VBox4AI

Analisi Vibrazionale e Anomaly Detection



La nuova frontiera del controllo macchine

Capitoli

Capitolo 1 – Introduzione alla tecnologia

1. Cos'è VBox4AI e perché è diversa dalle soluzioni sul mercato
2. La combinazione vincente: Radio LoRa e Wi-Fi
3. Ambiti di applicazione: industria, manutenzione predittiva, OEM

Capitolo 2 – Sensori e piattaforma

1. Caratteristiche del sensore vibrazionale (accelerometro, microcontrollore, algoritmi onboard)
2. Doppia tecnologia di trasmissione: LoRa per lunga distanza, Wi-Fi per alta velocità e streaming
3. Integrazione con la piattaforma Box4AI: raccolta, visualizzazione e analisi

---

Capitolo 3 – Anomaly Detection

1. Rilevazioni onboard
2. Anomalie immediate senza machine learning
3. Anomaly detection con modelli pre-addestrati
4. Box4AI e modelli ML per anomaly detection

Capitolo 4 – Stato macchina e modellazione

1. Modelli semplici in streaming: come funzionano
2. Creazione di un modello di "funzionamento normale"
3. Apprendimento e adattamento continuo
4. Vantaggi per manutenzione e produzione

Capitolo 5 – Creazione e gestione dei modelli

1. Raccolta dati in streaming
2. Analisi iniziale e definizione baseline
3. Allenamento dei modelli in cloud
4. Distribuzione e aggiornamento sul sensore

Capitolo 6 – Punti di forza e differenziali

1. Plug & play: installazione rapida e flangia di fissaggio intelligente
2. Tecnologia ibrida LoRa/Wi-Fi integrata
3. Analisi locale + modelli cloud
4. Scalabilità per piccole e grandi flotte di macchine
5. Riduzione tempi e costi di fermo macchina

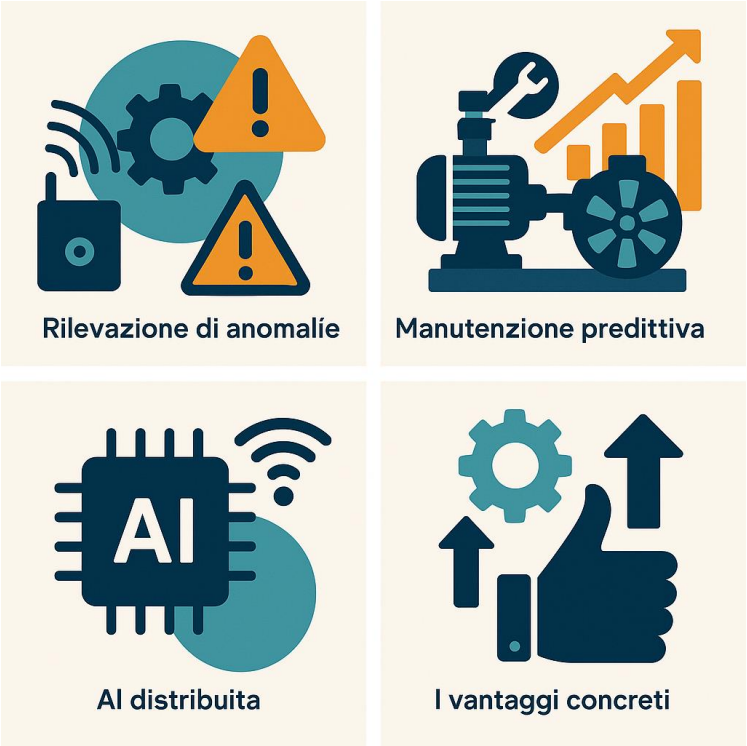
Capitolo 7 – Casi d'uso

1. Macchine utensili
2. HVAC industriale
3. OEM e sistemi integrati
4. Applicazioni speciali

Capitolo 8 – Roadmap tecnologica

1. Evoluzione verso AI distribuita
2. Integrazione con altri sensori
3. Prossime release della piattaforma

Capitolo 1 – Introduzione alla tecnologia



Negli ultimi anni, il monitoraggio vibrazionale e l'analisi predittiva hanno fatto un salto di qualità grazie a due fattori chiave:

1. **Sensori intelligenti a basso consumo** in grado di calcolare parametri critici direttamente a bordo.
2. **Piattaforme cloud avanzate** capaci di ricevere dati in streaming, analizzarli in tempo reale e adattare i modelli di funzionamento macchina.

