

Sistema innovativo per la logistica a -30°: il progetto Healthy Cold Logistics (HCL)

Autori

*Andrea Campagna, Roberto Carroccia – CTL Centro Trasporti e Logistica – La Sapienza
Antonio Di Cosimo, Maurizio Campanai,*

Il Progetto Healthy Cold Logistics (HCL)

L'evoluzione del mercato dei servizi logistici nell'ambito della catena del freddo è stata repentina negli ultimi anni. In Italia il segmento del "freddo" sta rapidamente trovando degli spazi e delle esigenze. Mentre le soluzioni tecnologiche specifiche in gran parte esistono, le sperimentazioni di ottimizzazione non hanno ancora evidenziato i criteri da adottare nelle imprese della catena del freddo per ottenere reali benefici. Soluzioni specifiche sono state messe a punto nel settore farmaceutico, ma al momento sono estremamente specializzate e difficili da adeguare al segmento *food* a -30 °C, per problematiche connesse ai materiali, alle tecnologie di movimentazione, e agli automatismi. L'efficienza dei processi di refrigerazione degli alimenti registra conseguenze in termini economici, ambientali e legati alla sicurezza che incidono non solo sui consumatori ma anche sul settore industriale in generale. Le condizioni di lavoro in questo specifico segmento sono sempre più difficili in conseguenza anche delle nuove temperature richieste da alcuni mercati. Siamo passati da zero gradi fino a -40°. Alcuni progetti di ricerca a livello europeo hanno sviluppato linee guida per il settore, indicando tecnologie, processi, criteri di formazione ed altro.

In tale contesto le imprese Ceteas Srl e Abalog Srl, in collaborazione con il Centro di Ricerca per il Trasporto e la Logistica (CTL) dell'Università degli Studi di Roma La Sapienza, stanno concludendo un ambizioso progetto di ricerca e sviluppo cofinanziato dal MISE nell'ambito del bando "Fabbrica Intelligente" del 2019.

Il progetto, denominato HCL- Healthy Cold Logistics, affronta il tema dell'identificazione e sperimentazione di soluzioni innovative adeguate alla catena del freddo con una forte attenzione all'efficienza dei processi e all'aumento della qualità del lavoro del personale coinvolto. Il progetto si è focalizzato principalmente sui seguenti aspetti:

- **unità di carico** che oltre al controllo della temperatura possano offrire funzioni a valore aggiunto, quali: interoperabilità tra mezzi, sensoristica per la tracciabilità, sistemi automatici di movimentazione in ambiente -30° (IGV, AGV);

- Sistemi **AGV** (Automated Guided Vehicle) e IGV per gli ambienti -30° con caratteristiche tali da poter movimentare le Unità di Carico HCL-Shelter e i Pallet standard
- sistemi automatici per il picking di prodotti in ambiente freddo/gelo;
- soluzioni tecnologiche per la riduzione dei problemi di scambio termico tra ambienti confinanti a temperatura diversa, ovvero sistemi misti o robot antropomorfi in ambiente freddo;
- soluzioni software per l'ottimizzazione della catena distributiva, attraverso sistemi di tracciabilità, o meglio "transparency", nella filiera per creare un ambiente informativo integrato per gli operatori. (Piattaforma HCL-Smart Cube).

Il contesto della Cold Supply Chain (CSC)

Per ovviare i danni o la compromissione del prodotto nel processo di trasporto e di logistica, i settori industriali relativi ai prodotti farmaceutici, medicali e alimentari fanno crescente affidamento su quella che va sotto il nome di Cold Supply Chain (CSC). La CSC include le attività di trasporto, stoccaggio e distribuzione, di prodotti termo-sensibili mediante metodi di unitizzazione e imballaggio termici, e di pianificazione logistica per proteggerne l'integrità delle spedizioni. Tutti i modi di trasporto (aereo, marittimo, stradale, ferroviario) possono muovere prodotti termo-sensibili mediante apposite unità di carico (es. reefer container, carri ferroviari refrigerati, casse refrigerate e termo-isolate, ULD isoterme), così come esistono magazzini refrigerati per lo stoccaggio a tutte le temperature. Per questo motivo la CSC è al contempo una scienza, una tecnologia e un processo. È una scienza in quanto richiede la comprensione di processi chimici e biologici collegati con la deperibilità. È una tecnologia in quanto si basa su mezzi fisici per assicurare le condizioni di temperatura richieste lungo la supply chain (Figura 1).

