



UNIVERSITÀ DI PISA

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'ENERGIA DEI SISTEMI,
DEL TERRITORIO E DELLE COSTRUZIONI**

**RELAZIONE PER IL CONSEGUIMENTO DELLA
LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE**

***Implementazione di un Sistema Integrato Hardware
e Software per l'Identificazione e la Localizzazione di
Pallet e Forklift in un Magazzino di Grandi
Dimensioni***

SINTESI

RELATORI

Prof. Ing. Gionata Carmignani

Dipartimento di Ingegneria dell'Energia,

dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni

IL CANDIDATO

Matteo Marescalchi

Sessione di Laurea del 29/04/2020
Anno Accademico 2018/2019
Consultazione NON consentita

Implementazione di un Sistema Integrato Hardware e Software per L'Identificazione e la Localizzazione di Pallet e Forklift in un Magazzino di Grandi Dimensioni

Matteo Marescalchi

Sommario

Questo lavoro di tesi è il risultato di un'esperienza di stage, della durata di 6 mesi, svolta presso la Sofidel S.p.a. a Porcari(LU). Sono stato inserito in un progetto che si propone di sviluppare un sistema integrato hardware e software per la gestione efficiente di magazzini di grandi dimensioni come quelli del Gruppo Sofidel. Lo stabilimento oggetto del progetto è la Soffass Converting situata a Tassignano(LU). L'obiettivo è quello di identificare e localizzare i pallet ed i carrelli elevatori all'interno del magazzino grazie all'utilizzo della tecnologia RFID (Radio Frequency Identification). Il lavoro di tesi si propone, dapprima, di illustrare le modalità di gestione del magazzino esistenti e successivamente di scendere nel dettaglio del progetto mostrando il funzionamento dei sistemi installati e sviluppati all'interno del progetto e come sono stati integrati tra loro, fino ad arrivare allo stato attuale.

Abstract

This thesis work is the result of a six-month internship experience at Sofidel S.p.a in Porcari (LU). I was included in a project that proposes an integrated hardware and software system for the efficient management of large warehouses such as those of the Sofidel Group. The plant in which the project was developed is Soffass Converting located in Tassignano (LU). The goal is to identify and locate pallet and forklifts inside the warehouse thanks to the use of RFID technology (Radio Frequency Identification). The thesis work aims, first, to illustrate the existing management methods of the warehouse and then to go into the details of the project showing the functioning of the systems installed and developed within the project and how they have been integrated together, up to the current state.

1 Introduzione

L'obiettivo del progetto è quello di riuscire a monitorare e controllare le operazioni di gestione del magazzino in modo automatico ed in tempo reale grazie allo sviluppo di un software, il WMS, in grado di comunicare e scambiare informazioni con i software aziendali esistenti e con i sistemi installati all'interno del progetto. L'identificazione e localizzazione di pallet e forklift all'interno dello scenario di riferimento è stata possibile grazie all'utilizzo della tecnologia RFID.

2. Analisi AS-IS del flusso del pallet

In questo capitolo verrà illustrato il flusso di movimentazione del pallet dal momento in cui esce dal reparto produttivo al momento in cui viene caricato su un camion e spedito al cliente e saranno inoltre evidenziati i principali punti critici dell'attuale sistema di gestione del magazzino. Dal reparto produttivo possono uscire pallet o colonne (una colonna è formata da 2 pallet fasciati insieme uno sopra l'altro). Il pallet, grazie ad un nastro trasportatore, arriva già fasciato ed etichettato alle rulliere poste all'uscita del reparto produttivo. Da qui il pallet viene posizionato in uno dei 4 magazzini adibiti allo stivaggio dei prodotti grazie all'azione combinata di navette LGV e forklift. Le navette LGV sono veicoli a guida automatica ed hanno la funzione di trasportare i pallet dalle rulliere fino alle baie di raccolta, apposite aree presenti in prossimità dell'ingresso di ogni magazzino. I forklift invece sono guidati da operatori di magazzino e trasportano il pallet dalle baie di raccolta fino alle stive del magazzino e, sempre per mezzo di forklift, il pallet viene prelevato dalle stive e portato nell'area di precarico dove vengono organizzate le spedizioni. Infine l'operatore, grazie ad un transpallet, preleva il singolo pallet e lo carica sul camion passando attraverso le bocche di carico, apposite aperture sulla parete finale dell'area di precarico dove vanno ad inserirsi i cassoni dei camion per l'alloggiamento dei pallet. Questo appena descritto è in linea generale il flusso del pallet all'interno dello stabilimento produttivo di Tassignano.