La piattaforma **VBox4AI** nasce dall'unione di questi due mondi. È un sistema progettato per **rilevare, analizzare e prevedere** lo stato di salute di macchine industriali, HVAC, OEM e sistemi complessi, utilizzando **doppia tecnologia di trasmissione dati**:

- **LoRa** e **LoRaWan** per comunicazioni a lunga distanza e bassi consumi.
- **Wi-Fi** per connessioni locali ad alta velocità e invio di dati grezzi in streaming.

Cosa può fare oggi questa tecnologia

- **Rilevare anomalie vibrazionali** in tempo reale, direttamente a bordo sensore.
- **Classificare lo stato macchina** (normale, attenzione, allarme) senza attendere analisi esterne.
- **Creare modelli di funzionamento personalizzati** basati sul comportamento reale della macchina.
- **Inviare notifiche intelligenti** su piattaforma, SCADA, MES o sistemi di manutenzione aziendale.
- **Lavorare in ambienti senza cablaggi**, grazie alla trasmissione LoRa a lungo raggio.

Dove può arrivare

Questa tecnologia apre la strada a:

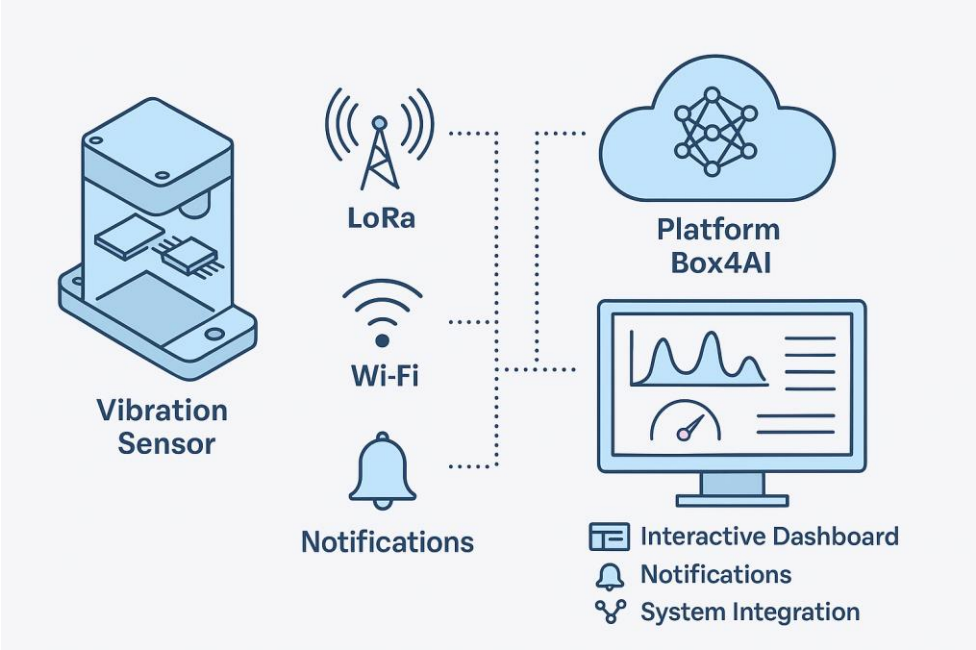
- **Manutenzione predittiva completa**: prevedere i guasti prima che accadano, riducendo fermi macchina e costi di riparazione.
- **Ottimizzazione energetica**: correlare vibrazioni, stato macchina e consumi elettrici per individuare sprechi.
- **Gemelli digitali (Digital Twin)**: creare un modello virtuale dinamico della macchina per simulare scenari e prevedere prestazioni future.
- **AI distribuita**: modelli di intelligenza artificiale che non vivono solo nel cloud ma direttamente nel sensore, per decisioni istantanee.

I vantaggi concreti

1. **Riduzione tempi di fermo macchina** fino al 30% grazie all'analisi predittiva.
2. **Allungamento vita utile dei componenti** grazie al monitoraggio costante.
3. **Riduzione costi di manutenzione** prevenendo guasti critici.
4. **Maggiore sicurezza operativa** identificando anomalie prima che diventino pericolose.
5. **Scalabilità**: da una singola macchina a interi impianti con decine o centinaia di punti di monitoraggio.

Capitolo 2 – Sensori e piattaforma

La forza di **VBox4AI** nasce dalla sinergia tra un **sensore avanzato** e una **piattaforma cloud intelligente**, pensati per lavorare insieme e offrire analisi vibrazionali precise, scalabili e in tempo reale.



---

1. Il sensore vibrazionale

Il cuore del sistema è un sensore compatto capace di:

- **Rilevare segnali vibrazionali grezzi** ad alta frequenza da tutte le direzioni.
- **Eseguire calcoli già nel sensore** a partire dai dati acquisiti, per ridurre la quantità di informazioni da trasmettere e migliorare l'efficienza della comunicazione.
- **Trasmettere i dati** in tempo reale o a intervalli programmati, adattandosi alle necessità operative.