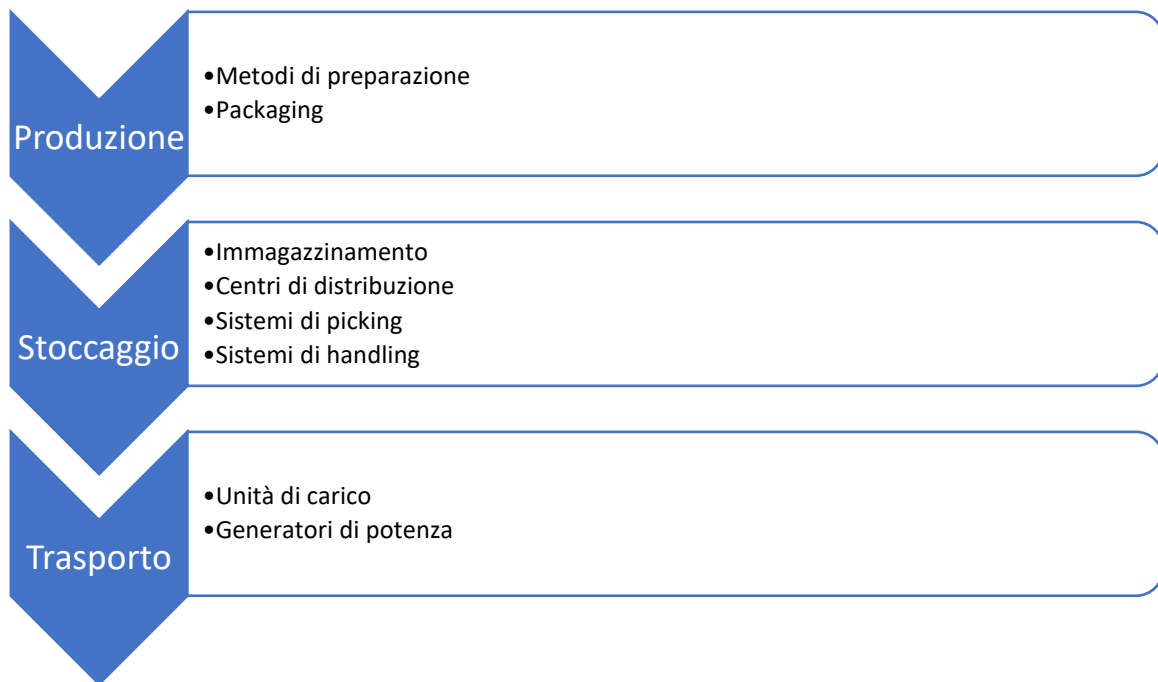


Figura 1 Tecnologie nelle diverse fasi della CSC.

È un processo in quanto prevede una serie di attività per preparare, immagazzinare, trasportare e monitorare prodotti termo-sensibili. Tale processo è concettualmente l'interazione di tre specifici elementi:

- **Prodotto:** un prodotto ha attributi fisici che richiedono condizioni specifiche di temperatura e umidità. Queste dettano le condizioni di trasporto e di immagazzinamento per conservarne l'integrità e conseguentemente il valore commerciale.
- **Origine/Destinazione:** identificano le posizioni geografiche in cui un prodotto termo-sensibile viene realizzato e consumato. Comportano i vincoli derivanti dalla difficoltà di realizzare un prodotto laddove viene consumato. Le innovazioni nella logistica del freddo rendono possibili strategie di approvvigionamento a distanza, in alcuni casi su scala globale.
- **Distribuzione:** i metodi e le infrastrutture per trasportare un prodotto in un ambiente a temperatura controllata, sia indoor (movimentazione), che outdoor (trasporto primario, secondario, distribuzione di ultimo miglio). Include mezzi di trasporto, unità di carico e magazzini refrigerati.

Il processo è inoltre caratterizzato da specifiche condizioni operative, relative a:

- Domanda: ogni tipo di prodotto ha una propria deperibilità, ciclo di vita a scaffale e ritorno economico, domanda condizionale in base agli attributi qualitativi.
- Integrità del carico: contenitori frigo (reefer) per trasporto a lunga distanza, imballaggi isotermici, ed è caratterizzato da ritorni a vuoto (per via dei flussi sbilanciati).
- Integrità del trasporto: mantenimento della catena del freddo, modi di trasporto specializzati in base ai tempi di resa e terminali specializzati.

