



**Politecnico
di Bari**



POLITECNICO DI BARI

Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione (DEI)

Progetto: REsearch and innovation on future Telecommunications systems and networks, to make Italy more smART (RESTART), PNRR MUR – M4C2 - I 1.3

CUP: D93C22000910001

Laboratorio di Spoke 2

Experimental lab of integrated terrestrial and non-terrestrial networks and services

Descrizione tecnica della demo “Emulazione di architetture di reti integrate (reti terrestri e non terrestri) e studio di servizi end-to-end”

Versione 4 (aggiornamento del modulo relativo a networking equipment ne upgrade dell'emulatore di canale satellitare)

1. Descrizione sintetica del laboratorio

Il programma "Ricerca e innovazione sui futuri sistemi e reti di telecomunicazioni, per rendere l'Italia più smart" (RESTART), è il più importante progetto di ricerca finanziato dall'Unione Europea nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), dedicato allo sviluppo scientifico e tecnologico delle telecomunicazioni del futuro. RESTART, con un investimento di 116 milioni di euro, vede il coinvolgimento di 12 università, 3 enti nazionali di ricerca e 10 enti privati, tra cui figura il Politecnico di Bari. Esso prevede la realizzazione di 32 progetti, raggruppati per obiettivi comuni in 8 Spokes. In questo contesto, lo Spoke 2 coordinato dal Prof. Luigi Alfredo Grieco, intitolato "Integrazione di Reti e Servizi", integra 3 progetti di ricerca "Reti integrate terrestri e non terrestri" (ITA NTN), "Evoluzione delle tecnologie di rete per una società futura sostenibile e inclusiva" (NET4FUTURE), e "Comunicazioni wireless THz basate su grafene: caratterizzazione del canale e modellazione e simulazione dei componenti" (ARCADIA).

Tra le missioni principali del programma RESTART, vi è quella della realizzazione di un laboratorio per ogni Spoke dedicato alla ricerca scientifica. Il Politecnico di Bari ospiterà il laboratorio di Spoke 2 intitolato "Laboratorio sperimentale di integrazione di reti terrestri e non terrestri", progettato come un ambiente ibrido (principalmente con spazio indoor, ma con possibilità di estensione in ambienti outdoor) e multifunzionale, dotato di sistemi elettrici industriali e infrastrutture di rete ad alte prestazioni. Riassumendo, il laboratorio sarà concepito in modo tale da:

- mettere a disposizione strumentazione innovativa e postazioni di studio, progettazione, sviluppo e test di tecnologie, architetture di telecomunicazioni, casi d'uso e scenari eterogenei di interesse per i progetti ITA NTN, NET4FUTURE e ARCADIA incardinati nello Spoke 2,
- promuovere iniziative di confronto e di sviluppo di nuove idee e soluzioni innovative di interesse per le università e le aziende, anche dopo RESTART,
- offrire opportunità uniche nel campo della comunicazione e la didattica, mediante l'organizzazione di seminari teorico-pratici ed esercitazioni su tecnologie, servizi, e reti di telecomunicazione di futura generazione.

Inoltre, per poter perseguire questi obiettivi, esso sarà dotato di attrezzature all'avanguardia, tra cui un centro di calcolo ad alte prestazioni per simulazioni ed archiviazione dati, infrastruttura di rete, droni, antenne, dispositivi di comunicazione programmabili e hardware dedicato per sistemi T/NT. Il laboratorio consentirà la creazione e la valutazione delle prestazioni di reti 5G e reti tridimensionali che integrano le comunicazioni terrestri e non terrestri.

2. Descrizione della demo

Lo Spoke 2 prevede l'acquisto di beni materiali necessari per la **realizzazione di un prototipo di rete tridimensionale che integra la presenza di nodi terrestri e non terrestri**. La fornitura in oggetto sarà parte della dotazione scientifica del Laboratorio dello Spoke 2, denominato "Experimental lab of integrated terrestrial and non-terrestrial networks and services", presso il Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione (DEI) del Politecnico di Bari. La fornitura in oggetto sarà finanziata dal progetto di ricerca RESTART (Progetto PE_0000001), risultato vincitore nell'ambito della call europea PNRR - Missione 4, Componente 2, Investimento 1.3 - D.D. n. 341 del 15 marzo 2022 Avviso pubblico per la creazione di "Partenariati estesi alle università, ai centri di ricerca, alle aziende per il finanziamento di progetti di ricerca di base".

