

QUADRO TECNICO

Quadro tecnico per l'evoluzione resiliente del Sistema Globale di Telecomunicazioni

Project This Station - Earth

Giuseppe Carilli

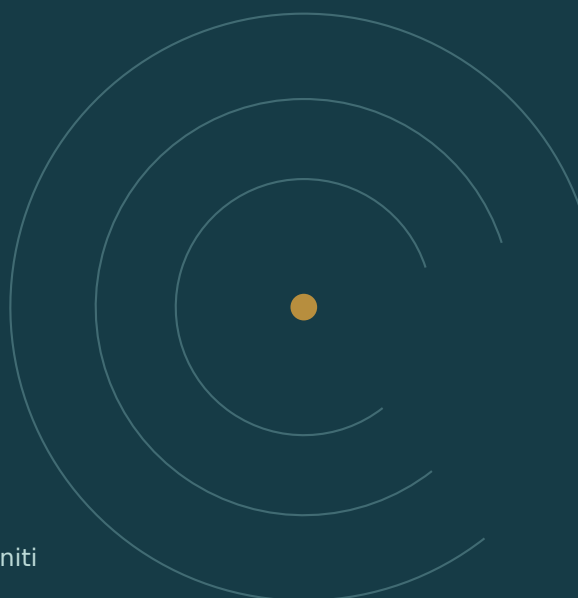
I'n'I / Lion of Judah

Edizione editoriale consolidata finale FR1

Versione editoriale completata, prima di correzioni e feedback manuali

Architettura di ricerca · Esempi riproducibili · Limiti definiti

Italiano · 6 ottobre 2026 · 25 pagine



Sommario

Il Sistema Globale di Telecomunicazioni è inteso come una federazione di reti, sistemi energetici, calcolo, temporizzazione, manutenzione e governo. La resilienza si misura dalla continuità di servizi definiti durante le perturbazioni e dalle prove di recupero, non soltanto dalla velocità massima nominale o dalla duplicazione delle attrezzature.

Il lavoro sviluppa la disciplina sistemica di Project This Station – Earth in un quadro di riferimento per comunicazioni terrestri e non terrestri. L'architettura proposta unisce osservabilità con fonti tracciabili, bilanci completi di risorse ed energia, sostituzione qualificata, gemello digitale verificabile e orchestrazione circoscritta. Usa il modello del 2005 di approvvigionamento con sostituzione come base, aggiungendo capacità, tempi, sicurezza e vincoli di recupero fisicamente eseguibile.

Esempi spiegano attenuazione in spazio libero, margine di collegamento, capacità ideale, latenza, energia utilizzabile e allocazione fra vie. Un caso a due vie distingue il servizio normale di 10 Gbit/s da quello essenziale di 6 Gbit/s garantibile dopo perdita dell'una o dell'altra; non afferma sopravvivenza a piena capacità. Banco prova, guasti, metriche e programma condizionato di trentasei mesi definiscono le prove necessarie per ampliare la scala.

Il quadro integra il lavoro di ITU, 3GPP, IETF e NIST; non è un nuovo standard né un resoconto di sistema globale installato. White Flag offre un esempio di verifica riproducibile dei segnali, non una tecnologia di schermatura RF. Questa è l'edizione editoriale completata prima di correzioni e feedback manuali dell'autore.

Parole chiave: continuità del servizio; resilienza di rete; infrastruttura multivettore; NTN; gemello digitale; sostituzione di risorse; autonomia energetica; provenienza delle prove.

Indice

01 Missione: specificare il servizio che deve sopravvivere	4
02 Architettura: federazione di livelli responsabili	5
03 Interfacce e contratti di servizio	6
04 Osservabilità, ambiente e meteorologia spaziale	7
05 Bilancio di collegamento: potenza e margine sono distinti	8
06 Capacità, latenza e limiti della sostituzione	9
07 Autonomia energetica: riserve utili e carichi completi	10
08 Tempo, sincronizzazione e mantenimento autonomo	11
09 Sostituzione qualificata: oltre l'etichetta commerciale	12
10 Caso d'instradamento: costo e continuità N-1	13
11 Gemello digitale: ricostruire decisioni e incertezza	14
12 Resilienza informatica e autorità circoscritta	15
13 Guasti, stati sicuri e qualità recuperata	16
14 Compatibilità RF e verifiche riproducibili dei segnali	17
15 Banco prova pratico e sequenza sperimentale	18
16 Metriche della continuità effettivamente fornita	19
17 Economia, sostenibilità e manutenzione	20
18 Programma, governo e condizioni di avanzamento	21
19 Glossario e interpretazione delle formule	22
20 Conclusione, allegato e attribuzione dell'autore	23

Sommario	2
Riferimenti	24-25

01 Missione: specificare il servizio che deve sopravvivere

La resilienza delle telecomunicazioni parte da un contratto di servizio. Allerta pubblica, coordinamento d'emergenza, controllo industriale locale, accesso ai dati scientifici e intrattenimento hanno tolleranze diverse per ritardo, perdita e interruzione. La capacità nominale non esprime queste differenze.

