	例：112 學年度上學期 113 學年度上學期		授課年級	例：碩一、大四		
			預計修課人數			
寫)						
助教 B(若人員未定，姓名可不寫)						
採用的實驗模組教材名稱	若有採用「5G 行動寬頻人才培育計畫」發展之實驗模組教材(如附件)，請填入教材編號與名稱。若未採用請填「無」。					
課程經費需求	經費來源 經費項目		申請教育部補助	自籌款 (含學校及業界補助)	其他	小計
	總計	人事費				
		業務費及雜費				
		設備費				
		合計				
聯絡人	姓名		電話	(公)		
	服務單位		傳真			
	職稱		E-mail			

(2) 改進後課程執行內容

i. 課程綱要

課程綱要	配合的實驗項目說明(若有)	上課時數	備註 (請說明與原課程內容之差異處； 無修正者寫「無」)
XXX	實驗名稱： 實驗內容簡述：	上課____小時 實驗____小時	
XXX		上課____小時 實驗____小時	
		上課____小時 實驗____小時	
		上課____小時 實驗____小時	
教學數位化規劃			
例如：教學投影片放置於 xx 平台供學生課前課後預習			
課程相關活動規劃			

如：組成技術討論社群、參與競賽、促成產學交流、產業實習等。

ii. 實驗項目所需設備

實驗項目	所需設備	所需設備來源		
		曾獲本部補助	自有/自籌設備 (非本部補助)	本次擬申請補助
例：Power-Domain Non-Orthogonal Multiple Access 實驗	本表請寫明設備名稱與組/套數 例：Zedboard 與 RF 模組共 5 套	例：Zedboard 與 RF 模組共 2 套/獲本部補助的計畫名稱及期程(註 1)	例：Zedboard 與 RF 模組共 1 套	例：Zedboard 與 RF 模組共 2 套

註 1：本部「5G 行動寬頻人才培育計畫」所推動補助之相關計畫，包含「5G 行動寬頻跨校教學聯盟計畫」(107 年-112 年)、「5G 校園實驗網示範場域計畫」(108 年-111 年)、「5G 行動寬頻課程推廣計畫」(109 年-112 年)。

iii. 其他既有實驗室或教學資源可提供之軟硬體支援

iv. 學習成效評估方式說明

※填寫說明：請說明學習成效評估方式，應包含質化與量化評估作法(學校制式之教學調查問卷除外)。

2. 課程二：(以下請自行新增所需的課程個數)

⋮

二、系列課程之量化與質化目標

※填寫說明

- ◆ 請分別說明整體及各課程之量化與質化目標。
- ◆ 量化目標應包含各課程開課課次、修課人次、以及其他可量化之指標(如學生至業界實習人數、轉作開放式課程之課數等)。
- ◆ 質化目標應包含學生修課後可習得的能力、改進後學生學習成效之提升、系列課程規劃對學生銜接中高階課程的效益等，並說明如何透過學習成效評估或其他方式確認是否達成。

三、 預定執行進度(甘特圖)

工作項目	112 年							
	x 月							
完成上課教材內容編撰								
完成 xxx 設備採購								
...								

四、 參與教師服務之學校系所相關教學資源配置規劃

※填寫說明：系所相關教室、軟硬體教學資源等如何配置使用。

肆、 重要工作進度查核點

※填寫說明：需至少包含系列課程規劃及檢討會議進度、課程設備採購完成時間點、每學期開課完成時間點、參與總計畫辦公室辦理之各類活動(如種子師資培訓營、計畫成果交流等)。

