



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Facoltà di Ingegneria

Dipartimento di gestione e tecnica dei sistemi industriali

Corso di laurea triennale in Ingegneria Gestionale

Tesi di laurea di primo livello

RFID e Supply Chain Management: Vantaggi e Svantaggi

Relatore: Prof.ssa Pamela Danese

Laureando: Marco Ramo

Anno accademico 2010-2011

SOMMARIO	3
INTRODUZIONE	5
CAPITOLO 1: Descrizione della tecnologia RFID	7
1.1.L'Hardware RFID	7
<u>1.1.1.Il tag</u>	7
<u>1.1.2.Il reader</u>	9
<u>1.1.3.Il sistema informatico</u>	9
1.2.Il network EPCglobal	10
1.3.Storia dell'RFID	10
1.4.Frequenze di comunicazione	10
1.5.Limitazioni tecniche e pratiche	12
<u>1.5.1.Metallo e liquidi</u>	12
<u>1.5.2.Immaturità tecnologica</u>	12
<u>1.5.3.Preoccupazioni sulla privacy</u>	13
1.6.RFID per la Supply Chain	14
<u>1.6.1.Scelta della frequenza</u>	14
<u>1.6.2.Scelta del tipo di tag</u>	15
1.7.Standard tecnologici	16
<u>1.7.1.Formato dei dati</u>	16
<u>1.7.2.Protocolli di comunicazione</u>	17
CAPITOLO 2: Le Applicazioni dell'RFID	19
2.1.Livelli di tagging	19
2.2.Stato di adozione dell'RFID	19
2.3.Fasi nell'adozione della tecnologia RFID	21
2.4.Domande di ricerca	21

CAPITOLO 3: I Benefici dell'RFID	25
3.1.RFID vs codice a barre	25
<u>3.1.1.Wireless</u>	27
<u>3.1.2.Maggiore quantità di dati</u>	27
<u>3.1.3.Rapporto tra le due tecnologie</u>	29
3.2.Livelli di integrazione dell'RFID nella supply chain	30
<u>3.2.1.Utilizzo non integrato: riduzione dei costi</u>	31
3.2.1.1. <i>Flusso di materiali più continuo</i>	32
3.2.1.2. <i>Maggiore accuratezza dei dati</i>	33
3.2.1.3. <i>Riduzione dello "shrinkage"</i>	34
3.2.1.4. <i>Utilizzo con smart shelves</i>	34
<u>3.2.3.Utilizzo integrato: supply chain visibility</u>	35
3.3.Il valore strategico dell'RFID	38
CAPITOLO 4: I Costi dell'RIFD	41
4.1.Centralità dei costi	41
4.2.Il prezzo dei tag	43
4.3.Tag riprogrammabili	44
CAPITOLO 5: Bilancio Benefici-Costi	47
5.1.Allocazione costi-benefici tra i diversi membri della filiera	47
<u>5.1.1.RFID pallet-level e case-level</u>	47
<u>5.1.2.RFID item-level</u>	48
5.2.Bilancio benefici-costi e volume della domanda	50
5.3.Profittabilità delle smart shelves	50
5.4.Linee guida per l'implementazione di un sistema RFID	53
CONCLUSIONI	55
BIBLIOGRAFIA	59

SOMMARIO

L'obiettivo di questo lavoro consiste nell'investigare se, quando, ed in che modo, un investimento nella tecnologia RFID (Radio Frequency Identification) nell'ambito del supply chain management risulta economicamente giustificato. Si fa una panoramica sulla tecnologia RFID, in particolare nella sua forma più adatta alle applicazioni nel supply chain management, i tag passivi UHF (Ultra High Frequency). Vengono presentati i vantaggi ottenibili in uno scenario "non integrato" (limitato ad una singola azienda) ed "integrato" (con condivisione dei dati tra diverse aziende all'interno della stessa supply chain), ed i costi dell'RFID (in particolare il costo dei tag e la sua dipendenza dalla diffusione dell'RFID). Si fa dunque un bilancio tra benefici e costi, evidenziando come vantaggi e svantaggi siano in genere distribuiti in modo non uniforme tra membri a monte e a valle della filiera, e come livello di tagging (dai tag su ogni pallet ai tag su ogni singolo oggetto), costo dei tag RFID, dimensioni dell'azienda (in termini di volume di vendite), rapporti di forza tra le aziende (produttori/fornitori e distributori/rivenditori), siano i fattori che incidono maggiormente sul bilancio benefici-costi e sul suo sbilanciamento lungo la supply chain.

INTRODUZIONE

La competizione globale, la brevità dei cicli di vita dei prodotti, e le innovazioni nel campo dell'information technology (IT) hanno rapidamente modificato il modo in cui le aziende operano nel mercato. Questi cambiamenti hanno spinto le aziende a tagliare i costi e riprogettare i propri prodotti e servizi. La tecnologia RFID è una delle tecnologie emergenti che vengono utilizzate da organizzazioni quali produttori, distributori, rivenditori, operatori logistici, ospedali e biblioteche (Lee e Lee, 2010). I suoi benefici principali sono una riduzione dei costi attraverso il contenimento delle perdite di merce lungo la supply chain, una riduzione dei tempi di ispezione e del costo del lavoro impiegato nelle operazioni di gestione delle scorte, un miglioramento dell'accuratezza sui dati delle scorte. Attraverso un utilizzo dell'RFID integrato tra tutti i membri della supply chain, è possibile ottenere come ulteriore beneficio una maggiore visibilità sulla filiera, che si traduce in riduzione degli stock-out, riduzione delle scorte, e contenimento dell'effetto Forrester.

Nel primo capitolo vengono descritti gli aspetti tecnici della tecnologia RFID, dal punto di vista dell'hardware e da quello della condivisione dei dati tramite internet. In particolare vengono presentate le differenze tra i vari tipi di tag (attivi e passivi) e tra le differenti frequenze a cui possono operare. In base ad alcune considerazioni viene dunque dedotto quale sia il tipo di tag più appropriato per le applicazioni nella supply chain. Sono inoltre presentate le principali limitazioni tecniche e pratiche della tecnologia ed i principali standard internazionali che ne regolano la diffusione su scala globale, sia dal punto di vista del formato dei dati che da quello dei protocolli di comunicazione.

Nel secondo capitolo vengono espone le modalità applicative dell'RFID nella supply chain. Dapprima sono presentati i diversi livelli di dettaglio possibili nell'applicazione dei tag RFID: *item-level*, *case-level*, *pallet-level*. Viene poi trattato lo stato attuale di diffusione della tecnologia e le fasi che le aziende attraversano partendo da un'applicazione più limitata per arrivare ad una

pervasiva. Al termine del capitolo vengono esposti gli obiettivi della ricerca ed i quesiti a cui si cercherà di dare risposta nei successivi capitoli.

Nel terzo capitolo vengono esposti i benefici derivanti dall'utilizzo della tecnologia RFID nella supply chain. Il capitolo inizia con un confronto tra RFID e codice a barre, tecnologia ormai consolidata di cui l'RFID rappresenta un'evoluzione. Vengono presentate le caratteristiche che rendono l'RFID una tecnologia più potente e versatile e vengono descritti stato attuale e possibile evoluzione del rapporto tra le due tecnologie. In seguito vengono presentati nel dettaglio i benefici che l'RFID consente di ottenere, suddivisi in vantaggi derivanti da un utilizzo "non integrato" (cioè limitato alla singola azienda) ed uno "integrato" (ovvero esteso a tutti i membri della filiera). Un ulteriore paragrafo presenta i vantaggi dell'RFID in un'ottica strategica, distinguendo tra aspetti evolutivi e ed aspetti rivoluzionari della tecnologia RFID nella competizione tra aziende e tra supply chain

Il quarto capitolo è dedicato ai costi dell'RFID. Nel primo paragrafo vengono esposti i motivi per cui la valutazione dei costi dell'RFID è fondamentale nel processo decisionale che porta ad un eventuale investimento nella tecnologia. Dopo una presentazione di tutti i costi che si incontrano nell'implementazione di un sistema RFID, viene posta maggiore attenzione sul costo dei tag.

L'ultimo capitolo si occupa della sintesi tra benefici e costi, tema dei precedenti due capitoli. Viene trattata la distribuzione non equa del rapporto benefici-costi tra i diversi membri della filiera al variare del livello di dettaglio nell'applicazione dei tag e la dipendenza del bilancio finale dell'investimento dal volume della domanda. Viene trattato separatamente il caso dell'utilizzo di smart shelves.

Nelle conclusioni vengono riprese le considerazioni finali a cui l'analisi della letteratura ha portato, vengono esposte alcune considerazioni personali, e si suggerisce una futura direzione di ricerca.

CAPITOLO 1

Descrizione della tecnologia RFID

1.1.L'Hardware RFID

Un sistema RFID consiste di tre componenti fondamentali: il tag RFID, il reader, ed un sistema informatico di back-end.

1.1.1.Il tag

Il tag (o transponder) consiste di un chip, che può contenere una certa quantità di dati (come un numero di identificazione univoco), e di un'antenna, che serve a comunicare con il reader (Gaulker e Seifert, 2007). Il codice di identificazione univoco è registrato nel formato Electronic Product Code (EPC). Gli standard EPC sono stati sviluppati dall'Auto-ID Center, "una partnership fondata nel 1999 da 5 università leader nella ricerca e circa 100 rivenditori leader nel settore, produttori di beni di consumo ed aziende di software" (Bottani e Rizzi, 2008). Secondo Gaulker e Seifert (2007) esistono inoltre tag prive di chip che sfruttano particolari proprietà dei materiali nel riflettere le onde RF (come ad esempio la configurazione delle fibre RF inserite nella carta) per fornire un numero di serie univoco. Il reader comunica con i tag inviando e ricevendo onde elettromagnetiche: il modo in cui ciò avviene cambia a seconda che si tratti di tag cosiddetti "attivi" o "passivi".

I tag passivi (Figura 1.1) non hanno una fonte energetica interna: l'energia immagazzinata nelle onde RF inviate come interrogazione dal reader è sufficiente ad attivare il tag e a renderlo in grado di inviare per riflessione una risposta (i dati contenuti nel chip) al reader (Gaulker e Seifert, 2007). I tag passivi sono più diffusi, meno costosi, ed hanno una durata virtualmente illimitata. Il loro costo è inferiore a 1 \$ (Tajima, 2007).

Meno diffusi e più costosi sono i tag attivi. I tag attivi contengono una batteria che permette loro di rispondere all'interrogazione del reader con un segnale più potente, aumentando in tal modo la distanza dalla quale il tag può essere letto (Gaulker e Seifert, 2007). La loro durata è limitata a quella della loro batteria ed il loro costo viene stimato tra 4 \$ e 20 \$ per tag.

Chip e antenna sono ospitati in un alloggiamento appropriato per l'applicazione. Ne esistono di diversi materiali, forme e dimensioni, ed alcuni di essi possono essere piccoli come un chicco di riso o un terzo di millimetro. I tag possono essere a sola scrittura, dove i dati vengono scritti una volta e non possono più essere modificati; a lettura-scrittura, dove i dati possono essere successivamente alterati o riscritti; o una combinazione delle due modalità, dove una parte dei dati sono permanenti, mentre un'altra parte viene lasciata accessibile per successivi aggiornamenti (Attaran, 2007).