2.1 Scarico e prelievo del pallet in magazzino

Il Responsabile del magazzino inserisce sull'applicativo che gestisce i comandi guida delle navette, il numero del magazzino in cui la navetta LGV deve depositare il pallet appena prodotto.

A questo punto il pallet si trova in una delle baie di raccolta del magazzino indicato dal Responsabile pronto ad essere prelevato dal forklift. Da questo momento in poi il sistema informatico aziendale non ha più traccia della posizione del pallet a magazzino. La posizione è rintracciabile solamente mediante un foglio Excel periodicamente aggiornato (“Mappa locazione materiale”) oppure tramite la memoria degli operatori di magazzino. Il carrellista infatti nota il pallet nella baia di raccolta e lo posiziona nella stiva del magazzino che secondo

207655	1	205439	3
207111	4	208980	3
207123	3	207778	4
207566	2d	205432	1a
201223	1b	201234	2c

Figura 1: Esempio di “Mappa locazione materiale”

la logica utilizzata in azienda e secondo la sua esperienza è la più adatta. Nella “Mappa locazione materiale” di Figura 1, per ogni codice prodotto finito presente a magazzino, è indicato il numero del magazzino o dei magazzini in cui sono stoccati i pallet di tale codice ma non si ha l’informazione né della posizione precisa del pallet in termini di stiva né della quantità di pallet stoccati per stiva. Questa mappa è utilizzata in fase di prelievo per identificare la posizione del pallet in magazzino e spesso succede che l’operatore, non sapendo con esattezza la posizione di stoccaggio del pallet, impieghi più tempo del dovuto ad effettuare l’operazione di prelievo con conseguente ritardo della fase di preparazione delle consegne al cliente. Oltretutto la “Mappa locazione materiale”, non essendo costantemente aggiornata, non è mai sincronizzata con i Piani di Produzione e i Piani di Spedizione del giorno, di conseguenza non si ha mai una fotografia della situazione reale presente a magazzino in termini di quantità e locazione dei pallet.

2.2 Caricamento pallet sul camion

Qui l’operatore, prima di procedere al caricamento del pallet sul camion tramite transpallet, scannerizza il codice a barre presente sull’etichetta e da questo momento, sul sistema informatico aziendale, il pallet risulta uscito dallo stabilimento. Può succedere che, a causa di un errore dell’operatore, un pallet non presente nelle liste di spedizioni del giorno venga caricato su un camion e spedito al cliente, oppure ancora può capitare che un pallet, presente nelle liste di spedizione, venga caricato in un trasporto sbagliato. La fase di caricamento pallet sul camion è una fase in cui il software aziendale non ha un controllo effettivo e, di conseguenza, il livello di servizio offerto al cliente dipende dalla correttezza del lavoro eseguito dagli operatori di magazzino.

3. Implementazione e test del sistema hardware

L'implementazione del progetto ha previsto una fase di test preliminare che prende il nome di "dimostratore" con scadenza a Settembre 2020 in cui il sistema non è stato sviluppato in tutto lo stabilimento di Tassignano, ma in un zona più ristretta con determinate caratteristiche come la presenza di rete wi-fi e che sia sufficientemente estesa per avere la possibilità di stoccare un elevato numero di pallet dotati di tag RFID e di poter raccogliere una quantità significativa di dati provenienti dai sistemi appartenenti al progetto. E' stata scelta come area del dimostratore il Magazzino 1 dove vengono stivati solamente pallet di fazzoletti. Di seguito sono elencate le attività svolte all'interno del magazzino durante il mio periodo di permanenza in azienda e che verranno dettagliate in seguito:

- Implementazione e test del sistema installato presso la stazione dell'etichettatrice;
- Implementazione e test del sistema installato sullo Smart Forklift;
- Implementazione e test del sistema installato sul soffitto del Magazzino 1;
- Installazione, implementazione e test di 4 varchi intelligenti, detti anche Smart Gate. Due Smart Gate sono stati installati nei due varchi presenti nel Magazzino 1 e altri 2 Smart Gate sono stati installati in corrispondenza di 2 bocche di carico.