Definire utenti o funzioni protetti, qualità minima, durata, geografia, guasti e condizioni di ritorno alla normalità. Il controllo locale può richiedere latenze impossibili per una via orbitale; il trasferimento scientifico può tollerare ritardi ma richiedere dati integri. Un sostituto qualificato deve preservare il contratto pertinente. [T01, T15]

Il principio progettuale di continuità della vita diventa continuità di funzioni critiche e conoscenza. Copie delle configurazioni, chiavi, procedure di riparazione e registri di calibrazione fanno parte dell'infrastruttura: perderli può impedire il recupero anche con hardware sostitutivo.

Proprietà del servizio	Requisito da dichiarare
Capacità e portata	Velocità utile, copertura e utenti protetti.
Tempo	Ritardo, jitter, interruzione e termine di recupero.
Integrità e accesso	Sicurezza, identità e perdita accettabile di dati.
Dipendenze	Energia, orologi, raffreddamento, controllo e forniture.
Degradazione	Che cosa ridurre mantenendo il servizio essenziale.

L'architettura deve aumentare la continuità senza presumere che ogni generazione mobile risolva lo stesso problema. Il quadro ITU IMT-2030 definisce obiettivi futuri; non certifica la proposta né elimina l'ingegneria specifica d'installazione. [T03]

02 Architettura: federazione di livelli responsabili

Un sistema globale non deve essere una rete omogenea. Domini federati possono condividere interfacce verificabili mantenendo operatività locale circoscritta durante l’isolamento. L’architettura comprende sei livelli interagenti.

Livello	Responsabilità
Osservazione ambientale	Spettro, propagazione, meteo, meteorologia spaziale e qualità dei dati.
Energia, calore e manutenzione	Alimentazione, conversione, riserve, raffreddamento e riparazione.
Trasporto fra domini	Fibra, radio terrestre, satelliti/NTN e collegamenti ottici applicabili.
Servizi e calcolo distribuito	Nucleo, edge, identità, emergenze e archiviazione locale.
Gemello e orchestrazione	Stime di stato, scenari, opzioni qualificate e spiegazioni.
Governo e politica esecutiva	Responsabilità, autorità, limiti operativi e revisione.

Riserve e provenienza attraversano i livelli. Una nuova radio non deve perdere la tracciabilità dello stato; cambiare alimentazione non deve modificare tacitamente la politica delle riserve. Un ottimizzatore non ottiene autorità di comando solo perché consiglia una via.

Si trasferisce disciplina ingegneristica dal progetto associato, senza richiedere industria su Mercurio, migrazione planetaria o un effetto fisiologico dell’audio. [T01]

Il lavoro NTN di 3GPP offre un contesto consolidato per integrare alcune modalità d’accesso non terrestri. Non rende intercambiabili ogni satellite, piattaforma stratosferica o collegamento nello spazio profondo. Terminali, visibilità, spettro, latenza e interfacce vanno qualificati. La federazione deve rendere visibili i limiti per evolvere senza nascondere dipendenze incompatibili. [T06]

03 Interfacce e contratti di servizio

Un’interfaccia utile trasporta significato oltre al numero. La “capacità disponibile” deve identificare confine del servizio, finestra, incertezza e dipendenza da energia o trasporto comuni. L’inventario distingue quantità installate, operative, utilizzabili e protette.

Oggetto	Campi minimi
Telemetria	Variabile, unità, orologio, luogo, qualità, incertezza e versione.
Servizio	Priorità, domanda, capacità minima, ritardo/perdita ammessi e durata.
Risorsa	Quantità utilizzabile, qualità, luogo, riserva e sostituti.
Collegamento	Mezzo, banda, margine, velocità, latenza e dipendenze comuni.
Decisione	Alternative fattibili, vincoli attivi, autorità e conseguenze previste.

Definire attualità richiesta della telemetria e comportamento in sua assenza. Una stima obsoleta della batteria o dell’orologio non è una misura corrente. Usare incertezza circoscritta o uno stato conservativo fino al recupero dell’osservazione.

L’ammissione del servizio richiede una politica di degradazione. Traffico oltre il contratto protetto può essere rifiutato o rinviato superando una soglia di riserva. La decisione deve essere comprensibile a operatori e utenti, senza dettagli inutili per agire.

L’interoperabilità va provata nelle transizioni reali. Sostituzioni possono cambiare tempi, pacchetti, cifratura, autenticazione, indirizzi o gestione. Ripristino riuscito significa contratto nuovamente funzionante, non soltanto un’interfaccia che indica “attiva”.

04 Osservabilità, ambiente e meteorologia spaziale

Il livello osservativo conserva separatamente telemetria grezza, selezione e stime derivate. Perdita di pacchetti, errori di bit, latenza, spettro RF, energia, temperatura e qualità degli orologi sono variabili diverse. Dati mancanti non diventano perdita zero o disponibilità perfetta.