I prodotti termo-sensibili che sono in genere movimentati nelle catene del freddo, riguardano i prodotti agricoli e alimentari, i prodotti farmaceutici (farmaci e sostanze farmacologicamente attive) e chimici. In base al prodotto si applicano diversi range di temperatura cui deve essere mantenuto per evitare il deterioramento. Le temperature dei congelati (-30 a -25 °C) costituiscono il range più basso che può essere mantenuto dalle unità di refrigerazione convenzionali. È impiegato prevalentemente per il trasporto e stoccaggio di pesce e gelati. Il range dei congelati (-20 a -10 °C) è usato per la carne, pane e prodotti da forno congelati.

Le innovazioni

HCL propone un approccio più integrato e quindi più “green” e più trasparente alla gestione delle operazioni di trasporto in generale, ma soprattutto alla gestione del magazzino *cold*. HCL vuole rappresentare un passo in avanti nell'intralogistica con una soluzione integrata e scalabile che creerà discontinuità negli attuali processi delle piccole e medie aziende operanti nel settore della distribuzione e dell'Ho.Re.Ca., creando i presupposti un totale controllo sul processo logistico.

HCL ha l'obiettivo di fornire delle soluzioni sostenibili al segmento della logistica del freddo, partendo da quanto oggi è stato studiato ed ottimizzato in termini di processo nella logistica a temperatura ambiente, avendo individuato i punti critici della logistica del freddo e fornendo soluzioni sostenibili in termini di costi e tecnologie. In particolare, HCL ricerca soluzioni innovative chiave che il mercato richiede:

- Unità di trasporto modulari, portabili, adattabili e “intelligenti”
- Automazione di alcune fasi di carico/scarico/picking
- Trasparenza dell'informazione durante la catena di trasporto
- Analisi dei BIG DATA per l'ottimizzazione

- Sistemi automatici per la movimentazione prodotto tra aree a diversa temperatura
- Qualità degli ambienti di lavoro
- Ottimizzazione dei flussi e dei costi

La seguente figura illustra i punti in cui il progetto HCL interviene con nuove tecnologie per migliorare processi e performance. Per quanto riguarda il trasporto, in particolare la distribuzione ultimo miglio, HCL ha introdotto una nuova **unità di carico** denominata **HCL shelter**. Le operazioni di carico/scarico di tali shelter sono concepite automatiche nella fase di ricezione e nella fase di distribuzione.

HCL-Shelter è una Unità di Carico autonoma, con capacità di gestire una temperatura variabile elettronicamente tra +10° e -30°, con tolleranza variabile e offre una flessibilità modulare e un'autonomia nella fase di trasporto, in quanto nello stesso mezzo possono essere utilizzati HCL-Shelter a temperatura diversa.

Tecnologia di refrigerazione orientata al risparmio energetico. Le **Unità Frigo** permettono la **refrigerazione autonoma** del HCL-Shelter con la possibilità di **regolare** accuratamente la **temperatura** in relazione alle necessità attraverso un utilizzo in Remoto dell'**Unità Frigo Custom**. La **Flessibilità** nella disposizione dei componenti che sono elementi separati per **Ottimizzazione** di spazi e geometrie.

Gli HCL-Shelter sono già protetti per funzionalità specifiche dai brevetti N. 102015000030070 dal Titolo: Sistema di Interfaccia per il Fissaggio di allestimenti rimovibili su autoveicoli e simili e N. 102015000030045 dal Titolo: Sistema di Supporto per allestimento Rimovibile su un Veicolo di Trasporto. Altri brevetti sono stati presentati in merito alla tecnologia IoT.



Figura 2 - Gli HCL Shelter Multitemperatura

La seguente figura rappresenta il vantaggio del modello HCL-Shelter. Con origine in **Magazzini differenziati** per temperatura, gli HCL-Shelter vengono **raffreddati** per **convezione** nel magazzino. Gli **HCL-Shelter** a diversa **temperatura** e a **dimensioni differenti** possono essere **combinati** in modo diverso sui veicoli. Il Software di gestione dei trasporti con HCL-Shelter gestisce sia il **Carico ottimizzato** (il volume di carico è