I segnali grezzi vengono inviati al server, dove il sistema di creazione dei modelli di machine learning effettua tutti i calcoli più complessi per generare modelli predittivi accurati e personalizzati.

2. Doppia tecnologia di trasmissione

- **LoRa**: ideale per lunghe distanze e consumi ridotti, perfetto in ambienti industriali o dove il Wi-Fi non è disponibile.
- **Wi-Fi**: adatto a trasmissioni veloci, configurazioni rapide e invio di grandi quantità di dati in streaming.
- Possibilità di scegliere automaticamente quella più adatta al contesto.

---

3. La piattaforma Box4AI

La piattaforma box4AI è un ecosistema che riassume le sue funzionalità principali come sotto:

- **Dashboard interattiva** per la visualizzazione dei dati e dello stato delle macchine.
- **Creazione e gestione modelli ML** basata sui dati reali acquisiti dal sensore.
- **Notifiche intelligenti** su qualsiasi dispositivo per avvisi di anomalie o variazioni di stato.
- **Integrazione con sistemi esistenti** tramite API e protocolli industriali.

---

4. Architettura aperta e scalabile

- Supporto per sensori multipli e multi-sito.
- Possibilità di integrare altri tipi di sensori (temperatura, corrente, pressione).
- Sistema espandibile per adattarsi a realtà industriali di qualsiasi dimensione.

Capitolo 3 – Anomaly Detection

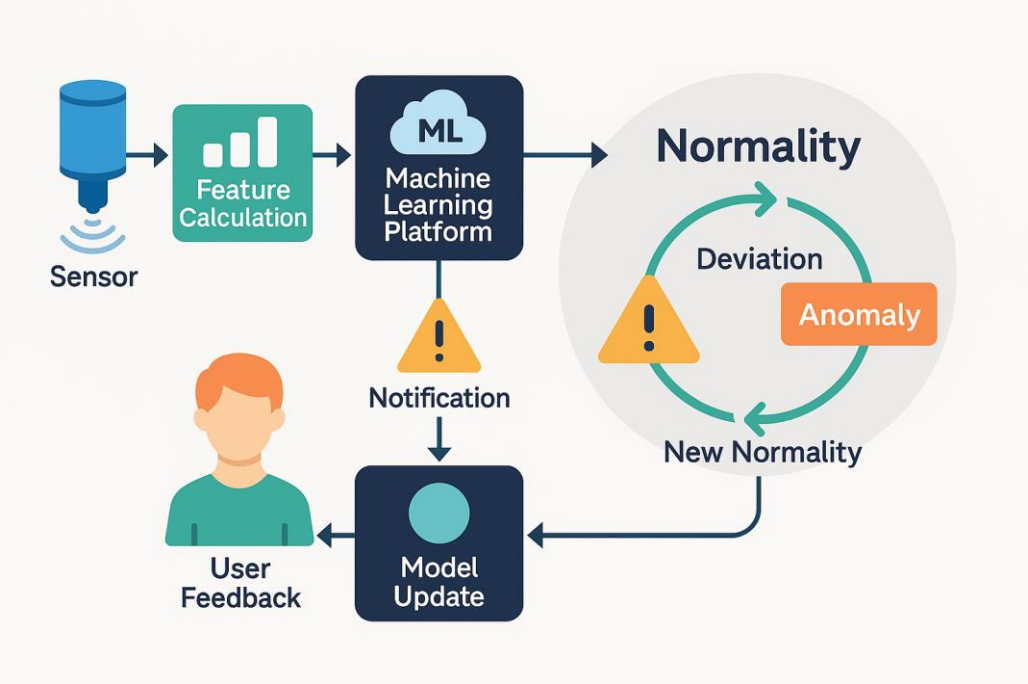
Cos'è l'Anomaly Detection

L'**Anomaly Detection** è l'insieme di tecniche che consentono di identificare, all'interno di un flusso di dati, eventi o comportamenti che **si discostano significativamente** da ciò che viene considerato "normale".
Questa **normalità non è statica**: cambia con il tempo, le condizioni operative e il tipo di lavorazione.

In pratica, è come conoscere a memoria il rumore, la vibrazione e il comportamento di una macchina quando funziona bene: se qualcosa cambia, anche di poco, l'Anomaly Detection lo rileva in modo **automatico, continuo e basato su dati reali**.

Come VBox4AI applica l'Anomaly Detection

La piattaforma VBox4AI analizza continuamente i dati vibrazionali e operativi delle macchine, creando un **modello di funzionamento normale** (*baseline*).