工作項目	預定完成事項	預定完成時間 (YY/MM)	查核點概述

伍、計畫經費需求表

※填寫說明：

- ◆ 本計畫係由本部部分補助。每一申請案本部最高補助額度以新臺幣 150 萬元為原則，並得視年度預算情形調整之。
- ◆ 各項經費項目，應依「教育部補(捐)助及委辦經費核撥結報作業要點」及「教育部及所屬機關(構)辦理各類會議講習訓練與研討(習)會管理要點」相關規定編列支用。
- ◆ 對直轄市、縣(市)政府及其所屬學校、機關(構)之補助，依中央對直轄市及縣(市)政府補助辦法及本部與所屬機關(構)對直轄市及縣(市)政府計畫型補助款處理原則之規定辦理，依直轄市、縣(市)政府財力級次最低至最高，本部最高補助比率由百分之九十依序遞減百分之二。
- ◆ 申請單位如曾執行本部「5G 行動寬頻人才培育計畫」所推動補助之相關計畫；包含「5G 行動寬頻跨校教學聯盟計畫」(107 年-112 年)、「5G 校園實驗網示範場域計畫」(108 年-111 年)、「5G 行動寬頻課程推廣計畫」(109 年-112 年)；應自行揭露曾獲補助內容及設備，以不重複補助相同設備為原則。計畫如經查證重複接受補助者，應繳回該項補助經費。
- ◆ 已獲其他機關或單位補助之計畫項目，不得重複申請本部補助；同一計畫內容亦不得向本部其他單位申請補助。計畫如經查證重複接受補助者，應繳回該項補助經費。
- ◆ 本部補助相關經費原則如下：
 1. 本計畫係**部分補助**，學校自籌經費比例不得少於計畫**總經費之 10%**。
 2. 經常費：
 - (1) 人事費
 - 計畫主持人、協同主持人及兼任助理以不超過 4 人為限，人事費以不逾計畫總經費之 40% 為限。
 - (2) 業務費及雜費
 - 執行計畫所需之項目。
 - 不得編列報名費、註冊費、保險費、證照考取費等。
 - (3) 若編列實驗材料或軟體租用費，請說明採購的必要性。
 3. 設備費：
 - (1) 若編列設備費，請說明採購的必要性。(可參考附件一)。
 - (2) 不得使用本部設備補助款採購一般/事務性/個人教學設備(如投影機、單槍投影機、實驗桌椅...等一般教學設備)。
 - (3) 不得購買大陸廠牌資通訊產品之設備及周邊產品。
 - (4) 設備項目應符合耐用年限二年以上且金額為新臺幣一萬元以上。
 4. 同一課程如由跨校教師共同開授，其經費由申請學校統籌管控與核結。

統塊表

單位：新臺幣元

申請單位		計畫名稱	教育部補助行動通訊專業核心課程改進及推廣計畫	
計畫期程	112 年核定日起至 114 年 1 月 31 日			
計畫經費總額：_____元，向本部申請補(捐)助金額：_____元，自籌款：_____元				
擬向其他機關與民間團體申請補(捐)助： ☐ 無 ☐ 有 (請註明其他機關與民間團體申請補(捐)助經費之項目及金額) 教育部：_____元，補(捐)助項目及金額： XXXX 部：_____元，補(捐)助項目及金額：				
補(捐)助項目	申請金額 (元)	核定計畫金額 (教育部填列) (元)	核定補助金額 (教育部填列) (元)	說明
人事費				1. 聘任兼任計畫主持人__人、兼任協同主持人__人、兼任助理__人，本計畫人員共__人。 2. 所編費用含薪資、法定保險費用、勞退金、及其補充保費。 3. 補(捐)助款不得編列加班費及應休未休特別工資。 4. 未依學經歷(職級)或期程聘用人員，致補(捐)助剩餘款不得流用。 5. 人事費以不逾計畫總經費之40%為限。
業務費及雜費				1. 出席費及工讀費、____、____、____等等訂有固定標準給付對象之費用。 2. 依國內(外)出差旅費報支要點、聘請國外顧問、專家及學者來台工作期間支付費用最高標準表規定之相關費用。 3. 辦理業務所需 _____、____、____、____、____。
設備費				計畫設備費用： (請填列擬編列設備名稱、數量) 1. 2. ※設備費共計_____元，學校自籌_____元。
合 計				

承辦 單位	主(會)計 單位	首長	教育部 承辦人	教育部 單位主管
補(捐)助方式： ☐ 全額補(捐)助 ☒ 部分補(捐)助 指定項目補(捐)助 ☐ 是 ☐ 否 【補(捐)助比率 %】 地方政府經費辦理方式： ☐ 納入預算 ☐ 代收代付 ☐ 非屬地方政府			餘款繳回方式： ☐ 繳回 ☒ 依本部補(捐)助及委辦經費核撥結報作業要點辦理 彈性經費額度： ☐ 無彈性經費 ☐ 計畫金額 2%，計 元(上限為 2 萬 5,000 元)	
備註： 一、本表適用政府機關(構)、公私立學校、特種基金及行政法人。 二、各計畫執行單位應事先擬訂經費支用項目，並於本表說明欄詳實敘明。 三、各執行單位經費動支應依中央政府各項經費支用規定、本部各計畫補(捐)助要點及本要點經費編列基準表規定辦理。 四、上述中央政府經費支用規定，得逕於「行政院主計總處網站-友善經費報支專區-內審規定」查詢參考。 五、非指定項目補(捐)助，說明欄位新增支用項目，得由執行單位循內部行政程序自行辦理。 六、同一計畫向本部及其他機關申請補(捐)助時，應於計畫項目經費申請表內，詳列向本部及其他機關申請補助之項目及金額，如有隱匿不實或造假情事，本部應撤銷該補(捐)助案件，並收回已撥付款項。 七、補(捐)助計畫除依本要點第 4 點規定之情形外，以不補(捐)助人事費、加班費、內部場地使用費及行政管理費為原則。 八、申請補(捐)助經費，其計畫執行涉及須依「政府機關政策文宣規劃執行注意事項」、預算法第 62 條之 1 及其執行原則等相關規定辦理者，應明確標示其為「廣告」，且揭示贊助機關（教育部）名稱，並不得以置入性行銷方式進行。				