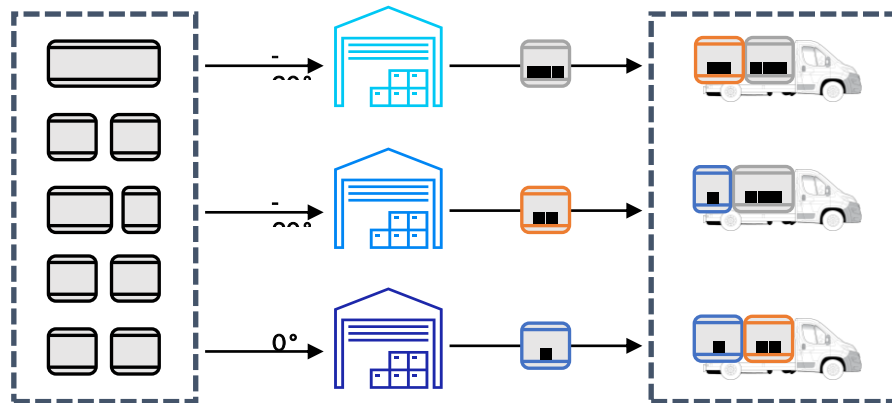


Figura 3 - Scenari di uso degli HCL-Shelter

sempre sfruttato) che il **Tracciamento** completo del carico/spedizione

In ambito di magazzino, HCL introduce sistemi robotizzati in tutti gli ambienti a diverse temperature e sistemi di scambio tra zone a temperature diverse, insieme sistemi innovativi di gestione del picking (es. cobot). La logica di gestione dei processi è basata sul paradigma IoT (Internet of Things) appositamente caratterizzato per la catena del freddo.

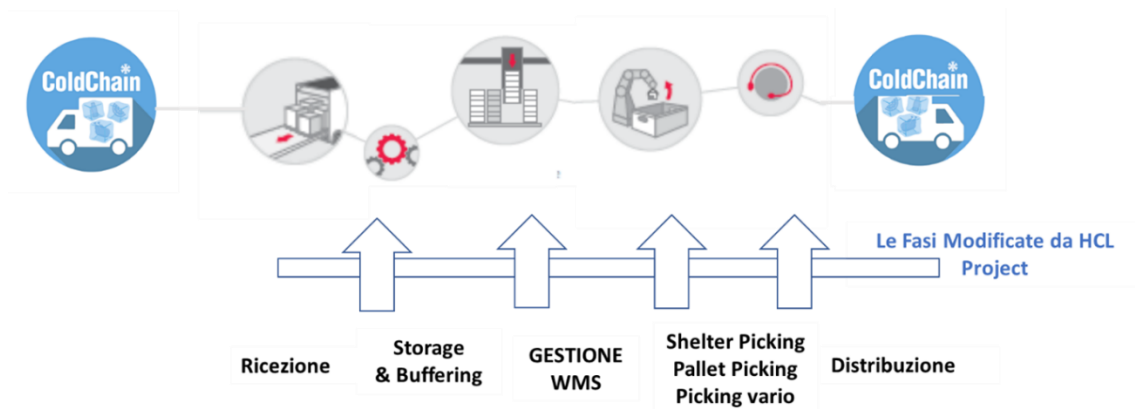


Figura 4 Fasi del processo logistico interessate dal progetto HCL.

Di seguito sono presentate le principali innovazioni.

Robotica e automazione

HCL ha progettato un sistema di movimentazione innovativo che supera alcuni dei limiti degli AGV (Automated Guided Vehicle) attualmente nel mercato, in particolare l'utilizzo

di più tecnologie di guida in uno stesso AGV. Le attività di ricerca industriale si sono concentrate sulle tematiche più critiche, quali:

- materiali dei sistemi AVG a -30°;
- tecnologie di guida (posizionamento ed azionamento);
- sistemi di gestione della sicurezza;
- materiali per il corretto funzionamento dei sistemi di movimentazione e sollevamento;
- gestione delle interazioni con altri dispositivi intelligenti.

In particolare, è stata avviata un'attività di potenziamento delle funzionalità di localizzazione e controllo, con lo sviluppo di un software di localizzazione sul supervisore e la gestione della localizzazione di altri dispositivi che possono interagire con HCL_AGV. Il primo prototipo realizzato è dotato di un sistema a forche con navigazione laser autonomo.

Figura 5 Area di utilizzo Braccio robotico in HCL-Aladin a temperatura controllata

I magazzini sono stati dotati di numerosi sensori per ottimizzare e controllare i flussi. L'integrazione di magazzini portapallet con magazzini drive-in a selezione, con la possibilità di far dialogare i sistemi AGV con gli shuttle attraverso un innovativo sistema denominato MIM (Mission Manager) che conoscendo i dispositivi di magazzino stabilisce la distribuzione delle missioni elementari ai diversi dispositivi automatici od operatori umani.

La seguente figura rappresenta un dispositivo Shuttle, al quale, rispetto ai sistemi Shuttle già disponibili sul mercato sono stati aggiunti alcuni sensori ed alcune funzionalità necessarie a garantire il corretto funzionamento in combinata con gli AGV di HCL in un ambiente gelo.

