Bando di gara per progetti di ricerca di cui all'art. 10, comma 2, lettera b) del decreto 26 gennaio 2000, previsti dal Piano triennale 2019-2021 della Ricerca di sistema elettrico nazionale 1.2 Accumulo elettrochimico

Decreto MISE 7 dicembre 2020

Virtual Storage per la Fast Reserve e servizi integrati di inerzia sintetica, peak shaving e load levelling

ViStoFaRe

Deliverable D5.3b

Rapporto tecnico – "Manuale operativo della Piattaforma ViSto", che descrive in dettaglio l'architettura, i moduli funzionali e l'operatività della piattaforma.

CSEAB_00326

SOMMARIO

1. Manuale Operativo della Piattaforma ViSto 4
1.1. Introduzione 4
1.2. Scopo e Obiettivi 4
1.3. Contesto del Progetto ViStoFaRe 5
1.4. Destinatari del Manuale 5
2. Architettura della Piattaforma 6
2.1. Architettura Generale 6
2.2. Database e Archiviazione Dati 8
2.3. Sistema di Autenticazione e Autorizzazione 9
2.4. Architettura a Microservizi 10
3. Moduli Funzionali 10
3.1. Energy Data Aggregation 11
3.2. Setpoint Optimization 11
3.3. Frequency Regulation Slot Manager 18
3.4. Notification and Alert Service 19
3.5. Peak Shaving and Load Levelling Scheduler 20
3.6. Custom MQTT Handler 23
4. Sistema di Comunicazione 24
4.1. Protocolli Supportati 24
5. Integrazione con gli StorInPlus 28
5.1. Protocolli di Emergenza 28
6. Interfaccia Utente 29
6.1. ViSto Monitoring Dashboard 29
6.2. Energy and Services Analytics 30
6.3. Applicazioni Personalizzate 31
6.4 Grid Operator Interface 32
7. Sicurezza e Gestione degli Accessi 32
7.1 Modello di Sicurezza 32
7.2. Gestione degli Utenti 33
7.3. Protezione dei Dati 34
8. Procedure Operative 37

8.1 Startup e Shutdown 37
8.2. Monitoraggio del Sistema 39
8.3. Gestione degli Allarmi 41
8.4. Backup e Ripristino 44
9. Casi d'Uso e Scenari Operativi 45
9.1. Peak Shaving 45
9.2. Load Levelling 46
10. Configurazione Avanzata 49
11. Gateway ViSto: Architettura e Funzionamento 56
11.1. Introduzione al Gateway ViSto 56
11.2. Architettura del Gateway 56
11.3. Funzionalità Principali 57
11.4. Configurazione e Parametrizzazione 59
11.5. Integrazione con la Piattaforma ViSto 62
12. Conclusioni 64
12.1. Sintesi dei Risultati Conseguiti 65
12.2. Valore del Documento per la Continuità del Progetto 65

1 MANUALE OPERATIVO DELLA PIATTAFORMA VISTO

1.1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce il Manuale Operativo Completo della piattaforma ViSto, sviluppata nell'ambito della Linea di Attività 5.3 (LA5.3) del progetto ViStoFaRe. Il manuale è destinato al personale tecnico e operativo che sarà responsabile dell'amministrazione, della manutenzione e dell'utilizzo quotidiano del sistema, e copre in modo sistematico tutti gli aspetti della piattaforma: dall'architettura generale e dai moduli funzionali, passando per i protocolli di comunicazione e le politiche di sicurezza, fino alle procedure operative dettagliate e alle istruzioni di configurazione avanzata.

La piattaforma ViSto rappresenta il nucleo tecnologico del progetto ViStoFaRe: un sistema software avanzato concepito per centralizzare, ottimizzare e rendere scalabile la gestione di sistemi di accumulo elettrochimico distribuiti sul territorio. Attraverso l'integrazione di algoritmi di ottimizzazione multi-obiettivo, meccanismi di comunicazione in tempo reale e un'interfaccia utente articolata per profili diversi, la piattaforma abilita l'erogazione di servizi energetici avanzati — dalla regolazione di frequenza al peak shaving — coordinando in modo intelligente i dispositivi StorInPlus connessi.

- Struttura del documento

  Il manuale è organizzato in sezioni progressive che accompagnano l'operatore dalla comprensione dell'architettura generale fino ai dettagli di configurazione avanzata e alle procedure operative quotidiane. Ogni sezione è concepita per essere autonoma, così da consentire sia una lettura sequenziale per chi si avvicina per la prima volta al sistema, sia una consultazione mirata per chi necessita di approfondire aspetti specifici durante l'operatività.

1.2 SCOPO E OBIETTIVI

La piattaforma ViSto è stata concepita per centralizzare, ottimizzare e rendere scalabile la gestione di sistemi di accumulo energetico distribuiti, fornendo servizi avanzati quali:

- Regolazione della frequenza: stabilizzazione della rete elettrica attraverso la modulazione della potenza attiva
- Peak shaving: riduzione dei picchi di prelievo o immissione dalla rete con conseguente ottimizzazione dei costi e riduzione del dimensionamento delle infrastrutture
- Load levelling: livellamento del carico per ottimizzare l'efficienza operativa della rete
- Gestione dinamica e scalabile dei dispositivi di accumulo in tempo reale

- Monitoraggio centralizzato dello stato operativo e di salute degli StorInPlus
- Ottimizzazione tecnico-economica dell'utilizzo dei sistemi di accumulo

Il sistema è stato progettato secondo i principi di modularità, scalabilità e flessibilità, con una visione strategica che mira a futuri sviluppi nei seguenti ambiti:

- Diversificazione dei mercati energetici.
- Integrazione di diverse sorgenti di flessibilità (domanda, piccola generazione, accumulo)
- Supporto a vari profili di utenti finali (grandi impianti, PMI, comunità energetiche, consumatori residenziali)
- Ampliamento dei servizi di rete supportati.

1.3 CONTESTO DEL PROGETTO VISTOFARE

La piattaforma ViSto è stata implementata nell'ambito della Linea di Attività 5.3 (LA5.3) del progetto ViStoFaRe, un'iniziativa strategica nel settore dell'energia con l'obiettivo di sviluppare soluzioni innovative per la gestione dei sistemi di accumulo distribuiti. Questa linea di attività è specificamente dedicata allo sviluppo di una piattaforma software in grado di:

- Fornire potenza elaborativa adeguata alla gestione in tempo reale di molteplici dispositivi
- Offrire spazi di immagazzinamento dati per serie storiche e analitiche
- Gestire connessioni di rete secondo il paradigma del cloud computing, garantendo sicurezza e affidabilità
- Supportare le operazioni di gestione e controllo dei sistemi di accumulo (SdA) operanti come Virtual Storage
- Implementare algoritmi avanzati di ottimizzazione sviluppati nella linea di attività LA2.1
- Fornire un'interfaccia user-friendly e responsive per l'interazione con il sistema.

1.4 DESTINATARI DEL MANUALE

Il manuale si rivolge a cinque categorie di utenti, ciascuna con esigenze di lettura diverse. Gli Amministratori di sistema troveranno nelle sezioni dedicate all'architettura, alla sicurezza e alle procedure operative le informazioni necessarie per la gestione dell'infrastruttura IT. Gli Operatori tecnici, responsabili della supervisione quotidiana, trarranno maggiore beneficio dalle sezioni sulle procedure operative, sulla gestione degli allarmi e sui casi d'uso. Gli Sviluppatori coinvolti nella manutenzione e nell'estensione delle funzionalità potranno fare riferimento alle sezioni sui moduli funzionali e sulla configurazione avanzata. Gli Integratori incaricati dell'interfacciamento con sistemi esterni troveranno

nella sezione sul sistema di comunicazione e sulle API i dettagli tecnici necessari. I Gestori della rete, infine, potranno concentrarsi sulle sezioni relative ai servizi di regolazione di frequenza e all'interfaccia dedicata agli operatori di rete.

2 ARCHITETTURA DELLA PIATTAFORMA

2.1 ARCHITETTURA GENERALE

La piattaforma ViSto implementa un'architettura modulare avanzata organizzata su più livelli, progettata per garantire scalabilità, flessibilità e robustezza. L'architettura è basata sul paradigma del cloud computing, con una struttura che separa logicamente componenti di campo, comunicazione, elaborazione e presentazione.

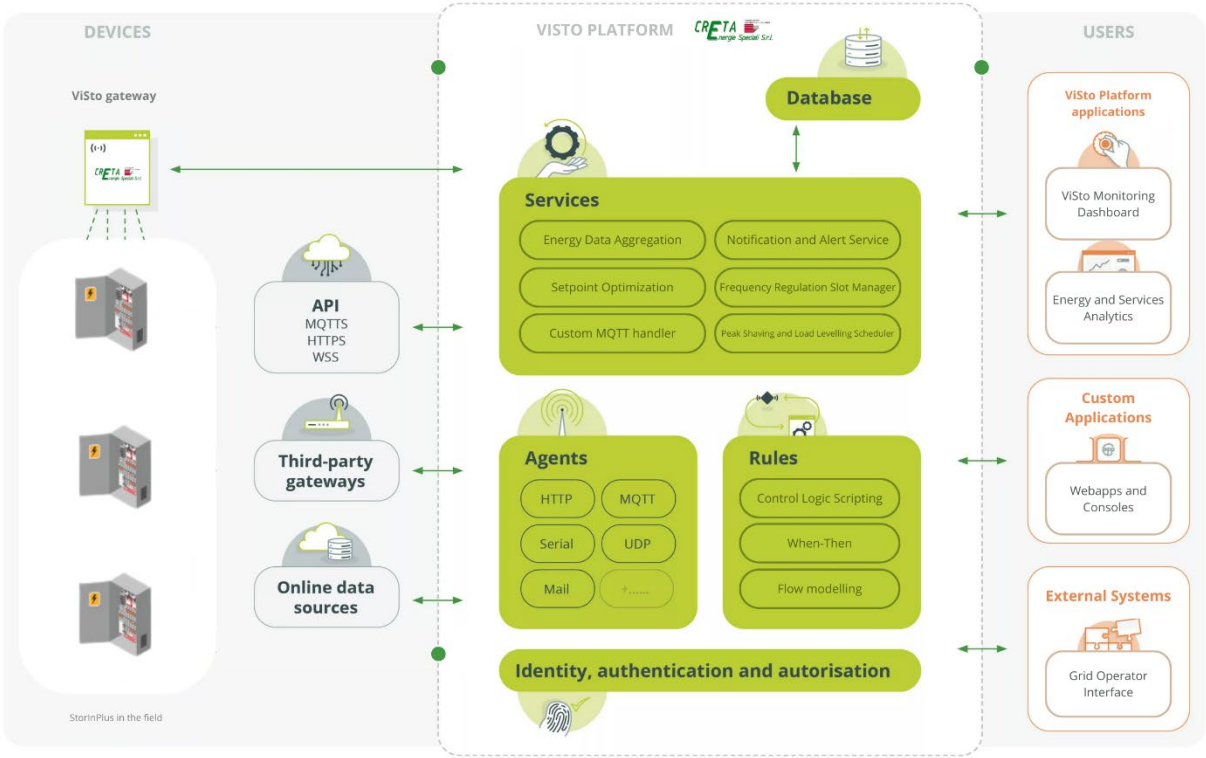

Figura 1. Architettura della Piattaforma

L'architettura si articola nei seguenti livelli:

1. Livello Dispositivi e Gateway:
    - StorInPlus: dispositivi di accumulo elettrochimico distribuiti sul campo, dotati di controllori locali

- ViSto Gateway: dispositivo dedicato che funge da intermediario tra StorInPlus e piattaforma cloud
- Third-party gateways: gateway di terze parti integrabili nella piattaforma
- Online data sources: fonti di dati esterne (prezzi di mercato, previsioni meteo, ecc.)