3.1 Etichettatrice RFID

La stazione di lavoro dell'etichettatrice posta alla fine della linea produttiva è stata attrezzata con 2 antenne posizionate all'interno dei 2 piattelli che hanno la funzione di applicare l'etichetta al pallet che hanno davanti; entrambe le antenne sono collegate ad un lettore RFID che è connesso con il sistema di gestione aziendale in modo da ricevere e gestire le informazioni contenute nei tag RFID. È stato sostituito il nastro sul quale viene stampata l'etichetta da applicare al pallet con un nastro contenente al suo interno dei tag RFID a basso costo. Ogni piattello applica 2 etichette identiche sui due lati del pallet che trova davanti a sé, quindi, nel caso in cui si presenti una colonna formata da 2 pallet, verranno applicate in totale 4 etichette dotate di un tag RFID ciascuna. I piattelli, e di conseguenza le antenne, sono posizionati a differente altezza di modo che l'antenna in basso sia in grado di rilevare i tag RFID del pallet basso mentre l'antenna posizionata nel piattello alto sia in grado di rilevare i tag RFID del pallet alto nel caso in cui si presenti davanti all'etichettatrice una colonna. Il tag RFID all'interno del nastro possiede un codice deciso dal fornitore che deve essere riscritto dal lettore RFID. Il codice che deve essere scritto sul tag è il codice SSCC,

ossia il codice con cui il pallet viene riconosciuto e gestito dall'ERP aziendale.

Pallet Up	Side A	wait signals	received printing signal from wrapper and sequential number is 11223344
Pallet Down	Side A	wait signals	received printing signal from wrapper and sequential number is 11223345
Pallet Up	Side A	wait before read	
Pallet Down	Side A	wait before read	
Pallet Down	Side A	init params	
Pallet Up	Side A	init params	
Pallet Up	Side A	reading tag	
Pallet Down	Side A	reading tag	
Pallet Down	Side A	reading tag	read NO tags
Pallet Up	Side A	reading tag	read NO tags
Pallet Down	Side A	reading tag	read succesfully 1 tag for 1/3 times: E280000FF4567L1969
Pallet Down	Side A	reading tag	read succesfully 1 tag for 2/3 times: E280000FF4567L1969
Pallet Down	Side A	reading tag	read succesfully 1 tag for 3/3 times: E280000FF4567L1969
Pallet Down	Side A	writing tag	
Pallet Down	Side A	writing tag	tag writed: 380123883749003
Pallet Down	Side A	verifying tag	
Pallet Down	Side A	verifying tag	read succesfully 1 tag/s: 380123883749003
Pallet Down	Side A	verifying tag	tag verified: 380123883749003

