

出國報告（出國類別：儀器研究）

中央大學自製太空氣象科學儀器酬載 SWIP 與 莫斯科飛航學院微衛星主控電腦聯合測試

服務機關：機械工程學系光機電工程研究所

姓名職稱：陳立悟(博士生)、李柏賢(碩士生)、王長盛(碩士生)

派赴國家：俄羅斯(莫斯科)

出國期間：103/10/8-10/19

報告日期：103/10/28

摘要

為驗證中央大學對莫斯科飛航學院 MAI 微衛星所貢獻的電離層氣象儀器酬載 SWIP 的工程體的功能，完成本次出國任務、成功完成 MAI 微衛星的主控電腦與中央大學學生團隊自製 SWIP 酬載的數位聯合測試。在此任務中成功完成下列工作：一、科學酬載使用教學：使莫斯科飛航學院的微衛星團隊能夠完整了解並能正確使用由中央大學自製的太空氣象科學儀器酬載。包含所有跟太空氣象科學儀器酬載有關的操作方法、測試步驟。二、深入且仔細的數位聯合測試：確認太空氣象科學儀器酬載能夠與莫斯科飛航學院的微衛星維持妥善與穩定的互動，因而能在太空軌道中持續進行科學量測任務。

為期約 12 天的聯測任務中，我方團隊為製作工程體之工程師－三位博碩生，對應莫斯科學院製作微衛星主控電腦的師生團隊，雙方在太空工程學術面獲益良多，除此兩方不同的工作態度與文化習慣，亦使這次任務交流得到良好回饋，工程體聯測成功。

目錄

壹、目的	4
貳、過程	4
參、心得與建議	5
肆、附錄	6

壹、目的

中央大學自製太空氣象科學儀器酬載(Space Weather Instrument Payload, SWIP)，將隨著由莫斯科飛航學院(Moscow Aviation Institute, MAI)的微衛星在 550 公里的衛星軌道上運行，進行太空氣象的探測。太空氣象科學儀器酬載內所搭載的科學儀器，可以量測地球磁場、地球重力場、酬載加速度、酬載旋轉速度、電漿電子溫度、電漿電子濃度、以及在衛星軌道下方 135.6 奈米波長暉光及 630 奈米波長暉光。此項國際合作計畫由俄方 MAI 建構與發射衛星、墨西哥 NAU 與中央大學 NCU 共同提供研究電離層氣象常模的科學酬載，預計於 2015 年底前發射入軌。

爲了資料的正確性及整個太空氣象科學儀器酬載的穩定性，且太空氣象科學儀器酬載將以受控裝置的角色搭載於莫斯科飛航學院的微衛星上，故本次出國之首要任務即是要與莫斯科飛航學院的微衛星主控電腦進行聯合測試之工作，並且完整教學所有跟太空氣象科學儀器酬載有關的操作方法、測試步驟，使莫斯科飛航學院的微衛星團隊能夠完整了解並能正確使用由中央大學自製的太空氣象科學儀器酬載，透過深入且仔細的聯合測試，以確保未來太空氣象科學儀器酬載能在上太空之後依然能有妥善的穩定性能夠與莫斯科飛航學院的微衛星持續進行科學量測任務。

本次赴莫斯科聯測任務則由研發酬載的同學們前往，對莫斯科的團隊而言，是第一線的研發人員前來測試，可確保在第一時間發生的任何問題，都能得到最直接的回饋及應變策略；對我方而言則藉由聯測任務，讓學生們對於自主研發之酬載負上權責，並且獲得最寶貴的跨國學術合作經驗，也能提升學生在科學研究上的自信及研發能力，實屬可貴且難得的機會。

貳、過程

10 月 8 日啓程前往莫斯科。在冗長的旅途下終於來到莫斯科，由莫斯科航空學院微衛星團隊的負責學生前來接機，並於隔日 10 月 9 日，與 MAI 的計畫主持人 Prof. Brekhov 見面，確認工作內容，我方學生團隊則向 MAI 團隊完整的說明我方所自行研發 SWIP，雙方就彼此的科學儀器和未來幾日要進行的各項聯測任務做充分的溝通與了解。而事前寄送到莫斯科航空學院的工程體中，有一零件因爲運送碰撞而發生損毀，也針對此狀況調整聯測工作時程。