Il testbed sperimentale da realizzare, illustrato in Figura 1, comprende:

- 1x Emulatore di canale
- 4x Ettus Universal Software Radio Peripheral (USRP) X410
- 4x Computer
- 1x Workstation

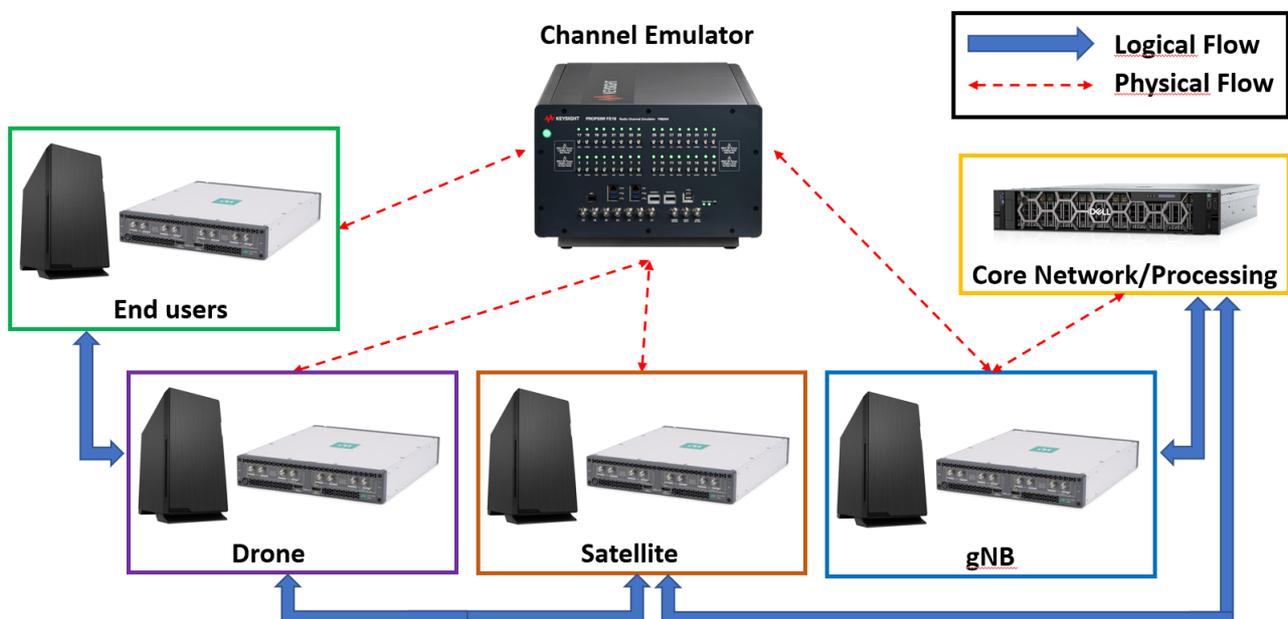


Figura 1: Schema del testbed sperimentale di rete e dei componenti per realizzarla

In particolare, l'emulatore di canale consente di ricevere e inviare segnali a cui possono essere applicati diversi tipi di effetti caratterizzanti il canale di comunicazione terrestre e non terrestre, come fast e slow fading, pathloss, e doppler.

Le Ettus USRP X410 sono dispositivi hardware che consentono di svolgere una vasta gamma di applicazioni di comunicazione radio definibile via software: è possibile ricevere e trasmettere

segnali radio su diverse bande di frequenza, sperimentare con tecnologie wireless, monitorare lo spettro radio, e costruire stazioni radio avanzate. Dunque, i quattro apparati saranno impiegati per la generazione di segnali modulati nell'ambito della realizzazione di prototipi e demo inerenti al progetto RESTART. Inoltre, questi ultimi saranno pilotati da quattro computer, uno per ogni Ettus USRP X410. La workstation ad alte prestazioni sarà impiegata per la l'emulazione della Core Network, necessaria al funzionamento dei sistemi di comunicazione. Inoltre, essa verrà impiegata per la realizzazione e il test di protocolli e algoritmi per la gestione delle risorse (radio e computazionali), nell'ambito della realizzazione di prototipi e demo utili agli obiettivi del progetto RESTART.

Il testbed sperimentale sarà arricchito con ulteriori dispositivi di networking, ovvero:

- 1x Uninterruptible Power Supply (UPS)
- 2x Switch Huawei (type 5) con funzionalità di routing
- 2x Next-generation firewall ad alta affidabilità

Pertanto, tutte le apparecchiature verranno collegate mediante una adeguata infrastruttura di rete locale, con possibilità di accesso anche dall'esterno (es. utenze VPN interessate ad usufruire dei servizi presenti presso il laboratorio di Spoke), composta da uno switch Huawei S5732-H48UM4Y2CZV2-C di tipo 5 integrato con 2 firewall avanzati in grado di garantire elevata affidabilità (implementando algoritmi avanzati di cybersecurity).