Quando viene rilevata una **deviazione significativa** Vbox4AI

1. **Notifica l'utente** dell'evento.

   di conseguenza

2. L'utente può:

   - Confermare che il nuovo comportamento è **una nuova normalità** (ad esempio, un cambio di lavorazione pianificato).
   - Confermare che si tratta di **un'anomalia**, mantenendo la baseline precedente.

Questa logica rende il modello **supervisionato**: più feedback riceve, più diventa **accurato** nel distinguere variazioni innocue da guasti o condizioni di rischio.

Integrazione con protocolli macchina

Grazie alla sua architettura aperta, VBox4AI può leggere lo stato operativo direttamente dai protocolli bordo macchina (Modbus, OPC-UA, ecc.).
Questo permette di:

- Contestualizzare ogni variazione (es. cambio ricetta, manutenzione programmata).
- **Aggiornare i modelli senza necessità di intervento manuale**.
- Correlare dati vibrazionali e operativi per un'analisi più completa.

Due livelli di analisi

1. **Analisi locale (edge)**
   - Il sensore calcola internamente le feature dai segnali grezzi.
   - Può segnalare rapidamente anomalie semplici, riducendo il tempo di reazione.
2. **Analisi cloud (machine learning avanzato)**
   - La piattaforma crea automaticamente i modelli ML per i sensori con una interfaccia utente semplice, senza necessità di assistenza o intervento di IT o programmatori
   - I modelli vengono allenati sui dati storici e adattati a ogni macchina specifica.

- Crea un **modello dedicato** per ogni sensore o macchina

Vantaggi per l'utente

- Modello di analisi **personalizzato** per ogni macchina.
- **Riduzione drastica** dei falsi allarmi.
- Adattamento continuo alle condizioni operative reali.
- Possibilità di correlare **dati multipli** (vibrazione + stato macchina + consumo energetico).

Capitolo 4 – Stato macchina e modellazione

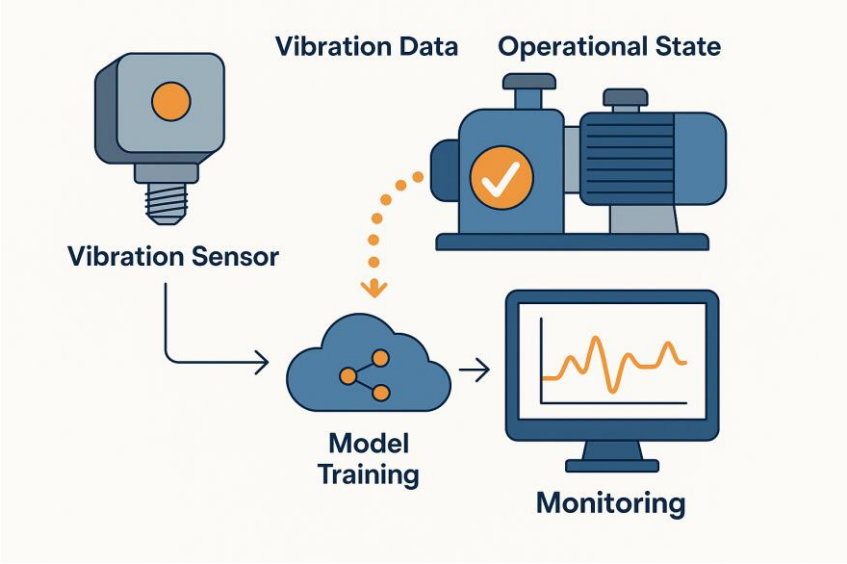
Cos'è lo "stato macchina"

Lo **stato macchina** rappresenta la condizione operativa di un impianto o di un macchinario anche complesso, in un determinato momento.
Può indicare:

- Se la macchina è **in funzione** o **ferma**
- Il tipo di **lavorazione in corso**
- La **modalità operativa** (produzione, manutenzione, test)
- Eventuali **condizioni anomale** rilevate

Conoscere lo stato macchina in modo preciso e in tempo reale è fondamentale per correlare correttamente le vibrazioni con ciò che la macchina sta realmente facendo.

Modellazione del funzionamento normale



La piattaforma VBox4AI utilizza i dati vibrazionali (e, se disponibili, i dati operativi letti dai protocolli bordo macchina) per creare un **modello di funzionamento normale**.

Questo modello:

- Viene **allenato** sui dati storici validati come “normali”.
- Tiene conto di **diverse modalità operative** (es. diversi cicli produttivi possono avere firme vibrazionali differenti).
- Può essere **aggiornato automaticamente** quando vengono introdotte nuove lavorazioni.