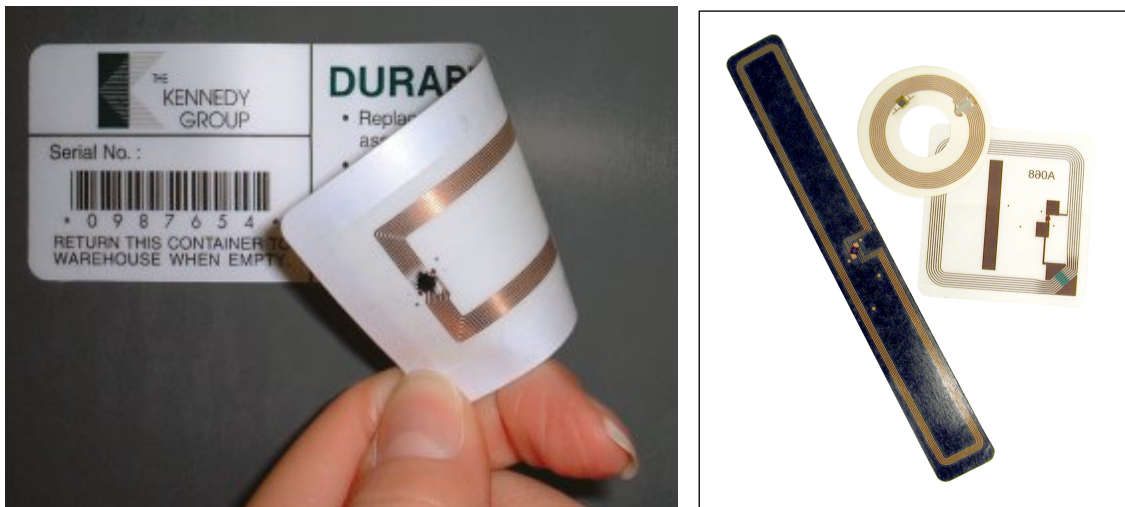


Figura 1.1 - Tag passivi

La seguente tabella riassume le principali caratteristiche dei tag attivi e passivi:

	Tag passivi	Tag attivi
Energia	Non dotati di batteria (richiedono reader più potenti).	Batteria interna (sufficienti reader meno potenti).
Distanza di lettura	Tipicamente < 3 m.	30 m o più.
Performance	Minore velocità trasferimento dati; soggetti a rumore; maggior sensibilità all'orientazione; meno tag leggibili contemporaneamente.	Maggiore velocità trasferimento dati; minore presenza di rumore; minore sensibilità all'orientazione; più tag leggibili contemporaneamente.

Modalità di lettura/scrittura	Meno costosi a sola lettura; possono essere WORM (write once, read many) o EEPROM (electrically erasable programmable read-only memory).	Sia lettura che scrittura.
Costo	Meno di 1 \$ per tag.	4-20 \$ o più.
Dimensioni tag	Possono essere piccoli quanto un granello di polvere; minor peso.	Più grandi dei passivi, possono essere delle dimensioni di un mattone; maggior peso per presenza della batteria.
Vita utile	Lunga (non c'è scadenza).	Limitata dalla durata della batteria (fino a 10 anni).
Applicazioni generiche	Adatti a tracciamento di beni di consumo di basso valore; tracciamento nella supply chain.	Adatti al tracciamento di oggetti di grande valore su lunghe distanze; sicurezza, controllo accessi personale; asset tracking.

Tabella 1.1 - Fonte: adattata da Tajima, 2007.

1.1.2. Il reader

I reader possono avere un range effettivo che va da pochi centimetri ad alcuni metri, a seconda della frequenza alla quale operano e del tipo di tag. Ne esistono di varie dimensioni, con differenti funzioni e caratteristiche, ed il loro prezzo parte dai 500 \$. Possono essere collocati in posizioni fisse, in dispositivi mobili utilizzati per la lettura di codici a barre, o anche integrati in apparecchiature come piccole stampanti di etichette. (Homs, 2004 in Attaran, 2007).

1.1.3. Il sistema informatico

Il sistema informatico back-end è costituito da uno o più computer che eseguono l'associazione biunivoca tra il numero di identificazione del tag ed il record del database che descrive l'oggetto al quale il tag è fissato (Gaulker e Seifert, 2007).

1.2. Il network EPCglobal

I dati EPC raccolti dall'hardware sono trasmessi e condivisi attraverso il network EPCglobal. Bottani e Rizzi (2008) riportano che quest'ultimo è stato definito da EPCglobal stessa come "un modo di sfruttare internet per accedere ad una grande quantità di informazioni logistiche che possono essere condivise tra partner autorizzati". Gli autori spiegano che, una volta letti dai reader, i dati EPC contenuti nei tag vengono salvati nel middleware aziendale. A questo punto essi possono venire trasmessi ad altri software preesistenti in modo da generare eventi gestionali, ma possono anche essere resi disponibili per altri partner commerciali (selezionati ed autorizzati) attraverso internet ed una suite di servizi definiti come EPC information services (EPCIS) e discovery services (DS). EPCIS ed DS permettono agli utenti di trovare su internet dati relativi a specifici codici EPC e di ottenere l'accesso ad essi. Secondo gli autori, attraverso questo sistema di condivisione dati in tempo reale, le aziende possono ottenere ampia visibilità sui flussi logistici e possono sfruttare queste informazioni per ottimizzarli.

1.3. Storia dell'RFID

Secondo Attaran (2007), le prime applicazioni della tecnologia RFID si ebbero già nella Seconda Guerra Mondiale, quando l'aviazione alleata la utilizzò per distinguere gli aeromobili amici da quelli nemici. Il metodo di comunicazione tramite riflessione di onde elettromagnetiche che è alla base dei tag passivi fu descritto già nel 1948 (Gaulker e Seifert, 2007). Durante gli anni '70 il governo americano utilizzò la tecnologia RFID per tracciare bestiame e materiale nucleare. Negli anni '80 e '90 i tag a radiofrequenze sono stati utilizzati in ambito commerciale in ambienti "closed loop" per la consegna di pacchi, per la gestione di bagagli, per il tracciamento del cibo nei supermercati, per la riscossione del pedaggio nelle autostrade (Attaran, 2007).

1.4. Frequenze di comunicazione

La frequenza sulla quale il sistema RFID opera indica l'intensità delle onde radio utilizzate per trasmettere informazioni, ed è un fattore chiave nel determinare i livelli di performance e le applicazioni del sistema. La

grandissima parte dei sistemi RFID opera in una delle seguenti quattro bande di frequenza: low frequency (LF), high frequency (HF), ultra high frequency (UHF), microwave (MF) (Tajima, 2007). Secondo Gaulker e Seifert (2007), diverse frequenze hanno diverse caratteristiche in relazione alla distanza ed alla velocità nella comunicazione. In generale, più alta è la frequenza, più grande è la distanza da cui è possibile leggere i dati e più veloce è la comunicazione (ovvero è maggiore la quantità di dati che possono essere trasmessi).

La seguente tabella (tabella 1.2) mostra tali bande con le relative caratteristiche ed applicazioni:

	Low frequency (LF)	High frequency (HF)	Ultra high frequency (UHF)	Microwave frequency (MF)
Banda (USA)	125-134 kHz e 140-148.5 kHz	13,56 MHz	860-930 MHz	2.45 GHz
Tipo di tag	Passivi	Principalmente passivi	Attivi e passivi	Attivi e passivi
Distanza di lettura (tag passivo)	<0,5 m	1.0 m	3.0 m	10 m
Dimensioni tag (passivo)	Più grandi	Più grandi	Più piccole	Più piccole
Velocità trasferimento dati	Bassa	Media	Veloce	Più veloce
Capacità di lettura vicino a metallo o attraverso liquidi	Migliore	Buona	Scarsa	Peggiora
Costo tag	Alto	Minore di LF	Più basso	Alto
Applicazioni tipiche	Tracciamento bestiame, serrature elettroniche, tracciamento barili birra, Exxon Mobil Speedpass	Gestione bagagli aerei, tracciamento libri biblioteca, antitaccheggio	Tracciamento nella supply chain, gestione magazzini	Pagamento automatico pedaggio autostrada, monitoraggio ferroviario

Tabella 1.2 - Fonte: adattata da Tajima, 2007.

1.5.Limitazioni tecniche e pratiche

1.5.1.Metallo e liquidi

All'aumentare della frequenza le onde radio cominciano ad avere caratteristiche più simili a quelle della luce, ovvero penetrano meno efficacemente i materiali e tendono ad essere riflesse da molti oggetti. Il problema principale consiste nella difficoltà ad attraversare il metallo, che riflette le onde, ed i liquidi, che le assorbono (RFID Journal, 2005). Secondo Gaulker e Seifert (2007), una possibile soluzione al problema è quella di utilizzare più reader che cerchino di leggere gli stessi tag da angoli diversi. Questo espediente non solo migliora la capacità di lettura in presenza di liquidi o metallo, ma aumenta anche la velocità di lettura nel caso generale. Sempre secondo gli autori un metodo simile è impiegato da alcune compagnie per potenziare la velocità di lettura di tag su prodotti o scatole contenuti all'interno di un pallet. In questo metodo viene utilizzato un solo reader, ma il pallet contenente i prodotti dotati di tag viene fatto ruotare in modo che il reader possa "vedere" i tag dei prodotti da diverse angolazioni. Questa tecnica può essere adottata ad esempio integrando un reader nella stazione di lavoro dove i pallet vengono fatti ruotare per essere avvolti nella pellicola protettiva.

1.5.2.Immaturità tecnologica

Secondo Gaulker e Seifert (2007) alcune limitazioni dell'RFID sono dovute al fatto che l'applicazione di questa tecnologia alla logistica è ancora relativamente nuova. I tag RFID possono essere difettosi (come d'altronde i codici a barre che possono diventare illeggibili perché rovinati o sporchi), ed in alcuni casi possono esistere problemi di interferenza che impediscono la lettura dei tag. Tuttavia gli autori sostengono che molte di queste limitazioni troveranno soluzioni tecnologiche man mano che la tecnologia diventerà più matura in questa applicazione.

Nel 2004 la percentuale di tag difettosi (ovvero di tag, acquistati da un produttore di tag RFID, che non sono risultati scrivibili e/o leggibili da parte dell'acquirente) si aggirava secondo Brandel (2004, in Gaulker e Seifert, 2007) intorno al 10-12%. Secondo quanto riscontrato nella letteratura da Tajima (2007), la quantità di tag difettosi e false letture, che in alcuni progetti pilota

avrebbe raggiunto addirittura percentuali del 20-50%, non risulta ancora accettabile. Tuttavia Gaulker e Seifert (2007) sostengono che tali problemi non siano dovuti ad un limite della tecnologia RFID in sé, quanto piuttosto ad un controllo qualità carente da parte dei fornitori di tag.

Per quanto riguarda le interferenze, Gaulker e Seifert (2007) sostengono che le interazioni reader-tag negli ambienti di utilizzazione reali (al di fuori delle prove di laboratorio) non siano ancora compresi sufficientemente bene. Esistono studi scientifici dettagliati di laboratorio su come scegliere tag e antenne, ma al di fuori dei laboratori prevale la pratica per tentativi. Secondo gli autori per molti versi l'implementazione hardware di un sistema RFID in questa fase è "più un'arte che una scienza": come esempio gli autori raccontano di un caso in cui un problema grave ed apparentemente inspiegabile di lettura in un ambiente perfettamente predisposto per l'RFID sia stato risolto semplicemente spostando un reader di qualche centimetro.

1.5.3.Preoccupazioni sulla privacy

Secondo un'indagine statistica condotta da Bhattacharya et al. (2008), la questione privacy risulta essere la sfida più importante da affrontare affinché la tecnologia possa penetrare più in profondità nel mondo della distribuzione finale. Per quanto riguarda invece il settore manufacturing, il problema della privacy è inesistente, dato che tale settore non ha rapporti diretti con il consumatore finale. Alla base dell'opposizione alla tecnologia da parte di alcune associazioni dei consumatori sta una potenziale invasione della privacy (Tajima, 2007). Le preoccupazioni hanno a che fare prevalentemente con l'applicazione dei tag ai singoli prodotti invece che a pallet o cartoni, in quanto questi ultimi solitamente non raggiungono il consumatore finale (Gaulker e Seifert, 2007).