Registrare calibrazione, banda o aggregazione, soglia strumentale, fonte temporale e versione firmware/software. Correlare anomalie con meteo indipendente solo dopo verifiche di orologi, copertura e trattamento. NOAA documenta effetti della meteorologia spaziale su comunicazione e navigazione: sono contesto, non prova della causa di un'interruzione specifica. [T09]

Fase d'indagine	Domanda
Integrità	Anomalia reale, lacuna, errore temporale o cambio di versione?
Conferma	Sensori o terminali indipendenti la osservano?
Meccanismo	Propagazione, interferenza, software, energia o traffico sono coerenti?
Controfattuale	Che cosa sarebbe avvenuto senza l'intervento proposto?
Decisione	Azione, arresto e autorità sono definiti?

Taglio di fibra e perturbazione ionosferica richiedono risposte diverse. Collegamenti ottici, microonde terrestri e satelliti dipendono diversamente da atmosfera e geometria. Progetti Terra-spazio devono usare modelli applicabili, inclusi pioggia e altre perdite oltre allo spazio libero. [T05]

Il primo prodotto dell'osservatorio è un riferimento fissato e riproducibile con copertura e incertezza. Permette ad altri di contestare dati e interpretazione ed è più utile di una correlazione inspiegata su un cruscotto.

05 Bilancio di collegamento: potenza e margine sono distinti

Il bilancio somma guadagni e sottrae perdite fisiche in scala logaritmica. Potenza trasmessa e ricevuta possono essere in dBm; guadagni e perdite in dB. L'attenuazione in spazio libero è geometrica, non una descrizione completa di meteo, interferenze e hardware. [T04, T05]

$$P_r = P_t + G_t + G_r - L_{fs} - L_{atm} - L_{sys}.$$

$$L_{fs} = 20 \log_{10}(4\pi d/\lambda); \lambda = c/f.$$

$$\text{Margine disponibile} = P_r - P_{required}.$$

P_t/P_r sono potenze trasmessa/ricevuta; G_t/G_r guadagni d'antenna. L_{fs} , L_{atm} e L_{sys} sono perdite in spazio libero, atmosferiche e di sistema. d è distanza, λ lunghezza d'onda, f frequenza e c velocità della luce nel vuoto. $P_{required}$ è la potenza minima richiesta dal ricevitore.

La riserva progettuale si confronta col margine disponibile. Non è una perdita fisica aggiuntiva, salvo un meccanismo specifico modellato. Si corregge l'espressione precedente che sottraeva direttamente la riserva dalla potenza ricevuta.

Esempio: a 10 GHz su 10 km, $L_{fs} = 132,45$ dB. Con 20 dBm trasmessi, antenne di 30 dBi alle estremità e 4 dB di perdite aggiuntive, $P_r = -56,45$ dBm. Se il ricevitore richiede -70 dBm per la modalità dichiarata, il margine è 13,55 dB. Una riserva progettuale di 10 dB lascia 3,55 dB oltre l'obiettivo.

Il requisito del ricevitore specifica banda, modulazione, codifica, obiettivo d'errore e implementazione. Pioggia, puntamento, polarizzazione, invecchiamento e incertezza determinano adeguatezza della riserva. Questi valori artificiali spiegano il bilancio; non qualificano sito, trasmettitore o installazione autorizzata.

06 Capacità, latenza e limiti della sostituzione

Per un canale ideale limitato in banda con rumore gaussiano bianco additivo, Shannon dà:

$$C = B \log_2(1 + \text{SNR}).$$

C è capacità ideale in bit/s; B è banda in Hz; SNR è rapporto lineare di potenza, non dB. A 20 MHz e 10 dB SNR, il rapporto è 10 e il limite ideale circa 69,19 Mbit/s. È un esempio distinto dal bilancio precedente, non una prestazione derivata di quel collegamento. [T07]

La velocità utile dipende anche da trame, segnalazione, pianificazione, codifica, ritrasmissioni, traffico e indisponibilità. Con overhead ipotizzato del 15%, $69,19 \times 0,85 \approx 58,81$ Mbit/s resta un'illustrazione corretta per overhead, non una misura del servizio.

Il ritardo di propagazione impone un limite fisico. Una distanza nominale Terra-Luna di 384.400 km corrisponde a circa 1,282 secondi in una direzione nel vuoto, prima di elaborazione e instradamento. Il controllo remoto ad anello chiuso richiede autonomia locale, senza promettere risposta terrestre in tempo reale.

Per collegamenti intermittenti o molto ritardati, meccanismi di memorizzazione, trasporto e inoltro come Bundle Protocol Version 7 sono pertinenti. Non rendono dati ritardati adatti a ogni funzione a bassa latenza. [T12]

Una via sostituisce un'altra solo rispettando qualità e tempi del servizio. Un satellite veloce può preservare trasferimenti di file ma fallire scadenze di controllo locale. La capacità aggregata è necessaria ma insufficiente per dimostrare continuità.

07 Autonomia energetica: riserve utili e carichi completi

Un nodo consuma energia per radio, trasporto, calcolo, memoria, sicurezza, temporizzazione e gestione termica. Batterie e volani spostano nel tempo energia già fornita; non la creano. L'autonomia include perdite, ausiliari, invecchiamento e riserva protetta. [T01, T14]

$T_{\text{aut}} \approx E_{\text{available}} / P_{\text{essential}}$, nell'approssimazione a carico costante.

