

ProFacere

ProFacere RMT

RECONFIGURABLE MACHINE TOOL



SPIN-OFF ACCADEMICO
Università degli Studi di Genova
Università Federico II di Napoli



Contatti:
Ivan Rosciano: +39 333 5096923
Alessandro Bruzzone: +39 320 7982141

info@profacere.com
facebook.com/profacere
www.profacere.com

ProFacere s.r.l.

Sede legale: via Galata 37/8, 16121 Genova
Cod. Fisc. E Part. IVA N. 02569770999

● Startup, tecnologia e vantaggi delle ProFacere RMT

ProFacere s.r.l. è uno spin-off accademico riconosciuto dalle Università di Genova e Napoli, costituito il 15 novembre 2018 ed iscritto nel registro delle startup innovative secondo la *Legge n.221/2012*.

[Registro imprese - Profacere S.R.L.](#)

ProFacere s.r.l. nasce da un'invenzione sviluppata presso l'Università degli Studi di Genova. L'invenzione permette di superare il vincolo dei sistemi di azionamento lineari attualmente impiegati nelle macchine utensili e di estendere teoricamente all'infinito la corsa degli assi in modo modulare. L'idea ha già ottenuto riconoscimenti nazionali classificandosi prima alla XII edizione premio Bernardo Nobile; l'invenzione è tutelata da due domande di brevetto, una internazionale (WO2017/137938) e una nazionale (IT102017000137650) in fase di estensione internazionale; le domande sono state depositate dall'Università degli Studi di Genova.

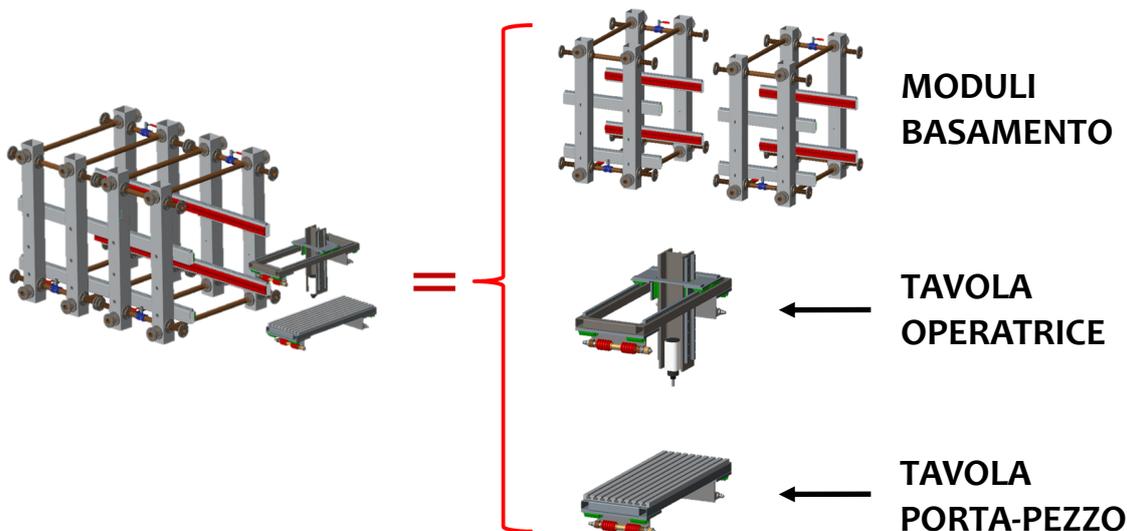
ProFacere s.r.l. ha l'obiettivo di trasferire l'innovazione all'industria manifatturiera e agli enti formatori producendo macchine utensili modulari che riuniscono in un **sistema riconfigurabile e scalabile** sia le tecnologie dell'Industria 4.0, sia le tecnologie convenzionali.

Le **ProFacere Reconfigurable Machine Tools (RMT)**, che saranno prodotte da ProFacere s.r.l., sono basate sull'innovativo azionamento lineare che permette la riconfigurazione della macchina utensile con tempi e costi ridotti. L'innovazione consiste nell'inversione dei ruoli della vite e madrevite impiegate negli azionamenti lineari; in questo modo è possibile realizzare macchine utensili modulari con volume di lavoro scalabile. Questa soluzione permette inoltre di configurare facilmente la macchina utensile con tecnologie differenti quali fresatura, tornitura, stampa 3D, taglio termico, scansione laser, ecc.