Modelli semplici in streaming

VBox4AI è in grado di eseguire **modelli leggeri in tempo reale**, direttamente in streaming:

- Analizza i dati appena acquisiti.
- Confronta i risultati con il modello di riferimento.
- Fornisce un feedback immediato (ok, attenzione, allarme).

Questo approccio è utile in scenari dove è necessaria una **risposta rapida**

Creazione e aggiornamento del modello

1. **Raccolta dati**: il sensore invia dati calcolati e/o segnali grezzi.
2. **Pulizia e validazione**: eliminazione di dati anomali dovuti a rumori non legati alla macchina.
3. **Allenamento in cloud**: il modello viene aggiornato in base ai dati validati.
4. **Distribuzione**: il modello aggiornato viene reso disponibile in piattaforma e, se necessario, anche sul sensore.

Vantaggi di questa modellazione

- **Alta personalizzazione**: ogni macchina ha il proprio modello ottimizzato.
- **Adattabilità**: la baseline si evolve con le condizioni operative.
- **Decisioni più intelligenti**: combinando vibrazioni, stato macchina e contesto operativo.
- **Scalabilità**: stessa logica applicabile a una macchina singola o a un intero impianto.

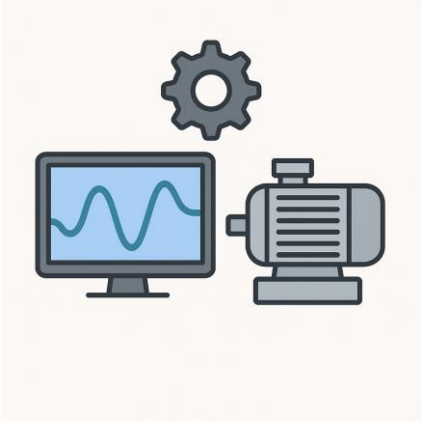
Capitolo 5 – Creazione e gestione dei modelli

Dal dato grezzo al modello predittivo

Il processo di creazione di un modello in VBox4AI parte dai dati grezzi raccolti dai sensori vibrazionali e dai protocolli di macchina.
Questi dati vengono **trasformati** in:

- **Feature interne** (parametri calcolati localmente dal sensore).
- **Feature cloud-devloped** calcolate dal server data la necessità di potenza di calcolo elevata
- **Dati operativi** (modalità di lavoro, carico, stato macchina).

Questa combinazione permette di creare un **profilo accurato** del comportamento normale della macchina.



Le fasi del processo

1. **Raccolta dati**
    - I sensori trasmettono le feature e, quando richiesto, i segnali grezzi.
    - I protocolli macchina forniscono informazioni contestuali.
2. **Pulizia e pre-elaborazione**
    - Rimozione di valori anomali dovuti a rumori esterni o eventi non legati alla macchina.
    - Allineamento temporale dei dati vibrazionali con lo stato operativo.
3. **Allenamento del modello (training)**
    - Eseguito in cloud con algoritmi di machine learning.
    - Creazione di una baseline di riferimento per ogni stato operativo della macchina.
4. **Validazione**
    - Confronto tra modello e realtà per misurare accuratezza e ridurre falsi positivi.
    - Coinvolgimento dell'utente per confermare o correggere i risultati.
5. **Distribuzione**
    - Il modello approvato viene reso disponibile nella piattaforma.

Aggiornamento e manutenzione dei modelli

I modelli di VBox4AI non sono statici:

- **Si aggiornano automaticamente** quando vengono introdotti nuovi pattern di funzionamento validati dall'utente.
- **Riconoscono nuove modalità operative** senza cancellare la conoscenza accumulata.
- Mantengono uno storico delle versioni per poter confrontare prestazioni e comportamenti nel tempo.