Secondo Tajima (2007) uno degli aspetti che hanno causato tali preoccupazioni sta nella dimensione dei tag. I tag possono infatti raggiungere le dimensioni di granelli di sabbia, rendendone possibile l'applicazione invisibile nei prodotti per scopi di sorveglianza a fini di marketing. Soluzioni generalmente suggerite per tali questioni sono l'educazione del consumatore e la legislazione. Bhattacharya et al. (2008) fanno infatti notare che, diversamente dalle questioni problematiche dell'RFID precedentemente

esposte, la questione della privacy non è destinata ad essere automaticamente risolta attraverso il progresso tecnologico: essendo un problema di tipo sociale, esso rimarrà una sfida costante per le aziende che si occupano di distribuzione al dettaglio che vengono in contatto con il cliente finale. Gli autori ritengono che trovare il giusto equilibrio tra benefici per il consumatore ed invasione della sua privacy dovrebbe essere una priorità per tutte le aziende del settore retail.

Un caso pratico di applicazione a fini di sorveglianza interessante per la questione privacy è riportato da Gaulker e Seifert (2007). Tesco (una catena di supermercati inglese) e Gillette hanno realizzato insieme un sistema di prevenzione del furto che utilizzava tag RFID posti sulle lamette per rasoi. Quando le lamette venivano rimosse dallo scaffale, una fotocamera scattava automaticamente una foto del consumatore. In seguito, alla cassa, un'altra foto veniva scattata nel momento in cui il cliente pagava le lamette. A fine giornata la sicurezza del supermercato visionava le due serie di fotografie ed ipotizzava un possibile furto nel caso in cui un consumatore comparisse nella raccolta di foto allo scaffale ma non in quella alla cassa. Le reazioni da parte dei consumatori si sono rivelate disastrose per l'immagine dell'RFID, ma gli autori sostengono che, a parte questo scenario, la maggior parte delle implementazioni RFID a livello di singolo prodotto non registrino più dati sui consumatori di quanto non facciano già comunemente le carte fedeltà dei supermercati o le carte di credito. Per questi motivi Gaulker e Seifert (2007) non vedono in definitiva la questione privacy come un fattore limitante significativo sul lungo termine.

1.6.RFID per la Supply Chain

In un articolo pubblicato nel 2008 in occasione della IEEE International Conference on RFID, Bhattacharya et al. individuano come decisioni fondamentali nell'adozione della tecnologia RFID la scelta della frequenza e del tipo di tag appropriati.

1.6.1.Scelta della frequenza

Per quanto riguarda la scelta della frequenza, fattori come le richieste degli utenti, il contenuto dei prodotti (acqua, metallo), il tipo di applicazione, la

distanza di lettura, le preoccupazioni sulla sicurezza, i fattori ambientali (ad esempio rumore, vibrazioni, velocità di movimento, fonti magnetiche), determinano tali decisioni. Secondo uno studio realizzato da Bhattacharya et al. (2008) negli Stati Uniti, l'UHF è la frequenza dominante sia nel settore retail che in quello della produzione (80% dei casi esaminati). Solo l'11% del settore retail ed il 16% di quello della produzione ha optato per l'HF. In nessun caso gli autori hanno riscontrato l'utilizzo delle frequenze LF o MF nel settore retail, mentre nel settore della produzione la banda LF è risultata presente solo nel 4% dei casi esaminati.

1.6.2. Scelta del tipo di tag

Per quanto riguarda invece la scelta del tipo di tag, secondo Bhattacharya et al. i fattori che influenzano la scelta sono il costo, la capacità di lettura/scrittura, le dimensioni, il peso, la memoria, la durata del tag, la fonte di energia, la distanza di lettura. Tra questi, quelli decisivi sono il costo, la capacità di scrittura e la fonte di energia. Secondo le statistiche raccolte dagli autori, i tag passivi sono decisamente dominanti nel settore retail (94% dei casi esaminati). Nel settore della produzione invece i tag passivi sono stati riscontrati nel 70% dei casi mentre nel rimanente 30% venivano utilizzati tag attivi. Nella seguente tabella sono riportati i dati raccolti statisticamente da Bhattacharya et al. (2008):

	Retail	Manufacturing
UHF reader	25 (89%)	66 (80%)
HF reader	3 (11%)	13 (16%)
LF reader	0 (0%)	3 (4%)
Totale	28	82
Tag passivi	15 (94%)	29 (70%)
Tag attivi	1 (6%)	12 (30%)
Totale	16	41

Tabella 1.3 – Fonte: copiata da Bhattacharya et al. (2008).

Anche Tajima (2007) conferma che l'uso di tag passivi operanti nella banda UHF è la scelta più comune per quanto riguarda le applicazioni nel supply chain management, principalmente per il basso costo unitario dei tag, l'adeguato raggio d'azione e la velocità di lettura dei dati. RFID Journal (2005) sostiene che la diffusione di tag UHF è dovuta sia alla comparsa sul mercato di tag a basso prezzo, sia alla distanza di lettura che ne permette l'utilizzo nel supply chain management. Le aziende hanno infatti bisogno di essere in grado di leggere tag da almeno 3 metri di distanza affinché l'RFID sia utile in un magazzino, questo perché non c'è modo di leggere un tag su di un pallet che attraversa la porta di un deposito a meno di 3 metri di distanza senza interferire con le normali attività di carrelli elevatori ed altre attrezzature.

1.7.Standard tecnologici

La necessità di standard nasce spontanea nel momento in cui si considera l'implementazione dell'RFID nella supply chain su larga scala. Tag e reader in diverse aree geografiche del pianeta e di diversi produttori devono essere in grado di comunicare tra loro. Deve inoltre essere posta molta cura nel garantire che i numeri di serie dei tag RFID siano realmente univoci, specie in preparazione di un'eventuale esplosione dell'applicazione dei tag a livello di prodotti singoli (Gaulker e Seifert, 2007).

1.7.1.Formato dei dati

Gli standard sui dati specificano sia cosa deve essere contenuto nella porzione di memoria dei tag RFID, sia il formato in cui tali dati devono essere registrati. Per le applicazioni nella supply chain lo standard più importante è l'Electronic Product Code (EPC). Questo standard è stato sviluppato da EPCglobal e UCC/EAN (ora diventati GS1), sulla base del formato dati proposto dall'Auto-ID Center del MIT. L'EPC è semplicemente un numero, solitamente di lunghezza da 64 a 256 bit, fornito da EPCglobal. Ogni compagnia che aderisce allo standard viene fornita di una serie di numeri per i propri prodotti, che EPCglobal garantisce essere unici su scala globale (Gaulker e Seifert, 2007). Secondo Sarac et al. (2008), un EPC a 96 bit può identificare più di 268 milioni di produttori e quasi 69 miliardi di articoli per ciascun produttore. Oltre al numero identificativo del prodotto, i tag RFID

possono includere altre informazioni come luogo e data di produzione, numero identificativo del container di spedizione, etc. (Lee e Lee, 2010).

1.7.2. Protocolli di comunicazione

Gli standard tecnologici specificano anche i protocolli che devono essere utilizzati per le comunicazioni tra tag e reader. Secondo Gaulker e Seifert (2007), le variabili importanti in questo caso sono la frequenza e la potenza alla quale la comunicazione avviene. Per le applicazioni nella supply chain il più importante standard tecnologico è quello della famiglia ISO 18000, in particolare gli standard 18000-3 (HF) e 18000-6 A/B (UHF). Lo standard ISO 18000 specifica anche una struttura dei dati compatibile con lo standard EPC. Nel 2006 l'International Standards Organisation (ISO) ha approvato lo standard EPC Gen 2 (uno standard UHF che risolve alcuni problemi di compatibilità tra tag UHF precedentemente riscontrati) proposto da EPCglobal, integrandolo nello standard esistente come ISO 18000-6 C (RFID Journal, 2006). Secondo Szmerekovsky et al. (2010), la mancanza di uno standard globale, considerata inizialmente una delle barriere che impedivano la produzione di massa di tag RFID, è stata considerata risolta in seguito alla certificazione ISO 18000-6 C avvenuta nel 2006. Secondo gli autori, tale certificazione è stata un significativo traguardo verso l'adozione estesa dell'RFID in quanto ha risolto i problemi di compatibilità hardware ed ha rimosso i vincoli alla capacità produttiva dei tag.

CAPITOLO 2

Le Applicazioni dell'RFID

2.1. Livelli di tagging

Gaulker e Seifert (2007) individuano tre livelli a cui può avvenire l'applicazione dei tag nella supply chain: a livello di pallet (*pallet-level tagging*), di case (*case-level tagging*), e di singolo oggetto (*item-level tagging*).

- *Pallet-level tagging*: in questo caso il tag è fissato su di un pallet. Quando il pallet è pronto per essere spedito, il tag viene programmato con un ID, tipicamente associato ad un ordine ed ad una lista di inventario del pallet. Alla destinazione il tag può essere dunque letto ed il suo ID associato ad un record di database contenente tutte le informazioni su di esso.
- *Case-level tagging*: i tag sono fissati ai case. Come nel caso dei pallet, l'ID del case viene associato ad un ordine e ad un inventario. Il principale vantaggio rispetto ai tag pallet-level sta nel consentire un tracciamento più dettagliato. Il rilevamento automatico dei case consente inoltre di avere sempre a disposizione il conteggio aggiornato di questi ultimi, rendendo in tal modo superfluo il conteggio manuale, con un notevole risparmio di ore uomo.
- *Item-level tagging*: in questo caso i tag sono solitamente parte del packaging, posti all'interno della scatola del prodotto o sul prodotto stesso. Questo livello di tagging consente il massimo livello possibile di visibilità e risulta utile nei casi in cui i singoli prodotti vengono movimentati a mano, come nell'ambito della distribuzione finale.

2.2. Stato di adozione dell'RFID

Le applicazioni della tecnologia RFID sono notevolmente aumentate negli ultimi anni. Secondo Sarac et al. (2008) le applicazioni maggiori si possono trovare attualmente nella gestione delle scorte, asset tracking, localizzazione della merce e trasporti, nei settori della logistica, della distribuzione, della salute, dell'automobile e del tessile. Tra i pionieri dell'RFID negli Stati Uniti ci

sono Wal-Mart, il Dipartimento della Difesa, la Food and Drug Administration, Marks and Spencer, Tesco e Gillette (Sarac et al., 2008). Chuang e Shaw (2007) ricordano anche Target, Best Buy, Albertsons, ed il gruppo tedesco Metro. Riconoscendo le potenzialità dell'RFID, Wal-Mart (la più grande azienda di distribuzione al dettaglio nel mondo) ha imposto ad i suoi 100 maggiori fornitori di applicare tag RFID a tutti i prodotti da essi forniti entro gennaio 2005. Sebbene questa mossa abbia reso più tesi i rapporti fra il grande distributore americano ed i suoi fornitori, secondo gli autori l'operazione è risultata un successo. Stando ad uno studio dell'ottobre 2005 realizzato dall'RFID Research Center dell'università dell'Arkansas, grazie all'RFID Wal-Mart ha ridotto gli out-of-stock del 16%. L'azienda ha inoltre annunciato nel 2004 di voler estendere tale imposizione ai suoi 200 maggiori fornitori entro gennaio 2006, e di voler continuare ulteriormente in tale direzione. L'adozione della tecnologia da parte di Wal-Mart, in modo sia intensivo che estensivo su scala globale, ha incoraggiato altri distributori ed aziende ad interessarsi all'RFID (Roh et al., 2009). Lee e Lee (2010) fanno però notare che dal 2003, data dell'annuncio di Wal-Mart, solo 600 degli oltre 60000 fornitori americani di Wal-Mart ha preso parte al progetto. Secondo gli autori infatti, nonostante il supporto da parte dei maggiori fornitori (tra cui Procter & Gamble, Kimberly-Clark e Unilever), Wal-Mart sta modificando la propria strategia RFID in seguito ad inaspettati problemi organizzativi e tecnici. Secondo Chuang e Shaw (2007) molte aziende stanno mantenendo un atteggiamento "wait-and-see" nei confronti dell'RFID. I fornitori, sebbene capiscano che implementare questa tecnologia sia una priorità, continuano a vedere l'RFID come una richiesta imposta dai membri più a valle della filiera. I grossi distributori al dettaglio vedono grandi benefici nell'RFID e sostengono che tale tecnologia garantirà molti vantaggi anche ai fornitori, i quali sono invece più cauti nell'investire in questa tecnologia emergente. Tuttavia, secondo un sondaggio riportato da Bhattacharya et al. (2008), la diffusione dell'RFID, inizialmente spinta principalmente dalle richieste e/o imposizioni da parte dei distributori, ha cominciato ad essere supportata direttamente e spontaneamente dai produttori/fornitori. Secondo Chuang e Shaw (2007), nonostante attendere che la tecnologia RFID sia al 100% testata

possa sembrare una scelta sicura, ciò comporta anche la perdita delle opportunità di vantaggio dei cosiddetti *early adopter*.