10 日開始進聯測，聯測過程中遇到任何狀況，當下雙方竭力排除，在此也見識到莫斯科學生謹慎而負責的態度。最後 10 日預訂的聯測任務全部完成，且成功。

接著 11、12 日爲周末，學院是不工作的，因此雙方把握時間，在這個周末進行的台俄文化交流。在我們所進行聯測的系館是 MAI 最古老的建築物，1930 年所建立，足見莫斯科航空科學的發展之悠久，而台俄在生活文化上的差異，亦在這次的聯測任務中顯現出來，莫斯科的工作時間是早上十點到下午五點，工作態度嚴謹而認真，而工作時間之外就是完整的休息，與台灣習慣性將整件事做好才下班結束的工作態度不同，兩方都是面對研究、面對研發專心一志，但莫斯科方面工作與生活的時間劃分卻非常清楚。

13 至 17 日，繼續進行各項聯測任務及使用教學，同時把受到損毀的零件進行維修測試，最後在雙方的努力下，各項測試成功，並且就 MAI 計畫主持人 Prof. Brekhov 與我方計畫負責人葉則亮老師所要求的各項事宜，進行完整的文件整理及回應溝通，並且進行的最後長達 2 小時的聯測任務，在確認了最後 MAI 團隊所提出的測試報告後，此次任務大告成功。

18 日則啓程回台，19 日抵台。

本次聯測任務的合作，雙方團隊在研究上的熱情，可謂惺惺相惜，爲後續進行飛試體及衛星發射升空等工作事項，奠定優良的基石。

參、心得與建議

莫斯科航空學院（Moscow Aviation Institute, MAI）是俄國航空與太空飛航與導航控制人才培育的中心，常態性的執行太空等級任務。

本合作計畫的衛星與發射工程由 MAI 負責，而科學任務更有資深的從事電離層電磁波遙測研究的 IKI 首席科學家教授負責。

該學院以他們培育出來的碩二研究生研發衛星對我們研發之酬載的飛行中任務控制與數據接收。負責此項任務的學生做事非常嚴謹：不但根據我們的規格技術報告，製作了飛控軟體，甚至做了一個與我們功能相同的 SWIP 主控模擬器。

在聯測時展現了對我們酬載功能的詳細理解，同時發生狀況需除錯時，該名學生展現了自省、負責、與徹底的敬業典範。如此對待科學的審慎態度，震撼了我方負責酬載自製的學生團隊們，與過去在國內部分合作經驗上，國內合作對象對於工程細節的態度有顯著落差，更讓我們的學生感受到「果然是戰鬥民族，有為者應若是」！

我方全部由負責自製工程體的學生親自赴俄，展現我們從市售基礎元件 COTS 焊接組合而成的儀器系統，而且軟體也建構在我們自主開發的即時分散系統平台上。這樣的自主研發的技術水平，受到對方的尊重與熱切地招待。

俄方團隊因為經費充裕、協力廠商支援完備，而能直接採購模組、運用現成的作業系統，只做應用軟體的開發。因此亦呈現出兩國在太空科技研發上傾注的資源不同，科技研發上的走向也受到一定的影響，而雙方對於航太科技研發的熱情，則使本次聯測任務，有了極為正向的成果。

在技術同好相惜的氣氛下，現場偵測了我方尚存的系統瑕疵、我們學生也能夠現場更正，建立了後續遠距聯測的基礎，成功達成工程體的聯測任務。

我方需要用自主研發技術的作品，讓學生帶著自製的作品去與國外夥伴進行聯測，學生才能跨越語言生疏的障礙，就透徹熟悉的技術內涵，進行深度的互動與交流。贏得友情、交情，開啓眼界，從對方的眼神裡，建立起自信心。順利完成了數位聯合測試工作、操作方法、測試步驟的教學工作。

這是一趟很完整的任務，在本次的出國任務中順利完成了中央大學自製太空氣象科學儀器酬載與莫斯科飛航學院微衛星主控電腦的聯合測試工作，並完成太空氣象科學儀器酬載的操作方法、測試步驟的教學工作，現在莫斯科飛航學院微衛星主控電腦及莫斯科飛航學院的微衛星團隊已經能夠完整了解並能正確使用由中央大學自製的太空氣象科學儀器酬載。期望透過本次深入且仔細的聯合測試，能夠確保未來太空氣象科學儀器酬載能在上太空之後依然能夠穩定的與莫斯科飛航學院的微衛星進行科學任務。