Benefici operativi

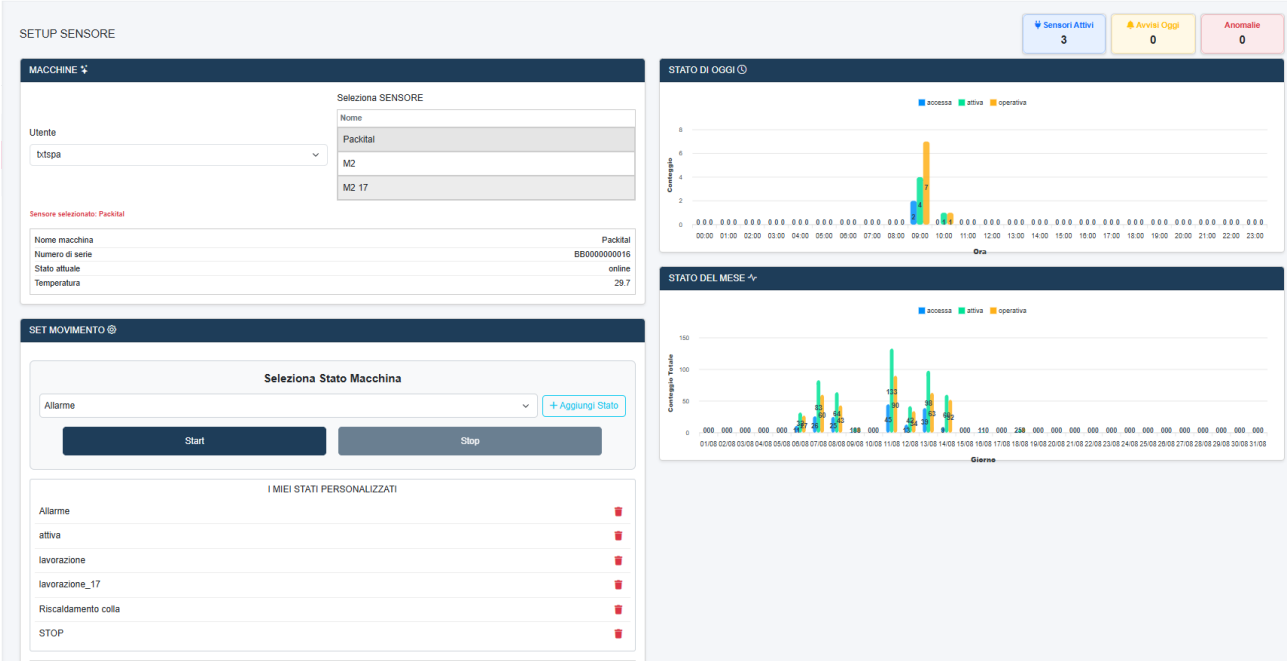
- **Modelli sempre attuali** e coerenti con la realtà produttiva.
- **Adattamento continuo** senza fermare la macchina o interrompere il monitoraggio.
- **Decisioni più rapide** grazie alla combinazione di analisi locale e in cloud.
- **Scalabilità**: lo stesso processo è applicabile a una singola macchina o a un intero parco impianti.

Capitolo 6 – Punti di forza e differenziali

1. Plug & Play

Il sensore vibrazionale è progettato per essere installato rapidamente grazie alla **flangia di fissaggio universale**.

- Nessuna necessità di cablaggi complessi.
- Zero configurazioni manuali complesse: la connessione alla piattaforma è guidata.
- Creazione semplicissima dei modelli



---

2. Doppia tecnologia di trasmissione

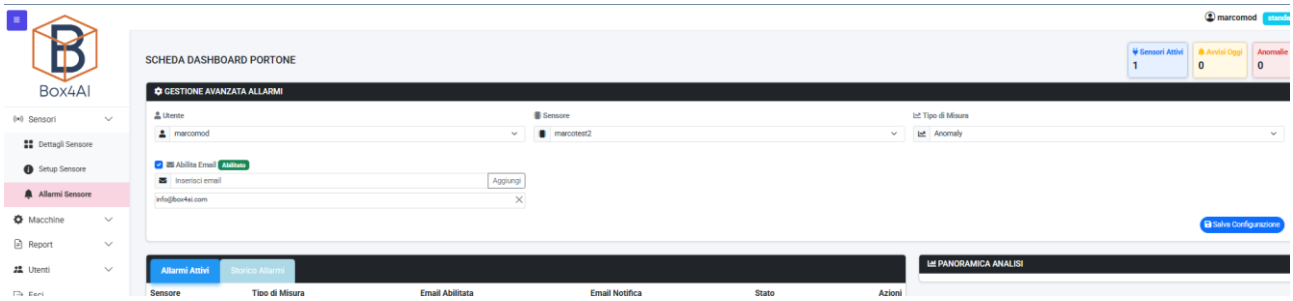
- **LoRa** per trasmissioni a lungo raggio e basso consumo, perfetta per contesti industriali complessi o impianti distribuiti.
- **Wi-Fi** per configurazioni rapide e trasmissione di grandi quantità di dati in streaming.
- **Switch automatico** tra le due modalità in base alla disponibilità e alle esigenze.

3. Analisi locale + Cloud

- Il sensore calcola **feature interne** per un'analisi immediata.
- La piattaforma elabora i dati con **modelli avanzati di machine learning**, adattandoli a ogni macchina.
- Possibilità di rilevare anomalie anche offline e inviare l'evento al cloud quando la connessione è disponibile.