2.3.Fasi nell'adozione della tecnologia RFID

Nel percorso che sta portando le aziende verso una completa adozione della tecnologia RFID, Attaran (2007) ha individuato tre fasi successive nel tempo:

1. *Fase elementare* – In questa fase le aziende cominciano a conoscere la tecnologia e cercano di soddisfare le richieste che vengono dai loro clienti nella filiera. I tag vengono posti nella fase finale del processo produttivo (appena prima della spedizione), su pochi prodotti, e le infrastrutture RFID vengono installate in un numero limitato di siti. Le aziende prendono tempo per studiare come sfruttare la tecnologia mentre realizzano le richieste che arrivano dai clienti più a valle (vere e proprie imposizioni nel caso di Wal-Mart).
2. *Fase intermedia* – Le compagnie hanno avuto modo di conoscere la tecnologia e sono pronte per passare alla fase successiva. Queste aziende applicano i tag durante la produzione (invece che al termine di essa) per rendere i processi produttivi più efficienti e ridurre il costo del lavoro. Utilizzano l'RFID per ricevere prodotti e materiali, e per effettuare le spedizioni. Condividono i dati raccolti in tutte le operazioni con i sistemi di gestione back-office aziendali.
3. *Fase finale* – A questo punto, idealmente, tutti gli impianti saranno predisposti per l'RFID e le aziende utilizzeranno l'imponente quantità di dati generata in tempo reale dall'RFID per comprendere le variazioni della domanda, sfruttando le informazioni per compiere le decisioni di supply chain management.

2.4.Domande di ricerca

L'obiettivo di questo lavoro consiste nell'investigare se, quando, ed in che modo, un investimento nella tecnologia RFID risulta economicamente giustificato. Attraverso l'analisi ed il confronto tra diversi contributi della letteratura, si cercherà di capire quali sono i benefici che la tecnologia porta con sé, ed a che prezzo essi siano ottenibili. In particolare si cercherà di dare una risposta ai seguenti interrogativi:

- Quali sono i vantaggi ed i costi che nascono nell'aumentare il livello di dettaglio nel tagging?
- Quali sono gli utilizzi dell'RFID che danno origine ai maggiori benefici?
- Quali sono le variabili che influenzano il bilancio costi-benefici?
- Come sono distribuiti vantaggi e svantaggi lungo la filiera?

Per rispondere a tali quesiti sono state scelte fonti di diverso tipo (analisi della letteratura, casi studio, modelli analitici, simulazioni, sondaggi). Data la novità dell'applicazione della tecnologia RFID nel supply chain management e la rapidità con cui sia gli utilizzi che la tecnologia stessa si stanno evolvendo, si è scelto di privilegiare nella ricerca delle fonti il materiale più recente. Sono dunque stati scelti articoli dal 2007 in poi. La seguente tabella classifica le fonti in base al tipo di ricerca effettuata dagli autori:

Autori	Anno	Titolo	Tipologia
Lee, I. Lee, B.	2010	An investment evaluation of supply chain RFID technologies: A normative modeling approach	Modello analitico
Szmerekovsky, J. G. Tilson, V. Zhang, J.	2010	Analytical Model of Adoption of Item Level RFID in a Two-Echelon Supply Chain with Shelf-Space and Price-Dependent Demand	Modello analitico
Sarac, A. Absi, N. Dauzère-Pérès, S.	2008	A Simulation Approach to Evaluate the Impact of Introducing RFID Technologies in a Three-Level Supply Chain	Simulazione
Bottani, E. Rizzi, A.	2008	Economical assessment of the impact of RFID technology and EPC system on the fast-moving consumer goods supply chain	Simulazione dettagliata
Roh, J. J. Kunnathur, A. Tarafdar, M.	2009	Classification of RFID adoption: An expected benefits approach	Analisi letteratura, casi studio
Bhattacharya, M. Chu, C. Mullen, T.	2008	Comparative Analysis of RFID Adoption in Retail and Manufacturing Sectors	Analisi letteratura

Attaran, M.	2007	RFID: an enabler of supply chain operations	Analisi letteratura
Tajima, M.	2007	Strategic value of RFID in supply chain management	Analisi letteratura
Chuang, M. Shaw, W. H.	2007	RFID: Integration Stages in Supply Chain Management	Analisi letteratura, casi studio
Gaukler, G. M. Seifert, R. W.	2007	Applications of RFID in Supply Chains	Analisi letteratura, esperienza personale
Huber, N. Michael, K. McCathie, L.	2007	Barriers to RFID Adoption in the Supply Chain	Sondaggio

Tabella 2.1

CAPITOLO 3

I Benefici dell'RFID

3.1.RFID vs codice a barre

In molti aspetti RFID e codice a barre sono simili: entrambe le tecnologie utilizzano etichette e lettori per leggerle, ed entrambe si basano su di un sistema informatico per associare l'ID sulle etichette ad un record di database contenente dati sul relativo oggetto o classe di oggetti (Gaulker e Seifert, 2007). (Nella tabella 3.1, adattata da Huber et al. (2007), è presente un confronto punto per punto tra le due tecnologie). Nonostante ciò, da un punto di vista applicativo ci sono 2 caratteristiche fondamentali che distinguono l'RFID dal codice a barre: il fatto che sia una tecnologia wireless e la maggiore quantità di dati registrabili nei tag.

	Codice a barre	RFID
Costo	Relativamente basso, tecnologia ormai matura.	Alto, sebbene i costi siano destinati a crollare qualora la tecnologia dovesse prendere piede.
Semplicità d'uso	Semplice da usare, necessita di poco o nessuna formazione del personale.	L'assenza di intervento umano ed il livello di automazione rimuovono qualsiasi difficoltà operativa.
Innovazioni in corso	Sebbene si tratti di una tecnologia matura, esistono innovazioni tecnologiche come i lettori di codici a barre per cellulari e biglietti elettronici via MMS.	Lo sviluppo è ancora immaturo, emergono continuamente nuove applicazioni ed innovazioni.
Affidabilità e accuratezza	Abbastanza affidabili e accurati, ma soggetti ad errore umano e deterioramento.	Problemi di affidabilità e accuratezza sono stati riscontrati nelle prime implementazioni, ma sono destinati ad essere risolti quando la tecnologia sarà più matura. L'alto livello di automazione lo rendono potenzialmente molto accurato
Line of sight	La lettura ottica richiede line of sight e quindi intervento umano.	Non è richiesta line of sight, i tag possono essere letti attraverso i materiali e sono possibili più letture contemporaneamente.

Informazioni e dati registrabili	Il codice a barre tradizionale può contenere pochi dati. Altri codici più avanzati (ad esempio bidimensionali) aumentano la quantità di informazioni ma sono poco diffusi.	Possono contenere tanti dati quanti sono richiesti (il limite diventa il costo). EPC garantisce un numero identificativo univoco per ogni oggetto. I dati possono essere aggiornati e modificati.
Usura	L'usura per utilizzo o la degradazione dovuta a fattori ambientali o può impedire la lettura ottica.	I tag possono essere molto duraturi, non si usano e non vengono rovinati da fattori atmosferici in quanto vengono applicati all'interno delle confezioni.
Tracciamento merce	Possibile ma limitato: è generalmente possibile specificare il tipo di prodotto.	E' possibile il tracciamento degli oggetti individuali in modo semplice ed automatizzato lungo la supply chain
Gestione e visibilità scorte	Visibilità possibile ma limitata dalla necessità di lettura manuale, che diminuisce quantità e tempestività dei dati.	Visibilità migliorata per quantità di dati, accuratezza, e disponibilità in tempo reale delle informazioni aggiornate.
Controllo qualità e gestione resi	Limitata dall'impossibilità di identificare i singoli prodotti.	Potenzialmente molto accurata vista la possibilità di tracciare i singoli prodotti.
Riduzione errori	Riduzione significativa degli errori rispetto all'inserimento manuale dei dati. Rimane la possibilità della mancata lettura da parte del personale.	Quando impostato correttamente, un sistema RFID può garantire un'accuratezza molto alta. L'automazione elimina la necessità di intervento umano.
Riduzione dei costi	Migliora la gestione delle scorte e l'efficienza ma richiede una rilevante componente di lavoro.	Una volta integrato completamente, l'RFID può ridurre significativamente i costi operativi e migliorare l'efficienza, riducendo ad esempio gli out-of-stock
Costo del lavoro	Riduzione rispetto all'inserimento manuale dei dati.	Grossa riduzione grazie all'automazione.
Diffusione	Il codice barre è lo standard nel campo dell'auto-ID.	Diffusione ancora limitata ma in rapidissimo aumento.
Privacy	Garantita dall'impossibilità di distinguere i singoli prodotti.	Desti alcune preoccupazioni la ricchezza di informazioni, la capacità di tracciamento dei singoli prodotti, la ridotta dimensione di alcuni tag e la loro natura "always-on".

Tabella X.X - Fonte: adattata da Huber et al. (2007)

3.1.1.Wireless

La caratteristica di essere wireless implica quattro importanti vantaggi:

- Non è richiesto né contatto fisico né *line of sight* tra tag e reader
- Sono possibili più letture parallele
- La lettura avviene in modo automatico
- I tag non sono esposti a usura o deterioramento per fattori atmosferici

Gaulker e Seifert (2007) propongono un semplice esempio pratico che esemplifica questi vantaggi nel caso di una tipica operazione di ricevimento di un pallet con prodotti misti in un magazzino. Se è necessario registrare in un database tutti i prodotti contenuti nel pallet, allora un addetto dovrà rompere il pallet, aprire i cartoni e leggere manualmente tutti i codici a barre dei prodotti in esso contenuti (a meno che non sia presente un codice a barre sui cartoni associato ad una lista dei prodotti contenuti, e che il ricevente si possa fidare della sua correttezza). Queste operazioni sono sia onerose in termini di ore-uomo che soggette ad errore umano, e comportano un'interruzione del flusso dei beni nel magazzino per poter capire cosa sia stato ricevuto. In uno scenario in cui a ciascun prodotto è applicato un tag RFID, il pallet viene semplicemente fatto passare attraverso un portale reader RFID e tutti i prodotti all'interno del pallet vengono rilevati quasi istantaneamente.

Per quanto riguarda l'ultimo punto, Attaran (2007) spiega che alcune applicazioni presentano condizioni ambientali, come temperatura, sporcizia, o pericolo di contaminazione, che rendono la rilevazione ottica dei codici a barre inefficace. L'RFID è relativamente più resistente in casi di ambiente ostile o sporco (polvere, pioggia, neve, calore) (Tajima, 2007).

3.1.2.Maggiore quantità di dati

Secondo Bottani e Rizzi (2008) una delle ragioni principali della diffusione dell'RFID è la capacità dei tag di fornire una quantità maggiore di informazioni rispetto ai tradizionali codici a barre. Sebbene siano stati sviluppati codici a barre più avanzati, come ad esempio i codici a due dimensioni (Figura 3.1), che possono contenere più informazioni, le dimensioni

del codice a barre rappresentano comunque un fattore che limita la quantità di informazioni rappresentabili (Gaulker e Seifert, 2007).

Le caratteristiche dei dati contenuti nei tag portano a due vantaggi pratici:

- Con EPC è possibile identificare un singolo oggetto invece di una classe di oggetti
- Sono registrabili e modificabili informazioni aggiuntive sui prodotti

Grazie all'EPC i tag RFID possono identificare ogni singolo prodotto (non solo la sua classe), aprendo nuove possibilità nella gestione dei resi e delle garanzie, e nella possibilità di dimostrare l'autenticità di un prodotto sulla base delle informazioni riguardanti la sua origine (Gaulker e Seifert, 2007).