除了任務本身順利完成，同時也進行了深度的國際交流，讓俄國人拋棄以往刻板、既定的印象，重新認識台灣，了解台灣，認同台灣；我們也對俄羅斯這個從建築物上來看很夢幻的國度有不一樣的見解，也見識到了俄羅斯人友善、好客、執著、認真的一面。這是一次很寶貴且很踏實的任務。

肆、附錄

附錄一 聯測報告

Протокол испытаний NCU-SWIP

Дата: 14th October 2014

Место проведения испытаний: Moscow Aviation Institute, department 304, room 434v

Условия окружающей среды: Normal conditions, laboratory environment 25 degrees.

Основные цели тестирования / Main purposes

The main test purposes are:

- 1) check the link between the SWIP and Onboard PC
 - a. check the pinout;
 - b. check the RS-422 interface
- 2) check all the sensors;
- 3) check all the modes of the SWIP;

Состав системы / The composition of the overall system

Состав NCU-SWIP / The composition of the NCU-SWIP

- 1) Power supply;
- 2) DPU;
- 3) PMTomo;
- 4) ETPEDP;
- 5) MRM and MRMx;
- 6) ETPEDP Simulator;
- 7) PMTomo Simulator;

Состав бортового ПК / The composition of the Onboard PC

- 1) CPU1433 – single board computer (PC/104, 333Mhz, ...).
- 2) HE104+DX – Power supply unit.
- 3) Operating system – Red Hat Linux (core 2.4.31).
- 4) Data handling application.

Дополнительное оборудование и инструменты / Additional equipment and tools

- 1) DC Power supply HY3002C;
- 2) DC Power supply HY3005;
- 3) UPS Powercom BNT-500A;
- 4) MAI-BI simulator.

План тестирования / Test steps

- 1) Визуально проверить наличие всех компонентов системы (SWIP, PMTomo, Onboard PC, PMTomoSimulator, ETPEDTP Simulator, additional tools and equipment), а также наличие необходимых инструментов и оборудования.

Visually check the composition of the system and the presence of the all necessary equipment and tools.

- 2) Отключить SWIP и OnboardPC от источников питания, если они подключены.

Disconnect SWIP and Onboard PC from the power supplies if they are connected to.

- 3) Визуально проверить SWIP, OnBoardPC и дополнительное оборудование на наличие неисправностей или внешних повреждений

Visually inspect the SWIP, OnBoardPC and accessories for faults or external damage

- 4) Проверить кабель, предназначенный для соединения SWIP и Onboard PC по интерфейсу RS422 (распиновка)

Check the RS422 communication cable for the SWIP and OnboardPC (pinout).

- 5) Подключить SWIP к OnboardPC посредством кабеля RS422

Connect SWIP and OnboardPC by RS422 communication cable.

- 6) Проверить надёжность соединения SWIP и Onboard PC

Check the reliability of the communication between the SWIP and Onboard PC;

- 7) Проверить настройки источников питания SWIP и OnboardPC (ограничение по току, напряжение)

Check the settings of SWIP and OnboardPC power supplies (short-circuit current limit, voltage).

- 8) Подключить SWIP к источнику питания HY3005

Connect SWIP to Power supply HY3005

- 9) Подключить Onboard PC к источнику питания HY3002C

Connect Onboard PC to Power supply HY3002C

- 10) Подключить PMTomo simulator к PMTomo (tube ...)
Connect PMTomoSimulator to PMTomo (tube ...)
- 11) Подключить ETPEDP simulator к ETPEDP probe(tube ...)
Connect ETPEDP simulator to ETPEDP probe(tube ...)
- 12) Включить питание OnboardPC
Turn on the Onboard PC power supply (HY3002C) first
- 13) Проверить параметры функционирования Onboard PC (энергопотребление, настройки последовательного порта (RS422))
Check the OnboardPC function parameters (current, voltage, UART settings).
- 14) Начать тестирование SWIP в соответствии со следующей диаграммой
Start SWIP test. SWIP test will be passed as showed at the following picture