4. Gestione anomalie semplificata

- Gestione notifiche anomalie semplificata con autonomia dell'utente
- Notifiche personalizzate per tipologia di anomalia e utente dedicato

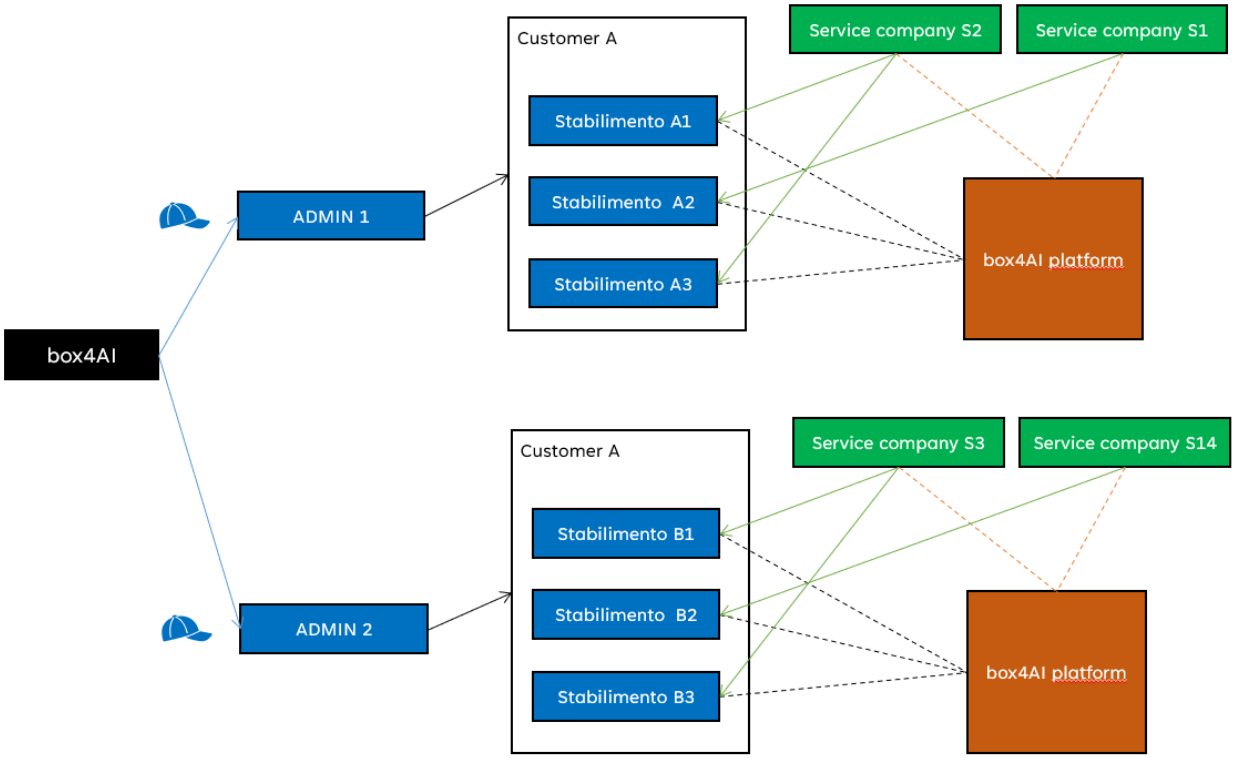


5. Architettura aperta

- Compatibilità con protocolli industriali (Modbus, OPC-UA, BACnet…).
- Integrazione con sistemi aziendali esistenti (MES, SCADA, ERP).
- API aperte per personalizzazioni e sviluppi verticali.

6. Struttura multi site e multi utente

- Struttura ad accesso multisite per una visione globale di situazioni enterprise
- Accessi di diversi livelli per utente, amministratore e assistenza con possibilità di agganciare gli utenti in modo indipendente



7. Evoluzione continua

- Modelli supervisionati che migliorano con il tempo grazie al feedback dell'utente.
- Aggiornamenti software e algoritmici rilasciati in cloud senza fermare la produzione.
- Roadmap tecnologica orientata all'**AI distribuita** e alla correlazione multi-sensore.

Capitolo 7 – Casi d'uso

1. Macchine utensili

- **Sfida**: identificare usura utensile, disallineamento mandrino, vibrazioni anomale durante lavorazioni ad alta velocità, …..
- **Soluzione VBox4AI**:
    - Monitoraggio vibrazionale continuo con rilevamento in tempo reale.
    - Creazione di modelli specifici per ogni tipo di lavorazione.
    - Riduzione scarti e aumento vita utensili.