Un UPS garantirà la continuità anche in caso di avaria della rete elettrica.

In conclusione, il testbed sperimentale è concepito come una piattaforma di lavoro flessibile in grado di favorire la collaborazione tra tutti i partner coinvolti in RESTART, compresi attori pubblici e industriali interessati alle reti del futuro. Inoltre, esso fornirà l'infrastruttura hardware per l'emulazione di una rete che integra un segmento terrestre ed uno non terrestre con la conseguente possibilità di valutare le prestazioni, entro i limiti dell'attrezzatura, di diversi tipi di architetture, topologie, protocolli di rete e scenari operativi.

3. Elenco delle principali attrezzature da acquistare

La presente fornitura ha per oggetto l'acquisizione di beni materiali, necessari per la realizzazione di un prototipo di rete tridimensionale che integra la presenza di nodi terrestri e non terrestri.

La fornitura è organizzata in Lotti, come esplicitato in Tabella 1, di seguito riportati e dettagliati nei seguenti sottoparagrafi.

N.ro	Descrizione Lotto
1	Emulatore di canale
2	Ettus USRP X410
3	Computer
4	Workstation e UPS
5	Networking equipment per laboratorio di Spoke
6	F8820AU (SOLN) PROPSIM FS16 Factory Upgrades

Tabella 1: Elenco lotti

Le caratteristiche indicate definiscono i requisiti prestazionali da rispettare nella formulazione dell'Offerta da parte degli Operatori Economici e, in caso di aggiudicazione, nell'esecuzione della fornitura. Gli Operatori Economici concorrenti possono pertanto proporre varianti migliorative alle precitate caratteristiche.

3.1. Descrizione tecnica e requisiti delle attrezzature da acquistare - Lotto 1

Fornitura di N. 01 Emulatore di Canale

Elenco delle caratteristiche minime richieste:

- configurazione minima mediante la quale poter usare 8 canali di comunicazione in contemporanea (specificatamente 8 TX + 8 RX, corrispondenti a 8 canali half-duplex o 4 canali full-duplex), operanti ad una frequenza compresa tra un minimo di 450 MHz ed almeno 6 GHz, ognuno con una banda istantanea almeno pari a 100 MHz;
- facile estensione (upgrade hardware e/o software) nel futuro delle sue capacità, come ad esempio l'incremento del numero di canali utilizzabili in contemporanea e la gestione di segnali RF a frequenze superiori (esempio, mmWaves);
- almeno 6 oscillatori interni;

- interfacciabile e compatibile con sistemi di trasmissione e ricezione del segnale RF basati su Software Defined Radio (come ad Universal Software Radio Peripheral di Ettus/National Instruments);
- offre già modelli di propagazione per sistemi di comunicazioni terrestri e non terrestri, con la possibilità di implementarne di nuovi tramite l'ausilio di driver e/o APIs ;
- consente la completa configurazione dello scenario di interesse, a partire dalle caratteristiche tecniche del canale di comunicazione (frequenza, banda, modulazione) fino al movimento delle entità connesse allo stesso (traiettorie, orbite);
- consente la configurazione di tutti gli impairments che caratterizzano il canale terrestre e non terrestre, inclusi attenuazione, scintillazione, effetto Doppler, shadowing, fading, rumore termico;
- consente la configurazione Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) da almeno 4 canali;
- imballaggio, trasporto, consegna in laboratorio, installazione, collaudo e supporto tecnico pari almeno a 4 giornate.

3.2. Descrizione tecnica e requisiti delle attrezzature da acquistare - Lotto 2

Fornitura di N. 04 Ettus USRP X410

Elenco delle caratteristiche minime richieste:

- High channel density
- Reliable and fault-tolerant deployment
- Stand-alone (embedded) or host-based (network streaming) operation
- Fully integrated and assembled (the USRP X410 does not support swappable daughtercards)
- 1 MHz to 7.2 GHz frequency range (tunable up to 8GHz)
- Up to 400 MHz of instantaneous bandwidth per channel
- 4 RX, 4 TX in half-wide RU form factor
- Xilinx Zynq-Ultrascale+ ZU28DR RFSoc
- 12 bit ADC, 14 bit DAC
- IQ Sample Clock rates up to 500 MS/s
- Onboard SD-FEC, DDC, DUC
- Quad-core ARM Cortex-A53 up to 1.2 GHz CPU
- Dual-core ARM Cortex-A5 MPCore up to 500 MHz
- Two QSFP28 ports (10 Gigabit Ethernet, 100 Gigabit Ethernet, Aurora)
- Two iPass+™ zHD® Interfaces (PCIe Gen3 x 8)
- RJ45 (1 GbE) [1]
- 10 MHz Clock reference
- PPS time reference
- Trig In/Out Interface