Figura 2: Ciclo di lettura, scrittura e verifica di un tag RFID

Il ciclo di lettura, scrittura e verifica del tag inizia nel momento in cui il piattello applica al pallet l'etichetta contenente il tag al suo interno. Il codice dato dal fornitore deve essere letto dal reader RFID per almeno 3 volte di seguito, dopodiché il reader scriverà sul tag un nuovo codice, per l'appunto l'SSCC, ed infine l'SSCC verrà riletto un'ultima volta dal reader prima che il ciclo possa ritenersi concluso. Adesso il tag RFID sul pallet contiene l'informazione del codice SSCC. Si ricorda che un pallet ha 2 etichette identiche, per cui lo stesso codice SSCC deve essere scritto in entrambi i tag RFID posti sul pallet. Questo ciclo deve essere concluso entro un intervallo di tempo predefinito altrimenti sul tag non verrà scritto il codice SSCC. Nel caso in cui il lettore non riesca a scrivere il codice SSCC in entrambi i tag RFID posti sullo stesso pallet, si avrà a sistema la completa perdita dell'informazione legata al flusso di movimentazione del pallet in magazzino perché tale pallet non potrà essere rilevato successivamente dagli Smart Gate e dallo Smart Forklift e, di conseguenza, non potrà essere gestito dal software WMS. L'etichettatrice rappresenta quindi un punto critico del progetto, è fondamentale avere a magazzino pallet con entrambi i tag scritti e verificati per permettere agli Smart Gate e allo Smart Forklift di poterli rilevare e per permettere al WMS di non avere incongruenze tra la situazione giacenze a sistema e quella reale. Perciò sono stati analizzati giorno per giorno i file provenienti dal sistema installato sull'etichettatrice per avere l'informazione sia della percentuale di tag scritti e verificati correttamente sul totale dei tag che sono stati applicati ai pallet, sia dell'effettivo numero di pallet che possono essere identificati dagli elementi del sistema sul totale dei pallet prodotti.

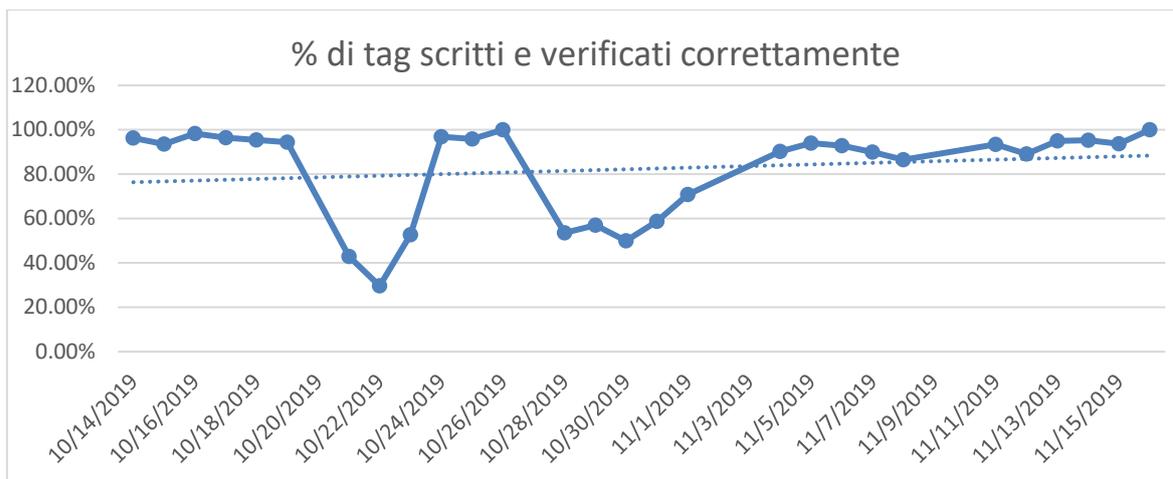


Figura 3: Grafico che mostra la % di tag scritti e verificati correttamente sul totale dei tag applicati ai pallet in un dato periodo di riferimento

3.2 Smart Gate

Lo Smart Gate, o varco intelligente, è costituito da un'antenna collegata ad un lettore RFID ed ha la funzione di rilevare sia il codice SSCC contenuto nei tag RFID posti sui pallet che attraversano il gate trasportati dal forklift o dal transpallet, sia la direzione di movimento del pallet. È stato appunto sviluppato un algoritmo di classificazione del tag RFID in grado di discriminare la direzione di passaggio del tag stesso, se in entrata o in uscita, nel momento in cui attraversa lo Smart Gate. In definitiva, ogni Smart Gate funzionerà nel seguente modo:

1. Un software 1 si interfaccia col reader RFID per identificare eventuali rilevazioni di tag RFID effettuate dallo stesso reader. Tali dati sono inviati mediante file di log ad un software 2;
2. Il software 2 analizza i dati ricevuti e comunica al server centrale, il WMS, il codice SSCC dei pallet transitati dallo Smart Gate e la loro direzione di movimento ("in ingresso", "in uscita", "di passaggio" oppure "caricato" se si tratta dello Smart Gate alle bocche di carico).