2. Livello Comunicazione:

- API REST: per l'interazione con sistemi esterni e interfacce utente
- MQTT: per comunicazione bidirezionale in tempo reale con i dispositivi
- HTTPS: per comunicazioni sicure via web
- WebSocket (WSS): per comunicazioni bidirezionali in tempo reale con le interfacce utente

3. Piattaforma Cloud ViSto:

- Servizi principali: moduli funzionali core che implementano la logica di business
- Agenti di comunicazione: componenti per l'integrazione con dispositivi eterogenei
- Motore di regole: sistema per l'automazione e la logica decisionale
- Database: sistema di archiviazione dati centralizzato
- Sistema di autenticazione e autorizzazione: gestione sicura degli accessi

4. Interfacce Utente:

- ViSto Monitoring Dashboard: visualizzazione in tempo reale dello stato del sistema
- Energy and Services Analytics: strumenti di analisi e reportistica
- Webapps and Consoles: applicazioni personalizzate per casi d'uso specifici
- Grid Operator Interface: interfaccia dedicata agli operatori di rete

- Vantaggi dell'architettura multilivello

La separazione in livelli distinti offre benefici concreti in fase operativa: la scalabilità orizzontale consente di aggiungere nuovi dispositivi StorInPlus senza modificare l'architettura centrale; la resilienza è garantita dalla ridondanza dei componenti critici, per cui il guasto di un singolo componente non compromette l'operatività dell'intero sistema; la manutenibilità è facilitata dalla possibilità di aggiornare singoli moduli indipendentemente; l'estendibilità permette di aggiungere nuove funzionalità — come il supporto a nuovi tipi di dispositivi o nuovi mercati energetici — senza riprogettare l'architettura di base.

2.2 DATABASE E ARCHIVIAZIONE DATI

Il sistema di database della piattaforma ViSto utilizza un'architettura ibrida ottimizzata per gestire elevati volumi di dati con requisiti di accesso diversificati:

Struttura del Database

- Database Time-Series: ottimizzato per l'archiviazione efficiente di dati temporali come:
    - Telemetria in tempo reale dai dispositivi StorInPlus (SOC, SOH, tensioni, correnti, potenze)
    - Dati operativi (parametri di funzionamento, setpoint, allarmi)
    - Misure di performance (KPI, metriche di efficienza)
- Database Relazionale: gestisce i dati strutturati come:
    - Configurazioni dei dispositivi e dei servizi
    - Informazioni sugli utenti e permessi
    - Topologia della rete e organizzazione degli asset
    - Pianificazione dei servizi di rete
- Storage a Oggetti: per dati non strutturati e documenti:
    - Log di sistema ad alta granularità
    - Reportistica e documenti
    - Backup e snapshot di configurazione

Politiche di Gestione dei Dati

- Data Retention:
    - Dati ad alta frequenza (1 secondo): conservati per 30 giorni
    - Dati aggregati a 15 minuti: conservati per 1 anno
    - Dati aggregati giornalieri: conservati per 10 anni
    - Log di sistema: conservati secondo normative e policy di sicurezza

Accesso e performance del database

La piattaforma utilizza un sistema di caching multi-livello per garantire tempi di risposta adeguati anche per le query su serie storiche dense. Le API RESTful espongono un accesso strutturato ai dati, con query ottimizzate per gli intervalli temporali più comuni (ultima ora, ultimo giorno, ultima settimana). Per le dashboard in tempo reale, il meccanismo WebSocket garantisce l'aggiornamento dei parametri critici senza polling ripetuto. In caso di latenza elevata del database, il sistema di prioritizzazione garantisce che le operazioni di controllo in tempo reale abbiano sempre precedenza sulle query analitiche.

2.3 SISTEMA DI AUTENTICAZIONE E AUTORIZZAZIONE

Il modulo di identità, autenticazione e autorizzazione implementa un sistema completo per la gestione sicura degli accessi basato su standard industriali:

Funzionalità Principali

- Autenticazione multi-fattore:
    - Supporto per username/password con policy di complessità
    - Autenticazione a due fattori (2FA) tramite app o SMS
    - Integrazione con sistemi di Single Sign-On (SSO) aziendali
    - Certificati client per l'autenticazione dispositivo-piattaforma
- Controllo degli accessi basato su ruoli (RBAC):
    - Definizione granulare di ruoli e permessi
    - Separazione delle responsabilità per operazioni critiche
    - Possibilità di definire ruoli personalizzati
    - Segregazione per aree funzionali e geografiche
- Gestione avanzata delle sessioni:
    - Timeout configurabili per sessioni inattive
    - Limitazione delle sessioni concorrenti
    - Revoca delle sessioni attive in caso di emergenza
    - Tracciamento delle attività per sessione
- Audit logging completo:
    - Registrazione di tutti i tentativi di accesso (riusciti e falliti)

- Tracciamento delle operazioni critiche con identificazione dell'utente
- Timestamping sicuro per non ripudio
- Archiviazione a lungo termine dei log di audit
- Strumenti di analisi per la rilevazione di anomalie

Conformità e Sicurezza

Il sistema è progettato per garantire la conformità con i principali standard di sicurezza e privacy:

- ISO/IEC 27001 per la sicurezza delle informazioni
- GDPR per la protezione dei dati personali
- IEC 62351 per la sicurezza nelle comunicazioni per sistemi energetici
- NIST Cybersecurity Framework

2.4 ARCHITETTURA A MICROSERVIZI

Internamente, la piattaforma ViSto adotta un'architettura a microservizi in cui ciascun modulo funzionale opera come servizio indipendente, con il proprio ciclo di vita, le proprie risorse computazionali e le proprie interfacce di comunicazione standardizzate. I microservizi comunicano tra loro tramite API standardizzate, utilizzando pattern architetturali consolidati come API Gateway per la gestione centralizzata delle richieste esterne, Event Sourcing per il tracciamento immutabile degli eventi di sistema, e CQRS (Command Query Responsibility Segregation) per la separazione tra operazioni di lettura e scrittura, fondamentale per garantire scalabilità e performance in scenari ad alto carico.

Il principale vantaggio operativo di questa scelta architetturale è la possibilità di scalare selettivamente i servizi più sollecitati — ad esempio il modulo di ottimizzazione durante le fasi di pianificazione day-ahead — senza dover dimensionare l'intera piattaforma per il picco di carico. Il deployment indipendente consente inoltre di aggiornare singoli moduli con zero downtime, riducendo significativamente il rischio operativo associato agli aggiornamenti software.

3 MODULI FUNZIONALI

La piattaforma ViSto è costituita da sei moduli funzionali principali, ciascuno responsabile di una specifica area della logica applicativa. I moduli operano in modo coordinato attraverso interfacce ben definite, scambiando dati e segnali di controllo per garantire un funzionamento coerente e ottimizzato dell'intero

sistema. La presente sezione descrive in dettaglio ciascun modulo, con particolare attenzione al suo ruolo nel contesto operativo complessivo e alle sue dipendenze con gli altri componenti della piattaforma.

3.1 ENERGY DATA AGGREGATION

Il modulo Energy Data Aggregation costituisce il sistema nervoso della piattaforma: esso è responsabile della raccolta, validazione, normalizzazione, aggregazione e archiviazione di tutti i dati operativi provenienti dai dispositivi StorInPlus, e rappresenta la fonte informativa primaria su cui si basano tutti gli altri moduli di analisi e controllo. Senza dati accurati e tempestivi, nessuna strategia di ottimizzazione può produrre risultati affidabili; per questo motivo, la robustezza di questo modulo è considerata critica per l'intera operatività del sistema.

Il modulo acquisisce in tempo reale — con frequenza configurabile da 1 secondo a 15 minuti — i parametri operativi fondamentali di ciascun dispositivo: stato di carica (SOC) e di salute (SOH), tensioni e correnti a livello di cella e di sistema, potenze attiva e reattiva scambiate con la rete, stati degli allarmi, temperature a livello di cella e di modulo, e parametri ambientali.

Funzionalità Principali

- Acquisizione dati in tempo reale: lettura periodica (configurabile da 1 secondo a 15 minuti)
- Validazione e filtro: rilevamento e gestione di misure anomale o non valide
- Normalizzazione: conversione in formati standard e unità di misura uniformi
- Aggregazione temporale: calcolo di valori medi, minimi, massimi e somme su intervalli predefiniti
- Archiviazione strutturata: memorizzazione gerarchica per facile recupero e analisi
- Esportazione dei dati: API per l'accesso dall'esterno e formati standard (CSV, JSON)

Il modulo fornisce una visione completa e storica delle condizioni operative dei dispositivi, costituendo la base informativa per tutti gli altri moduli di analisi e controllo.

3.2 SETPOINT OPTIMIZATION

Il modulo Setpoint Optimization è il cervello analitico della piattaforma: esso è responsabile del calcolo dei setpoint ottimali per ciascun dispositivo StorInPlus, implementando l'approccio metodologico a tre step definito nel progetto ViStoFaRe e sviluppato nell'ambito della Linea di Attività LA2.1. Il modulo coniuga obiettivi economici — massimizzazione del valore generato dai servizi ancillari — con obiettivi tecnici — preservazione della vita utile delle batterie — attraverso un framework di ottimizzazione multi-obiettivo che opera su orizzonti temporali distinti e complementari.

Architettura del Modulo

Il modulo Setpoint Optimization è strutturato in tre componenti principali, ciascuno corrispondente a uno step della metodologia di ottimizzazione:

1. Ottimizzazione Preliminare (Day-Ahead): componente che esegue l'ottimizzazione complessiva considerando tutti gli StorInPlus come un unico Virtual Storage
2. Ripartizione Capacità (Day-Ahead): componente che distribuisce la capacità regolante totale tra i singoli dispositivi StorInPlus
3. Ottimizzazione Real-Time: componente che esegue un ciclo continuo di monitoraggio e aggiornamento dei setpoint in tempo reale

Questi tre componenti operano in modo coordinato, con flussi di dati chiaramente definiti tra di loro e con gli altri moduli della piattaforma.

Algoritmi Implementati

Ottimizzazione Economica

L'algoritmo di ottimizzazione economica è progettato per massimizzare il valore economico dei servizi forniti dagli StorInPlus. Questo algoritmo considera:

- Previsione dei Prezzi di Mercato: incorpora dati storici e previsioni dei prezzi dell'energia nei mercati rilevanti (MGP, MSD, servizi di dispacciamento)
- Remunerazione dei Servizi Ancillari: valuta il valore economico dei servizi come fast reserve, inerzia sintetica, regolazione primaria
- Costi Operativi: considera i costi di degradazione delle batterie, manutenzione e altre spese operative
- Ottimizzazione del Ricavo: determina la strategia di offerta ottimale nei vari mercati energetici
- Analisi Costi-Benefici: identifica il mix ottimale di servizi da offrire per massimizzare il ritorno sull'investimento

L'algoritmo utilizza tecniche di programmazione lineare mista a interi (MILP) e ottimizzazione stocastica per gestire l'incertezza nei prezzi e nelle richieste di servizio.

Ottimizzazione Tecnica

L'algoritmo di ottimizzazione tecnica bilancia le prestazioni con la durata dei dispositivi StorInPlus. Questo algoritmo considera:

- Modelli di Degradazione: incorpora modelli dettagliati di invecchiamento e degradazione delle batterie
- Gestione del SOC: mantiene lo stato di carica entro range ottimali per prolungare la vita utile
- Limitazione Stress Termico: gestisce i cicli di carica/scarica per minimizzare lo stress termico
- Bilanciamento delle Celle: ottimizza l'utilizzo per mantenere un bilanciamento ottimale delle celle
- Profili di Potenza Ottimali: genera profili di potenza che minimizzano lo stress sui componenti
- Rotazione del Carico: distribuisce il carico tra i dispositivi per equalizzare l'usura

L'algoritmo implementa modelli elettrochimici avanzati combinati con tecniche di ottimizzazione multi-obiettivo per trovare il miglior compromesso tra performance e longevità.