補充說明：

- 申請補(捐)助經費，其計畫執行涉及資訊、電訊或通訊設備之採購，須依行政院公共工程委員會 107 年 12 月 20 日工程企字第 1070050131 號函注意事項規定(本部於 107 年 12 月 28 日臺教秘(二)字第 1070227262 號函轉部屬機關構及大專校院)，若有影響國安(含資安)或機敏資訊外洩資疑慮者，於招標文件中明定廠商所提供之財物或勞務之原產地不得為大陸地區。
- 本補助案採購設備以國產設備優先為原則。

細目表

單位：新臺幣元

申請單位		計畫名稱		教育部補助行動通訊專業核心課程改進及推廣計畫
計畫經費總額：_____元，向本部申請補(捐)助金額：_____元，自籌款：_____元				
經費項目		經費明細		金額
人事費	計畫主持人	$\text{元} \times \text{人} \times \text{月} = \text{元}$ 補充保費(雇主負擔)： $\text{元/月} \times 2.11\% \times \text{月} =$		計畫主持人月支津貼為每人每月 5,000 元至 8,000 元。
	協同主持人	$\text{元} \times \text{人} \times \text{月} = \text{元}$ 補充保費(雇主負擔)： $\text{元/月} \times 2.11\% \times \text{月} =$		協同主持人月支津貼為每人每月 4,000 元至 6,000 元。
	兼任助理	$\text{元} \times \text{人} \times \text{月} = \text{元}$ 補充保費(雇主負擔)： $\text{元/月} \times 2.11\% \times \text{月} =$		兼任助理月支津貼每人每月 3,000 元至 5,000 元
	小計			
業務費及雜費	實驗材料費	請務必詳列實驗材料明細。 1.課程 1：計算式 2.課程 2：計算式 3.課程 3：計算式		核實報支。 以本案補助課程所用實驗材料為限，不含紙張、文具、碳粉匣等一般耗材。
	業師演講費/鐘點費	$\bigcirc\bigcirc\bigcirc\bigcirc$ 課程： $\text{元} \times \text{人節} = \text{元}$ $\bigcirc\bigcirc\bigcirc\bigcirc$ 活動(日)： $\text{元} \times \text{人節} = \text{元}$ 補充保費(雇主負擔)： $\text{元} \times 2.11\% = \text{元}$		邀請校外專家學者專題講授：2,000 元/節；授課時間每節為 50 分鐘，連續上課二節者為 90 分鐘，未滿者減半支給。 已領撰稿費者不得兼領。
	旅運費(計畫成員)	計畫成員參加培訓營、成果交流會及相關計畫活動所需國內差旅費，請依下列格式列明計算式。 1. $\bigcirc\bigcirc\bigcirc\bigcirc$ 會議： $\text{元} \times \text{人次} = \text{元}$ 2. $\bigcirc\bigcirc\bigcirc\bigcirc$ 活動參與： $\text{元} \times \text{人次} = \text{元}$		依「國內出差旅費報支要點」核實報銷，並說明搭乘交通工具及起訖地點。
	印刷費	【請詳列計算式。】 例： 1.課程 1： (1)課程教材、文件資料等印製： 元 (2)配套/活動海報/講義編印印刷費： 元 2.課程 2： (1)課程教材、文件資料等印製： 元 (2)配套/活動海報/講義編印印刷費： 元 $\bigcirc\bigcirc\bigcirc\bigcirc$ 活動(人)： $\text{元} \times \text{份} = \text{元}$ $\bigcirc\bigcirc\bigcirc\bigcirc$ 活動(人)： $\text{元} \times \text{份} = \text{元}$		核實報支。
	軟體租用費	1、課程 1： 2、課程 2： 3、課程 3：		請依計畫實際執行需求進行經費編列。
	雜費	【至多編列 20,000 元為原則。】		核實報支。