Il WMS riceverà, oltre alle informazioni sopracitate, anche il codice identificativo dello Smart Gate da cui è pervenuta la rilevazione di tag RFID posti su pallet e l'istante temporale in cui sono avvenute le stime. La comunicazione tra i vari software avviene tramite rete wi-fi.

3.3 Smart Forklift

Lo Smart Forklift, o carrello intelligente, è stato equipaggiato con diversi elementi hardware in modo da svolgere principalmente 2 funzioni: autolocalizzarsi all'interno del Magazzino 1 e rilevare il codice SSCC dei tag posti sui pallet che sta trasportando. Sullo Smart Forklift è presente un elaboratore capace di scambiare dati sia con i sottosistemi installati nel carrello sia con il WMS sfruttando la rete wi-fi del magazzino. L'architettura RFID installata sullo Smart Forklift comprende 4 antenne in campo vicino montate presso le guide di scorrimento delle forche per l'identificazione del codice SSCC dei pallet trasportati, un'antenna sul tetto del carrello per l'identificazione dei tag RFID montati sul soffitto ed infine un reader RFID a cui sono collegate tutte le antenne. Il metodo di localizzazione dello Smart Forklift tramite tecnologia RFID consiste nello sfruttare le informazioni che il reader RFID riceve da altri tag RFID passivi che sono stati montati sul soffitto del Magazzino 1 in posizione nota. È stato scelto di non affidarsi solamente a questo metodo di localizzazione indoor tramite tag RFID e, nel Magazzino 1, è stato implementato un altro sistema in grado di localizzare il carrello intelligente grazie ad una griglia di antenne Ultra Wide Band (UWB) installate anch'esse sul soffitto in posizione nota. Per il momento solo il metodo di localizzazione con sistema UWB ha fornito risultati soddisfacenti garantendo la localizzazione del carrello con precisione dell'ordine dei centimetri. Grazie ad un applicativo è possibile visualizzare sia il percorso in tempo reale effettuato dallo Smart Forklift sia quali sono, in un preciso istante, le 4 antenne UWB trasmettenti che permettono di identificare la posizione del carrello grazie all'antenna UWB ricevente montata su di esso. Inoltre, sullo Smart Forklift sono stati installati due sensori di prossimità presso le guide di scorrimento delle forche. Questi 2 sensori hanno un raggio di rilevamento di 30cm e, fornendo un segnale ON/OFF, discriminano la presenza o meno di pallet sulle forche del carrello. Lo Smart Forklift invia al WMS, ad intervalli regolari, le informazioni sulla sua localizzazione real time, sui codici SSCC dei pallet che sta trasportando e sullo stato del sensore di prossimità, e consente al WMS stesso di sapere la posizione precisa (in termini di stiva e fila) di ogni pallet stoccato all'interno del Magazzino 1, ossia di avere l'informazione del livello di riempimento delle stive.

4 Servizio di ottimizzazione delle operazioni

All'interno del progetto è stato sviluppato dal Dipartimento di Informatica un servizio di ottimizzazione dei processi di magazzino che ha il compito di fornire una serie di proposte volte a migliorare l'efficienza del flusso di movimentazione di pallet e forklift all'interno del magazzino. Alcuni degli obiettivi del servizio sono:

- Minimizzare lo spazio di occupazione delle stive di magazzino;
- Minimizzare il tempo giornaliero di caricamento dei camion;
- Minimizzare le operazioni di house keeping in modo da ridurre la probabilità di un deterioramento dei pallet.

Questo servizio, partendo da dei dati in input, genera per ogni turno lavorativo:

- Una proposta di allocazione nelle stive del magazzino per ogni pallet prodotto che ottimizzi il livello di riempimento delle stive;
- Una sequenza delle operazioni che le navette LGV ed i forklift devono effettuare quali stoccaggio e prelievo pallet.