Inoltre, a seconda del tipo di chip, i tag possono contenere molte altre informazioni sul prodotto oltre al suo codice identificativo, e queste informazioni possono essere modificate o riscritte (Tajima, 2007). Bottani e Rizzi (2008) citano tra queste informazioni ad esempio il luogo di produzione, il lotto di produzione, la data di scadenza, il tipo di prodotto. La capacità di lettura e scrittura di alcuni tag RFID può essere vantaggiosa ad esempio nel caso in cui non sia sempre garantita la possibilità di collegarsi ad un database. In questo caso possono essere registrate informazioni aggiornate riguardanti il prodotto direttamente sul tag, senza bisogno di accedere al record riguardante il prodotto nel database. Questa possibilità è particolarmente sfruttata nel caso di applicazioni militari (Gaulker e Seifert, 2007).



Figura 3.1 - Codici a barre "standard" e bidimensionale a confronto

Insieme, la lettura wireless e la maggior quantità di dati rendono possibile la realizzazione di un sistema in cui i prodotti vengono seguiti attraverso tutti i passaggi lungo l'intera supply chain. Secondo Tajima (2007) questa maggiore visibilità non solo fornisce dati che prima era impossibile ottenere, ma incrementa anche l'accuratezza dei dati sulle spedizioni e sulle performance economiche. In più, la visibilità rende più veloci i processi a livello di supply chain, come la gestione delle eccezioni, la condivisione delle informazioni, la gestione delle scorte.

3.1.3. Rapporto tra le due tecnologie

Abitudini consolidate possono ostacolare la diffusione di una nuova tecnologia. Nel caso dell'RFID, la popolarità del codice a barre rappresenta un aspetto da non sottovalutare, in quanto praticamente tutti i distributori del mondo sono predisposti per questa tecnologia. Stando a Tajima (2007), nel mondo vengono stampati ogni anno tra 5000 e 10000 miliardi di codici a barre, ed ogni giorno vengono approssimativamente effettuate 5 miliardi di letture. Sebbene la diffusione del codice a barre non vada considerata un deterrente di per sé, non ha di certo aiutato l'affermazione dell'RFID su larga scala (Smith, 2005 in Tajima, 2007). Secondo uno studio effettuato nel mercato australiano da Huber et al. (2007), è opinione comune tra fornitori di apparecchiature RFID e responsabili in azienda per l'implementazione di sistemi RFID, che la totale sostituzione del codice a barre con la tecnologia RFID sia altamente improbabile. Viene invece individuata una convergenza in atto tra le due tecnologie, ad esempio sotto forma di smart labels, ovvero etichette con stampati codici a barre che contengono anche un tag RFID. Attaran (2007) ritiene che nel corso dei prossimi 10 anni le aziende continueranno ad utilizzare i codici a barre contemporaneamente introducendo in modo graduale i tag RFID. Il seguente grafico, adattato da Attaran (2007, figura 3.2), rende un'idea di come si sta evolvendo il rapporto tra le due tecnologie:

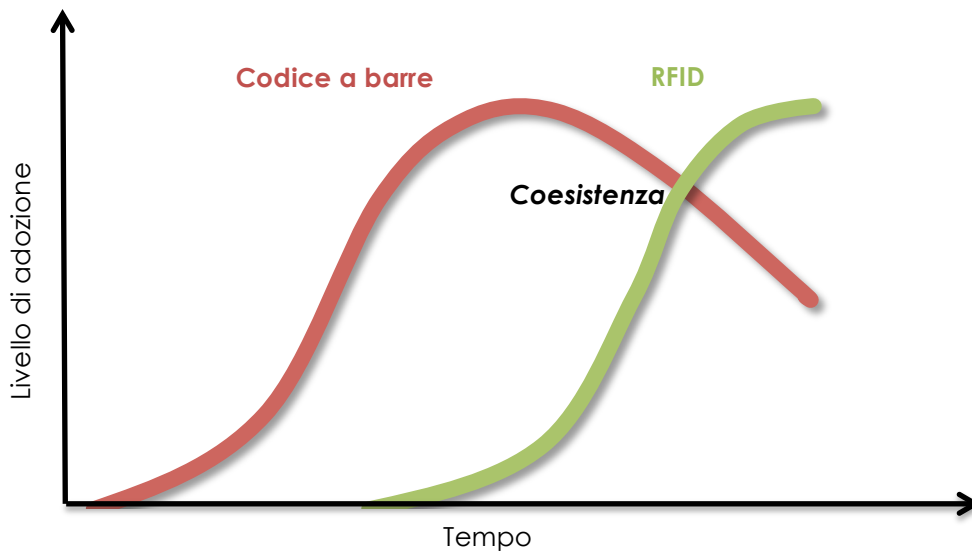


Figura 3.2 – Fonte: adattata da Attaran (2007).

3.2. Livelli di integrazione dell'RFID nella supply chain

Sull'individuazione di quali siano i benefici ottenibili grazie alla tecnologia RFID c'è totale accordo tra gli autori degli articoli esaminati. Ovvero, anche se con diverse enfasi, in tutti gli articoli sono elencati gli stessi benefici. Ciò in cui le diverse fonti si differenziano sta nel modo in cui gli autori catalogano e raggruppano questi benefici. In questo capitolo si cerca di riportare le diverse interpretazioni ad un'unica cornice coerente.

Bottani e Rizzi (2008) individuano due diversi scenari nel modo in cui la tecnologia RFID può essere sfruttata dalle aziende: uno scenario cosiddetto "non integrato" ed uno "integrato". Chuang e Shaw (2007) affrontano lo stesso concetto attraverso un "modello di integrazione" diviso stavolta in tre stadi: "functional RFID integration", "business unit RFID integration" e "inter-company RFID integration". Queste tre categorie trovano facilmente corrispondenza nelle tre fasi temporali nell'adozione dell'RFID individuate da Attaran (2007) ed esposte nel precedente capitolo (fase elementare, fase intermedia, e fase finale). Il seguente grafico concettuale (figura 3.3) integra le tre diverse categorizzazioni individuate dai vari autori.

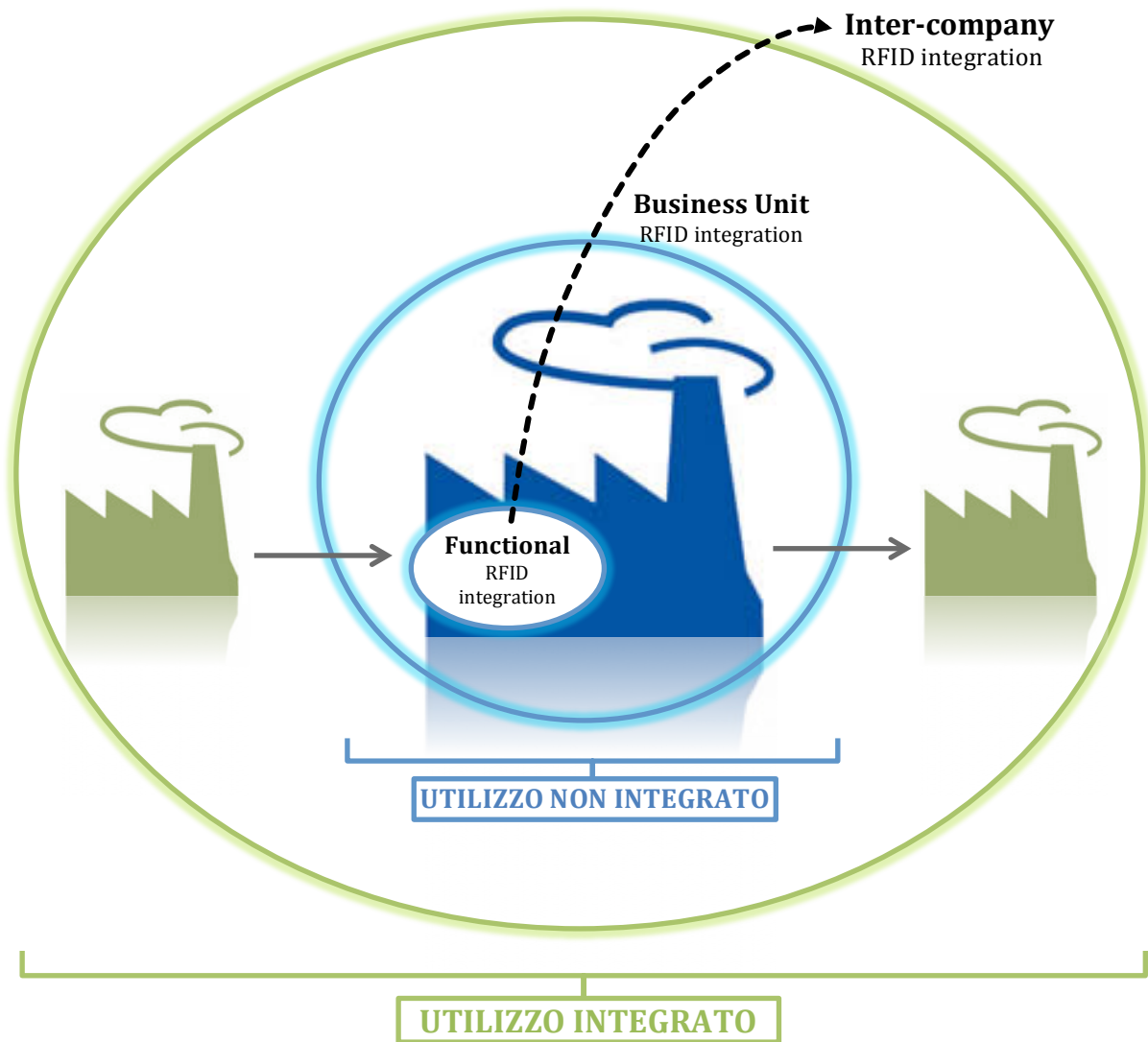


Figura 3.3

3.2.1. Utilizzo non integrato: riduzione dei costi

Per utilizzo “non integrato” si intende una situazione in cui i dati EPC raccolti dalle singole aziende vengono resi disponibili in tempo reale per i processi interni all'azienda senza però venire condivisi con gli altri membri a monte e a valle della filiera. In questo caso i benefici ottenibili sono quelli “di base”, ovvero un miglioramento dell'accuratezza delle informazioni e dell'efficienza operativa (automazione, riduzione dell'errore umano, risparmi sul costo del lavoro, riduzione dei tempi, semplificazione dei processi). Chuang e Shaw (2007) dividono questo scenario in due sottocategorie definite come “functional RFID integration” e “business unit RFID integration”.

- Con la prima categoria gli autori intendono comprendere tutte quelle aziende che applicano la tecnologia RFID ad un singolo processo o ad una singola attività interna. A questo livello di integrazione i rischi e la complessità dell'integrazione RFID sono relativamente bassi, poiché l'integrazione riguarda un singolo processo o attività. I benefici sono legati all'efficienza operativa ed includono l'asset tracking, la riduzione dei costi del lavoro, l'aumento dell'efficienza, la riduzione dell'errore umano.
- Nella seconda categoria Chuang e Shaw (2007) pongono quelle aziende che hanno esteso l'integrazione alle differenti business unit che compongono l'azienda, come quartier generale, produzione, magazzini, centri di distribuzione. I benefici di un'implementazione dell'RFID intra-aziendale includono una riduzione dei costi del lavoro, una riduzione degli errori umani, ed una più efficiente gestione delle scorte tra la produzione ed i centri di distribuzione. In questo stadio il livello di rischio si fa relativamente più alto poiché più entità vengono coinvolte contemporaneamente nel processo di integrazione.