Algoritmi Predittivi

Gli algoritmi predittivi utilizzano serie storiche e modelli di forecasting per anticipare le condizioni future. Questi algoritmi includono:

- Previsione Domanda Energetica: utilizza modelli ARIMA, reti neurali e machine learning per prevedere la domanda
- Previsione Produzione Rinnovabile: incorpora dati meteorologici e modelli specifici per prevedere la produzione da fonti rinnovabili
- Previsione Fluttuazioni Frequenza: analizza pattern storici per anticipare necessità di regolazione frequenza
- Modelli Bayesiani: gestisce l'incertezza nelle previsioni con approcci probabilistici
- Ensemble Forecasting: combina multiple tecniche predittive per migliorare l'accuratezza
- Rolling Horizon Forecasting: aggiorna continuamente le previsioni con nuovi dati

I modelli predittivi vengono costantemente valutati e calibrati in base alle performance storiche per migliorare la loro accuratezza nel tempo.

Algoritmi Adattivi

Gli algoritmi adattivi implementano meccanismi di autoapprendimento basati sulle prestazioni reali dei dispositivi. Questi algoritmi includono:

- Reinforcement Learning: apprende strategie ottimali di gestione energetica attraverso interazioni con l'ambiente
- Feedback Loop Controllers: adatta i parametri di controllo in base alle performance osservate

- Modelli di Auto-Calibrazione: aggiusta automaticamente i parametri dei modelli in base ai dati reali
- Apprendimento Incrementale: migliora continuamente i modelli con nuovi dati operativi
- Identificazione Anomalie: rileva e adatta il comportamento in risposta a performance anomale
- Transfer Learning: trasferisce conoscenze apprese da un dispositivo all'altro

Gli algoritmi adattivi consentono al sistema di migliorare continuamente le proprie performance e adattarsi ai cambiamenti nelle condizioni operative o nel degrado dei componenti.

Funzionalità Principali

Elaborazione Multi-obiettivo

Il modulo implementa un framework di ottimizzazione multi-obiettivo che bilancia:

- Massimizzazione del ritorno economico
- Minimizzazione dell'invecchiamento delle batterie
- Massimizzazione dell'affidabilità dei servizi di rete
- Ottimizzazione dell'efficienza energetica
- Rispetto dei vincoli contrattuali con gli operatori di rete
- Gestione delle priorità tra servizi competitivi

L'approccio multi-obiettivo utilizza tecniche di ottimizzazione Pareto-efficiente e ponderazione adattiva degli obiettivi in base alle priorità operative correnti.

Gestione dei Vincoli

Il modulo implementa una gestione sofisticata dei vincoli, che include:

- Vincoli Tecnici Dispositivi:
  - Limiti di potenza (carica/scarica)
  - Range operativi SOC (min/max)
  - Tassi massimi di variazione potenza (ramp rate)
  - Limiti termici
  - Vincoli cicli di vita
- Vincoli Contrattuali:
  - Requisiti minimi di disponibilità servizi
  - Tempi di risposta garantiti

    - Durata minima erogazione servizi
    - Profondità di intervento concordata
- Vincoli di Rete:
    - Limitazioni capacità connessione
    - Requisiti qualità servizio
    - Vincoli normativi
- Vincoli Economici:
    - Budget operativi
    - Obiettivi di redditività
    - Limiti esposizione rischio

Il sistema di gestione vincoli utilizza tecniche di programmazione a vincoli (Constraint Programming) e metodi di penalizzazione adattiva per garantire soluzioni fattibili.

Pianificazione Ottimale

Il modulo determina profili di utilizzo ottimali attraverso:

- Pianificazione Day-Ahead: definisce il piano operativo giornaliero ottimale
- Schedulazione Oraria: determina setpoint orari per ciascun servizio
- Allocazione Capacità: distribuisce la capacità regolante tra i dispositivi
- Coordinamento Servizi: gestisce le priorità tra servizi concorrenti
- Ottimizzazione Periodi Critici: focalizza risorse durante periodi ad alto valore
- Gestione Riserve: mantiene capacità di riserva per servizi prioritari

La pianificazione implementa un approccio gerarchico con ottimizzazione a lungo termine che fornisce vincoli per l'ottimizzazione a breve termine.

Adattamento Dinamico

Il modulo implementa meccanismi di adattamento dinamico che includono:

- Ricalcolo Periodico: aggiorna i setpoint ogni 15 minuti in base alle condizioni correnti
- Trigger Events: avvia ricalcoli immediati in risposta a eventi significativi
- Correzione in Tempo Reale: aggiusta i setpoint per compensare deviazioni dalla pianificazione
- Gestione Emergenze: implementa strategie di risposta rapida per condizioni critiche
- Adattamento Stagionale: modifica le strategie in base ai pattern stagionali

- Apprendimento Continuo: incorpora nuovi dati per migliorare i modelli

Il sistema di adattamento dinamico bilancia stabilità operativa e reattività alle condizioni variabili.

Step Metodologici di Ottimizzazione

Step 1: Ottimizzazione Preliminare (Day-Ahead)

Questo step, eseguito il giorno prima per il giorno successivo, implementa:

1. Aggregazione Virtual Storage: considera tutti gli StorInPlus come un'unica entità
2. Definizione Richieste Contrattuali: determina requisiti per fast reserve, inerzia sintetica e altri servizi
3. Definizione Vincoli Aggregati: stabilisce limiti operativi dell'aggregato di dispositivi
4. Formulazione Problema Ottimizzazione: definisce funzione obiettivo e vincoli
5. Risoluzione MILP: utilizza solver MILP per determinare la capacità regolante ottimale
6. Verifica Fattibilità: controlla che la soluzione rispetti tutti i vincoli critici

L'output è rappresentato dalle quantità orarie totali di energia da accumulare/prelevare per ogni servizio, considerando le capacità complessive del Virtual Storage aggregato.

Step 2: Ripartizione alle Singole Unità (Day-Ahead)

Questo step, sempre eseguito il giorno prima per il giorno successivo, implementa:

1. Acquisizione Risultati Step 1: importa le quantità totali determinate
2. Analisi Dispositivi Individuali: valuta caratteristiche e stato di ciascun StorInPlus
3. Definizione Vincoli Individuali: stabilisce i vincoli specifici per dispositivo
4. Formulazione Problema Ripartizione: definisce il modello di ottimizzazione per la ripartizione
5. Risoluzione Ottimizzazione: determina la capacità da assegnare a ciascun dispositivo
6. Generazione Setpoint Individuali: calcola i setpoint per ogni dispositivo e intervallo orario

L'output è una pianificazione dettagliata che specifica l'assegnazione della capacità regolante a ciascun dispositivo StorInPlus per ogni intervallo orario.

Step 3: Rielaborazione in Tempo Reale (Intra-Day)

Questo step, eseguito ciclicamente ogni 15 minuti durante l'operatività, implementa:

1. Monitoraggio Tempo Reale: acquisisce dati operativi aggiornati di tutti i dispositivi

2. Confronto con Pianificazione: identifica deviazioni tra servizio erogato e pianificato
3. Valutazione Scostamenti: quantifica e analizza le cause degli scostamenti
4. Riformulazione Problema: aggiorna il modello di ottimizzazione con dati correnti
5. Calcolo Nuovi Setpoint: determina aggiustamenti necessari ai setpoint
6. Comunicazione ai Dispositivi: trasmette nuovi setpoint agli StorInPlus

Questo ciclo continuo di monitoraggio, valutazione e aggiustamento garantisce che il servizio rimanga ottimizzato nonostante variazioni delle condizioni operative.

Integrazione con Altri Moduli

Il modulo Setpoint Optimization opera in stretto coordinamento con altri moduli della piattaforma:

- Energy Data Aggregation: riceve dati storici e in tempo reale sullo stato dei dispositivi e le condizioni operative
- Frequency Regulation Slot Manager: coordina la capacità regolante con gli slot temporali assegnati da Terna
- Notification and Alert Service: riceve notifiche su anomalie o condizioni critiche che richiedono riadattamento
- Peak Shaving and Load Levelling Scheduler: coordina i setpoint di regolazione frequenza con altri servizi
- Custom MQTT Handler: comunica i setpoint calcolati ai dispositivi tramite protocollo MQTT

Parametri di Configurazione

Il modulo Setpoint Optimization è altamente configurabile attraverso numerosi parametri, tra cui:

- Frequenza di Ricalcolo: intervallo di aggiornamento dei setpoint (default: 15 minuti)
- Pesi Obiettivi: importanza relativa degli obiettivi economici vs tecnici
- Orizzonte di Pianificazione: periodo temporale considerato nell'ottimizzazione (default: 24 ore)
- Tolleranze Scostamento: soglie che attivano il ricalcolo dei setpoint
- Parametri Algoritmi: configurazioni specifiche per ciascun algoritmo implementato
- Vincoli Operativi Default: valori predefiniti per vincoli comuni

Metriche di Performance

Il modulo monitora continuamente le proprie performance attraverso metriche chiave:

- Accuratezza Previsioni: confronto tra valori previsti e reali
- Efficacia Economica: valore economico generato vs ottimale teorico
- Aderenza Setpoint: deviazione dei dispositivi dai setpoint assegnati
- Tempo di Calcolo: efficienza computazionale degli algoritmi
- Stabilità Soluzioni: variabilità dei setpoint nel tempo
- Violazioni Vincoli: frequenza e severità di eventuali violazioni

Esempio di Workflow Operativo

Un tipico workflow operativo del modulo Setpoint Optimization include:

1. Fase Day-Ahead (ore 12:00 del giorno D-1):
    - Acquisizione previsioni di mercato e operative per il giorno D
    - Esecuzione Step 1 (ottimizzazione aggregata)
    - Esecuzione Step 2 (ripartizione ai dispositivi)
    - Generazione piano operativo per il giorno D
    - Trasmissione setpoint preliminari ai dispositivi
2. Fase Intra-Day (ogni 15 minuti durante il giorno D):
    - Acquisizione dati operativi aggiornati
    - Valutazione performance rispetto al piano
    - Esecuzione Step 3 (ottimizzazione real-time)
    - Aggiornamento setpoint
    - Monitoraggio risultati

Il modulo registra tutte le decisioni di ottimizzazione e i relativi parametri per consentire analisi retrospettive e miglioramento continuo degli algoritmi.

3.3 FREQUENCY REGULATION SLOT MANAGER

Questo modulo specializzato gestisce gli slot temporali assegnati per la regolazione della frequenza in collaborazione con Terna (Transmission System Operator italiano), garantendo la conformità ai requisiti tecnici e normativi.

Funzionalità Principali

- Gestione del calendario di servizio: pianificazione degli slot di disponibilità
- Comunicazione con Terna: scambio bidirezionale di informazioni tramite protocolli standardizzati
- Attivazione del servizio: gestione dei segnali di attivazione e disattivazione
- Monitoraggio della performance: verifica della qualità del servizio fornito
- Reporting e certificazione: documentazione delle prestazioni per la validazione del servizio

Modalità Operative

- Regolazione primaria: risposta automatica e proporzionale alle deviazioni di frequenza
- Regolazione secondaria: risposta a setpoint dinamici inviati dal TSO
- Regolazione terziaria: attivazione manuale o programmata per bilanciamento energetico

Il modulo assicura che gli StorInPlus rispondano tempestivamente alle richieste di regolazione, coordina le operazioni dei dispositivi per fornire un servizio affidabile e garantisce la conformità ai requisiti del gestore della rete elettrica.

3.4 NOTIFICATION AND ALERT SERVICE

Sistema di monitoraggio proattivo che verifica costantemente le condizioni operative degli StorInPlus e gestisce le notifiche per anomalie o situazioni critiche.