La tecnologia proposta riduce gli investimenti destinati alle immobilizzazioni in macchinari pur garantendo, grazie alla flessibilità e riconfigurabilità del sistema, lo stesso livello di capacità produttiva delle macchine utensili attualmente sul mercato.

Infine, la modularità e la standardizzazione dei componenti delle macchine ProFacere RMT abilitano un nuovo modello di produzione basato sulla condivisione delle macchine utensili tra aziende dello stesso distretto, con un'ulteriore diminuzione del capitale immobilizzato nella capacità produttiva.

ELEMENTI E MODULI



● **Cos'è una ProFacere RMT?**

RMT è l'acronimo di Reconfigurable Machine Tools, ed indica una macchina utensile riconfigurabile, che può cambiare configurazione in base al tipo di lavorazione installata, con pochi, semplici e rapidi passaggi. La ProFacere RMT è formata da elementi componibili modulari: basamento (telaio) e tavole porta-pezzo o porta-strumento (elettromandrini o altri dispositivi di processo) che possono essere combinati per realizzare lavorazioni di diverso tipo anche contemporaneamente sulla stessa linea.

● **Come funziona?**

Gli elementi di cui è composta la RMT sono standardizzati, indipendenti e modulari: è quindi possibile configurare la macchina in base alle proprie esigenze. Ad esempio è possibile:

- ◆ modificare il volume di lavoro, variando il numero di BASAMENTI installati
- ◆ aumentare o ridurre il numero di lavorazioni eseguite in parallelo variando il numero di TAVOLE
- ◆ cambiare il tipo di lavorazioni, utilizzando tavole di diversa tipologia, standardizzate o personalizzate

● **Cosa è possibile fare con una ProFacere RMT?**

- ◆ **Lavorazioni in serie** , utilizzando la macchina come un sistema di produzione in linea, eseguendo in successioni lavorazioni di diverso tipo.
- ◆ **Lavorazioni in parallelo**, ovvero lavorazioni in contemporanea dello stesso tipo al fine di diminuire i tempi di produzione
- ◆ **Lavorazioni di parti di notevoli dimensioni**: sfruttando la corsa sull'asse principale della macchina, grazie alla modularità dei basamenti, supportando i pezzi con più tavole porta-pezzo.

Non vi sono limiti alla versatilità della macchina, la quale può operare combinando diversi moduli, garantendo il massimo della flessibilità.

PROFACERE RECONFIGURABLE MACHINE TOOLS TOOLING, FLESSIBILITÀ E INDUSTRIA 4.0

- La ProFacere RMT si può descrivere come un sistema produttivo le cui tecnologie ed operazioni compiute sui pezzi in lavorazione possono essere variate con semplicità ed immediatezza.

Tale obiettivo è stato realizzato grazie all'invenzione descritta nelle domande di brevetto **WO2017/137938**, già nelle fasi nazionali di India, Cina, Giappone, USA, Canada ed EU, e la domanda di brevetto italiana **IT102017000137650**, attualmente in fase PCT internazionale **PCT/EP2018/083045**.

- ◆ La ProFacere RMT rappresenta un sistema autonomo, che può essere più o meno articolato in base alle necessità dell'acquirente. Il controllo della RMT permette di impartire istruzioni alla macchina tramite G-code, programmare le lavorazioni e settarne i parametri.
- ◆ Ogni tavola rappresenta un sottosistema autonomo della RMT dedicato all'esecuzione di una particolare lavorazione (**tavola operatrice o porta strumento**) o alla movimentazioni dei semilavorati durante la lavorazione (**tavola porta-pezzo**).
- ◆ Il sistema di controllo è tele-operabile: è possibile caricare le istruzioni da una postazione remota, impartire comandi e visualizzare l'avanzamento dei lavori. Tramite un sistema di allarmi remoti sarà possibile garantire la massima sicurezza per le lavorazioni non presidiate. Tali caratteristiche rispecchiano a pieno i paradigmi dell'industria 4.0.