Di seguito una descrizione più dettagliata dei principali vantaggi ottenibili già da un'implementazione dell'RFID in modo non integrato:

3.2.1.1. Flusso di materiali più continuo

Tutti gli autori sono concordi nell'individuare uno dei vantaggi più immediati dati dall'RFID nel rendere più rapidi i momenti di ispezione dei beni lungo la filiera e quindi ridurre il costo del lavoro. I benefici dell'RFID in questa area sono stati descritti anche con la nozione di "the uninterrupted supply chain" (TUSC) (Gaulker e Seifert, 2007). Con questo concetto si vuole esprimere il fatto che una percentuale troppo rilevante del tempo di attraversamento dei prodotti attraverso la supply chain è spesa nell'attesa dell'identificazione o della conclusione di un processo manuale come ad esempio un conteggio dei prodotti. Secondo Gaulker e Seifert (2007) questo comporta un'interruzione del flusso dei beni a causa di punti d'arresto che la tecnologia RFID è in grado di rimuovere parzialmente, consentendo ai prodotti di fluire lungo la filiera in modo più rapido e meno costoso. Secondo Tajima (2007), l'impatto di una riduzione dei tempi di gestione della merce è

particolarmente proficua nelle operazioni di magazzino, dove tra il 50-80% dei costi è dato dal costo del lavoro umano associato alla gestione della merce. Molti benefici dell'RFID sono legati alla riduzione dei tempi di ispezione della merce: l'autore riporta uno studio secondo il quale l'RFID consente una riduzione del 40% nel tempo necessario a queste attività. Secondo Lee e Lee (2010) la tecnologia RFID migliora l'efficienza in questo campo in diversi modi: ad esempio l'accuratezza garantita nel conteggio dei prodotti elimina la necessità di riconteggi successivi e velocizza il processo. Ci vogliono in media 1 minuto e 40 secondi per rilevare 1000 prodotti attraverso tag e reader RFID, mentre attraverso la tecnologia dei codici a barre di minuti se ne impiegano 33, ovvero 20 volte tanto. Le aziende non devono più aprire i pacchi ed impegnare lunghe ore nel conteggio e riconteggio dei prodotti (Roh et al., 2009). Non c'è più la necessità di ricerche e letture ripetute nel processo di identificazione e gestione della merce. Gli autori riportano che ad esempio l'azienda Gillette prima dell'introduzione dell'RFID doveva leggere il codice delle sue lamette 5 volte durante il loro percorso dall'impianto di produzione al centro per il confezionamento, e un addetto doveva contare il numero di scatole su ogni pallet. L'RFID ha eliminato tutto ciò, incrementando operatività del 400%.

3.2.1.2. Maggiore accuratezza dei dati

Un altro problema che l'RFID può aiutare a risolvere è quello dell'inaccuratezza dei dati sulle scorte. Gaulker e Seifert (2007) definiscono l'inaccuratezza delle scorte come "la differenza tra l'ammontare teorico e l'ammontare reale delle scorte". L'ammontare teorico è la quantità di merce registrata nei database, quello reale è la quantità di merce fisicamente presente nei magazzini. Idealmente queste due quantità dovrebbero essere identiche, ma per una serie di ragioni, tra cui furti, errori di conteggio, errori nell'inserimento dei dati, possono differire in modo significativo. Tajima (2007) riporta uno studio del 2001 secondo il quale il 65% dei record relativi alle scorte di 37 grandi catene di distribuzione finale contenevano alcuni errori. Tipicamente la quantità registrata nei database è superiore a quella fisicamente presente (Gaulker e Seifert, 2007). Secondo tutti gli autori, la tecnologia RFID migliora l'accuratezza dei dati sulle scorte (ma anche ad

esempio l'accuratezza dei dati sulle spedizioni, ed altro) rimuovendo l'errore umano da attività quali il conteggio, l'inserimento manuale dei dati, etc., rendendo queste operazioni automatiche.

3.2.1.3. Riduzione dello "shrinkage"

Un utilizzo dell'RFID a livello di *business unit integration* consente una riduzione dello "shrinkage". Con questo termine in letteratura vengono definite tutte le perdite di prodotti lungo la filiera, quindi sia per taccheggio, furto da parte dei dipendenti, furto da parte del crimine organizzato, che per errata collocazione o altri motivi. Procter & Gamble ha stimato le perdite dovute al furto di prodotti nel 2% dei ricavi per i beni di consumo (Roh et al., 2009). Sia Attaran (2007) che Roh et al. (2009) riportano che le perdite nel mercato della vendita al dettaglio negli Stati Uniti dovute a queste cause sono state stimate per l'anno 2005 in 30 miliardi di dollari. Attaran (2007) sostiene che l'RFID sia in grado di ridurre tali perdite di due terzi. Secondo Roh et al. (2009) è stato riscontrato che il 55% dei furti totali avviene prima che i prodotti raggiungano il punto di vendita. Secondo tutti gli autori dunque, la localizzazione efficace ed il rapido controllo dell'autenticità concesso dall'RFID è in grado di ridurre la perdita dei prodotti lungo la supply chain.

3.2.1.4. Utilizzo con smart shelves

Un caso particolare di applicazione della tecnologia RFID che nella classificazione di esposta potrebbe definita "non integrata" è quello dell'utilizzo nell'ambito della vendita al dettaglio di tag RFID unitamente ai cosiddetti "smart shelf", ovvero "scaffali intelligenti", sostanzialmente scaffali con un reader integrato (Gaulker e Seifert, 2007). Secondo Szmerekokovsky et al. (2010) l'attività di un rivenditore può essere vista come "vendere ai fornitori lo spazio a propria disposizione". Dunque, al diminuire dello spazio-scaffale disponibile, una gestione efficiente di questo spazio può diventare fondamentale per le aziende per rimanere nel competitivo mercato del retail. Una smart shelf è progettata per rilevare automaticamente i tag applicati ai singoli prodotti, fornendo al rivenditore un preciso inventario dei prodotti sullo scaffale. Secondo gli autori il beneficio principale che i distributori ottengono dall'implementazione di un sistema RFID item-level con smart shelf è una

riduzione degli stock-out, dovuta alla migliore visibilità sui livelli delle scorte garantita dalla tecnologia. Gli stock-out sono un problema fondamentale per i rivenditori, dato che la maggior parte dei clienti non effettua un acquisto alternativo nel momento in cui non trova ciò che stava cercando (Buzek e Holman, 2008, in Szmerekokovsky et al., 2010). Gaulker e Seifert (2007) riportano che in circa il 30% dei casi di out-of-stock, la merce è in realtà disponibile a magazzino, ma non è stata posta sugli scaffali a disposizione dei clienti. Nel momento in cui la quantità di un certo prodotto scende sotto una certa soglia, il sistema RFID con smart shelf può effettuare automaticamente un ordine, informando un addetto a prelevare della merce dal magazzino o inviando direttamente un ordine d'acquisto al fornitore. Oltre ad una riduzione degli stock-out, altri benefici riscontrati dai rivenditori grazie all'RFID item-level sono una riduzione del costo del lavoro ed una semplificazione dei processi.

3.2.3.Utilizzo integrato: *supply chain visibility*

Per utilizzo "integrato" si intende un utilizzo più esteso della tecnologia: i dati raccolti dai reader di ogni azienda diventano disponibili a tutti i membri della filiera attraverso il network EPCglobal (Bottani e Rizzi, 2008). Un utilizzo integrato della tecnologia RFID consente dunque di ottenere la visibilità su tutta la supply chain (SCV – Supply Chain Visibility). Roh et al. (2009) definiscono la SCV come "l'abilità di seguire il flusso di beni, scorte e informazioni lungo la supply chain in modo puntuale". Secondo Lee e Lee (2010) è proprio questo il vero obiettivo della tecnologia RFID, ovvero quello di "potenziare la condivisione delle informazioni e la collaborazione tra i membri della supply chain grazie alle caratteristiche di raccolta e trasmissione dei dati automatizzate". La collaborazione ideale tra i fornitori a monte ed i clienti a valle comporta che ogni membro della supply chain ottiene benefici dallo stesso sistema RFID. I membri più a valle comunicano a quelli più a monte quello che si aspettano dalla tecnologia RFID, in modo da influenzare la progettazione del sistema da parte di questi ultimi, che implementeranno dunque l'RFID in modo da garantire che il valore aggiunto ottenuto dalla tecnologia possa andare a vantaggio anche dei clienti a valle (Chuang e Shaw, 2007). A questo livello di integrazione, che Chuang e Shaw (2007)

definiscono "inter-company RFID integration", secondo tutti gli autori scattano benefici aggiuntivi derivanti dalla maggiore visibilità su tutta la filiera: riduzione dei livelli delle scorte, riduzione degli stock-out, riduzione dell'effetto Forrester. Secondo Roh et al. (2009), un ricco scambio di informazioni tra i partner della filiera rende più semplice per le aziende coordinare la produzione e la distribuzione, l'outsourcing di funzioni e servizi e la collaborazione con fornitori ed intermediari. Le informazioni accumulate sono inoltre utili alle aziende per analizzare la performance dei fornitori e per individuare le operazioni che dovrebbero essere migliorate. Tajima (2007) riporta che le vendite mancate, dovute a stock-out, sono state stimate nel mercato americano in un danno di 30 miliardi di dollari all'anno. Per ridurre il problema degli stock-out, fornitori e rivenditori possono collaborare per migliorare il processo di reintegro delle scorte. In molte supply chain i rivenditori sono distanti dai produttori, i quali solitamente collaborano di più con i distributori. Lacune nel flusso delle informazioni portano inevitabilmente ad una gestione meno efficiente delle scorte e della produzione. La tecnologia RFID promette di colmare queste lacune e rendere i dettagli di ogni transazione visibili a tutta la filiera (Chuang e Shaw, 2007). Roh et al. (2009) riportano che grazie all'introduzione dell'RFID Wal-Mart ha ridotto del 10% i livelli delle proprie scorte e del 16% gli stock-out. Queste riduzioni sono importantissime se considera che la compagnia gestisce 3900 punti vendita negli Stati Uniti e 2900 nel resto del mondo. Dunque un investimento nell'RFID può ridurre i costi causati dal mantenimento delle scorte: l'affitto dello spazio necessario, il lavoro per gestirlo, gli interessi sul capitale investito nelle scorte e nello spazio, ed altri costi diretti ed indiretti (Lee e Lee, 2010). Secondo Roh et al. (2009), la SCV gioca un ruolo fondamentale per quelle aziende che devono gestire un numero rilevante di fornitori in diverse regioni. Supply chain lunghe e complicate comportano infatti lead time lunghi e flussi di informazioni lenti. Le aziende che gestiscono fornitori geograficamente molto dispersi hanno difficoltà a vedere ed identificare i movimenti della merce lungo la filiera. L'abilità di tracciare i percorsi della merce in modo automatizzato può secondo gli autori ridurre i colli di bottiglia, e gli stock-out, riducendo dunque anche l'effetto Forrester. Questo sarebbe uno dei motivi per cui l'RFID è stato utilizzato da quelle grandi organizzazioni che gestiscono

supply chain di ampie dimensioni. Ad esempio Intel, che in seguito all'adozione dell'RFID nel 2004 ha risparmiato grazie ad esso 22 milioni di dollari, sta progettando di potenziare questo aspetto dell'RFID integrandolo con la tecnologia GPS (Roh et al., 2009).

Secondo Bottani e Rizzi (2008) questo stadio è il più rischioso e complesso, dal momento che la maggior parte delle aziende agisce sia da fornitore che da cliente all'interno della supply chain e che ogni azienda ha obiettivi e interessi spesso in contrasto con quelli delle altre, interessi tra i quali è necessario trovare un compromesso.