Tipi di Allarmi

- Allarmi operativi: deviazioni dai parametri normali di funzionamento
- Allarmi tecnici: malfunzionamenti hardware o software
- Allarmi predittivi: segnalazione di potenziali problemi futuri
- Allarmi di sistema: problemi a livello di piattaforma o comunicazione
- Allarmi di sicurezza: tentativi di accesso non autorizzato o altre minacce

Funzionalità Principali

- Monitoraggio continuo: verifica costante di parametri e condizioni operative
- Classificazione degli allarmi: categorizzazione per tipo, gravità e priorità
- Notifiche multicanale: email, SMS, notifiche push, integrazione con sistemi esterni

- Gestione del ciclo di vita: tracciamento dallo stato attivo alla risoluzione
- Escalation automatica: coinvolgimento progressivo di livelli superiori di responsabilità
- Reportistica: analisi statistiche sulla frequenza e tipologia degli allarmi

Il modulo migliora la reattività del sistema e garantisce una gestione sicura e affidabile attraverso l'individuazione tempestiva di anomalie e la notifica agli operatori responsabili.

3.5 PEAK SHAVING AND LOAD LEVELLING SCHEDULER

Il modulo Peak Shaving and Load Levelling Scheduler è un componente specializzato della piattaforma ViSto dedicato alla pianificazione e al coordinamento delle operazioni di gestione dei profili di carico energetico. Questo modulo ottimizza l'utilizzo dell'energia accumulata nei sistemi StorInPlus per ridurre i picchi di domanda sulla rete (peak shaving) e livellare il profilo di carico (load levelling), contribuendo alla stabilità della rete e alla riduzione dei costi energetici.

Funzionalità Principali

Pianificazione Dinamica

Il modulo analizza i flussi energetici storici e previsti per determinare le soglie operative ottimali e i momenti più efficaci per l'intervento. Questa pianificazione considera:

- Analisi dei profili di carico storici e modelli di consumo ricorrenti
- Previsione dei picchi di domanda utilizzando modelli statistici e di machine learning
- Calcolo delle soglie di intervento basato su parametri tecnici ed economici
- Identificazione dei momenti ottimali per l'attivazione dei sistemi StorInPlus.

Esecuzione Automatizzata

Il modulo coordina in tempo reale l'attuazione dei setpoint sugli StorInPlus, garantendo che:

- I piani elaborati vengano tradotti in comandi operativi precisi
- La sincronizzazione tra dispositivi multipli sia mantenuta
- L'esecuzione dei comandi venga verificata e confermata
- Le eventuali deviazioni vengano gestite tempestivamente.

Monitoraggio Continuo

Attraverso un sistema di monitoraggio costante, il modulo:

- Verifica in tempo reale le prestazioni del sistema rispetto agli obiettivi
- Identifica rapidamente scostamenti dai comportamenti attesi
- Adatta le operazioni in base alle condizioni reali riscontrate
- Ottimizza continuamente l'efficacia degli interventi.

Ottimizzazione Predittiva

Il modulo implementa strategie predittive per:

- Anticipare i picchi di carico basandosi su previsioni a breve termine
- Pre-posizionare lo stato di carica dei sistemi StorInPlus
- Massimizzare l'efficacia degli interventi di peak shaving
- Migliorare continuamente l'accuratezza delle previsioni

Gestione Multi-dispositivo

Per coordinare efficacemente multipli sistemi StorInPlus, il modulo:

- Bilancia il carico di lavoro tra i diversi dispositivi
- Considera le caratteristiche specifiche di ciascun sistema
- Implementa strategie di rotazione per equalizzare l'usura
- Ottimizza la distribuzione geografica degli interventi

Reportistica

Il modulo fornisce strumenti di analisi e reportistica per:

- Valutare l'efficacia delle operazioni di peak shaving e load levelling
- Quantificare i benefici economici e tecnici ottenuti
- Identificare opportunità di miglioramento
- Documentare le performance per scopi contrattuali e regolatori.

Strategie Implementate

Peak Shaving Statico

Questa strategia utilizza soglie di potenza predefinite e:

- Monitora continuamente il prelievo/immissione di potenza
- Interviene quando la potenza supera le soglie stabilite
- Applica un controllo proporzionale basato sull'entità del superamento
- Gestisce il recupero energetico post-intervento

Peak Shaving Dinamico

Evoluzione del peak shaving statico, questa strategia:

- Adatta le soglie in tempo reale in base alle condizioni operative
- Considera fattori ambientali, economici e tecnici attuali
- Implementa interventi anticipatori basati su previsioni
- Apprende continuamente dai risultati per migliorare le prestazioni future

Load Levelling Giornaliero

Per ottimizzare il profilo di carico nell'arco della giornata, il modulo:

- Analizza il profilo di carico previsto nelle 24 ore
- Pianifica cicli di carica durante i periodi di basso carico
- Programma cicli di scarica durante i periodi di alto carico
- Ricalcola periodicamente il piano durante la giornata

Load Levelling Settimanale

Estensione su scala settimanale del load levelling, questa strategia:

- Considera i pattern di consumo dei diversi giorni della settimana
- Gestisce le riserve energetiche con orizzonte settimanale
- Adatta le operazioni alle variazioni stagionali
- Coordina gli interventi con eventuali attività di manutenzione

Il modulo si integra con gli altri componenti della piattaforma ViSto, in particolare con Energy Data Aggregation per l'acquisizione dei dati, Setpoint Optimization per il coordinamento delle strategie, e Custom MQTT Handler per la comunicazione con i dispositivi in campo.

3.6 CUSTOM MQTT HANDLER

Componente fondamentale per l'infrastruttura di comunicazione della piattaforma, questo modulo gestisce lo scambio bidirezionale di informazioni tra i gateway e la piattaforma cloud attraverso il protocollo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport).

Funzionalità Principali

- Gestione delle connessioni: stabilisce e mantiene connessioni sicure con i dispositivi
- Pubblicazione e sottoscrizione: implementa il pattern publish/subscribe di MQTT
- Gestione QoS: supporta diversi livelli di Quality of Service per diversi tipi di messaggi
- Persistenza dei messaggi: garantisce la consegna anche in caso di disconnessioni temporanee
- Compressione e ottimizzazione: riduce il volume di dati trasmessi
- Autenticazione e crittografia: implementa meccanismi di sicurezza TLS/SSL

Struttura dei Topic MQTT

La piattaforma utilizza una struttura gerarchica dei topic MQTT per organizzare il flusso di informazioni:

visto/[tipo_dispositivo]/[id_dispositivo]/[categoria]/[tipo_dato]
Esempi:

- visto/storinplus/001/telemetry/soc: Stato di carica del dispositivo 001
- visto/storinplus/001/command/setpoint: Comando per impostare un setpoint
- visto/gateway/002/status/connection: Stato della connessione del gateway 002

Il modulo garantisce trasmissione sicura ed efficiente dei dati in tempo reale tra i dispositivi sul campo e la piattaforma centrale, ottimizzando l'efficienza delle comunicazioni e riducendo al minimo i problemi di latenza o perdita di dati.

4 SISTEMA DI COMUNICAZIONE

La piattaforma ViSto implementa un'architettura di comunicazione avanzata che consente l'integrazione efficiente di dispositivi eterogenei e lo scambio sicuro di informazioni tra i diversi componenti del sistema.

4.1 PROTOCOLLI SUPPORTATI

La piattaforma supporta diversi protocolli di comunicazione, selezionati per garantire efficienza, sicurezza e interoperabilità:

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)

- Utilizzo principale: comunicazione bidirezionale tra gateway e piattaforma cloud
- Vantaggi:
  - Protocollo leggero, ideale per dispositivi con risorse limitate
  - Pattern publish/subscribe per comunicazione efficiente
  - Supporto per Quality of Service (QoS) differenziati
  - Bassi consumi di banda e overhead ridotto
- Implementazione: MQTT 5.0 con supporto TLS 1.3
- Configurazione:
  - QoS 0 per dati non critici (telemetria ad alta frequenza)
  - QoS 1 per dati importanti (stati, allarmi)
  - QoS 2 per comandi critici (setpoint, configurazioni).

Modbus-Serial

- Utilizzo principale: comunicazione tra gateway e StorInPlus
- Caratteristiche:
  - Protocollo industriale consolidato e affidabile
  - Ideale per comunicazione punto-punto su distanze limitate
  - Supporto per lettura/scrittura di registri
- Implementazione: RTU su RS-485 a 19200 baud
- Mappatura registri:
  - Registri 30001-30099: Parametri di stato in sola lettura

- Registri 40001-40099: Parametri configurabili in lettura/scrittura
- Registri 10001-10099: Ingressi digitali in sola lettura.

HTTP/HTTPS

- Utilizzo principale: interfacce web e API REST
- Caratteristiche:
  - Protocollo standard per applicazioni web
  - Supporto per autenticazione e autorizzazione avanzate
  - Ideale per trasferimento di grandi volumi di dati
- Implementazione: HTTP/2 con TLS 1.3
- Endpoint API:
  - /api/v1/devices: gestione dispositivi
  - /api/v1/telemetry: accesso ai dati storici
  - /api/v1/alerts: gestione allarmi
  - /api/v1/configuration: gestione configurazioni.

WebSocket (WSS)

- Utilizzo principale: comunicazioni bidirezionali in tempo reale con le interfacce utente
- Caratteristiche:
  - Comunicazione full-duplex su TCP
  - Latenza ridotta per aggiornamenti in tempo reale
  - Mantenimento della connessione
- Implementazione: WebSocket Secure (WSS) con compressione
- Utilizzo:
  - Aggiornamento dashboard in tempo reale
  - Notifiche push agli operatori
  - Visualizzazione real-time degli allarmi.

Agenti di Comunicazione

Il sistema degli agenti rappresenta uno strato di astrazione che facilita l'integrazione di dispositivi eterogenei con la piattaforma. La piattaforma ViSto supporta i seguenti tipi di agenti:

Agenti Nativi

- HTTP: per dispositivi con API REST
- MQTT: per dispositivi IoT compatibili con MQTT
- Serial: per dispositivi con interfaccia seriale (RS-232/485)
- UDP: per protocolli di comunicazione leggeri e ad alte prestazioni
- Mail: per notifiche e comunicazioni asincrone.

Agenti Personalizzabili

La piattaforma consente la creazione di agenti personalizzati per supportare protocolli proprietari o legacy, attraverso:

- Framework di sviluppo agenti con SDK documentato
- Mappatura e conversione protocolli
- Simulazione e test integrati
- Monitoraggio delle performance.

Architettura degli Agenti

Ogni agente implementa:

- Gestione connessione (stabilimento, mantenimento, riconnessione)
- Conversione protocollo (da/verso formato interno della piattaforma)
- Buffering dei dati (per gestire disconnessioni temporanee)
- Logging e diagnostica
- Sicurezza (autenticazione, crittografia).

Integrazione con Sistemi Esterni

La piattaforma ViSto è progettata per integrarsi con sistemi esterni attraverso interfacce standardizzate:

API REST

- Documentazione completa in formato OpenAPI 3.0
- Supporto versioning per compatibilità retroattiva
- Rate limiting e protezione DoS

- Autenticazione OAuth 2.0 / OpenID Connect

MQTT Broker

- Accesso esterno tramite ACL (Access Control List)
- Bridging con altri broker MQTT
- Supporto per MQTT over WebSocket.

Connettori Specializzati

- Integrazione con SCADA e DCS industriali
- Supporto per BMS (Building Management Systems)
- Connettori per sistemi di gestione dell'energia (EMS)
- Integrazione con piattaforme cloud di terze parti.

Gateway Third-party

La piattaforma può integrarsi con gateway di terze parti che supportano protocolli standard come:

- OPC UA
- IEC 61850
- DNP3
- BACnet.