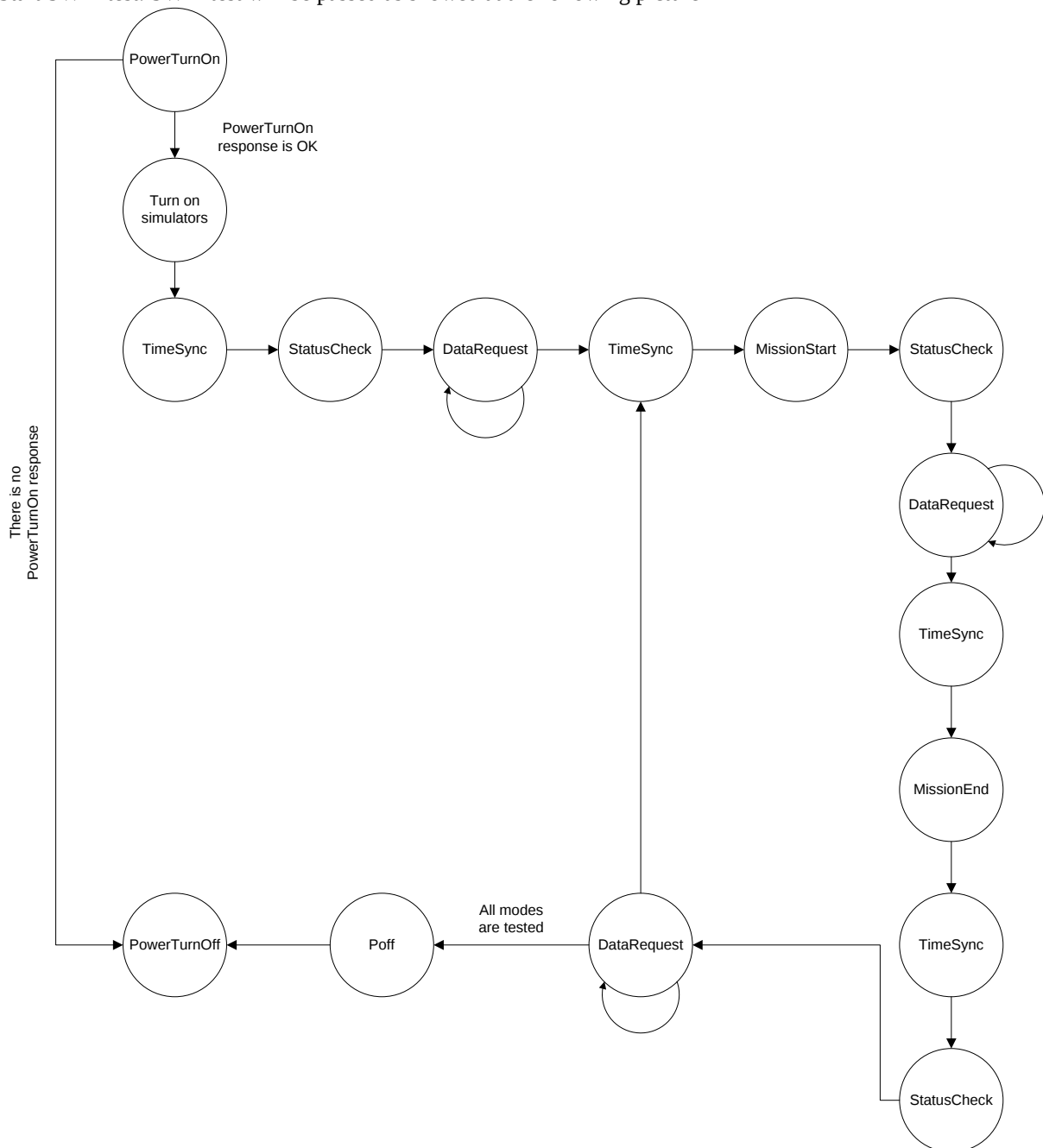


Рисунок 1 – Dataflow diagram for the SWIP function test

Предположения и ограничения / Assumptions and limitations

- 1) Burst modes are not complete, but it is possible to change modes and request data from SWIP, so we will try all the commands and all the modes. But while SWIP is in the Burst# mode it will operate as in Default mode.