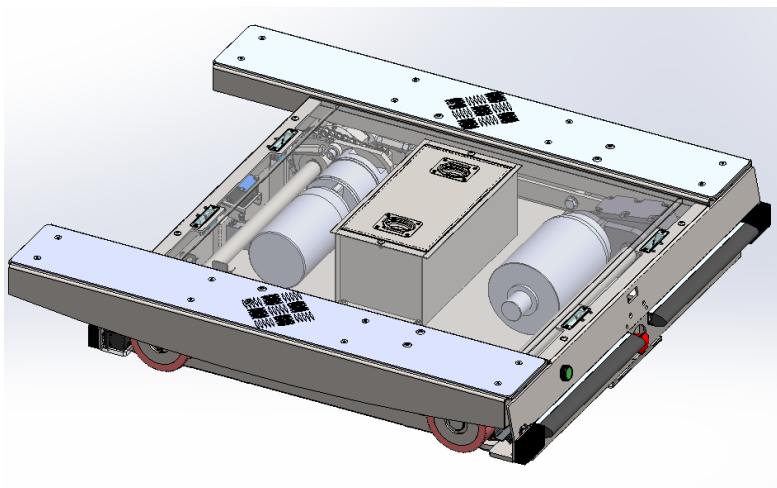


Figura 6 Modello di HCL-Shuttle per movimentazione Pallet su magazzini HCL

Il **picking robotizzato** a -30° è un'ulteriore innovazione realizzata. Un braccio robotico collaborativo è stato configurato per esperimenti di picking & placing in ambiente a temperatura standard e in situazioni di freddo a -30°.

Il modello di COBOT utilizzato offre 16 kg di payload reali, ovvero al massimo sbraccio (1 metro) e alla massima velocità e +/- 0,05 mm di ripetibilità. Può essere impiegato sia in operazioni di movimentazione di prodotti, che per la pallettizzazione. Può essere utilizzato anche in operazioni di PACKING, garantendo una riduzione dei tempi di ciclo per ogni singola operazione in cui viene impiegato. Il cobot è integrato come sistema IoT con l'ambiente informativo complessivo del magazzino.

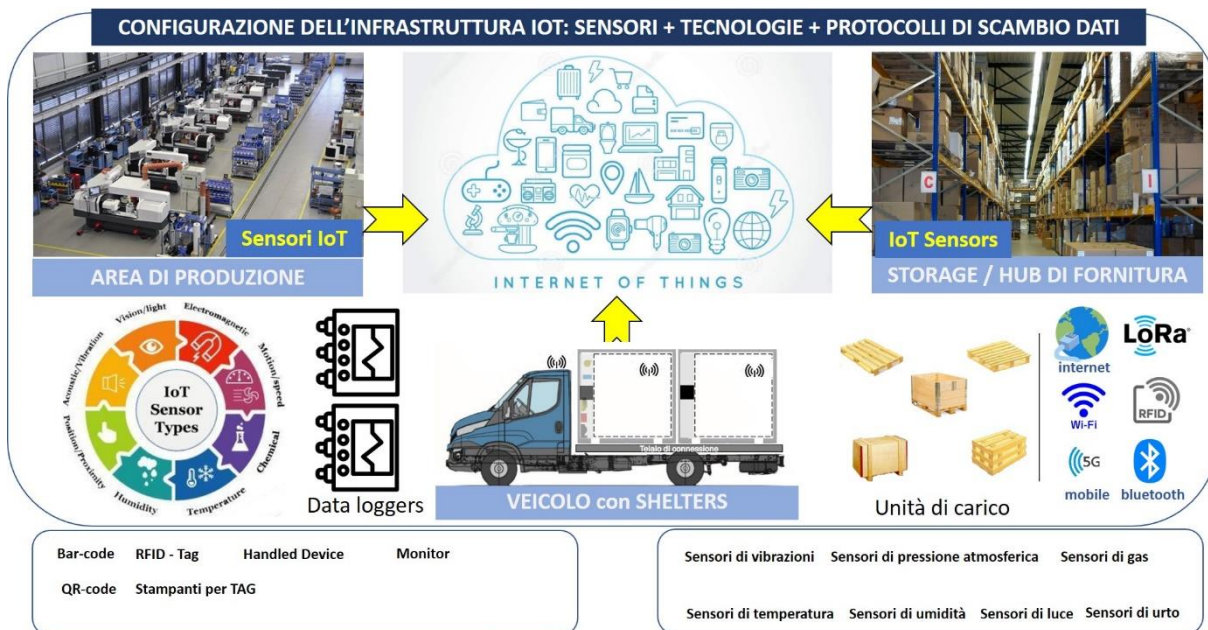


Figura 7 Cobot impiegato in HCL.