Online Data Sources

Integrazione con fonti di dati online per arricchire le analisi:

- Previsioni meteo
- Prezzi dell'energia nei mercati
- Dati di rete del TSO (Terna)
- Feed di dati ambientali.

Sicurezza delle Comunicazioni

Tutte le comunicazioni sono protette mediante:

- Crittografia TLS/SSL per tutti i protocolli supportati
- Autenticazione reciproca (mutual TLS)
- Rotazione periodica delle credenziali
- Firme digitali per comandi critici
- VPN per comunicazioni in reti non sicure
- Rilevamento intrusioni e anomalie

5 INTEGRAZIONE CON GLI STORINPLUS

Gli StorInPlus rappresentano i dispositivi di accumulo distribuiti che vengono gestiti dalla piattaforma ViSto. L'integrazione efficace con questi dispositivi è fondamentale per il corretto funzionamento del sistema.

Gateway ViSto

Il gateway ViSto è un componente hardware-software progettato specificamente per fungere da intermediario tra gli StorInPlus e la piattaforma centrale. Questo dispositivo svolge un ruolo cruciale nel garantire una comunicazione bidirezionale affidabile e sicura. Il funzionamento del Gateway si vedrà in modo approfondito nella sezione undicesima del documento.

5.1 PROTOCOLLI DI EMERGENZA

In caso di interruzioni prolungate della comunicazione o anomalie gravi, il sistema implementa protocolli di emergenza:

Disconnessione dalla Piattaforma

- Il gateway passa automaticamente in modalità autonoma
- Continua a monitorare i dispositivi e archivia i dati localmente
- Applica algoritmi di controllo locali per mantenere la sicurezza operativa
- Tenta periodicamente di ristabilire la connessione

Disconnessione dagli StorInPlus

- Il gateway notifica immediatamente la piattaforma
- Attiva procedure di diagnostica automatica
- Tenta il ripristino automatico della comunicazione
- Fornisce informazioni dettagliate per l'intervento tecnico

Guasto del Gateway

- La piattaforma rileva la disconnessione tramite il Last Will Testament MQTT
- Notifica agli operatori la perdita di comunicazione
- Implementa strategie di sicurezza predefinite per i dispositivi non raggiungibili
- Attiva procedure di intervento tecnico

6 INTERFACCIA UTENTE

La piattaforma ViSto offre diverse interfacce utente ottimizzate per differenti profili di utilizzo e casi d'uso. Tutte le interfacce sono progettate secondo principi di user experience avanzati, garantendo accessibilità, responsività e facilità d'uso.

6.1 VISTO MONITORING DASHBOARD

La dashboard di monitoraggio rappresenta l'interfaccia principale per la supervisione operativa del sistema, offrendo una visualizzazione in tempo reale dello stato complessivo.

Funzionalità Principali

- Vista Sinottica: rappresentazione grafica dell'intero sistema con codifica a colori dello stato
- Pannelli Personalizzabili: componenti drag-and-drop per adattare la visualizzazione alle esigenze
- Telemetria in Tempo Reale: aggiornamento continuo dei parametri operativi critici
- Gestione Allarmi: visualizzazione, acknowledge e gestione degli allarmi attivi
- Trend Storici: grafici interattivi dei parametri principali con zoom e confronti
- Mappa Geografica: distribuzione territoriale dei dispositivi (se applicabile).

Layout e Organizzazione

- Header: barra di navigazione principale, notifiche, menu utente
- Sidebar: navigazione contestuale, filtri, strumenti
- Area Principale: visualizzazione dei contenuti selezionati
- Footer: informazioni di stato, versione, assistenza

Visualizzazioni Specializzate

- Device Details: vista dettagliata di un singolo dispositivo
- Alarm Console: console dedicata alla gestione degli allarmi
- Performance Overview: metriche chiave di performance
- Services Status: stato dei servizi di rete forniti
- System Health: diagnostica dello stato di salute del sistema

Personalizzazione

- Temi visivi (chiaro/scuro)
- Layout adattabili (desktop, tablet, mobile)
- Preferenze utente salvate nel profilo
- Dashboard preferite e configurazioni rapide

6.2 ENERGY AND SERVICES ANALYTICS

Modulo specializzato per l'analisi avanzata dei dati, il reporting e l'ottimizzazione delle strategie operative.

Funzionalità Analitiche

- Analisi Performance: valutazione dettagliata dell'efficacia dei servizi
- Analisi Economica: calcolo del valore generato dai servizi di rete
- Forecasting: previsione del comportamento futuro basata su modelli
- What-If Analysis: simulazione di scenari alternativi per ottimizzazione
- Ottimizzazione Strategica: raccomandazioni per migliorare i profitti

Strumenti di Visualizzazione

- Dashboard Analitiche: rappresentazioni visive configurabili

- Report Interattivi: filtri e drill-down per esplorare i dati
- Heat Maps: visualizzazione di pattern e correlazioni
- Grafici Avanzati: serie temporali multiple, grafici a dispersione, box plot
- Grafici di Confronto: periodi, dispositivi, servizi

Reporting

- Report Automatici: generazione programmata con distribuzione via email
- Report Ad-Hoc: creazione on-demand di report personalizzati
- Export: esportazione in vari formati (PDF, Excel, CSV, JSON)
- Condivisione: condivisione diretta con altri utenti della piattaforma
- Annotazioni: possibilità di aggiungere note e commenti ai report

6.3 APPLICAZIONI PERSONALIZZATE

La piattaforma supporta lo sviluppo e l'integrazione di applicazioni custom, ottimizzate per casi d'uso specifici e diverse tipologie di utenti.

Tipi di Applicazioni

- Webapps: applicazioni web responsive per desktop e mobile
- Console Specializzate: interfacce dedicate per operazioni specifiche
- Mobile Apps: applicazioni native per Android e iOS
- Widget Integrabili: componenti per l'integrazione in portali esterni

Framework di Sviluppo

- API documentate per l'integrazione
- SDK per sviluppatori
- Componenti riutilizzabili
- Strumenti di test e simulazione
- Ambiente di sviluppo sandboxed

Sicurezza delle Applicazioni

- Autenticazione OAuth 2.0
- Gestione granulare dei permessi
- Protezione da minacce web (XSS, CSRF, SQL Injection)

- Audit logging di tutte le operazioni

6.4 GRID OPERATOR INTERFACE

Interfaccia specializzata per gli operatori di rete, focalizzata sulla gestione e il monitoraggio dei servizi di rete forniti dalla piattaforma.

Funzionalità Principali

- Monitoraggio Servizi: visualizzazione in tempo reale dei servizi attivi
- Prestazioni di Regolazione: metriche dettagliate sulla qualità del servizio di regolazione frequenza
- Programmazione Servizi: pianificazione e gestione degli slot di servizio
- Conformità e Certificazione: strumenti per la verifica della conformità ai requisiti
- Interazione con TSO: interfaccia per la comunicazione con l'operatore di rete

Visualizzazioni Specializzate

- Frequency Response: analisi dettagliata della risposta alle variazioni di frequenza
- Service Availability: panoramica della disponibilità dei servizi
- Performance Metrics: KPI specifici per i servizi di rete
- Compliance Reporting: reportistica automatica per la certificazione

Integrazione con Sistemi di Rete

- Scambio Dati Standardizzato: supporto per formati di scambio dati con TSO
- Interoperabilità: conformità agli standard del settore
- Sicurezza Avanzata: protezioni specifiche per sistemi critici

7 SICUREZZA E GESTIONE DEGLI ACCESSI

La sicurezza è un aspetto fondamentale della piattaforma ViSto, che implementa un sistema completo per la protezione dei dati, delle comunicazioni e delle operazioni.

7.1 MODELLO DI SICUREZZA

La piattaforma implementa un approccio stratificato alla sicurezza, basato sul principio di difesa in profondità:

Livelli di Protezione

1. Perimetro: firewall, IDS/IPS, DMZ
2. Rete: segregazione, VLAN, crittografia
3. Host: hardening OS, antivirus, patch management
4. Applicazione: sicurezza del codice, protezione da vulnerabilità
5. Dati: crittografia, controllo accessi, audit

Principi di Sicurezza Applicati

- Least Privilege: accesso minimo necessario per ogni utente/componente
- Defense in Depth: protezioni multiple e ridondanti
- Segregation of Duties: separazione delle responsabilità critiche
- Need to Know: limitazione dell'accesso alle informazioni critiche
- Secure by Design: sicurezza integrata nella progettazione.

Sicurezza Fisica e Ambientale

- Gateway e Dispositivi:
  - Protezione da manomissione
  - Sensori ambientali
  - Accesso controllato
- Infrastruttura Cloud:
  - Datacenter certificati
  - Ridondanza geografica
  - Business continuity

7.2 GESTIONE DEGLI UTENTI

Il sistema di gestione degli utenti consente la definizione granulare di profili, ruoli e permessi:

Gestione delle Identità

- Single Sign-On: integrazione con sistemi di identità aziendali

- Autenticazione Multi-fattore:
  - Password complesse
  - Token hardware/software
  - Biometria (se supportata)
- Directory Centralizzata: gestione unificata degli account
- Lifecycle Management: creazione, modifica, disabilitazione, eliminazione.

Controllo Accessi Basato su Ruoli (RBAC)

Il sistema implementa un modello RBAC avanzato con:

- Ruoli Predefiniti:
  - Administrator: accesso completo al sistema
  - Operator: gestione operativa dei dispositivi
  - Engineer: configurazione e ottimizzazione
  - Analyst: accesso in sola lettura ai dati e report
  - Auditor: visualizzazione log e audit trail
- Ruoli Personalizzati: creazione di ruoli su misura
- Permessi Granulari: oltre 50 permessi specifici configurabili
- Gerarchie di Ruoli: ereditarietà dei permessi

Profili di Accesso

Per ciascun utente è possibile definire:

- Ruoli assegnati
- Limitazioni temporali (orari, giorni)
- Limitazioni geografiche (IP, paesi)
- Dispositivi autorizzati
- Livello di autenticazione richiesto

7.3 PROTEZIONE DEI DATI

La piattaforma implementa meccanismi avanzati per garantire la protezione dei dati:

Crittografia

- Dati in transito: TLS 1.3 per tutte le comunicazioni
- Dati a riposo: crittografia AES-256 per storage
- Gestione chiavi: sistema di gestione chiavi con rotazione automatica
- Firme digitali: per comandi critici e configurazioni

Classificazione dei Dati

I dati sono classificati in base a:

- Sensibilità (pubblica, interna, confidenziale, riservata)
- Criticità operativa
- Requisiti normativi
- Impatto potenziale

Data Protection e Privacy

- Conformità GDPR e normative sulla privacy
- Minimizzazione dei dati personali
- Anonimizzazione e pseudonimizzazione
- Politiche di conservazione e cancellazione

Backup e Recovery

- Backup incrementali giornalieri
- Backup completi settimanali
- Archiviazione geograficamente distribuita
- Test periodici di ripristino

Sicurezza Operativa

La sicurezza operativa garantisce il mantenimento del livello di protezione durante l'intero ciclo di vita del sistema:

Monitoraggio e Logging

- Security Information and Event Management (SIEM):
  - Raccolta centralizzata dei log
  - Correlazione eventi
  - Rilevamento anomalie
  - Alerting in tempo reale
- Audit Logging:
  - Tracciamento di tutte le operazioni critiche
  - Identificazione utente e timestamp
  - Dettagli dell'operazione
  - Conservazione sicura a lungo termine

Vulnerability Management

- Scansione periodica per vulnerabilità
- Patch management
- Test di penetrazione
- Bug bounty program

Incident Response

- Procedure documentate per gestione incidenti
- Team dedicato con ruoli definiti
- Comunicazione e escalation
- Post-mortem e miglioramento continuo

Security Compliance

- Conformità a standard industriali (ISO 27001, IEC 62351)
- Assessment periodici
- Aggiornamento continuo delle misure di sicurezza
- Formazione del personale

8 PROCEDURE OPERATIVE

Questa sezione descrive le procedure operative standard per la gestione quotidiana della piattaforma ViSto, fornendo una guida dettagliata per gli operatori e i responsabili tecnici.