**TRASPORTO E
MANIPOLAZIONE**



**TAGLIO
TERMICO**



FRESATURA



ADDITIVE



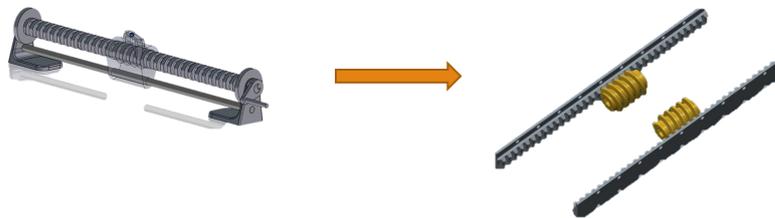
- Le **tecnologie di lavorazione** installabili sono molteplici, tra cui:

- taglio per asportazione di truciolo (fresatura fino a 5 assi, tornitura)
- taglio termico e tecnologie laser
- tecnologie additive (stampa FDM materiali plastici e compositi)
- tecnologie di saldatura e di unione
- movimentazione e manipolazione dei semi-lavorati con bracci robotizzati

Per le sue caratteristiche la ProFacere RMT non è una macchina specializzata, bensì un sistema versatile in grado di offrire le migliori soluzioni per i diversi processi produttivi. Inoltre, per la sua concezione, la ProFacere RMT nasce **integrando un sistema di trasporto**: l'asse principale della macchina è dedicato sia a fornire la struttura necessaria per le lavorazioni sia per consentire la traslazione delle parti da una tavola operatrice ad un'altra.

PROFACERE RECONFIGURABLE MACHINE TOOLS MODULARITÀ E SISTEMA DI ATTUAZIONE

- L'invenzione alla base della ProFacere RMT, rivendicata nella domanda di brevetto **WO2017/137938**, è relativa ad un innovativo asse di attuazione lineare. Precisamente i ruoli assegnati alla vite e alla madrevite nei cinematismi impiegati nelle macchine utensili attuali sono stati invertiti. In questo modo è possibile avere un asse di traslazione con corsa "illimitata", estendibile in base alle esigenze di lavoro. Il sistema è adatto a movimentazioni di elevata precisione ed alla trasmissione di carichi elevati, garantisce ottima rigidità nel caso di lavorazioni ad asportazione di truciolo pur consentendo anche alte velocità di traslazione per quelle lavorazioni che presentano forze di reazione ridotte (additive, taglio termico, scansione laser, movimentazione, ecc.) ma che richiedono posizionamenti veloci e precisi.

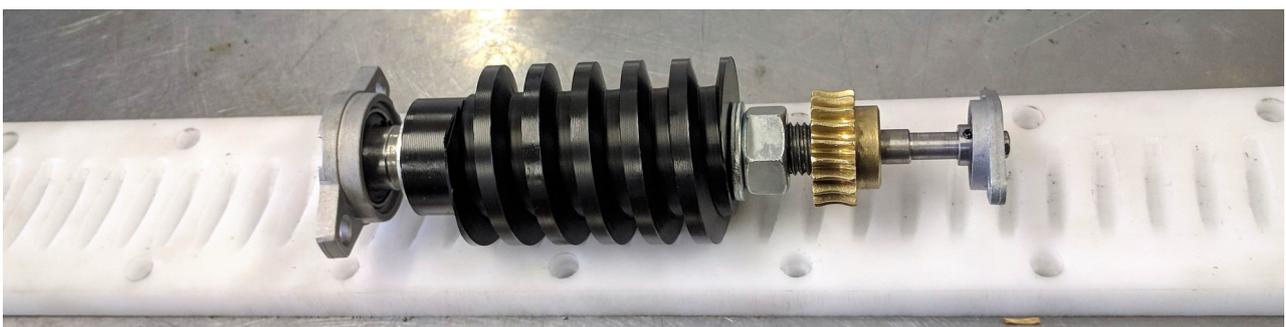


- Il sistema di movimentazione con cremagliere a vite senza fine richiede l'impiego di elementi modulari multipli del passo della vite affinché vi sia una precisa giunzione tra i basamenti necessaria per la traslazione delle tavole da un basamento all'altro. In questo modo ogni tavola può sfruttare l'intera corsa della macchina. La precisione del posizionamento è garantita da un controllo in feedback lungo l'asse principale.