	凡前項費用未列之辦公事務費用屬之。如文具用品、紙張、資訊耗材、資料夾、郵資等屬之。		
小計			
設備費	核定之設備項目原則不接受變更申請。 (視申請之課程模組編列所需設備相關費用。) 共計_____元，學校自籌_____元 請詳列各規劃採購之設備資料，並說明採購之必要性： 1. 設備名稱與規格/數量/金額/必要性說明		1. 設備項目應符合耐用年限二年以上且單價金額為新臺幣一萬元以上。 2. 電腦設備，超過30,000元(含)者，以自籌款支給為原則，並詳述使用說明。
合計			本部補助_____元 學校自籌_____元
填表人 (電話)	主持人	會計單位	機關長官或負責人
備註： 1. 同一計畫向本部及其他機關申請補助時，應於計畫項目經費申請表內，詳列向本部及其他機關申請補助之項目及金額，如有隱匿不實或造假情事，本部應撤銷該補助案件，並收回已撥付款項。 2. 補助計畫除依本要點第4點規定之情形外，以不補助人事費、內部場地使用費及行政管理費為原則。 3. 申請補助經費，其計畫執行涉及需依「政府機關政策文宣規劃執行注意事項」、預算法第62條之1及其執行原則等相關規定辦理者，應明確標示其為「廣告」，且揭示贊助機關（教育部）名稱，並不得以置入性行銷方式進行。		補助方式： ☒ 部分補助(指定項目補助 ☐ 是 ☒ 否) 【補助比率 _____ %】 餘款繳回方式： ☐ 繳回 ☒ 依本部補(捐)助及委辦經費核撥結報作業要點辦理	

陸、計畫預期成果

※填寫說明

- ◆ 計畫期程為 112 年核定日起至 114 年 1 月 31 日。
- ◆ 申請學校系所(院)應達成基本成果至少須包括：
 1. 計畫的第一年及第二年皆需有課程的開授；各課程並應於計畫期間完成開授至少一次。各課程於計畫結束後仍應有持續開課之規劃。
 2. 參與總計畫辦公室辦理之各類活動。
 3. 授課教師應針對學生學習狀況補充或更新教材，並提出該課程學習成效的質化與量化評估。
 4. 針對課程學習成效評量結果分析與提出教材內容之檢討與未來方向。
- ◆ 除前述指標外，申請者應依據系列課程改進規劃自行擬定工作項目及預期之質量化成果，敘明於計畫申請書，並列為審查重點項目。

一、 預期量化成果

量化成果彙總表 (計畫期程：112 年核定日起至 114 年 1 月 31 日)			
主要績效指標表		數量	備註
授課	系列課程改進課數	門	至少 3 門以上課程。
	計畫第一年開課課次	課次	
	計畫第一年修課人次	人次	
	計畫第二年開課課次	課次	
	計畫第二年修課人次	人次	
	其他(請自由增列項目)		
教材改進	預計更新的課程教材	份	原有或擬新編課程教材，同課程上課教材為 1 份。
	預計更新的實驗手冊、教材	份	原有或擬新編實驗教材，同實驗為 1 份。
	其他(請自由增列項目)		例如教學影片 x 部等。
實驗模組教材	採用「5G 行動寬頻人才培育計畫」所發展之教材數目	個	請參考附件一
學習成效評估	發展學習成效評量量表	份	例如學習經驗問卷。
	其他(請自由增列項目)		
課程相關活動	參加種子師資培訓營	場	配合總計畫辦公室原則規定。
	參加成果交流會	場	配合總計畫辦公室原則規定。
	其他(請自由增列項目)		
其他	其他績效項目請自行增列		

二、 預期質化成果

※填寫說明：請文字說明相關預期質化成果，應至少包含課程改進及跨課程串連對學生能力的預期影響、學習成效評估可達成的效果、計畫結束後各課程仍可持續開課培育學生等。

附錄、各主要參與人員簡歷資料

(至少含計畫主持人、協同主持人及課程教師簡歷，每人以二頁為限)

一、個人資料：

姓 名		電 話：	
職稱及		傳 真：	
計畫擔任工作		e-mail：	

二、主要學歷：

畢 業 學 校	國 別	科 系 別 或 主 修 學 門	學 位	起 迄 年 月

三、現職及與專長相關之經歷(按時間先後順序由最近經歷開始填起)：

服 務 學 校	服 務 部 門	職 稱	起 迄 年 月

四、近五年內曾講授過之課程(與本領域相關)。

五、近五年內重要相關著作(請擇與本領域相關重要著作列述至多五項)。

六、近三年內參與教育部之相關教育改進計畫或實作型相關研究計畫，擔任該計畫之職稱，並說明其主要成果(請擇重要者列述至多五項即可)。

七、實作能力佐證；如曾屬教材發展小組成員請提供有相關實作課程或計畫執行經驗。如曾屬教學聯盟辦公室成員，請提供主持大型實作計畫或主持大型教材發展計畫之計畫內容說明。

八、近三年內參與各相關競賽及獲獎情形(請擇重要者列述至多五項即可)。