8.1 STARTUP E SHUTDOWN

Procedura di Avvio Pianificato

L'avvio pianificato della piattaforma segue una sequenza precisa per garantire l'integrità del sistema:

1. Preparazione:
    - Verifica delle condizioni ambientali (temperatura, umidità)
    - Controllo dell'alimentazione e dei sistemi UPS
    - Notifica agli stakeholder dell'imminente avvio
2. Avvio Infrastruttura Base:
    - Attivazione dell'hardware di rete
    - Avvio del database
    - Verifica della connettività di base
3. Attivazione Servizi Core:
    - Avvio dei servizi di identità e autenticazione
    - Inizializzazione del broker MQTT
    - Avvio del sistema di logging e monitoraggio
4. Avvio Moduli Funzionali:
    - Attivazione sequenziale dei moduli:
        1. Energy Data Aggregation
        2. Notification and Alert Service
        3. Custom MQTT Handler
        4. Setpoint Optimization
        5. Frequency Regulation Slot Manager
        6. Peak Shaving and Load Levelling Scheduler

5. Attivazione Interfacce:
    - Avvio dei servizi web e API
    - Attivazione delle dashboard e interfacce utente
    - Verifica dell'accessibilità da postazioni remote
6. Verifica Post-Avvio:
    - Controllo dello stato di tutti i servizi
    - Verifica della connettività con i gateway
    - Test di comunicazione con gli StorInPlus
    - Validazione della telemetria e dei dati operativi

Procedura di Spegnimento Controllato

1. Preparazione:
    - Notifica agli utenti dello spegnimento pianificato
    - Completamento o sospensione delle operazioni in corso
    - Messa in sicurezza dei dispositivi di campo
2. Disattivazione Interfacce:
    - Chiusura controllata delle interfacce utente
    - Terminazione delle sessioni attive
    - Disattivazione dei servizi web e API
3. Arresto Moduli Funzionali:
    - Disattivazione sequenziale inversa:
        1. Peak Shaving and Load Levelling Scheduler
        2. Frequency Regulation Slot Manager
        3. Setpoint Optimization
        4. Custom MQTT Handler
        5. Notification and Alert Service
        6. Energy Data Aggregation
4. Salvataggio dello Stato:
    - Backup della configurazione corrente

- Archiviazione dei dati operativi
- Documentazione dello stato al momento dello spegnimento

5. Arresto Servizi Core:
   - Terminazione del broker MQTT
   - Spegnimento del sistema di identità
   - Arresto controllato del database
6. Verifica Post-Spegnimento:
   - Controllo del corretto arresto di tutti i servizi
   - Verifica dell'integrità del backup
   - Documentazione di eventuali anomalie

8.2 MONITORAGGIO DEL SISTEMA

Il monitoraggio continuo della piattaforma è essenziale per garantire la continuità operativa e prevenire problemi potenziali:

Monitoraggio Proattivo

1. Dashboard Operativa:
   - Visualizzazione dello stato generale in tempo reale
   - Indicatori di performance chiave (KPI)
   - Trend e pattern anomali
   - Status di tutti i componenti critici
2. Alert Automatici:
   - Definizione di soglie e condizioni di allarme
   - Notifiche multicanale (email, SMS, app)
   - Escalation automatica in base alla gravità
   - Aggregazione intelligente degli allarmi correlati
3. Monitoraggio delle Performance:
   - Latenza e throughput delle comunicazioni

- Utilizzo delle risorse (CPU, memoria, I/O)
- Tempi di risposta delle API
- Performance delle query database

4. Controlli di Disponibilità:

- Monitoraggio heartbeat di tutti i componenti
- Verifica della connettività end-to-end
- Test di funzionalità automatizzati
- Controllo della ridondanza e failover

Procedure di Monitoraggio Periodico

1. Controllo Quotidiano:

- Verifica dello stato generale del sistema
- Revisione degli allarmi delle ultime 24 ore
- Controllo della connettività con tutti i dispositivi
- Verifica dello spazio di archiviazione disponibile

2. Controllo Settimanale:

- Analisi delle performance e dei trend
- Verifica dell'integrità dei backup
- Controllo degli audit log per attività anomale
- Revisione delle metriche di performance e trend a lungo termine
- Test di penetrazione pianificati
- Verifica della configurazione di sicurezza

3. Controllo Mensile:

- Audit completo del sistema
- Verifica della conformità normativa
- Rianalisi delle soglie di allarme e parametri operativi
- Test di disaster recovery

4. Verifica Trimestrale:
    - Revisione approfondita delle performance
    - Aggiornamento della documentazione
    - Ottimizzazione della configurazione
    - Valutazione di miglioramenti potenziali

Strumenti di Monitoraggio

1. Console Centralizzata:
    - Dashboard personalizzate per diversi ruoli
    - Visualizzazione gerarchica degli asset
    - Filtri dinamici e ricerca avanzata
    - Visualizzazione storica e comparativa
2. Monitoraggio Distribuito:
    - Agenti di monitoraggio locali sui gateway
    - Sonde di rete strategicamente posizionate
    - Monitoraggio end-to-end delle transazioni
    - Verifica esterna della disponibilità
3. Correlazione e Analisi:
    - Correlazione automatica degli eventi
    - Analisi delle cause fondamentali
    - Rilevamento di pattern ricorrenti
    - Machine learning per anomaly detection

8.3 GESTIONE DEGLI ALLARMI

La gestione efficace degli allarmi è fondamentale per garantire la continuità operativa e prevenire situazioni critiche:

Classificazione degli Allarmi

Gli allarmi sono classificati in base alla gravità e all'impatto potenziale:

1. Critici (P1):
    - Impatto significativo sulla sicurezza o sull'operatività
    - Richiedono intervento immediato 24/7
    - Esempi: perdita totale di connettività, violazione di sicurezza, guasto hardware critico
2. Gravi (P2):
    - Impatto limitato su funzionalità critiche
    - Richiedono intervento durante l'orario lavorativo
    - Esempi: degradazione delle performance, errori di comunicazione ricorrenti
3. Significativi (P3):
    - Anomalie che richiedono attenzione
    - Possono essere risolti durante la normale manutenzione
    - Esempi: outlier nei dati, warning di capacità storage
4. Informativi (P4):
    - Eventi che devono essere registrati ma non richiedono azione immediata
    - Utilizzati principalmente per analisi e ottimizzazione
    - Esempi: aggiornamenti completati, operazioni di routine.

Workflow di Gestione

1. Rilevamento e Notifica:
    - Rilevamento automatico tramite monitoraggio continuo
    - Generazione dell'allarme con metadati completi
    - Notifica agli operatori designati in base alla gravità
    - Aggregazione di allarmi correlati

2. Triage e Prioritizzazione:
    - Valutazione dell'impatto e dell'urgenza
    - Assegnazione della priorità
    - Allocazione delle risorse appropriate
    - Correlazione con altri allarmi attivi
3. Intervento:
    - Attivazione della procedura di intervento appropriata
    - Esecuzione delle azioni correttive
    - Comunicazione dello stato agli stakeholder
    - Documentazione delle azioni intraprese
4. Risoluzione e Chiusura:
    - Verifica della risoluzione completa
    - Documentazione della causa e della soluzione
    - Chiusura formale dell'allarme
    - Notifica di risoluzione agli stakeholder
5. Analisi Post-Incidente:
    - Revisione del processo di gestione
    - Identificazione delle cause fondamentali
    - Implementazione di misure preventive
    - Aggiornamento delle procedure se necessario

Escalation

Per gli allarmi non risolti entro i tempi previsti, viene attivata una procedura di escalation:

1. Livello 1: Operatore di primo livello (30 minuti)
2. Livello 2: Specialista tecnico (60 minuti)
3. Livello 3: Responsabile tecnico (90 minuti)
4. Livello 4: Direzione operativa (120 minuti)

I tempi di escalation variano in base alla priorità dell'allarme e possono essere configurati secondo le policy aziendali.

8.4 BACKUP E RIPRISTINO

Un sistema robusto di backup e ripristino è essenziale per garantire la continuità operativa e minimizzare la perdita di dati in caso di guasti:

Politiche di Backup

1. Tipi di Backup:
    - Backup Incrementale: eseguito quotidianamente, archivia solo le modifiche
    - Backup Differenziale: eseguito settimanalmente, archivia le modifiche dalla base
    - Backup Completo: eseguito mensilmente, archivia l'intero sistema
2. Dati Inclusi:
    - Database operativo (telemetria, configurazioni, utenti)
    - Configurazione del sistema
    - Log di sistema e audit
    - Codice personalizzato e configurazioni specifiche
    - Documentazione operativa
3. Retention:
    - Backup incrementali: conservati per 30 giorni
    - Backup differenziali: conservati per 90 giorni
    - Backup completi: conservati per 1 anno
    - Backup annuali: conservati indefinitamente come archivio storico
4. Archiviazione:
    - Storage locale (primario)
    - Storage cloud crittografato (secondario)
    - Supporti offline in ubicazione sicura (terziario)
    - Replicazione geografica per business continuity

Procedure di Backup

1. Backup Automatico:
    - Schedulazione tramite sistema centralizzato
    - Esecuzione in orari di basso traffico
    - Verifica

9 CASI D'USO E SCENARI OPERATIVI

Questa sezione illustra i principali casi d'uso e scenari operativi della piattaforma ViSto, fornendo esempi concreti di come il sistema supporta le diverse esigenze operative.

9.1 PEAK SHAVING

Descrizione

Il peak shaving è un servizio che mira a ridurre i picchi di potenza prelevata dalla rete, con benefici significativi in termini di riduzione dei costi energetici e ottimizzazione delle infrastrutture.

Workflow Operativo

1. Analisi e Configurazione:
    - Analisi storica dei profili di carico
    - Definizione delle soglie di intervento
    - Configurazione degli algoritmi di previsione
    - Allocazione della capacità di accumulo
2. Pianificazione Operativa:
    - Previsione dei carichi futuri
    - Pianificazione del ciclo di carica/scarica
    - Ottimizzazione in base ai costi dell'energia
    - Coordinamento con altri servizi

3. Esecuzione:
    - Monitoraggio in tempo reale del prelievo
    - Attivazione automatica in prossimità della soglia
    - Modulazione della potenza di scarica per appiattire i picchi
    - Adattamento dinamico alle condizioni reali
4. Analisi Post-Operativa:
    - Calcolo della riduzione effettiva dei picchi
    - Quantificazione del risparmio economico
    - Ottimizzazione dei parametri
    - Reportistica dettagliata

Dashboard Specifiche

- Visualizzazione del profilo di carico con e senza peak shaving
- Previsione dei picchi futuri
- Stato di carica degli StorInPlus e disponibilità
- Analisi economica dei benefici

KPI Monitorati

- Riduzione del picco di potenza (kW, %)
- Energia spostata temporalmente (kWh)
- Risparmio sui costi di trasporto (€)
- Efficienza energetica dell'operazione (%)
- ROI dell'operazione (%)

9.2 LOAD LEVELLING

Descrizione

Il load levelling mira a livellare il profilo di carico distribuendo l'energia in modo uniforme nell'arco della giornata, ottimizzando l'efficienza della rete e riducendo i costi operativi.