Il seguente grafico (Figura 3.4) riassume i principali benefici dell'RFID:

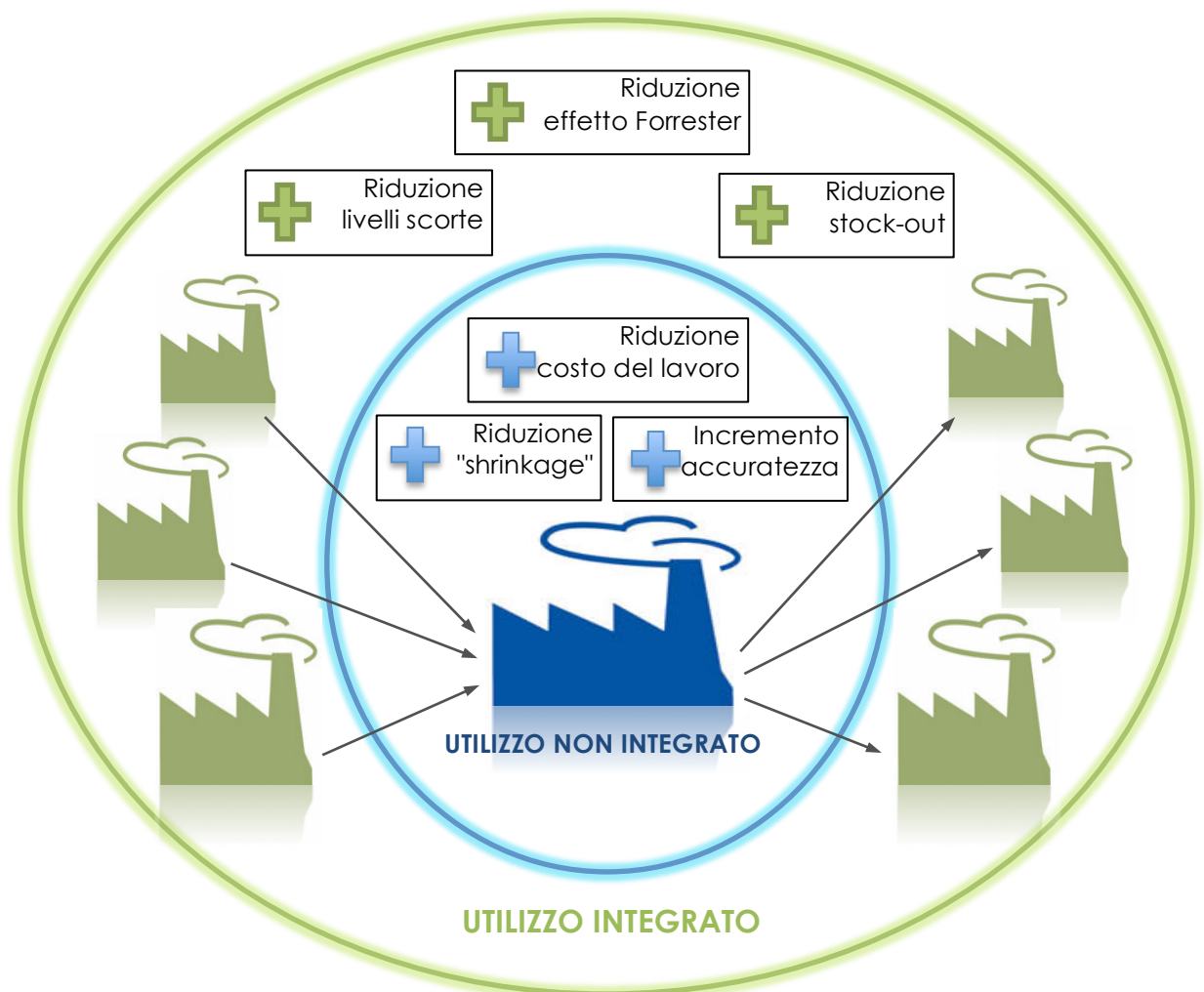


Figura 3.4

DOMANDA DI RICERCA

✓ **Quali sono i vantaggi che nascono nell'aumentare il livello di dettaglio nel tagging?**

Nell'aumentare il livello del tagging, ovvero nel passare da tag pallet-level a tag case-level fino a tag item-level, aumentano i benefici per i membri più a valle della filiera, quelli cioè che hanno a che fare con ordini contenenti una maggiore varietà di codici. Con il livello più spinto di dettaglio nel tagging - quello a livello di singolo oggetto - sono possibili particolari applicazioni come le smart shelves.

3.3. Il valore strategico dell'RFID

Gaulker e Seifert (2007) fanno notare che, sebbene l'RFID possa essere visto semplicemente come un metodo alternativo per identificare gli oggetti, si tratta in realtà di una tecnologia potenzialmente in grado di cambiare drasticamente il modo in cui vengono gestite le supply chain: per la prima volta esiste un metodo a basso costo per identificare qualsiasi cosa in modo completamente automatico.

Esistono dei limiti di natura sia fisica che finanziaria. Per quanto riguarda i primi, è stata già presentata la difficoltà delle onde a radiofrequenza nel penetrare metalli e liquidi. Tuttavia più autori fanno riferimento a diverse tecniche ed espedienti che consentono di aggirare o quantomeno alleviare tale problema. Per quanto riguarda i secondi è già stato esaminato il problema dei costi dell'RFID, problema destinato a diventare di sempre minor importanza in futuro, in quanto progresso tecnologico e aumento della domanda di apparecchiature RFID contribuiranno alla diminuzione dei costi di tag ed altri componenti. Gaukler e Seifert (2007) sostengono che nel frattempo un utilizzo intelligente di tag riutilizzabili (in opposizione a tag monouso) possa contribuire ad abbattere i costi.

Nonostante tali limiti, il valore strategico dell'RFID consiste nell'obiettivo di automatizzare il processo di identificazione lungo la filiera, eliminando la necessità di dedicare a tale attività risorse umane. Le economie di scala

dell'RFID sono sostanzialmente diverse da quelle dei codici a barre. Con i codici a barre il costo di una singola etichetta è basso, ma il costo incrementale di ogni lettura è alto, in quanto tipicamente richiede un intervento umano e l'interruzione del flusso di materiali. Con l'RFID invece il costo del tag è alto, ma il costo incrementale di ogni lettura è basso, in quanto tale attività viene svolta in automatico e senza bloccare il flusso dei materiali. Per questo motivo i benefici dell'RFID tendono ad essere maggiori quando ogni bene dotato di tag viene letto più volte in diversi punti della filiera. Gaukler e Seifert (2007) chiamano questo aspetto della struttura dei costi dell'RFID "economie di scan" (dove uno "scan" è la lettura di un tag). I benefici ottenibili con la tecnologia RFID vengono suddivisi da Gaukler e Seifert (2007) in uno schema "evoluzione" vs. "rivoluzione".

- I benefici "evolativi" sono quelli in cui i processi aziendali rimangono sostanzialmente inalterati rispetto alla situazione pre-RFID. I benefici in questa categoria derivano dai risparmi dovuti a letture dei tag più rapide e potenzialmente più accurate rispetto all'utilizzo dei codici a barre. Esempi di tali miglioramenti sono i risparmi nel costo del lavoro, un incremento del flusso dei materiali ed una maggiore accuratezza nella gestione delle scorte. Si tratta di benefici tendenzialmente semplici da ottenere, ma secondo gli autori il loro impatto risulta spesso di portata limitata.
- I benefici "rivoluzionari" dell'RFID possono generarsi invece quando tale tecnologia viene sfruttata per favorire la creazione di nuovi processi aziendali basati sull'automazione. Un esempio proposto dagli autori per quanto riguarda questa categoria è la creazione di un nuovo software di gestione degli eventi aziendali in grado di gestire più efficacemente la supply chain rispondendo in tempo reale agli eventi ed eccezioni (ordini in ritardo, situazioni di stock-out, etc.) in modo automatico.

Secondo gli autori, con l'intensificarsi della competizione tra supply chain, l'RFID è destinato a diventare un fattore chiave. Le supply chain di successo si differenzieranno dalle altre per la loro capacità di gestire al meglio i flussi di dati e quindi di informazioni, e l'RFID è una tecnologia che, se sfruttata al meglio, potrà fare la differenza tra successo ed insuccesso.

La decisione di implementare un sistema RFID deve essere dunque valutata considerando aspetti che vanno oltre la singola azienda: i fornitori a monte e i clienti a valle, nonché i fornitori di servizi logistici, dovrebbero essere parte, con le loro richieste ed i loro bisogni, del processo decisionale. Quando sfruttato al massimo delle sue possibilità, l'RFID non è un semplice strumento operativo che viene utilizzato in modo isolato, è una tecnologia di tipo strategico. Secondo gli autori le supply chain di successo del futuro saranno quelle che capiranno la dimensione strategica dell'RFID e la sfrutteranno.

DOMANDA DI RICERCA

- ✓ **Quali sono gli utilizzi dell'RFID che danno origine ai maggiori benefici?**

I benefici maggiori si hanno quando la tecnologia RFID viene utilizzata in modo integrato sull'intera supply chain, e quando essa viene sfruttata per creare nuovi processi aziendali basati sull'automazione dei flussi di informazioni.

CAPITOLO 4

I Costi dell'RIFD

4.1. Centralità dei costi

Chuang e Shaw (2007) riportano che, secondo AMR Research, ciascun fornitore di Wal-Mart (a cui il grande distributore americano ha imposto l'adozione della tecnologia fin dal 2003, prima ai maggiori 100 e via via a tutti gli altri) ha speso in media una cifra tra 14 e 26 milioni di dollari per tag, reader, stampanti, middleware, infrastrutture e consulenze. I fornitori hanno inoltre dovuto integrare la nuova tecnologia con i software esistenti, modificarli, e rendere possibile la gestione di una maggiore quantità di dati. Lee e Lee (2010) sostengono però che, nonostante il supporto da parte dei maggiori fornitori, Wal-Mart sta modificando la propria strategia RFID in seguito ad inaspettati problemi organizzativi e tecnici. Il brusco cambio di piani da parte di Wal-Mart dimostra secondo gli autori che, in questa fase ancora iniziale della diffusione della tecnologia RFID, i manager non possono mai enfatizzare abbastanza l'importanza di una solida giustificazione economica alla base dell'investimento. Infatti, nonostante i grandi benefici della tecnologia RFID, secondo Bottani e Rizzi (2008) è opinione comune tra gli addetti ai lavori che il limite principale ad una diffusione capillare dell'RFID stia nel suo costo. Secondo gli autori, i critici nei confronti dell'RFID sostengono proprio che il costo di tag, reader, e delle relative strutture informatiche renda il suo utilizzo ancora non economicamente conveniente. Il costo dei tag e dell'hardware, e la loro disponibilità, sono le questioni che maggiormente ostacolano l'implementazione diffusa della tecnologia RFID da parte dei fornitori (Lee e Lee, 2010). La criticità dei costi dell'RFID è confermata anche da Chuang e Shaw (2007), secondo i quali gli ostacoli maggiori sono il costo dei tag ed il ritorno degli investimenti (ROI) incerto. Huber et al. (2007), oltre a confermare che la barriera maggiore è rappresentata dai costi, sostengono in particolare che proprio questo fattore renda l'RFID troppo costoso per un'applicazione item-level nel campo della distribuzione al dettaglio. Quest'ultima opinione è condivisa da Gaulker e Seifert (2007) nel caso di beni

di consumo a scarso valore unitario (gli autori fanno l'esempio paradossale di una caramella da 50 centesimi di dollaro con un tag da 20 centesimi) e scarso margine di guadagno, tuttavia sostengono che in molti altri casi il costo dell'RFID sia un fattore a loro parere eccessivamente enfatizzato. Secondo gli autori infatti, sulla base di osservazioni e studi, i costi dell'RFID possono essere facilmente ammortizzati nel corso di pochi anni, anche considerando solo i vantaggi più immediati ottenibili grazie a tale tecnologia (come ad esempio il risparmio in ore uomo dedicate al rilevamento manuale dei codici a barre). Gli autori fanno notare inoltre come la struttura dei costi dell'RFID sia fondamentalmente diversa da quella dei costi dei codici a barre. Nel primo caso infatti, a fronte di un costo del tag molto elevato, si hanno spese ricorrenti per la lettura molto basse, per il fatto che tutto si svolge in automatico. Nel secondo caso invece, sebbene il costo dell'etichetta con il codice stampato sia più basso, il costo in ore uomo necessario affinché i codici vengano letti è significativamente superiore.