Inizialmente il servizio di ottimizzazione, per testare e valutare il tempo di calcolo necessario a generare tali proposte, ha effettuato delle simulazioni grazie a dei dati forniti da Sofidel. I dati sono stati rielaborati a partire da report storicizzati scaricati dall'ERP aziendale e inviati come file Excel. I file che settimanalmente venivano inviati erano il Piano di Produzione e delle Spedizioni (entrambi con orizzonte settimanale) e lo Stock di magazzino giornaliero in cui, per ogni codice prodotto presente in magazzino in un determinato giorno, venivano indicate le stive in cui si trovava e la quantità di pallet stoccati per stiva. Per il momento il servizio di ottimizzazione non è stato in grado di fornire proposte significative nei tempi di calcolo richiesti, per cui i risultati si valuteranno in futuro. E' stato sviluppato uno studio con il Dipartimento di Informatica avente come oggetto degli indicatori di performance di gestione del magazzino opportunamente definiti. Questi indicatori sono stati misurati e analizzati nello scenario attuale del magazzino di Tassignano. Le misure di questi KPI verranno confrontate con i risultati forniti dal servizio di ottimizzazione sugli stessi indicatori di performance con il fine di mostrare come determinate attività vengono svolte oggi e se e come tali attività sono state ottimizzate dal servizio.

5 Warehouse Management System (WMS)

All'interno del progetto è stato sviluppato un nuovo software, il WMS, che rappresenta la "control tower" che gestisce e monitora in tempo reale i dati provenienti dai sistemi appartenenti al progetto. In particolare, grazie all'integrazione con il software ERP aziendale e grazie alla comunicazione con gli Smart Gate e lo Smart Forklift, il WMS ha il controllo del flusso di movimentazione del pallet nel Magazzino 1 e nell'area di precarico.

5.1 Comunicazione tra WMS e software ERP

Il software ERP ed il WMS sono due sistemi differenti che interagiscono reciprocamente durante il flusso di movimentazione del pallet all'interno del magazzino. Le informazioni inviate dall'ERP al WMS riguardano:

- Piano di Produzione e Piano delle Spedizioni;
- Anagrafica Pallet (o SSCC): contiene informazioni come il prodotto finito contenuto nel pallet e la data e l'ora di ingresso in magazzino.

Mentre il WMS invierà all'ERP informazioni riguardanti l'entrata/uscita di un pallet dal Magazzino 1 o dalle bocche di carico ed aggiornamenti sulla situazione giacenze nel Magazzino 1. Di seguito è illustrato nel dettaglio il flusso di informazioni scambiato tra il WMS ed i componenti del sistema durante il flusso di movimentazione del pallet all'interno del Magazzino 1 e alle bocche di carico.

5.2 Flusso del pallet post introduzione del sistema

Il pallet di fazzoletti, dopo essere stato etichettato con tag RFID, arriva alle rulliere dove una navetta LGV lo carica e lo posiziona in una delle 4 baie di raccolta del Magazzino 1. Qui lo Smart Forklift lo preleva e, tornando indietro, passa attraverso lo Smart Gate situato nei pressi delle baie di raccolta. Lo Smart Gate, grazie alla rete wi-fi, comunica al WMS:

- Codice identificativo dello Smart Gate che ha effettuato la rilevazione e codice identificativo dello Smart Forklift appena transitato;
- Codice SSCC del pallet identificato;
- Stato del pallet: in questo caso è "in ingresso" al Magazzino 1.

A questo punto il WMS:

- Chiede all'ERP informazioni sul pallet appena rilevato dallo Smart Gate e l'ERP risponde fornendo i dati dell'SSCC, ossia l'Anagrafica Pallet. Se l'ERP non risponde, il pallet deve essere collocato comunque in una stiva del Magazzino 1 dall'operatore che è in grado di riconoscere il prodotto contenuto nel pallet. Il WMS traccia il pallet in questione come "anomalo" e ripete la richiesta di informazioni verso l'ERP fino a quando non riceve in risposta l'Anagrafica Pallet;
- Il WMS controlla che il pallet faccia parte del Piano di Produzione, precedentemente fornitogli dall'ERP aziendale.