Workflow Operativo

1. Definizione Obiettivi:

- Analisi del profilo di carico storico
- Definizione del profilo target
- Configurazione delle strategie operative
- Allocazione risorse di accumulo

2. Pianificazione:
    - Previsione del profilo di carico naturale
    - Calcolo del profilo di carica/scarica ottimale
    - Coordinamento con altre funzionalità
    - Programmazione operativa giornaliera/settimanale
3. Esecuzione:
    - Monitoraggio continuo del profilo reale
    - Adattamento dinamico del piano di carica/scarica
    - Gestione delle priorità in tempo reale
    - Bilanciamento tra multiple funzioni
4. Analisi e Ottimizzazione:
    - Valutazione dell'efficacia del livellamento
    - Calcolo dei benefici economici
    - Confronto tra profilo pianificato e realizzato
    - Miglioramento continuo degli algoritmi

Dashboard Specifiche

- Confronto tra profilo originale e livellato
- Previsione del profilo futuro
- Cicli di carica/scarica pianificati
- Performance energetica ed economica

KPI Monitorati

- Varianza del profilo di carico (%)
- Fattore di carico (%)
- Energia spostata (kWh)

- Efficienza del ciclo (%)
- Risparmio economico (€)

Gestione Emergenze di Rete

Descrizione

In caso di emergenze sulla rete elettrica, la piattaforma ViSto può coordinare gli StorInPlus per fornire supporto immediato, contribuendo alla stabilità del sistema e alla continuità del servizio.

Workflow Operativo

1. Rilevamento Emergenza:
    - Monitoraggio continuo parametri di rete
    - Ricezione segnali di emergenza dal TSO
    - Valutazione automatica della severità
    - Attivazione del protocollo di emergenza
2. Risposta Immediata:
    - Prioritizzazione istantanea della funzione di supporto
    - Mobilitazione di tutte le risorse disponibili
    - Attuazione dei setpoint di emergenza
    - Comunicazione con il TSO e gli operatori
3. Gestione Durante l'Emergenza:
    - Monitoraggio intensivo delle performance
    - Adattamento continuo in base all'evoluzione
    - Gestione ottimale dell'energia residua
    - Coordinamento con altre risorse di rete
4. Ripristino Post-Emergenza:
    - Ritorno controllato allo stato normale
    - Valutazione dell'impatto sugli StorInPlus
    - Documentazione dettagliata dell'evento
    - Analisi post-mortem e lesson learned

Dashboard Specifiche

- Visualizzazione in tempo reale dello stato di emergenza
- Mappa delle risorse mobilitate
- Monitoraggio dei parametri critici di rete
- Timeline degli eventi e delle azioni intraprese

KPI Monitorati

- Tempo di risposta all'emergenza (s)
- Potenza/energia fornita durante l'emergenza
- Durata del supporto (min)
- Efficacia nella stabilizzazione (parametri specifici)
- Integrità degli StorInPlus post-emergenza (%).

10 CONFIGURAZIONE AVANZATA

Questa sezione fornisce informazioni dettagliate sulle opzioni di configurazione avanzata della piattaforma ViSto, consentendo la personalizzazione del sistema per requisiti specifici.

Parametrizzazione dei Moduli

Ogni modulo della piattaforma ViSto può essere configurato tramite parametri specifici per ottimizzare il funzionamento in base alle esigenze operative:

Energy Data Aggregation

```
# /opt/visto/config/data-aggregation.yaml
acquisition:
  frequency: 60  # secondi
  retry_attempts: 3
  timeout: 10
  batch_size: 100
```

```
aggregation:
  interval: 900  # secondi (15 minuti)
  types:
    - avg
    - min
    - max
    - sum

retention:
  raw_data: 30  # giorni
  aggregated_data: 1825  # giorni (5 anni)
```

Parametri Critici:

- acquisition.frequency: influenza il carico di rete e la granularità dei dati
- aggregation.interval: impatta storage e performance analitiche
- retention.raw_data: equilibrio tra disponibilità storica e utilizzo storage

Setpoint Optimization

```
# /opt/visto/config/setpoint-optimization.yaml
calculation:
  interval: 300  # secondi
  algorithm: adaptive  # [adaptive, predictive, conservative]
  prediction_horizon: 24  # ore (per algoritmo predictive)

weights:
  efficiency: 0.6
  response_time: 0.3
  duration: 0.1
```

```
constraints:
  max_charge_rate: 0.8  # C-rate
  max_discharge_rate: 1.0  # C-rate
  min_soc: 0.2
  max_soc: 0.9
  soc_reserve: 0.1  # per servizi di emergenza
```

Parametri Critici:

- calculation.algorithm: determina la strategia di ottimizzazione
- weights: bilanciamento tra obiettivi potenzialmente contrastanti
- constraints: limiti operativi per proteggere gli StorInPlus

Frequency Regulation Slot Manager

```
# /opt/visto/config/freq-regulation.yaml
communication:
  terna_api_url: "https://api.terna.it/regulation-service/v1"
  api_key: "your_api_key_here"
  poll_interval: 60  # secondi
  timeout: 15  # secondi

planning:
  horizon: 24  # ore
  min_slot_duration: 15  # minuti
  max_consecutive_slots: 8  # massimo 2 ore consecutive

response:
  activation_time: 2  # secondi
  ramp_rate: 20  # % per secondo
  min_service_duration: 30  # minuti
```

Parametri Critici:

- communication: integrazione con i sistemi del TSO
- planning.horizon: finestra di pianificazione anticipata
- response: parametri tecnici della risposta in frequenza.

Configurazione Algoritmi Avanzati

La piattaforma ViSto implementa algoritmi avanzati che possono essere personalizzati per ottimizzare le performance in base alle specifiche esigenze:

Algoritmi Predittivi

```
# /opt/visto/config/predictive-algorithms.yaml
load_forecasting:
  algorithm: hybrid  # [arima, lstm, ensemble, hybrid]
  training_window: 90  # giorni
  features:
    - historical_load
    - temperature
    - day_type
    - special_events
  update_frequency: 24  # ore
  confidence_interval: 0.9

price_forecasting:
  algorithm: lstm  # [regression, lstm, gbt]
  training_window: 60  # giorni
  features:
    - historical_prices
    - demand_forecast
    - generation_mix
    - weather_forecast
```

```
  update_frequency: 6  # ore
```

Algoritmi di Ottimizzazione

```
# /opt/visto/config/optimization-algorithms.yaml
economic_optimization:
  algorithm: mpc  # [linear, dynamic, mpc, heuristic]
  objective: mixed  # [profit, efficiency, lifespan]
  constraints:
    - energy_balance
    - power_limits
    - soc_limits
    - ramp_rates
  horizon: 48  # ore
  resolution: 15  # minuti
  solver: gurobi  # [cplex, gurobi, custom]

service_prioritization:
  algorithm: weighted  # [strict, weighted, dynamic]
  weights:
    emergency: 10
    frequency_regulation: 8
    peak_shaving: 6
    load_levelling: 5
    energy_arbitrage: 3
  dynamic_adjustment: true
```

Configurazione della Sicurezza

La configurazione della sicurezza può essere personalizzata per adattarsi alle policy aziendali e ai requisiti normativi:

```
# /opt/visto/config/security.yaml
authentication:
  session_timeout: 30  # minuti
  max_attempts: 5
  lockout_duration: 15  # minuti
  password_policy:
    min_length: 12
    complexity: high  # [low, medium, high]
    expiration: 90  # giorni
    history: 5  # password precedenti non riutilizzabili
  mfa:
    enabled: true
    methods:
      - totp
      - email
      - sms

authorization:
  rbac:
    default_role: viewer
    separation_of_duties: true
    role_elevation:
      allowed: true
      approval_required: true
      temporary_duration: 4  # ore

encryption:
  algorithm: aes-256-gcm
  key_rotation: 180  # giorni
  data_at_rest: true
  data_in_transit: true
```

Configurazione di Networking Avanzato

La configurazione di rete può essere ottimizzata per garantire performance, ridondanza e sicurezza:

```
# /opt/visto/config/networking.yaml
connectivity:
  primary: ethernet
  failover: 4g
  auto_switch: true
  reconnect_attempts: infinite
  reconnect_interval: 30  # secondi

mqtt:
  qos:
    telemetry: 0
    status: 1
    commands: 2
  retain:
    telemetry: false
    status: true
    commands: false
  persistent_session: true
  clean_start: false
  keep_alive: 60  # secondi

http:
  timeout:
    connect: 5  # secondi
    read: 30  # secondi
    write: 30  # secondi
  compression: true
```

```
rate_limiting:
  enabled: true
  requests_per_minute: 120
  burst: 30
```

11 GATEWAY VISTO: ARCHITETTURA E FUNZIONAMENTO

11.1 INTRODUZIONE AL GATEWAY VISTO

Il Gateway ViSto rappresenta un componente critico all'interno dell'architettura della piattaforma, fungendo da intermediario tra i dispositivi StorInPlus e la piattaforma ViSto. Questo sistema di intermediazione consente la comunicazione bidirezionale necessaria per il monitoraggio in tempo reale dei sistemi di accumulo energetico e la trasmissione dei comandi di controllo. La sua corretta configurazione e funzionamento sono fondamentali per garantire l'efficacia complessiva della soluzione di Virtual Storage.

Ruolo del Gateway

Il Gateway ViSto svolge diverse funzioni essenziali:

- Acquisizione dati dai dispositivi StorInPlus tramite protocollo Modbus TCP
- Conversione e normalizzazione dei dati acquisiti
- Trasmissione delle informazioni alla piattaforma ViSto tramite MQTT
- Ricezione e attuazione dei comandi provenienti dalla piattaforma
- Monitoraggio dello stato operativo dei dispositivi e gestione degli allarmi

11.2 ARCHITETTURA DEL GATEWAY

Componenti Principali

L'architettura del Gateway ViSto è basata su un design modulare composto da tre componenti fondamentali:

1. Gateway Principale: modulo core che gestisce la comunicazione Modbus con i dispositivi StorInPlus, elabora i dati raccolti e li pubblica su canali MQTT specifici
2. Dashboard Web: interfaccia utente per il monitoraggio in tempo reale e la gestione dei dispositivi

3. Broker MQTT: middleware per la comunicazione asincrona tra il gateway e la piattaforma ViSto.

Topologia di Rete

Il Gateway ViSto opera all'interno di una topologia di rete in cui:

- I dispositivi StorInPlus comunicano con il gateway tramite Modbus TCP
- Il gateway comunica con la piattaforma ViSto tramite protocollo MQTT
- Gli utenti interagiscono con il sistema tramite la dashboard web HTTP

Requisiti Hardware e Software

Il Gateway ViSto può essere installato su:

- Raspberry Pi (3 o superiore) con sistema operativo Linux
- Computer con sistema operativo Linux o macOS
- Sistemi embedded compatibili con almeno 1GB di RAM

Dipendenze software principali:

- Python 3.x
- Client MQTT (paho-mqtt)
- Client Modbus (pymodbus)
- Server web per dashboard (Flask)

11.3 FUNZIONALITÀ PRINCIPALI

Comunicazione con gli StorInPlus

Il gateway comunica con i dispositivi StorInPlus tramite il protocollo industriale Modbus TCP, implementando:

- Lettura periodica dei registri: il gateway interroga i dispositivi a intervalli regolari (default: 5 secondi) per acquisire parametri operativi come tensioni, correnti, potenze, stato di carica e allarmi
- Scrittura dei registri di controllo: il gateway invia comandi ai dispositivi, come setpoint di potenza o attivazione della funzione FRU (Frequency Regulation Unit)

- Gestione degli errori: il gateway implementa meccanismi di riconnessione automatica e gestione dei timeout per garantire la continuità operativa

Elaborazione e Conversione dei Dati

I dati acquisiti dai dispositivi StorInPlus vengono elaborati dal gateway per:

- Convertire i valori raw in unità di misura appropriate
- Decodificare gli stati di allarme in messaggi comprensibili
- Strutturare i dati in formato JSON per la trasmissione
- Applicare filtri e normalizzazioni secondo le specifiche tecniche.