Ciascun modulo basamento è dotato di due coppie di cremagliere a vite senza fine che realizzano due vie, una superiore e una inferiore, lungo le quali possono muoversi le tavole, operatrici e portapezzo, dotate delle viti che si accoppiano alle cremagliere.

Contrariamente ai cinematismi cremagliera-rocchetto il nuovo azionamento è irreversibile e non sono richieste dispositivi di bloccaggio dell'asse come solitamente è necessario per gli azionamenti tradizionali basati su vite-madrevite o vite e cuscinetto a ricircolazione di sfere/rulli.

Inoltre il nuovo azionamento non contiene componenti che inducono un campo elettromagnetico che potrebbe non essere compatibile con alcuni materiali o tecnologie di lavorazione.



PROFACERE RECONFIGURABLE MACHINE TOOLS

ELEMENTI MODULARI DELLA PROFACERE

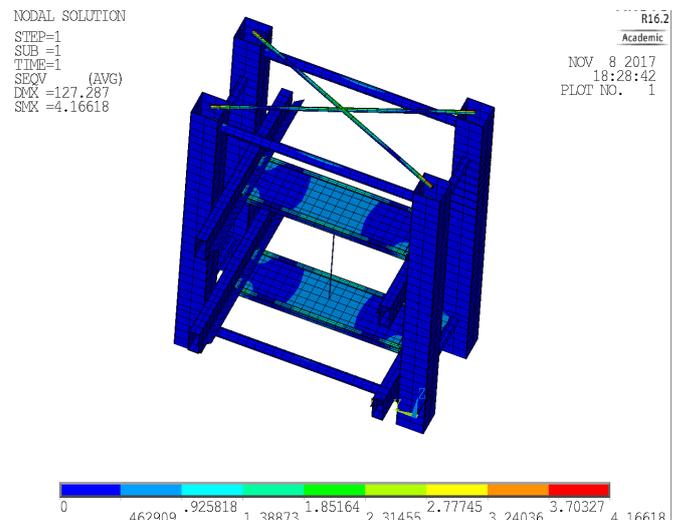
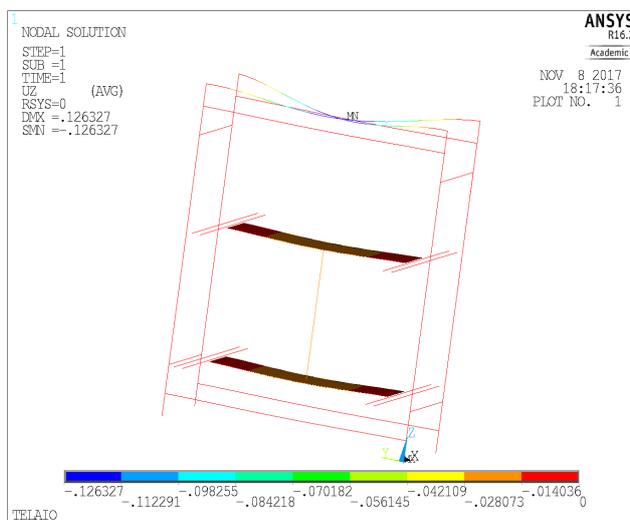
- La progettazione delle strutture è stata realizzata in ambito universitario da docenti del settore esperti sia nelle tecnologie di lavorazione, sia nel dimensionamento strutturale meccanico, impiegando le tecniche più recenti di analisi FEM.

Nella fase di progetto sono stati impiegati modelli agli elementi finiti (FEM) per la stima delle deformazioni e la valutazione della precisione ottenibile nell'ipotesi di lavorazioni di fresatura con elettromandrini della potenza di 3.5 kW.

La struttura della macchina è progettata in modo da garantire una elevata rigidezza statica e dinamica. Il telaio chiuso garantisce la massima rigidezza la singolo modulo basamento, rendendolo adatto a lavorazioni per asportazione di truciolo (fresatura, foratura, tornitura) in condizioni gravose.