Il WMS, una volta che riceverà dal servizio di ottimizzazione la proposta di allocazione, comunicherà, tramite display, con l'operatore dello Smart Forklift indicandogli la stiva e la fila in cui andare a depositare il pallet. Per il momento il WMS si metterà in attesa che il carrellista, secondo la sua conoscenza, depositi il pallet all'interno di una stiva. Lo Smart Forklift, nel momento in cui deposita il pallet, invia al WMS:

- La sua localizzazione (in coordinate x,y);
- Codice SSCC del pallet trasportato;
- Stato del sensore di prossimità.

Il WMS, a questo punto:

- Aggiorna lo "Stato del Magazzino 1" aggiungendo l'SSCC nella posizione ricevuta dallo Smart Forklift;
- Verifica la coerenza tra il codice SSCC del pallet riconosciuto dal lettore RFID dello Smart Forklift e quello rilevato dal lettore RFID dello Smart Gate;
- Verifica che il pallet sia stato scaricato correttamente all'interno della stiva e, in caso negativo, segnala sul display dello Smart Forklift l'errata movimentazione permettendo all'operatore di correggere il posizionamento del pallet.

Infine il WMS invia all'ERP la lista aggiornata degli SSCC presenti nel Magazzino 1. Per quanto riguarda l'uscita dal Magazzino 1, il varco intelligente rileva i tag RFID del pallet trasportato dallo Smart Forklift verso l'esterno del Magazzino 1 ed invia al WMS tali informazioni:

- Codice identificativo dello Smart Gate che ha effettuato la rilevazione e codice identificativo dello Smart Forklift appena transitato;
- Codice SSCC del pallet identificato;
- Stato del pallet: in questo caso "in uscita".

Il WMS aggiorna lo "Stato del Magazzino 1" escludendo l'SSCC del pallet trasportato e comunica al software ERP di non avere più in carico il pallet. Anche in questo caso il WMS invierà all'ERP aziendale la lista aggiornata degli SSCC presenti nel Magazzino 1. Infine il pallet arriva nell'area di precarico dove viene caricato sul camion passando

attraverso lo Smart Gate alle bocche di carico. Lo Smart Gate invia al WMS il codice SSCC del pallet rilevato ed il suo stato, che in questo caso è “caricato”. Il WMS:

- Controlla che il codice SSCC del pallet appena caricato è compatibile con uno dei trasporti previsti per la giornata (grazie al Piano delle Spedizioni fornitogli dall'ERP) ed in caso negativo tiene traccia dell'anomalia;
- In ogni caso, segnala all'ERP l'uscita del pallet dallo stabilimento.

Attualmente il WMS non è in grado di comunicare in tempo reale con l'operatore avvertendolo dell'errore qualora si verifici che un pallet non destinato alla spedizione venga caricato su un camion oppure un pallet, presente nelle liste di spedizione, venga caricato in un trasporto sbagliato. Per il momento si avrà traccia di tale anomalia solamente a sistema.

6. Conclusioni e sviluppi futuri

Prima dell'introduzione del sistema, dai sistemi informatici aziendali era possibile sapere quando un pallet veniva prodotto e quando veniva spedito al cliente ma non si aveva traccia né delle movimentazioni effettuate dal pallet in questo intervallo di tempo né tantomeno della sua esatta posizione in magazzino; adesso grazie al WMS ed ai sistemi hardware installati in magazzino, si ha l'informazione in tempo reale di cosa è immagazzinato, dove ed in che quantità. Tutto ciò comporta un aumento dell'efficienza delle attività di gestione del magazzino ed un conseguente aumento del livello del servizio offerto al cliente.

Possibili sviluppi futuri da valutare saranno:

- Installazione sullo Smart Forklift di un sistema di safety in grado di rilevare potenziali collisioni con altri forklift operanti nel magazzino in modo da determinare, grazie all'informazione della localizzazione in tempo reale del carrello, quali sono le aree del magazzino con più alto rischio di collisione.
- Installazione di un terminale in cima ad ogni bocca di carico per permettere all'operatore di ricevere una segnalazione in caso di errore nel caricamento del pallet nel camion.