Comunicazione con la Piattaforma ViSto

La comunicazione tra il gateway e la piattaforma ViSto avviene tramite il protocollo MQTT:

- Pubblicazione dei dati: il gateway pubblica i dati elaborati su topic MQTT specifici
- Ricezione dei comandi: il gateway si sottoscrive ai topic dedicati ai comandi
- Gestione della connessione: il gateway implementa meccanismi di riconnessione e persistenza dei messaggi

La struttura dei topic MQTT segue lo schema:

- visto/storinplus{ID}/metrics: per la pubblicazione dei dati telemetrici
- visto/storinplus{ID}/power_setpoint: per la ricezione dei comandi di setpoint di potenza
- visto/storinplus{ID}/fru_activation: per l'attivazione/disattivazione della funzione FRU.

Dashboard di Monitoraggio

Il gateway include una dashboard web che offre:

- Visualizzazione in tempo reale dei parametri operativi dei dispositivi
- Grafici storici per le principali grandezze (potenza attiva, setpoint)
- Interfaccia per l'invio manuale di comandi ai dispositivi
- Visualizzazione degli allarmi in formato comprensibile
- Indicatori dello stato di connettività del sistema

11.4 CONFIGURAZIONE E PARAMETRIZZAZIONE

Parametri di Comunicazione Modbus

I principali parametri configurabili per la comunicazione Modbus sono:

- Indirizzo IP e porta: indirizzo di rete dei dispositivi StorInPlus (default: 192.168.111.15:502)
- Slave IDs: identificativi Modbus dei dispositivi (default: 65, 66, 67)
- Timeout: tempo massimo di attesa per le risposte (default: 5 secondi)
- Intervallo di Polling: frequenza di interrogazione dei dispositivi (default: 5 secondi)
- Tentativi di Riconnessione: numero massimo di tentativi in caso di errore (default: 3)

Parametri MQTT

La configurazione MQTT include:

- Broker: indirizzo IP del broker MQTT (default: 15.237.20.27)
- Porta: porta di connessione al broker (default: 1883)
- Client ID: identificativo univoco del client MQTT
- QoS: livello di qualità del servizio per i messaggi

Mappatura Registri Modbus

Il gateway utilizza una mappatura specifica dei registri Modbus per accedere ai parametri operativi dei dispositivi StorInPlus. I principali registri includono:

Tabella 1. Mappatura registri StorInPlus

Nome Registro	Indirizzo	Descrizione	Unità
stati_allarmi_1	2001	Stati Allarmi 1	-
voltage_phase_RN	2003	Tensione Fase R-N	V
current_phase_R	2006	Corrente Fase R	A
power_output	2009	Potenza Attiva	kW

temperature	2010	Temperatura Interna	°C
reactive_power	2040	Potenza Reattiva	kVAR
power_setpoint	2045	Setpoint di Potenza	%
battery_voltage	2050	Tensione Batteria	V
battery_current	2051	Corrente Batteria	A
soc	2052	Stato di Carica	%
soh	2053	Stato di Salute	%
fru_status	2056	Stato FRU	-

Persistenza della Configurazione

La configurazione del gateway viene salvata in un file JSON (gateway_config.json) che garantisce:

- Persistenza dei parametri tra i riavvii
- Possibilità di backup delle configurazioni
- Modificabilità anche durante l'esecuzione
- Distribuzione semplificata delle configurazioni tra più installazioni.

Operatività e Manutenzione

Installazione e Avvio

Il gateway include script dedicati per facilitare l'installazione e l'avvio:

- setup.sh: script per l'installazione delle dipendenze necessarie
- run.sh: script per l'avvio coordinato di gateway e dashboard

La procedura di installazione standard prevede:

1. Esecuzione dello script setup.sh per installare le dipendenze
2. Configurazione dei parametri nel file gateway_config.json
3. Avvio del sistema tramite lo script run.sh

Monitoraggio e Logging

Il gateway implementa un sistema di logging completo che registra:

- Eventi di connessione/disconnessione
- Operazioni di lettura e scrittura Modbus
- Messaggi MQTT inviati e ricevuti
- Errori e avvisi di sistema

I log vengono salvati nelle seguenti posizioni:

- gateway.log: log principale del gateway
- gateway_output.log: output del processo gateway
- dashboard_output.log: output del processo dashboard

Procedure di Manutenzione

Le principali procedure di manutenzione includono:

Riavvio controllato:

Terminare i processi

pkill -f gateway.py
pkill -f app.py

Riavviare il gateway
./run.sh

Backup della configurazione:

Creare backup

cp Gateway/gateway_config.json Gateway/gateway_config.json.backup

Verifica dei log:

Verificare gli ultimi eventi

```
tail -n 100 gateway.log
```

Troubleshooting

Problemi comuni e relative soluzioni:

1. Errori di connessione Modbus:
    - Verificare la connettività di rete con i dispositivi
    - Controllare indirizzi IP e porte configurate
    - Aumentare il timeout di connessione
2. Problemi di comunicazione MQTT:
    - Verificare la raggiungibilità del broker MQTT
    - Controllare le credenziali di accesso
    - Verificare la struttura dei topic utilizzati
3. Dashboard non disponibile:
    - Verificare che il server web sia in esecuzione
    - Controllare la porta di ascolto
    - Verificare i log per errori specifici

11.5 Integrazione con la Piattaforma ViSto

Flusso di Comunicazione

L'integrazione tra il Gateway ViSto e la piattaforma principale segue questo flusso:

1. Gateway → ViSto:
    - Il gateway acquisisce dati dai dispositivi StorInPlus tramite Modbus
    - I dati vengono elaborati e convertiti nel formato appropriato
    - I dati vengono pubblicati su topic MQTT specifici
    - La piattaforma ViSto riceve e processa questi dati
2. ViSto → Gateway:

- La piattaforma ViSto calcola i setpoint ottimali
- I comandi vengono pubblicati su topic MQTT dedicati
- Il gateway riceve questi comandi e li traduce in operazioni Modbus
- I comandi vengono inviati ai dispositivi StorInPlus

Formato dei Messaggi

La comunicazione tra il gateway e la piattaforma utilizza un formato JSON strutturato:

Dati telemetrici (StorInPlus → ViSto):

```
{
  "voltage_phase_RN": 230.5,
  "current_phase_R": 12.3,
  "power_output": 8.5,
  "temperature": 35.0,
  "reactive_power": 1.2,
  "battery_voltage": 410.5,
  "soc": 78.0,
  "soh": 95.0,
  "fru_status": 0,
  "power_setpoint_value": 10.0,
  "alarm_summary": "Macchina abilitata, Inverter abilitato"
}
```

Comandi (ViSto → StorInPlus):

```
{
  "value": 45  // Setpoint potenza in percentuale
}
{
  "state": "on"  // Attivazione FRU
```

}

Sicurezza dell'Integrazione

Considerazioni sulla sicurezza dell'integrazione:

- L'implementazione attuale utilizza comunicazioni non crittografate
- In ambienti di produzione, è consigliabile implementare:
  - MQTT con TLS e autenticazione
  - Modbus con controllo accessi
  - Accesso protetto alla dashboard (HTTPS)
  - Firewall di rete per limitare l'accesso.

12 CONCLUSIONI

Il presente manuale operativo ha illustrato in modo sistematico l'intera architettura della piattaforma ViSto, i suoi moduli funzionali, i protocolli di comunicazione, le politiche di sicurezza e le procedure operative che ne governano il funzionamento del sistema. Il percorso tracciato — dall'architettura generale fino ai dettagli di configurazione del Gateway ViSto — restituisce un quadro completo e operativamente autonomo del sistema, pensato per accompagnare il personale tecnico lungo il ciclo di vita della piattaforma.

La piattaforma ViSto si è dimostrata, nel contesto del dimostratore SIEL, uno strumento operativamente maturo e tecnicamente solido per la gestione coordinata di sistemi di accumulo distribuiti. L'architettura a microservizi ha garantito la modularità e la scalabilità richieste dal progetto, consentendo l'evoluzione incrementale dei singoli componenti senza impattare sulla continuità del servizio. L'integrazione tra il modulo di ottimizzazione multi-obiettivo e il Gateway ViSto ha abilitato un ciclo di controllo end-to-end — dalla pianificazione day-ahead alla correzione real-time dei setpoint — che si è rivelato efficace nei test operativi condotti con i tre dispositivi StorInPlus del dimostratore. I servizi di rete implementati — Fast Reserve, Peak Shaving e Load Levelling — hanno soddisfatto i requisiti tecnici e prestazionali definiti nel progetto.

12.1 SINTESI DEI RISULTATI CONSEGUITI

Nel corso della Linea di Attività 5.3, la piattaforma ViSto ha raggiunto un livello di maturità che ne consente il dispiegamento operativo nel dimostratore fisico con un insieme completo e funzionante di capacità. Sul piano dell'acquisizione e gestione dei dati, il modulo Energy Data Aggregation ha validato la propria capacità di raccogliere, filtrare e archiviare in modo affidabile la telemetria proveniente dai tre StorInPlus, mantenendo la continuità del flusso informativo anche in presenza di interruzioni temporanee della connettività. Sul piano del controllo, il modulo Setpoint Optimization ha dimostrato la propria efficacia nel calcolare setpoint coerenti con i vincoli operativi e i requisiti contrattuali dei servizi ancillari. Sul piano della comunicazione, il Gateway ViSto e il Custom MQTT Handler hanno garantito un canale affidabile e a bassa latenza tra la piattaforma cloud e i dispositivi di campo, con meccanismi di persistenza e recovery che hanno superato tutti i test di resilienza condotti.

Sul piano della sicurezza, l'implementazione del modello RBAC e del sistema di autenticazione multi-fattore ha soddisfatto i requisiti di conformità con gli standard ISO/IEC 27001 e IEC 62351, pur lasciando aperto — come esplicitato nella sezione 10.4 — il tema del consolidamento della crittografia end-to-end nel percorso di comunicazione gateway-dispositivo, identificato come priorità per la fase di produzione. Sul piano operativo, le procedure di startup, monitoraggio, gestione degli allarmi e backup documentate nel presente manuale costituiscono una base operativa solida e verificata, derivata dall'esperienza maturata nelle attività di commissioning del dimostratore SIEL.

12.2 VALORE DEL DOCUMENTO PER LA CONTINUITÀ DEL PROGETTO

Il presente Deliverable D5.3b assolve una funzione che va oltre la semplice rendicontazione delle attività svolte: esso costituisce il documento di trasferimento della conoscenza tecnica accumulata nel corso della LA5.3, destinato a supportare chiunque — all'interno del consorzio ViStoFaRe o in futuro al di fuori di esso — dovrà operare, manutenere o estendere la piattaforma ViSto. La scelta di documentare non solo il "cosa" ma anche il "perché" di ciascuna scelta progettuale e configurativa risponde a questa esigenza: un sistema complesso, per essere governato efficacemente nel tempo, deve essere compreso nei suoi principi profondi, non solo nelle sue procedure superficiali.

In prospettiva, la piattaforma ViSto e la documentazione che la accompagna rappresentano un patrimonio tecnico-metodologico che il progetto ViStoFaRe mette a disposizione del settore energetico italiano. L'approccio architetturale modulare adottato, la scelta di protocolli e standard aperti, e la cura riposta nella parametrizzazione e nella documentazione delle interfacce rendono il sistema adatto a essere esteso verso nuovi scenari — più dispositivi, più siti, nuovi mercati energetici — senza richiedere una

riprogettazione dell'infrastruttura di base. Il passaggio dal dimostratore SIEL a installazioni più ampie e geograficamente distribuite sarà facilitato, oltre che dall'architettura del sistema, dalla qualità della documentazione operativa prodotta nell'ambito di questa linea di attività.