A valle della realizzazione di due prototipi, sviluppati a partire dal 2017 per valutare la fattibilità del progetto, sono state determinate le seguenti caratteristiche principali del modello commerciale:

- ◆ **Dimensioni in pianta: 1000x1200mm**, conforme allo standard EUR2 pallet
- ◆ Altezza del modulo pari a 1600mm, variabile su esplicita richiesta del cliente
- ◆ Precisione di lavorazione in fresatura di metalli con mandrino da 3,5 kW: 0.05 mm
- ◆ Rapida installazione dei moduli, **rapida riconfigurabilità**
- ◆ Linee distribuzione fluidi da taglio e gas integrate nel basamento
- ◆ Supporti antivibranti per il livellamento e lo smorzamento vibrazioni
- ◆ Binari elettrificati per l'alimentazione delle schede di controllo

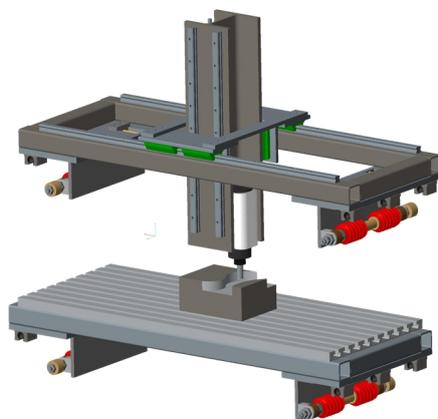


Analisi FEM dei moduli basamento: spostamenti e tensioni equivalenti di Von Mises

PROFACERE RECONFIGURABLE MACHINE TOOLS

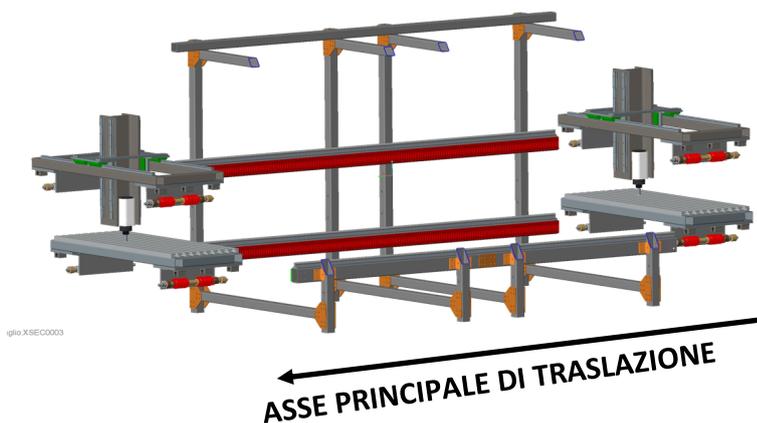
ELEMENTI MODULARI DELLA PROFACERE

- Le tavole sono state progettate come sistemi autonomi ed indipendenti con un approccio modulare:
 - ◆ Ogni tavola nasce da un allestimento base, che comprende la movimentazione lungo l'asse principale della RMT, l'hardware e il software necessario per il controllo nonché il telaio di base.
 - ◆ Gli elementi modulari installabili successivamente consentono di aggiungere funzionalità alla tavola base, dotandola della cinematica per la movimentazione dell'utensile per la lavorazione o per il sostegno del pezzo.



● Caratteristiche delle tavole:

- ◆ Gruppo di attuazione sui due lati della tavola, per una corretta ripartizione delle coppie e forze sulle viti di azionamento accoppiate alla cremagliera
- ◆ Robusta intelaiatura, pre-forata per l'alloggiamento degli assi trasversali o del ripiano scanalato
- ◆ Sistema di controllo hardware e software integrato ed interfacciato con il monitor del sistema di lavorazione ProFacere RMT



PROFACERE RECONFIGURABLE MACHINE TOOLS

SISTEMA DI CONTROLLO

● Hardware e software

Il sistema di lavorazione basato sulle ProFacere RMT sarà controllato da hardware e software non proprietari. Attualmente l'architettura del sistema di controllo è in fase di sviluppo e test e comprende:

- ◆ un sistema Raspberry PI 3+, monitor, per ciascuna linea composta da più basamenti, quale interfaccia con l'utente a livello locale, all'interno del reparto, ovvero con utenti connessi in postazioni remote; il monitor oltre all'interfaccia verso l'utente, si interfaccia via wireless con le tavole operatrici e le tavole portapezzo;
- ◆ su ciascuna tavola, operatrice o portapezzo, una scheda tipo Raspberry PI 3+ (table controller) che si interfaccia via wireless con il monitor e via cavo con una scheda tipo Arduino Mega dotata dello shield e dei driver per controllare i motori presenti sulla tavola.