IoT

L'architettura logica del sistema IoT di HCL si divide in tre macro-blocchi, illustrati nelle seguenti figure.

PRIMO BLOCCO



Il blocco di più basso livello è quello che comprende l'infrastruttura dei sensori IoT, i data logger, le unità di carico, le tecnologie e i protocolli di scambio dati tra i sensori e il resto del sistema. Da notare che l'infrastruttura dei sensori IoT riguarda sia parti statiche, come l'area di produzione, il magazzino e l'HUB di approvvigionamento, che parti in movimento, come i veicoli con gli SHELTER e le unità di carico.

SECONDO BLOCCO



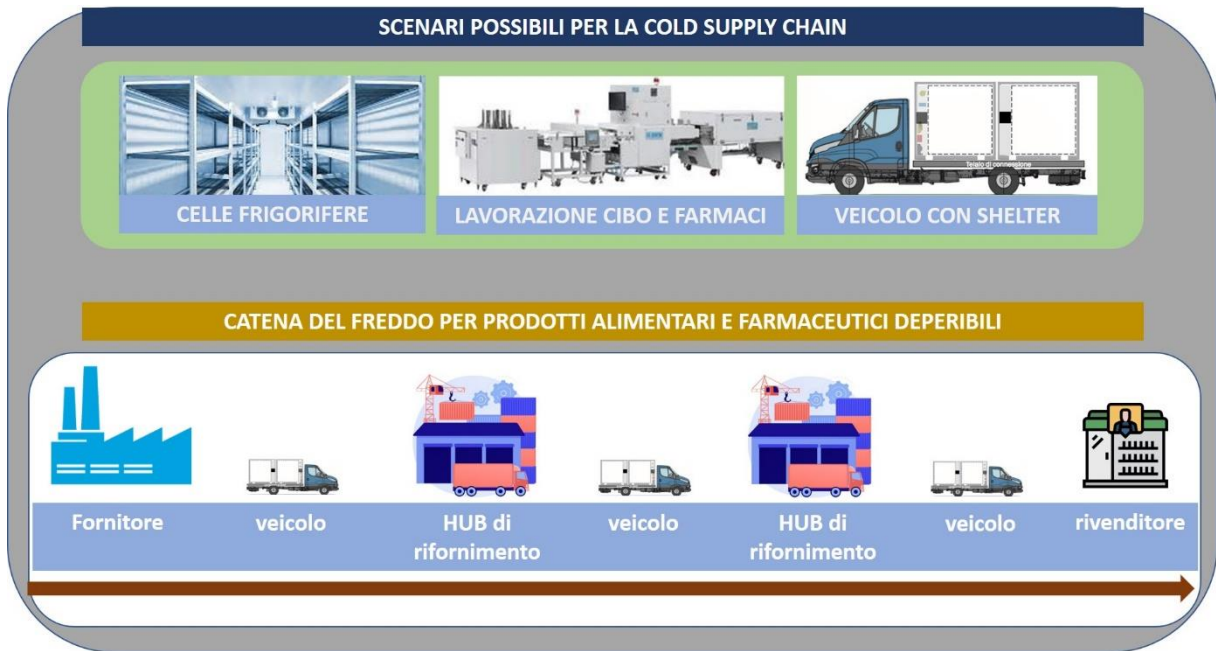
Il secondo blocco dell'architettura logica del sistema comprende tutta l'infrastruttura hardware e software della piattaforma informativa di integrazione e condivisione dei dati, compresa la parte di analisi e processamento dei dati della CSC. I dati provenienti dal livello sottostante dell'infrastruttura dei sensori IoT vengono opportunamente clusterizzati e classificati e vengono integrati con i dati relativi alle anagrafiche dei prodotti e dei clienti.

Le analisi e il processamento dei dati vengono condotte con algoritmi di processamento selezionabili dall'interfaccia del sistema. Si tratta di analisi statistiche, di problemi di ottimizzazione di ricerca operativa, ma anche algoritmi di intelligenza artificiale che, utilizzando tecniche di machine learning di apprendimento sulla notevole mole di dati raccolta dai sensori e anche da altre fonti esterne (meteo, traffico, eventi esterni, ecc.) riescono a predire, con una certa attendibilità, gli andamenti che alcune grandezze di interesse potranno avere in un futuro a breve o medio termine, come ad esempio la previsione di domanda per gli ordini in consegna o la previsione di possibili stock-out sulle scorte di magazzino.