Проверка работоспособности сенсоров SWIP

- 2) Для проверки работоспособности сенсоров SWIP Onboard PC не использовался. Для проверки работоспособности используется MAI-BISimulator. Результаты контроля работоспособности приборов приведены в следующей таблице.
- 3) Для контроля G_G, MRM, MRMx NCU-SWIP был подвергнут вращению. Контроль осуществлялся посредством анализа данных, поступающих со SWIP на MAI-BISimulator.
- 4) Для контроля ETPEDP использовался ETPEDPSimulator.
- 5) Для контроля PMTomo использовался PMTomoSimulator. Этот прибор позволяет подавать воздействие только для одной длины волны (135.6nm) и только на одну пару труб. Поэтому для контроля работоспособности прибора последовательно подключался к трем трубкам.
- 6) «You can use status check and data request response to determine whether each module program is working, but to know whether each module are normal to get their values??, it is necessary to see the data. Like GG Board, through the direction of SWIP we can judge accelerometer correctly or not; and gyro meter, we can rotate through different axis normal to judge the value. ETPEDP, PMTomo can be determined by step by step to functiontestmanual. To determine MRM and MRMx module, data may change when changing the direction of SWIP.»
- 7) Кроме того, выводы о работоспособности были сделаны на основе анализа данных, полученных во время тестирования (на основе файла-журнала).

Результаты, достижения и текущий статус/ Results, achievements and current status

NCU-SWIP

Yesterday test showed that after two hours operation the SWIP temperature was close to 93°C. It was OK, but it is necessary to be careful with it. May be it is better to let it cool. Without shields its temperature and behavior are OK during 7-8 hours operation, but with the cover (when all the sensor boards are inside the box and the box is closed) internal temperature and behavior are unpredictable.

DPU

Problems:

- 1) After 10-20 minutes after PowerTurnOn it starts to lose answers, but commands are actually sent by Onboard PC (to be solved in Taiwan).
- 2) When the DPU Flash is empty it sends DataRequest response with no zero DataLength field (to be solved in Taiwan). FIXED – need to test with Onboard PC.
- 3) Onboard PC can send command SwitchMode, but communication between DPU and MRM, MRMx is not implemented (to be solved in Taiwan), so Onboard PC can call all the commands but SWIP will operate as in Default mode (to be solved in Taiwan).

Power Supply

It is OK.

PMTomo

There is something strange with PMTomo board. When we open the simulator PMTomo board will die after may be 10-20 minutes. We can see it when we call TimeSync and StatusCheck commands (by corresponding responses) after MissionStart and MissionEnd commands. If we disconnect the simulator and try to call MissionStart again we can see that PMTomo is back. The exact reason of this is unknown. May be it is the problem of the simulator (to be checked and tested in Taiwan).

Nowadays we can just test one of the tube (because we have only one simulator) and simulator affects only the one of the photon counters (135.6 nm).

MRM, MRMx (miniMR)

1. Burst modes are not complete.
2. There are many factors that influence the MRM and MRMx measurements, so we need to correct the data from these sensors. In the MAIBi simulator we can see not corrected data¹. This feature will be added in future, but it will take more time to simulator to calculate and correct the data from MRM and MRMx. In order to add correction parameters Chang Sheng has to use some tools in Taiwan, so these correction parameters will be only for the second SWIP that will be sent in Moscow later.

ETPEDP

¹ Chang Sheng added the correction parameters for MRM, but not for the MRMx, and also he describe how to decode axes in MAI-BI simulator

It is OK, but we have to use good power supply or battery for the simulator.

PMTomo Simulator

There are no any problems but we have to use quality battery or power supply. There is a manual for the PMTomoSimulator. It allows us to check if the PMTomo board function is correct or no. There is some table that shows the dependence between the simulator input voltage and its output.

ETPEDP Simulator

There are no any problems but we have to use quality battery or power supply. There is a manual for the ETPEDP Simulator. It allows us to check if the ETPEDP board function is correct or no.

Onboard PC

Need to implement the following features:

- 1) Add the timetag to any command sent and the response received.
- 2) Have to check the checksum of input messages.
- 3) Auto DataRequest in StandBy state after MissionStart state, need to check the length of the Data field in the response.

Also there is a development of the real-time version of the software. It is the RTEMS RTOS that is supposed to use in this project, but other RTOSes are studied also.