$E_{\text{available}}$ è energia utilizzabile; $P_{\text{essential}}$ comprende tutti i carichi essenziali. In kWh e kW, T_{aut} risulta in ore.

Da 120 kWh nominali, rendere indisponibile/protetto il 15% lascia 102 kWh. Con elettronica essenziale di 6 kW e raffreddamento di 1 kW, l'autonomia ideale è $102/7 = 14,57$ ore. Altre perdite o invecchiamento la riducono. Con elettronica a 9 kW e stesso raffreddamento diventa 10,2 ore.

Confine	Che cosa registrare
Alimentazione	Rete/generazione locale, combustibile, variabilità e rifornimento.
Conversione	Efficienza per carico e temperatura.
Accumulo	Energia utile, potenza, stato, perdita in attesa e riserva.
Carichi	Comunicazione, calcolo, temporizzazione, sicurezza e ausiliari.
Termico	Ambiente, potenza di raffreddamento e riduzione delle prestazioni.

La stima diventa operativa con profilo di traffico e politica di degradazione. Definire quali funzioni opzionali ridurre prima di esaurire riserve. Raffreddamento o alimentazione comuni possono annullare la ridondanza dei collegamenti.

Attrezzature orbitali o lunari conducono calore a radiatori, perché il vuoto non offre raffreddamento convettivo. Sulla Terra cambiano le condizioni ambientali, ma resta l'obbligo di contare dipendenze termiche. [T13]

08 Tempo, sincronizzazione e mantenimento autonomo

Una via può trasportare pacchetti senza fornire la temporizzazione richiesta. La qualità della sincronizzazione è una risorsa con bilancio d'errore misurabile, diversità delle fonti e durata dichiarata di mantenimento autonomo, o holdover. ITU-T G.8271 offre il quadro tempo/fase; profilo e limiti vanno scelti per il servizio. [T08]

Una stima semplificata distingue errore di frequenza e di tempo:

Errore temporale accumulato $\approx$ errore frazionario di frequenza $\times$ tempo trascorso.

A 0,1 parti per milione, l'errore frazionario è 1×10^{-7} . Dopo un'ora senza correzione, la componente accumulata è circa 360 microsecondi. Scarto iniziale, temperatura, invecchiamento e rumore aggiungono errori: non è una specifica garantita di oscillatore.

Registrare fonte, scarto temporale, incertezza, modalità di regolazione, temperatura e allarmi di perdita. Due ricevitori non sono realmente diversi se dipendono dalla stessa fonte esterna vulnerabile. L'asimmetria dei percorsi può alterare anche la stima del trasferimento temporale.

Durante l'isolamento dichiarare quali servizi tollerano tempo degradato e quando fermarsi o cambiare modalità. Ordine degli allarmi, provenienza e validità crittografica possono risentirne prima della velocità ordinaria.

Una prova elimina la fonte preferita, misura crescita d'errore, attiva un'alternativa qualificata e verifica qualità recuperata. Il risultato è specifico del servizio. Icona dell'orologio o collegamento riuscito non bastano a dimostrare rispetto dei limiti temporali e di fase.

09 Sostituzione qualificata: oltre l'etichetta commerciale

Il modello del 2005 combina offerte e trasformazioni per soddisfare requisiti al costo minimo. Nelle reti comprende trasporto alternativo, attrezzature compatibili, funzioni edge, energia e riparazioni. L'estensione preserva bilancio delle risorse e contratto di servizio. [T02]

Sostituzione candidata	Qualificazione necessaria
Fibra → radio/NTN	Copertura, ritardo, velocità, visibilità, spettro e sicurezza.
Cambio di attrezzatura	Interfacce, tempo, capacità, software e manutenzione.
Cloud → edge locale	Coerenza dei dati, identità, memoria e operatività limitata.
Rete elettrica → riserva	Avvio, energia utile, raffreddamento e combustibile.
Riparare invece di sostituire	Tempo, strumenti, ricambi e qualità recuperata.

Scorte iniziali, forniture aggregate e costi di trasformazione sono la base. Aggiungere capacità, luogo, energia, scadenza, qualità e riserve protette. Scelte discrete d'attrezzatura e flussi continui di traffico sono diversi.

Bilanci finali non garantiscono sequenze eseguibili. Ricaricare una batteria può dipendere da un generatore che non parte senza quella batteria; un comando remoto può richiedere credenziali o via perse nello stesso guasto. Stati indicizzati nel tempo e condizioni d'avvio rivelano tali dipendenze.

Un sostituto è indisponibile se fallisce anche un requisito vincolante, qualunque sia il costo. Qualificazione e prove di recupero eseguibile stabiliscono fattibilità, non il solo risultato del risolutore. Storia dell'approvvigionamento e prove di trasformazione restano collegate a ogni candidato.

10 Caso d'instradamento: costo e continuità N-1

La via A offre 8 Gbit/s e B 6 Gbit/s, assumendo dipendenze fisiche, energetiche e di controllo separate, poi da provare. La domanda normale è 10 Gbit/s, inclusi 6 Gbit/s essenziali. Prezzi artificiali: 8 CU e 5,25 CU per Gbit/s allocato nello stesso intervallo; non sono prezzi di mercato.