La piattaforma informativa di gestione del sistema comprende anche altre parti fondamentali per le attività logistiche della cold supply chain. C'è un modulo per la costruzione della rete degli attori che compongono le diverse catene di distribuzione del freddo, che vengono gestite dal sistema informativo. Un altro modulo si occupa del monitoraggio dei processi avviati. È presente un modulo per lo scheduling dei compiti, delle attività, dei tragitti per le consegne o per i prelievi. Questo modulo è provvisto di una componente che si occupa dello scheduling dinamico, nel caso in cui le condizioni cambino all'improvviso per il sopraggiungere di eventi esterni imprevedibili dovuti, per esempio al traffico o ad agenti atmosferici, il modulo è in grado di cambiare in tempo reale lo scheduling e di adattare le scelte alla nuova situazione.

Il sistema informativo è dotato anche di un modulo di gestione flotte, e di track and trace dei prodotti, in grado di sapere istantaneamente dove si trovano i mezzi della flotta e dove si trovano i prodotti e in che stato sono, in ciascun punto della catena di distribuzione. Un altro modulo del sistema informativo è quello che effettua il controllo di qualità su tutta la filiera, direttamente dalla sede centrale.

TERZO BLOCCO



Il terzo blocco dell'architettura logica prevede la parte relativa ai casi d'uso e agli scenari possibili per la cold supply chain di HCL. Nel caso particolare, si considerano più in generale alcuni possibili scenari sia per la catena di fornitura del freddo per la distribuzione di prodotti alimentari che per la distribuzione di prodotti farmaceutici. Si prendono in esame gli spostamenti della merce lungo la filiera del freddo da Magazzino a Magazzino (HUB TO HUB) e da Magazzino (HUB) ai rivenditori (NEGOZI al dettaglio e SUPERMERCATI)

Physical Internet

Nella logistica, il Physical Internet è un sistema logistico globale aperto fondato sull'interconnettività fisica, digitale e operativa, attraverso incapsulamento, interfacce e protocolli. Il Physical Internet ha lo scopo di sostituire gli attuali modelli logistici: la visione del Physical Internet prevede l'incapsulamento delle merci in contenitori intelligenti, ecocompatibili e modulari che vanno dalle dimensioni di un container marittimo alle dimensioni di una piccola scatola. Il Physical Internet generalizza così il concetto di container marittimo che è riuscito a sostenere la globalizzazione e modellato la logistica dei porti e il trasporto su nave, ed estende la containerizzazione ai servizi logistici in generale. Il Physical Internet sposta il confine dello spazio privato per portarlo all'interno del container invece del magazzino o del camion. Questi container modulari vengono continuamente monitorati e instradati, sfruttando la loro interconnessione digitale attraverso l'Internet of Things.

Il Physical Internet incapsula oggetti fisici in pacchetti o contenitori fisici, chiamati π -container in modo da differenziarli dai container attuali. Questi π -container sono

contenitori che definiscono uno standard a livello mondiale, sono intelligenti, ecologici e modulari. Sono notevolmente modulari e standardizzati in tutto il mondo in termini di dimensioni, funzioni e dispositivi: il nostro HCL-SHELTER vuole essere uno di questi π -container utilizzabili nel modello del Physical Internet.