- Built-in GPSDO
- Two FPGA Programmable GPIO Interfaces (HDMI)
- 1 Type C USB host port
- 1 Type C USB port (serial console, JTAG)
- Watchdog timer
- OpenEmbedded Linux
- USRP Hardware Driver™ (UHD) open-source software API version 4.1.0 or later
- RF Network on Chip (RFNoC™) FPGA development framework
- Xilinx Vivado® 2019.1 Design Suite (license not included)
- GNU Radio support is maintained by Ettus Research™ through GR-UHD, an interface to UHD distributed by GNU Radio

Fornitura di N. 04 Power Cord for USRP RIO, Europe

Fornitura di N. 08 QSFP28 To 4xSFP28 Breakout Cable, 1M

Fornitura di N. 01 OCTOCLOCK-G CDA-2990 8-Channel Clock Distribution Module with Integrated GPSDO

Fornitura di N. 24 VERT2450 Antenna

Fornitura di Standard Service Program for all items (3-years warranty)

Fornitura di N. 04 hours online startUP on X410

3.3. Descrizione tecnica e requisiti delle attrezzature da acquistare - Lotto 3

Fornitura di N. 04 Computer

- Processore AMD Ryzen Threadripper Pro 5965WX, 24 Core 48 Threads 3.8GHZ, fino a 4.5GHZ in Turbo Boost
- Dissipatore Noctua NH-U12S TR4-SP3
- Ram DIMM DDR4 3200MHz 128GB 4x32GB, Corsair D4128GB CMH128GX4M4E3200C16
- SSD 1TB Samsung 980 Pro M.2
- Scheda Video nVidia Geforce Asus TUF RTX 4070 Ti 12GB
- Alimentatore 1200W Modulare Certificato 80 Plus Platino, Thermaltake Toughpower PF1 PS-TPD-1200FNFAPE-1
- Case Midi Tower ATX FonoAssorbente Fractal Design
- Scheda madre chipset WRX80, socket sWRX8, Asus Pro WS WRX80ESAGE SE WIFI II, 90MB1E60 M0EAY0EATX(EEB) Form Factor, 7 x PCIe 4.0/3.0 x16 slots, Intel® X550-AT2 dual

10Gb Ethernet, Wi-Fi 6, Bluetooth® v5.2, 10 USB rear ports, 7 USB front ports, Realtek ALC4080 7.1 Surround Sound High Definition Audio CODEC

- N. 2 Schede Di Rete Intel E810-XXVDA4 Quad Port 10/25GbE SFP28
- Windows 11 Pro 64bit
- Garanzia 36 mesi

3.4. Descrizione tecnica e requisiti delle attrezzature da acquistare – Lotto 4

Fornitura di N. 01 Server Rack

Elenco delle caratteristiche minime richieste:

- Doppio alimentatore ridondante in classe Titanium 2500W o superiore
- Doppio processore Intel Xeon Platinum 8580, 60 cores, 300Mb cache
- NVIDIA GPU, almeno 1,400 TFLOPS in FP8, PCIe, 48GB Passive, Double Wide
- Adeguato sistema di raffreddamento ad alte performance
- 512GB Ram DDR5-5600 Registered Dimm o superiore
- Nr. 2 unità read intensive SAS SSD Enterprise da 7.6TB o superiori
- Nr. 2 Porte Lan 10GB baseT
- Nr. 8 Porte Lan 25GBE SFP28
- Assistenza di 36 mesi “On Site, Next Business Day”

Fornitura di N.01 Unità UPS Rack mountable

Elenco delle caratteristiche minime richieste:

- Potenza nominale: 10KVA
- Potenza attiva: almeno 9KW
- Tecnologia: Online, doppia conversione
- Forma d’onda inverter: Sinusoidale
- Tempo di intervento: 0 ms
- Garanzia: 3 anni “On Site”