Minimizzare $8x_A + 5,25x_B$.
 $x_A + x_B \geq 10$; $0 \leq x_A \leq 8$; $0 \leq x_B \leq 6$.

L'ottimo nominale è $x_A = 4$, $x_B = 6$, costo 63,5 CU. Restano 4 Gbit/s non allocati su A, almeno 2 protetti dalla politica dell'esempio. La capacità libera non dimostra da sola ridondanza.

Scenario	Capacità superstite	Esito del contratto
Nominale	14 Gbit/s totali	Si possono servire 10 Gbit/s.
Guasto di A	B: 6 Gbit/s	Restano 6 essenziali; si eliminano 4 opzionali.
Guasto di B	A: 8 Gbit/s	Restano 6 essenziali dopo riallocazione.
Guasto comune di energia/controllo	Forse nessuna via	L'ipotesi d'indipendenza non vale.

È un argomento N-1 di capacità soltanto per i 6 Gbit/s essenziali. I 10 Gbit/s completi dopo guasto di una qualunque via sono impossibili. Tempi di commutazione, latenza, perdite, energia e configurazione richiedono verifica. Se il servizio non tollera la transizione, la capacità non basta. L'esempio distingue allocazione nominale economica, riserve e sopravvivenza per scenario, migliorando il rapporto precedente.

11 Gemello digitale: ricostruire decisioni e incertezza

Il gemello rappresenta servizi e dipendenze oltre alla topologia. Lo stato include collegamenti, nodi, risorse, orologi, software, configurazioni e manutenzione. Deve ricostruire raccomandazioni da ingressi archiviati e distinguere osservazioni da condizioni ipotizzate.

Livello del modello	Comportamento richiesto
Osservazione	Conservare provenienza, lacune e attualità.
Stima dello stato	Propagare incertezza e identificare quantità non osservabili.
Scenario	Introdurre esplicitamente guasti, traffico, tempi e forniture.
Ottimizzazione	Rispettare vincoli inderogabili e spiegare infattibilità.
Raccomandazione	Registrare limiti attivi, alternative e conseguenze.

La validazione parte da dimensioni, conservazione e casi con risposta nota, incluso l'instradamento. Poi riprodurre eventi storici e confrontare servizio previsto e osservato. Un'immagine attraente della topologia non sostituisce queste prove.

Il modello deve dichiarare quando non identifica una causa o un piano fattibile. Misure mancanti e sostituti non qualificati non diventano ipotesi tacitamente favorevoli. Scenari robusti proteggono il contratto essenziale da perturbazioni specificate, senza garantire sicurezza per ogni evento non modellato.

All'inizio è simulazione e supporto decisionale. Diventa gemello operativo solo dopo prove delle interfacce live, qualità e adeguatezza predittiva. Esecuzioni versionate e spiegazioni restano trasferibili fra prodotti implementativi.

12 Resilienza informatica e autorità circoscritta

La resilienza comprende anticipazione, resistenza, recupero e adattamento dopo compromissione. NIST sostiene queste capacità nell'intero ciclo di vita. L'architettura zero trust aggiunge che la posizione in rete non conferisce da sola fiducia per accedere a una risorsa. [T10, T11]

Separare osservazione, modello, consiglio ed esecuzione. L'ottimizzatore può proporre un piano fattibile senza autorità per applicarlo. L'esecuzione segue identità, politiche, limiti e procedure di rollback o stato sicuro. Regolazioni reversibili a basso impatto possono essere preautorizzate; effetti più ampi richiedono autorità operativa appropriata.

Controllo	Prove da conservare
Identità e accesso	Ruolo approvato, autenticazione e capacità minima necessaria.
Integrità della configurazione	Versione, provenienza verificata/firmata se pertinente e modifiche.
Isolamento	Confini collaudati e operatività locale minima.
Autorità di recupero	Credenziali e procedure disponibili durante isolamento esterno.
Registro decisionale	Attore, raccomandazione, limiti, azione ed esito.

Controllore centrale, immagine software o servizio di chiavi possono creare guasti comuni. La continuità locale richiede recupero realistico senza la normale gestione remota. Conoscenza offline e copie protette appartengono quindi all'architettura.

Sono requisiti informati da fonti primarie, non un'affermazione di valutazione di sicurezza superata. Le prove devono dimostrare recupero dopo compromissioni circoscritte, mantenendo servizio essenziale e tracce degli eventi.

13 Guasti, stati sicuri e qualità recuperata

Il failover trasferisce il servizio; il recupero ripristina la qualità contrattuale. Sono traguardi distinti. Una via può essere raggiungibile rapidamente, ma troppo lenta, mal sincronizzata o incapace di sostenere domanda.

Guasto	Prova decisiva di recupero
Taglio di fibra	Indipendenza fisica, tempo di commutazione e servizio ripristinato.
Interruzione elettrica regionale	Consumo misurato della riserva e autonomia utile.
Difetto software comune	Distribuzione limitata e ripristino indipendente.
Perdita di fonte temporale	Crescita d'errore, alternativa e limiti recuperati.
Interferenza/congestione	Riallocazione qualificata con margine e perdita misurati.
Controllo compromesso	Isolamento, autorità fidata e operatività essenziale.
Ricambio mancante	Riparazione/sostituzione qualificata e tempo credibile.