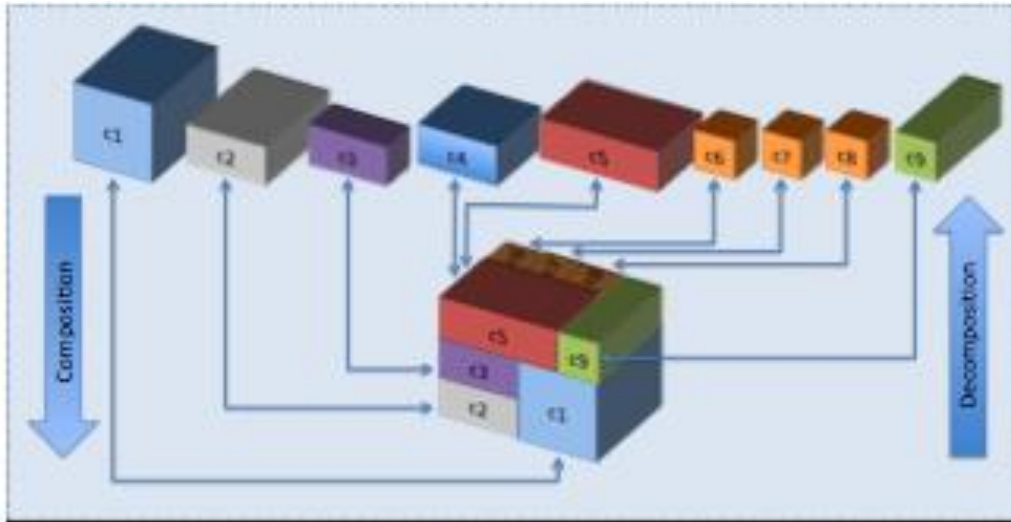


Figura 8 Rappresentazione della modularità dei π -container unitari e composti

I π -container sono elementi chiave che consentono l'interoperabilità necessaria per l'adeguato funzionamento del Physical Internet. Devono essere progettati per facilitare la loro manipolazione e conservazione nei nodi fisici del Physical Internet, nonché il loro trasporto tra questi nodi e, naturalmente, devono garantire la protezione delle merci all'interno del container stesso. Agiscono come i pacchetti di dati nell'Internet digitale. Hanno una parte informativa analoga all'intestazione nell'Internet digitale. I π -container incapsulano il loro contenuto, rendendo il contenuto irrilevante per il Physical Internet.

Da un punto di vista fisico, i π -container devono essere facili da maneggiare, immagazzinare, trasportare, sigillare, agganciare a una struttura, agganciare ad un sollevatore, caricare, scaricare, montare e smontare.

Da un punto di vista informativo, ogni π -container ha un identificatore mondiale univoco, come l'indirizzo MAC nella rete Ethernet e nell'Internet digitale. Questo identificatore è collegato a ciascun π -container sia fisicamente che digitalmente per garantire la robustezza e l'efficienza dell'identificazione. Uno smart tag è collegato a ciascun π -container per fungere da strumento di identificazione. Contribuisce a garantire l'identificazione, l'integrità, l'instradamento, il condizionamento, il monitoraggio, la tracciabilità e la sicurezza del π -container attraverso il Physical Internet. Tale tagging intelligente consente l'automazione distribuita di un'ampia varietà di operazioni di manipolazione, archiviazione e instradamento. Al fine di affrontare

adeguatamente i problemi di privacy e competitività all'interno del Physical Internet, lo smart tag di un π -container limita rigorosamente l'accesso alle informazioni da parte delle parti interessate. Solo le informazioni necessarie per l'instradamento di π -container attraverso il Physical Internet sono accessibili a tutti: Intranet, extranet, reti private virtuali, ecc. Il Physical Internet non manipola direttamente i beni fisici, siano essi materiali, parti, merci o ancora prodotti. Manipola esclusivamente contenitori progettati esplicitamente per il Physical Internet e che racchiudono beni fisici al loro interno.

HCL ha progettato la componente distributiva secondo il modello del Physical Internet, definendo dei sottomoduli dello HCL Shelter considerato quale π -container di riferimento e organizzando spedizioni in cui si gestiscono solo questi moduli elementari,. I sotto-moduli vengono inseriti a -30° nell'unità modulare di trasporto refrigerato (HCL-Shelter); sono quindi spediti e possono essere riaperti o alla destinazione o in un HUB intermedio, in condizioni che garantiscono il mantenimento della temperatura ai livelli consentiti, in cui i sotto-moduli possono essere ricombinati in altre pallettizzazioni e ricomposti all'interno di altre unità modulari di trasporto refrigerato e continuare il loro viaggio verso l'utente finale.

Ovviamente, i processi di decomposizione e ricomposizione del contenuto degli HCL-SHELTER devono avvenire in appositi HUB refrigerati, e devono essere eseguiti in tempi molto rapidi, altrimenti il modello del Physical Internet non sarebbe conveniente, se dovesse rallentare i tempi di consegna.

Sviluppi attesi

HCL è in fase di ultimazione dei lavori e a partire dal 2023 andrà a capitalizzare le innovazioni introdotte. Un sistema integrato di stoccaggio e distribuzione a -30°C sta per diventare un nuovo standard caratterizzato da sistemi che impiegano le più moderne e innovative tecnologie, quali la robotica, l'automazione del magazzino, l'IoT e come modello di ottimizzazione delle spedizioni il Physical Internet combinato con la tecnologia proprietaria Shelter.

HCL permette di sviluppare nuovi servizi logistici per prodotti che necessitano di temperature estreme difficili da gestire quando ci sono molte interazioni e interfacciamenti. In particolare, per il mondo dell'Ho.Re.Ca., per il quale si prevede il maggiore impatto in termini di innovazione, HCL offre un sistema integrato per efficientare la distribuzione di prodotti a -30°C in modo integrato dai magazzini di prodotto finito fino alla destinazione di ultimo miglio, sfruttando automazione e integrazione di processo, il tutto in un ambiente digitalizzato.