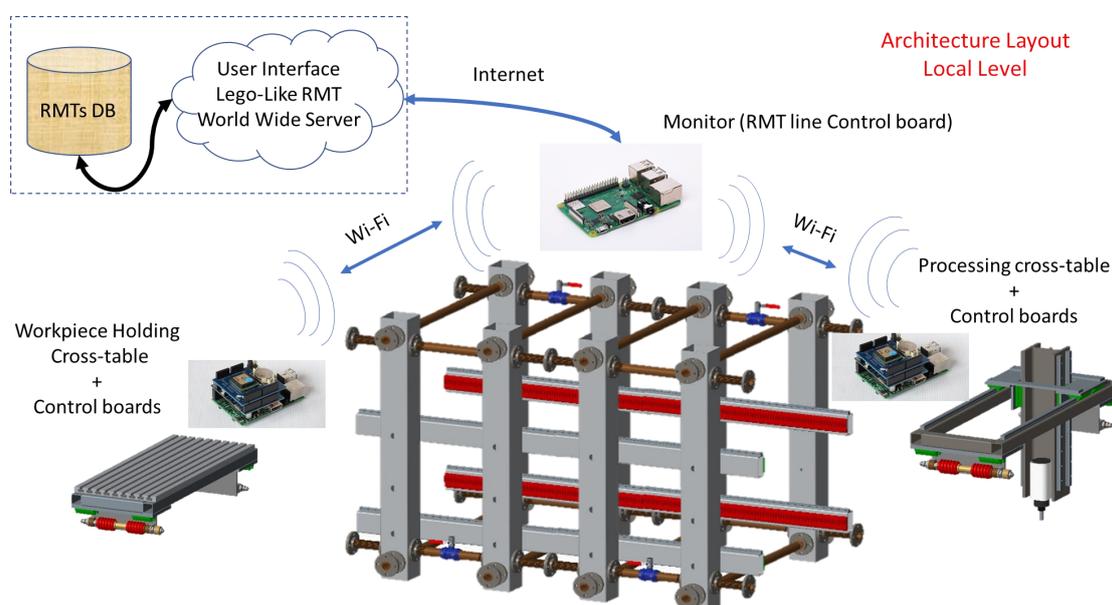
Il sistema di controllo software è di tipo open source in modo da consentire customizzazioni da parte degli utenti. In particolare è basato su:

- ◆ un **controllo ad agenti multipli**, per coordinare le risorse presenti nel sistema ProFacere RMT (tavole e basamenti);
- ◆ un firmware RGBL su ciascuna scheda Arduino Mega per interpretare i blocchi G-code del part program ricevuti via cavo dal Raspberry PI 3+ table controller, e
- ◆ un server web HTML per ciascuna linea; il server risiede sulla scheda monitor Raspberry PI 3+

A valle della messa a punto del prototipo e saranno disponibili maggiori dettagli tecnici.

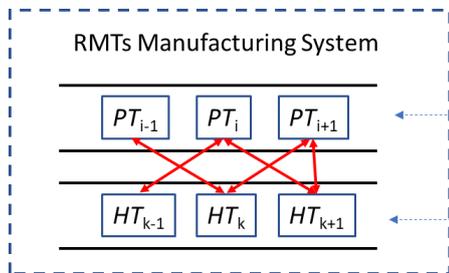
Le figure riportate nella pagina seguente indicano possibili configurazioni scalabili del sistema di controllo della ProFacere RMT.

● Architettura del sistema di controllo



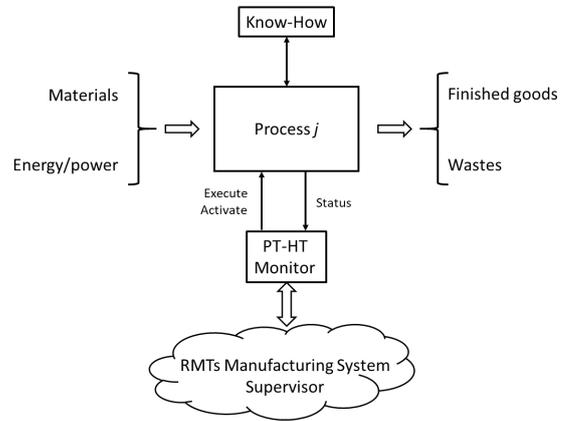
PROFACERE RECONFIGURABLE MACHINE TOOLS SISTEMA DI CONTROLLO

Configurazione logica e schema di processo del sistema di controllo:

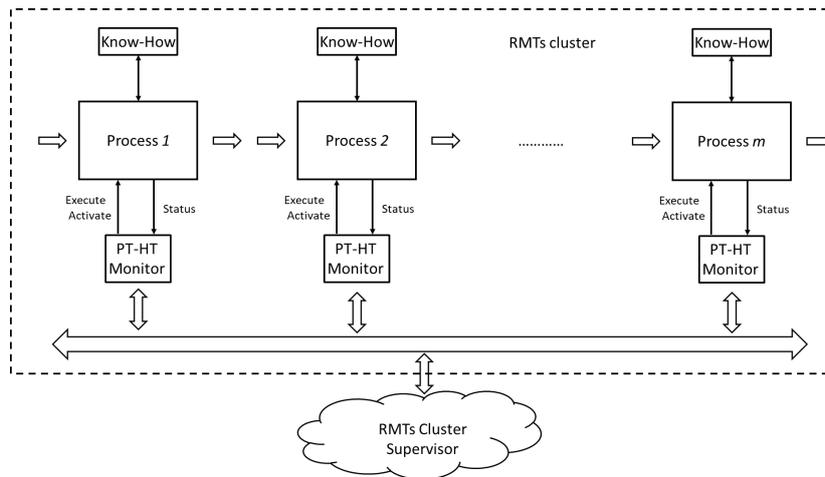


PT: Processing Cross-Tables
HT: Workpiece Holding Cross-Tables

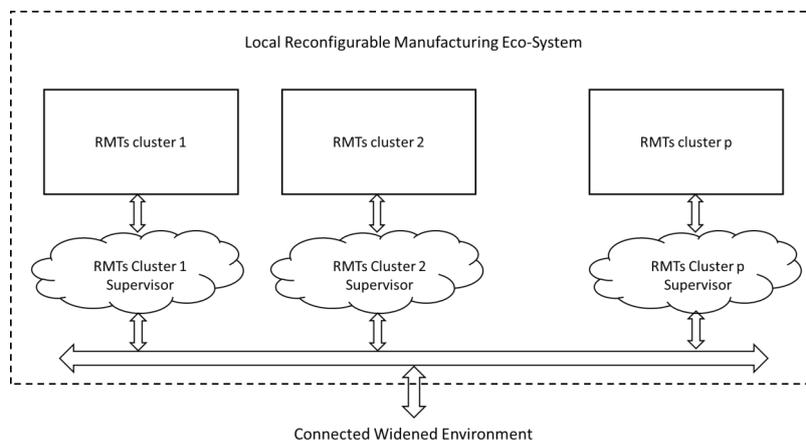
Product/Process requirement



ProFacere RMTs cluster (schema logico):



Eco-sistema locale della ProFacere RMT:



PROFACERE RECONFIGURABLE MACHINE TOOLS

RICERCA E SVILUPPO

- Ulteriori informazioni sui sistemi produttivi basati sulle ProFacere RMT sono stati pubblicati nei seguenti articoli:
 - A.A.G. Bruzzone, D.M. D'Addona, 2017, New perspectives in manufacturing: an assessment for an advanced reconfigurable machining system, 11th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, 19-21 July 2017, Ischia, Italy
 - D.M. D'addona, A.A.G. Bruzzone, 2017, ProFacere reconfigurable machining system: New perspectives to optimize production capacity, IEEE 15th International Conference of Industrial Informatics INDIN'2017, 24-26 July 2017, Emden, Germany
 - A.A.G. Bruzzone, D.M. D'Addona, 2017, A new reconfigurable machine tool architecture for technologies integration and cooperative capacity sharing, Technical talk, STC-O section of the CIRP General Assembly, 25 August 2017, Lugano, Switzerland

● **ProFacere Founders**



Alessandro Bruzzone
Presidente



Ivan Rosciano
CEO



Margherita Monti
Progettazione Meccanica



Doriana Marilena D'Addona
Ricerca e Marketing



Sonia Borghesi
Sviluppo del Sistema di controllo