Per componenti paralleli indipendenti, $A_{parallel} = 1 - \prod(1 - A_i)$. Due collegamenti con disponibilità 0,99 danno idealmente 0,9999. Il valore è sovrastimato se una dipendenza condivisa può spegnerli entrambi. Riportare cause comuni e manutenzione.

Uno stato sicuro limita effetti: bloccare modifiche, isolare un dominio, ridurre carichi opzionali o conservare emergenze. Rollback ripristina uno stato precedente, forse impossibile dopo perdita di dati, discontinuità temporale o cambiamenti fisici persistenti.

Introdurre guasti rappresentativi nel banco controllato e ripetere recuperi. Registrare separatamente rilevamento, commutazione, servizio utile e normalità. Confine e gravità accompagnano il risultato, senza presentare successo locale come prova globale.

WHITE FLAG · RIPRODUCIBILITÀ

14 Compatibilità RF e verifiche riproducibili dei segnali

White Flag

This Station Version

3:56.5 · AAC-LC mono · 44.1 kHz · Registrazione originale

Apri il brano incorporato
Usa la graffetta o il pannello Allegati del PDF.

La compatibilità elettromagnetica riguarda emissioni, suscettibilità e comportamento in ambiente specificato. Una misura RF richiede frequenza, banda, geometria, calibrazione, media temporale, soglia e incertezza. Prestazioni del ricevitore ed esposizione umana sono valutazioni distinte.

La verifica White Flag offre un metodo trasferibile: conservare file, identificare decodifica e trasformazioni, definire metrica e denominatore, provare sensibilità e limitare interpretazione al dominio misurato. La quota d’inviluppo 8,05% è proprietà del file, non attenuazione RF o attività EEG. [T01]

Materiale	Registro di riproducibilità
Acquisizione IQ	Formato, frequenza di campionamento/centrale, guadagni, orologio e calibrazione.
Traccia di protocollo/pacchetti	Punto di acquisizione, fonte temporale, filtri e anonimizzazione.
Registro spettrale	Banda di risoluzione, rivelatore, media e geometria.
Firmware/configurazione	Versione esatta, checksum, dipendenze e condizioni.

Fissare esiti prima del confronto. Altrimenti miglioramenti possono dipendere da filtri, finestre, intervalli favorevoli o osservazioni scartate. Controlli hardware distinguono interferenze e cambi strumentali da effetti fisici.

Nessun risultato dimostra che l’audio neutralizzi emissioni 5G/6G. Mitigazione RF richiede meccanismo elettromagnetico e strumenti propri. L’allegato conserva audio come esempio riproducibile e articolo 2005 come fonte di pianificazione, con attribuzioni originali.

15 Banco prova pratico e sequenza sperimentale

Un primo banco credibile usa almeno due siti o domini con strumentazione indipendente, via principale e alternativa qualificata, registri locali di energia/tempo e generatore di traffico controllabile. Iniziare in ambiente circoscritto con contratti realistici; aggiungere complessità dopo casi con risposta nota.

Fase	Prodotto
Riferimento	Traffico, configurazione, calibrazione e versioni fissati.
Componenti	Capacità utile reale, ritardo, potenza, orologi e intervallo termico.
Guasti indotti	Interruzioni dichiarate di fibra, energia, tempo, software e gestione.
Recupero	Sequenza di commutazione, servizio essenziale e qualità.
Riproduzione indipendente	Ingressi archiviati riproducono conclusioni.

Ripetere prove comparabili per riferimento e politica candidata. Mantenere traffico, priorità e finestre ambientali comparabili; registrare differenze inevitabili. Provare anche indisponibilità dell’alternativa preferita per valutare infattibilità e degradazione.

Prestabilire effetti utili e limiti d’accettazione. Un guadagno apparente sotto l’incertezza non giustifica una nuova politica. Pochi minuti riusciti non dimostrano un mese d’autonomia.

Verificare prontezza di strumenti, limiti di comando, contenimento e autorità di recupero. Il programma produce metodi e prove, senza promettere rete planetaria operativa in tre anni. Ogni ampliamento richiede modello e prove delle nuove dipendenze.

16 Metriche della continuità effettivamente fornita

La metrica migliore descrive un servizio erogato entro confine e periodo definiti. Picco, disponibilità di componenti e riserve nominali sono utili ma incompleti. Mostrare distribuzioni e scenari avversi quando medie nascondono interruzioni inaccettabili.

Dimensione	Metrica richiesta
Continuità essenziale	Tempo entro contratto, utenti/funzioni serviti e degradazione.
Collegamento	Velocità utile, ritardo, jitter, perdita e margine per condizione.
Energia	kWh per servizio, riserva utile e autonomia in guasto.
Recupero	Rilevamento, commutazione, qualità ripristinata e ripetibilità.
Risorse	Ricambi qualificati, consegna, sostituti e consumo.
Prove	Copertura, attualità, incertezza e decisioni riproducibili.