It is better to call TimeSync and StatusCheck after each MissionStart, MissionEnd, ModeSwitch command.

MAIBISimulator

It is OK. Now it has new feature: plots. Chang Sheng will add correction parameters for MRM, MRMx in future.

LUTOS

There was a problem connected with a scheduler, that was the reason of the losing responses. This problem was resolved by Li-Wu 16 October. Now LUTOS is OK.

Выводы / Conclusions

Достижения / Achievements

- 1) Successful communication between SWIP and MAI-BI (Onboard PC). We can call all the commands and get the data from the SWIP. But there is a problem with responses losing.
- 2) Requested data (responses) and commands are successfully saved in the log. But it is necessary to have timetags for every response and command.

Ошибки, которые были обнаружены и исправлены в процессе работы / Fixed bugs:

- 1) RS422 pins in the tech. report are the Onboard PC pins that have to be connected to the connector.
- 2) TimeSync field changed from Month to Minutes (have to be fixed in Technical Report);
- 3) Fixed the bug with the Checksum calculation in the Onboard PC software (^ was used, but we have to use +);
- 4) MAIBISimulator – we caught data from wrong fields.
- 5) LUTOS scheduler fault – fixed by Li Wu.

附錄二 聯測照片



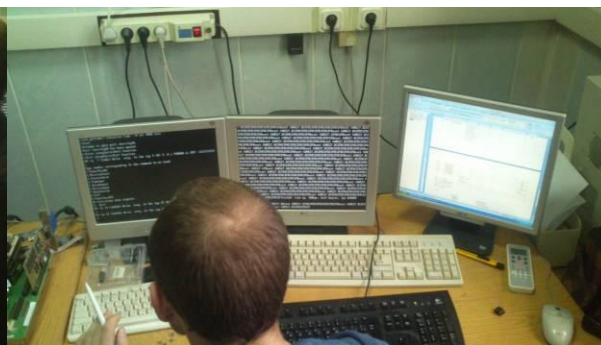
問題討論中



第一次通訊成功



通訊成功，確認通訊內容





中央大學自製太空器像科學儀器酬載，電控箱本體及光度計感測模組

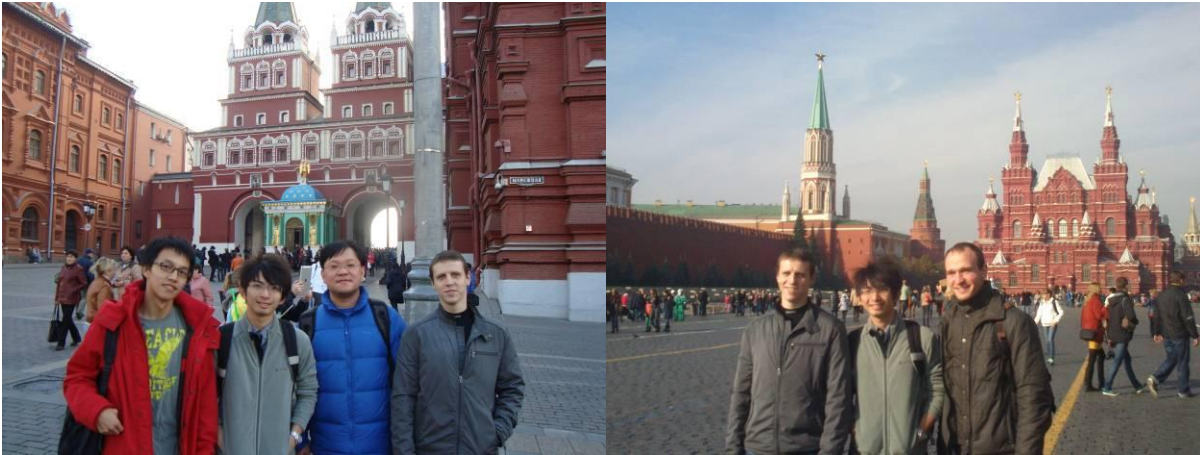


完整功能聯測 I



完整功能聯測 II

附錄三 國際交流照片



紅場廣場合照



教堂與人



國際家鄉家常菜交流



戰鬥民族大食量跟俄羅斯娃娃



聯測完成 Prof. Brekhov 合照



本次聯測任務中央大學與莫斯科飛航學院雙方團隊參與人員合照