3.5. Descrizione tecnica e requisiti delle attrezzature da acquistare – Lotto 5

3.5a Next-gen Firewalls con algoritmi di cybersecurity

- Fornitura di N.02 Firewall PAN-PA-1410
- Fornitura di N.02 Power Cord for Continenat Eurpope with IEC-60320 C13 and CEE 7/7 SCHUKO card ends, 10A, 250V, 6ft, codice prodotto PAN-PWRCORD-EU
- Fornitura di N.02 Partner enabled premium support for PA-1410, codice prodotto WGGSPAN-SVC-PREM-1410
- Fornitura di N.02 Licenza Core security subscription bundle (Advanced Threat Prevention, Advanced URL Filtering, Advanced Wildfire, DNS Security and SD-WAN), durata 1 anno, codice prodotto PAN-PA-1410-BND-CORESEC
- Fornitura Licenza GlobalProtect 12 mesi per Firewall Palo Alto Networks, codice prodotto PAN-PA-1410-GP
- Fornitura di N.06 SFP+, direct attach twin-ax passive cable with 2 transceivers and 5m cable, codice prodotto PAN-SFP-PLUS-CU-5M

Elenco delle caratteristiche minime richieste:

- Fattore di forma SFP+
 - Attacco diretto 10 Gbps twin-ax
 - Cavo passivo con due terminali compatibili con ricetrasmittitori SFP+
 - Compatibilità con lo standard IEEE 802.3ae 10GBASE-CR
-
- Fornitura di N.10 SFP+, 10GBASE-SR, codice prodotto PAN-SFP-PLUS-SR

Elenco delle caratteristiche minime richieste:

- Fattore di forma SFP+
- Ricetrasmittitore ottico da 10 Gbps
- Supporto per comunicazioni estese fino a 300 metri
- OM3 MMF
- LC duplex
- Supporto dello standard IEEE 802.3ae 10GBASE-SR

3.5b Switch con capacità di routing

Fornitura di N.02 Switch Tipo 5 Huawei, modello S5732-H, codice prodotto S5732-H48UM4Y2CZV2-C

Elenco delle caratteristiche minime richieste:

- N.36 porte 2.5 Gbps Ethernet
- N.12 porte 10 Gbps Ethernet
- N.04 porte 25 Gbps SFP28
- N.02 porte 100 Gbps QSFP28
- N.01 Alimentatore AC italiano
- Supporto PoE++

Fornitura di N.01 Access point standard marca Aruba, modello Aruba AP-615 (RW) Campus AP,
Codice identificativo univoco del produttore: R7J49AC (include AP R7J49A, Alimentatore R3K00A,
Cavo di alimentazione JW121A, Mounting Kit R3J18A)

Fornitura di N.04 Bretelle in fibra ottica, Multimodale OM4 SC-SC lunghezza 1 metro, codice prodotto 43114108ZY

Fornitura di N.02 Connettore fibra ottica MTP 50/125 micron OM3 e OM4, codice prodotto 57171900ZY

3.6. Descrizione tecnica e requisiti delle attrezzature da acquistare – Lotto 6

Fornitura di N. 01 F8820AU (SOLN) PROPSIM FS16 Factory Upgrades

Partendo dalla configurazione C08 (a 8 canali) del Keysight's F8820A PROPSIM FS16 RF Channel Emulator Factory (già acquistato mediante gara europea precedente), l'elenco delle caratteristiche minime richieste includono:

- Integrazione di ulteriori 8 canali di comunicazione in contemporanea (specificatamente 8 TX + 8 RX, corrispondenti a 8 canali half-duplex o 4 canali full-duplex), operanti ad una frequenza compresa tra un minimo di 450 MHz ed almeno 6 GHz, ognuno con una banda istantanea almeno pari a 100 MHz;
- Integrazione di ulteriori 2 oscillatori interni;
- Moduli interfacciabili e compatibili con sistemi di trasmissione e ricezione del segnale RF basati su Software Defined Radio (come ad Universal Software Radio Peripheral di Ettus/National Instruments);
- Implementazione di modelli di propagazione per sistemi di comunicazioni terrestri e non terrestri, con la possibilità di implementarne di nuovi tramite l'ausilio di driver e/o APIs ;
- Possibilità di configurare lo scenario di interesse, a partire dalle caratteristiche tecniche del canale di comunicazione (frequenza, banda, modulazione) fino al movimento delle entità connesse allo stesso (traiettorie, orbite);
- Possibilità di configurare tutti gli impairments che caratterizzano il canale terrestre e non terrestre, inclusi attenuazione, scintillazione, effetto Doppler, shadowing, fading, rumore termico;
- Possibilità di configurazione sistemi di comunicazione Multiple-Input Multiple-Output (MIMO);

Si richiede imballaggio, trasporto, consegna in laboratorio, installazione, collaudo e supporto tecnico.

Bari, lì 31/05/2024

Il Richiedente
(Prof. Ing. Giuseppe Piro)

Il Responsabile Scientifico del Progetto
(Prof. Ing. Luigi Alfredo Grieco)