Una percentuale non deve fondere tacitamente manutenzione, intervalli non osservati e servizi diversi. Dichiarare denominatore, finestra e definizione di guasto. Senza telemetria, la disponibilità può essere ignota.

L'accettazione richiede topologia fisica, indipendenza, bilanci radio/energia, limiti temporali, versioni, dati grezzi/derivati e cronologia. Spiegare risultati negativi e vincoli, non solo prove favorevoli.

Contare capacità all'interfaccia utile. Calcoli corretti per overhead restano illustrativi fino a misura con traffico e terminali. Ripristinare raggiungibilità senza ritardo o tempo specificati non ripristina il contratto completo. Questa distinzione mantiene il progetto centrato su utenti e funzioni.

17 Economia, sostenibilità e manutenzione

Valutare il servizio nel ciclo di vita. Capitale, energia, manutenzione, ricambi, ritardi, sostituzione, indisponibilità e dismissione appartengono al costo. Una via economica che fallisce il contratto è fuori dall'insieme fattibile.

Usare costi di scenario o preventivi datati. I prezzi CU sono artificiali; non si prevedono tariffe o graduatorie universali. Costi di generazione e accumulo restano distinti. [T14]

Compromesso	Domanda del modello
Capacità di scorta	Protegge uno scenario o resta capacità nominale libera?
Energia locale	Quale autonomia dopo tutti gli ausiliari?
Diversità di fornitori	Compatibilità e recupero indipendente sono qualificati?
Più ridondanza	Elimina cause comuni o aggiunge manutenzione correlata?
Riparabilità	Strumenti, competenze, ricambi e verifiche sono locali?

La sostenibilità comprende energia operativa, materiali incorporati, consumabili, riparazione e fine vita. Una metrica per bit può premiare l'esclusione di utenti essenziali lenti o ignorare raffreddamento e attesa: non usarla da sola.

Confrontare riferimento e candidato con stessi contratto e guasti. Mostrare incertezza e sensibilità a utilizzo, energia, vita e consegna. Il risultato è un compromesso trasparente tra soluzioni fattibili, non rendimento finanziario promesso. Un progetto semplice che recupera affidabilmente può superare un guadagno nominale d'efficienza.

18 Programma, governo e condizioni di avanzamento

Un programma condizionato di trentasei mesi sviluppa modelli e dimostrazioni circoscritte. Inizia dopo impegno di requisiti, personale e risorse; le fasi dipendenti cambiano con le prove.

Periodo	Prodotto e condizione
Mesi 0-6	Contratti, mappa delle dipendenze, dizionario dati e riferimento riproducibile.
Mesi 6-12	Osservatorio, gemello, ottimizzazione con risposta nota e ricostruzione indipendente.
Mesi 12-18	Nodo qualificato e pilota multivia; verifica di prontezza.
Mesi 18-30	Guasti multisito, perdita di energia/tempo e recuperi ripetuti.
Mesi 30-36	Confronto indipendente; proseguire, riprogettare o chiudere.

Nei primi novanta giorni fissare servizi essenziali e guasti, qualificare strumenti, provare scenari autorizzati di commutazione/energia/tempo e pubblicare qualità e deviazioni. Il calendario è un piano; non si dichiara banco costruito o revisione conclusa.

Separare responsabilità per prove tecnico-scientifiche, politica operativa e governo dei servizi coinvolti. Registrare autorità di modifica e azioni reversibili già circoscritte. Conservare autorità e recupero durante isolamento.

Fermare o riprogettare se bilanci violano conservazione, vantaggi non si replicano, cause comuni compromettono servizio essenziale, qualità non torna o conseguenze non sono circoscrivibili. Usare standard, spettro e requisiti applicabili al servizio e luogo reali. Citare ITU/NIST non certifica conformità. [T03-T11]

19 Glossario e interpretazione delle formule

Termine	Significato
Resilienza	Conservare o recuperare servizio definito sotto perturbazioni specificate.
NTN	Rete non terrestre; compatibilità specifica di servizio e implementazione.
N-1	Servizio fattibile dopo perdita di un componente/via specificato.
Capacità libera	Capacità non allocata, che può condividere guasti con quella attiva.
Margine radio	Potenza ricevuta meno requisito del ricevitore nella modalità dichiarata.
SNR	Rapporto potenza segnale/rumore; lineare nell'equazione di Shannon.
Holdover	Orologio dopo perdita della fonte di regolazione.
Gemello	Modello versionato di osservazione/stato/scenario con incertezza.
Failover / recupero	Attivazione alternativa / qualità contrattuale ripristinata.
Stato sicuro / rollback	Limitare effetti / ripristinare stato precedente.

Gbit/s è un flusso; byte archiviati una quantità. kW è potenza, kWh energia. dBm riferisce potenza a 1 mW, dB un rapporto e dBi guadagno d'antenna a riferimento isotropico. Mescolarli produce bilanci plausibili ma invalidi.

Shannon richiede canale e SNR lineare. Spazio libero esclude perdite ambientali se non aggiunte. Disponibilità richiede riparazione e dipendenze definite. Riserve richiedono quantità utili, non nominali.