---

2. Sistemi HVAC industriali

- **Sfida**: garantire efficienza energetica e ridurre i guasti di ventilatori, pompe e compressori.
- **Soluzione VBox4AI**:
    - Rilevamento precoce di squilibrio o usura cuscinetti.
    - Correlazione vibrazioni-consumo elettrico.
    - Pianificazione interventi prima di cali di efficienza o guasti.

---

3. OEM e macchine speciali

- **Sfida**: fornire ai clienti finali sistemi intelligenti di manutenzione predittiva integrati nelle macchine.
- **Soluzione VBox4AI**:
    - Integrazione diretta nei prodotti OEM.
    - Servizi a valore aggiunto come monitoraggio remoto e aggiornamenti modelli.
    - Creazione di un ecosistema di assistenza proattiva.

4. Applicazioni speciali

- **Sfida**: monitoraggio di apparecchiature o infrastrutture non presidiate.
- **Soluzione VBox4AI**:
    - Comunicazione LoRa per raggiungere siti remoti.
    - Funzionamento autonomo con alimentazione a batteria.
    - Analisi locale per notifiche immediate anche senza connettività continua.

Nota: in tutti questi scenari, VBox4AI combina **analisi locale** per reazioni rapide e **machine learning in cloud** per analisi complesse e adattive.

Capitolo 8 – Roadmap tecnologica

VBox4AI è progettata per evolversi costantemente, integrando nuove tecnologie e migliorando le funzionalità esistenti.
La nostra visione è fornire un ecosistema sempre più intelligente, autonomo e interconnesso.

---

1. Evoluzione verso AI distribuita

- Portare modelli di machine learning **direttamente sui sensori** per aumentare la velocità di rilevamento e ridurre la dipendenza dal cloud.
- Implementare logiche di decisione locale per garantire continuità operativa anche in assenza di connettività.

---

2. Integrazione multi-sensore

- Combinare dati da vibrazioni, temperatura, consumo energetico e altri sensori ambientali.
- Migliorare la precisione diagnostica grazie alla **correlazione di segnali multipli**.

---

3. Maggiore interoperabilità

- Espansione del supporto a protocolli industriali e IoT emergenti.
- Integrazione diretta con piattaforme di terze parti, sistemi MES e soluzioni di analisi avanzata.

---

4. Automazione del ciclo di apprendimento

- Modelli in grado di aggiornarsi in modo autonomo quando riconoscono nuovi pattern validati.
- Riduzione al minimo dell'intervento umano nella manutenzione dei modelli.

5. Servizi avanzati per OEM

- Kit di integrazione rapida per produttori di macchine.
- Modelli di business basati su abbonamenti e servizi predittivi personalizzati.

---

6. Obiettivo a lungo termine

Diventare la piattaforma di riferimento per il **monitoraggio vibrazionale e la manutenzione predittiva** a livello globale, combinando:

- Hardware affidabile
- Machine learning evoluto
- Scalabilità su qualsiasi settore industriale

Conclusioni – La visione VBox4AI

Con questo eBook abbiamo esplorato il mondo dell'**analisi vibrazionale intelligente** e dell'**Anomaly Detection** applicata al contesto industriale.

Capitolo dopo capitolo, abbiamo visto come VBox4AI unisca:

- **Sensori avanzati** con calcolo interno delle feature.
- **Diverse tecnologie di trasmissione** (LoRa e Wi-Fi) per adattarsi a ogni scenario operativo.
- **Machine learning** in grado di imparare, adattarsi e migliorare nel tempo.
- **Architettura aperta** per integrare dati vibrazionali con informazioni operative e protocolli macchina.

Perché questa tecnologia è diversa

1. **Rilevamento e risposta immediata** grazie all'analisi locale.
2. **Accuratezza predittiva** garantita dai modelli cloud supervisionati.
3. **Scalabilità** da una singola macchina a impianti multi-sito.
4. **Evoluzione continua** grazie al feedback degli utenti e all'aggiornamento automatico dei modelli.

Dove può portarci

La roadmap di VBox4AI è chiara: portare sempre più intelligenza a bordo sensore, integrare nuove tipologie di dati e diventare il riferimento globale per la manutenzione predittiva e il monitoraggio vibrazionale.
In un mondo in cui **il tempo di fermo macchina è un costo sempre più critico**, l'adozione di soluzioni come VBox4AI non è solo un vantaggio competitivo, ma una necessità strategica.

Prossimi passi

Per le aziende interessate a sperimentare o adottare VBox4AI, la piattaforma è già disponibile in modalità **progetto pilota** o come **integrazione OEM**.

Questo permette di partire in tempi rapidi e misurare subito i benefici in termini di efficienza, risparmio e sicurezza operativa.

Visita la pagina di Vbox4AI

Box4AI

https://box4ai.com/vbox4ai/

info@box4ai.com