Gli esempi rendono visibili le distinzioni. Per progettare realmente, sostituirli con prove qualificate di sito e componenti, mantenendo unità, confini e logica decisionale.

20 Conclusione, allegato e attribuzione dell'autore

Project This Station – Earth offre disciplina utile quando continuità significa servizio definito con dipendenze misurabili. Il quadro unisce osservabilità, bilanci, sostituzione qualificata, recupero indipendente e autorità tracciabile. Il contributo è l'integrazione, non un dispositivo unico o una rete globale costruita.

Il prossimo passo sostenibile è osservatorio e gemello riproducibili, poi prove multivia circoscritte con metriche utili. Il caso con risposta nota distingue costo nominale, capacità libera e continuità essenziale N–1. Esempi radio, temporali ed energetici consentono a lettori laureati di esaminare affermazioni specialistiche.

Annex contiene `White_Flag_This_Station_Version.m4a` e `Multi-unit_Combinatorial_Reverse_Auctions_2005.pdf`. Methods include script audio, JSON, CSV e note. Ogni README spiega ordine, ruoli e stato scientifico. L'originale 2005 resta inglese con quattro autori; l'audio resta invariato con attribuzione White Flag (Dido), versione fornita da Giuseppe Carilli.

Non sono state misurate prestazioni di rete, attenuazione RF o certificazioni di sicurezza. I numeri sono esempi espliciti e gli esperimenti proposte. L'assistenza IA ha sostenuto sintesi, implementazione numerica, traduzione e impaginazione. Questa edizione completata precede correzioni e feedback manuali.

Giuseppe Carilli Autore · Project This Station – Earth · I'n'I / Lion of Judah LinkedIn: <https://es.linkedin.com/in/giuseppe-carilli-a03805b1> 6 ottobre 2026 · Edizione tecnica finale FR1 · Attribuzione tipografica dell'autore.

Riferimenti · 1/2

I titoli delle fonti sono conservati nella lingua originale. Fonti online verificate il 6 ottobre 2026; le versioni utilizzate sono indicate sotto.

[T01] Carilli, G. (2026). Project This Station – Earth: A Clean Sail for Earth. Final consolidated edition FR1; companion paper in this package.

[T02] Giovannucci, A.; Rodríguez-Aguilar, J. A.; Cerquides, J.; Carilli, G. (11 July 2005). Multi-unit Combinatorial Reverse Auctions with Substitutability Relationships among Goods. Supplied original, 14 pages.

<https://www.iiia.csic.es/~jar/papers/2005/NAEC2005.camera.pdf>

[T03] ITU-R M.2160-0 (November 2023). Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2030 and beyond.

<https://www.itu.int/rec/R-REC-M.2160-0-202311-I>

[T04] ITU-R P.525-5 (November 2024). Calculation of free-space attenuation.

<https://www.itu.int/rec/R-REC-P.525-5-202411-I/en>

[T05] ITU-R P.618-14 (August 2023). Propagation data and prediction methods required for the design of Earth-space telecommunication systems.

<https://www.itu.int/rec/R-REC-P.618/en>

[T06] 3GPP. Non-Terrestrial Networks (NTN): official technology overview and standardization context.

<https://www.3gpp.org/technologies/ntn-overview>

[T07] Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. Bell System Technical Journal 27, 379–423 and 623–656. Original paper, university-hosted copy.

<https://people.math.harvard.edu/~ctm/home/text/others/shannon/entropy/entropy.pdf>

[T08] ITU-T G.8271/Y.1366 (March 2020), Amendment 1 (August 2024). Time and phase synchronization aspects of telecommunication networks.

<https://www.itu.int/rec/t-rec-g.8271/en>

Riferimenti · 2/2

I titoli delle fonti sono conservati nella lingua originale. Fonti online verificate il 6 ottobre 2026; le versioni utilizzate sono indicate sotto.

[T09] NOAA / NWS Space Weather Prediction Center. Space Weather Impacts.

<https://www.spaceweather.gov/impacts>

[T10] Ross, R. et al. (2021). Developing Cyber-Resilient Systems: A Systems Security Engineering Approach. NIST SP 800-160, Volume 2, Revision 1.

<https://csrc.nist.gov/pubs/sp/800/160/v2/r1/final>

[T11] Rose, S. et al. (2020). Zero Trust Architecture. NIST SP 800-207.

<https://csrc.nist.gov/pubs/sp/800/207/final>

[T12] Burleigh, S.; Fall, K.; Birrane, E. (2022). Bundle Protocol Version 7. IETF RFC 9171.

<https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc9171>

[T13] NASA. Small Spacecraft Technology State of the Art: 7.0 Thermal Control.

<https://www.nasa.gov/smallsat-institute/sst-soa/thermal-control/>

[T14] US Department of Energy (2022). Grid Energy Storage Technology Cost and Performance Assessment.

<https://www.energy.gov/cmei/2022-grid-energy-storage-technology-cost-and-performance-assessment>

[T15] Carilli, G. (2026). Marco técnico para la evolución resiliente del Sistema Global de Telecomunicaciones. Supplied technical report, 6 October 2026, 25 pages. Source for this elaboration.