La seguente tabella (tabella 4.1) riassume i costi della tecnologia RFID:

	Costi iniziali	Costi ricorrenti
Hardware	Tag, reader, antenne, sensori, stampanti, infrastruttura network, server host RFID	Aggiornamento, manutenzione, movimentazione, sostituzione
Software	Software raccolta dati, software gestione dati, middleware gestione stampanti/codificatori, applicazioni tracking RFID, software event sensor, applicazioni di monitoraggio, software dispositivi network	Aggiornamento, manutenzione, movimentazione, sostituzione, integrazione con sistemi preesistenti
Implementazione	Implementazione infrastrutture, test, installazione, documentazione	Staff tecnico interno, costi generali azienda, collaborazioni con partner esterni, applicazione tag, costi di comunicazione
Formazione	Formazione iniziale, certificazioni	Formazione continua, gestione della transizione
Servizi	Consulenza iniziale, costi di implementazione	Servizi di terze parti continuativi, servizi professionali

Tabella 4.1 - Fonte: adattata da Lee e Lee, 2010

4.2. Il prezzo dei tag

Il costo dei singoli componenti RFID varia a seconda della complessità delle caratteristiche. Ad esempio, il costo dei tag è solitamente legato al volume richiesto, alla quantità di memoria disponibile nel tag ed al suo involucro (Lee e Lee, 2010). Huber et al. (2007) evidenziano che, sebbene il costo dei tag sia di molto inferiore a quello dei reader, mentre questi ultimi, sebbene più costosi inizialmente, hanno bisogno di pochissima manutenzione, le scorte di tag RFID hanno bisogno di essere continuamente rinnovate. Per questo motivo, in un'ottica di adozione della tecnologia su larga scala, il costo dei tag diventa predominante. Nel caso di tag passivi UHF, ovvero il tipo più diffuso per i motivi precedentemente esposti, il loro costo viene stimato da Gaulker e Seifert (2007) tra 0.05 \$ e 0.25 \$ per tag, con speculazioni sul fatto che futuri sviluppi possano abbassare il prezzo fino a 0.01 \$ per tag (Homs, 2004 in Gaulker e Seifert, 2007).

Bottani e Rizzi (2008) sostengono che, sulla base delle più recenti proposte da parte dei produttori di hardware RFID da loro riscontrate, il prezzo di un singolo tag UHF possa essere stimato tra 0.10 \$ e 0.15 \$, a seconda dei volumi di acquisto. Un prezzo di 0.15 € viene ipotizzato nel caso di richieste basse, ovvero nell'ordine delle migliaia di tag (volumi richiesti ad esempio nel caso di tag a livello di pallet). Un prezzo inferiore, 0.10 €, viene ipotizzato nel caso di richieste quantitativamente superiori, nell'ordine dei milioni di pezzi (volumi richiesti per un'applicazione a livello di case). Secondo Lee e Lee (2010), finché non si realizzerà una diffusione ampia e diffusa della tecnologia, il costo dell'hardware RFID rimarrà una barriera. Infatti, come fanno notare Huber et al. (2007), il costo dei tag è soggetto alle economie di scala: al crescere del volume di tag prodotti, minore diventa il costo unitario per i produttori di hardware RFID, e quindi più basso è il prezzo per le aziende che adottano tale tecnologia. Ciò crea un circolo virtuoso tra diminuzione del prezzo ed aumento della diffusione. È un'idea condivisa tra le aziende che un costo per tag di 0.05 \$ indicherebbe una produzione di massa di tag RFID, e quindi una diffusione pervasiva della tecnologia (Sullivan and Dunn, 2004 in Tajima, 2007).

Il seguente grafico (Figura 4.1) illustra la relazione tra prezzo dei tag e volumi di produzione degli stessi:

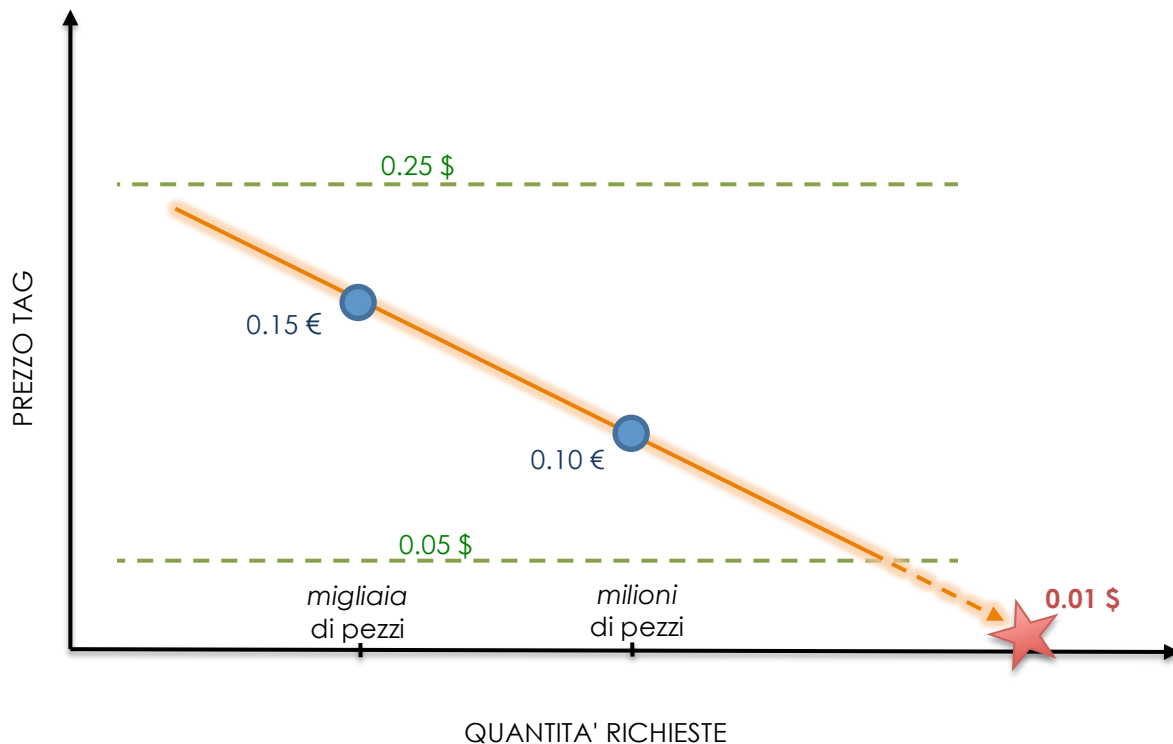


Figura 4.1

4.3.Tag riprogrammabili

Utilizzare l'RFID all'interno dell'azienda può portare molti benefici: risparmio di lavoro nel non dover effettuare la lettura ottica dei singoli codici a barre, aumento della produttività generale dovuta alla possibilità di poter visualizzare e quindi gestire meglio i flussi dei materiali all'interno dell'azienda. Secondo Gaukler e Seifert (2007), per molte aziende che cominciano a prendere in considerazione l'implementazione di un sistema RFID, il fattore che più spaventa è il costo dei tag, in quanto si tratta di un costo variabile che non può essere ammortizzato allo stesso modo di un costo fisso come può essere l'acquisto di un macchinario. Gaukler e Seifert (2007) propongono come possibile soluzione a questo problema l'utilizzo tag riutilizzabili invece di tag monouso, soluzione solitamente più adatta ad implementazioni interne all'azienda e meno opportuna a livello di supply chain. Gli autori propongono due esempi provenienti dalla loro esperienza come consulenti.

Nel primo esempio un'azienda di semiconduttori desiderava implementare un sistema RFID per seguire lo spostamento di bidoni di agenti chimici all'interno dello stabilimento. La prima soluzione proposta prevedeva l'utilizzo di tag passivi monouso da apporre direttamente sui bidoni nel momento in cui venivano ricevuti dal fornitore. Sfortunatamente il tasso di utilizzo di questi bidoni (e dunque dei tag ad essi applicati) risultava troppo alto per garantire un ritorno positivo dell'investimento. Il lato finanziario dell'investimento è risultato nettamente migliorato nel momento in cui è stato proposto di utilizzare tag riprogrammabili, da attaccare ai barili come ciondoli. Sebbene più costosi, questi tag venivano richiesti in minore quantità e venivano acquistati una tantum: in questo modo il costo variabile era diventato un costo fisso.

Il secondo esempio proposto dagli autori riguarda una linea di assemblaggio Volkswagen dove il tag RFID, invece di essere posto direttamente sul telaio delle automobili in modo da identificarlo lungo la linea di assemblaggio, veniva posto sul supporto mobile che trasportava il telaio. Il tag veniva quindi riprogrammato ogni volta che un telaio diverso veniva caricato sul supporto mobile. Anche in questo caso il costo variabile dei tag è stato trasformato in un costo fisso facilmente ammortizzabile.

DOMANDA DI RICERCA

- ✓ **Quali sono i costi che nascono nell'aumentare il livello di dettaglio nel tagging?**

All'aumentare del livello di tagging aumenta esponenzialmente il numero dei tag necessari, e quindi aumentano i costi variabili dell'investimento. Il costo dei tag risulta una variabile critica nella valutazione degli investimenti nella tecnologia RFID.

CAPITOLO 5

Bilancio Benefici-Costi

5.1.Allocazione costi-benefici tra i diversi membri della filiera

Secondo Bhattacharya et al. (2008), sebbene il settore che trarrà maggiore vantaggio dalla tecnologia RFID sia quello della distribuzione, la maggior parte dei costi ricadrà su quello della produzione. Infatti, come confermano Szmerekokovsky et al. (2010), i benefici economici maggiori vanno in genere ai distributori al dettaglio, ma l'applicazione fisica dei tag ai prodotti viene effettuata dai fornitori più a monte nel corso del processo produttivo. Chuang e Shaw (2007) sostengono dunque che le aziende più a monte nella supply chain lamentino il fatto di dover investire grosse quantità di denaro per implementare la tecnologia e soddisfare così i bisogni delle aziende più a valle senza ricavarne esse stesse benefici diretti.

5.1.1.RFID pallet-level e case-level

La convinzione di molte aziende a monte nella supply chain che l'RFID sia per loro svantaggioso è in parte rovesciata da Bottani e Rizzi (2008). Gli autori hanno svolto un dettagliato studio-simulazione relativo al mercato FMCG (Fast Moving Consumer Goods) italiano tra il 2004 e il 2005. Sulla base delle osservazioni e dei dati raccolti in 11 grandi aziende (sia produttori che distributori), hanno costruito un modello che rappresenta una supply chain costituita da tre membri: un produttore, un distributore, ed un rivenditore al dettaglio. Il modello ha dato risultati del tutto diversi a seconda che l'applicazione dei tag fosse *pallet-level* o *case-level*. Nel primo caso tutti i membri ottengono un beneficio economico, ma i benefici maggiori sono acquisiti dal produttore, con benefici via via inferiori verso valle. Nel caso invece di RFID case-level il risultato è radicalmente diverso. Il numero di tag da apporre in questo scenario aumenta notevolmente, ed il costo dei tag – a carico del produttore – diventa una spesa così ingente da superare di molto i risparmi da esso ottenuti. Al contrario, per quanto riguarda distributore e rivenditore, il passaggio dai tag pallet-level a tag case-level comporta un aumento notevole dei risultati economici. Gli autori hanno dunque calcolato

per quale prezzo unitario dei tag si ottiene il punto di pareggio nei risultati economici del produttore nel caso di tag case-level. Il prezzo è stato calcolato pari a 1.45 c€ nel caso di supply chain non integrata (ovvero sfruttando l'RFID in modo isolato alla singola azienda) e 3.5 c€ nel caso di supply chain integrata (dove l'RFID è sfruttato appieno per la condivisione delle informazioni tra tutti i membri della supply chain). Questa tendenza allo sbilanciamento dei costi rispetto ai risparmi a danno dei membri più a monte della supply chain via via che il livello dell'applicazione dei tag si fa più "dettagliato" (ovvero da pallet-level a item-level) è confermato anche da altri autori.

5.1.2.RFID item-level

Gaulker e Seifert (2007) sostengono che il vantaggio economico nell'applicazione della tecnologia RFID item-level rimane tuttora non provato nel caso di beni di scarso valore e scarso margine, a causa del costo dei tag. In virtualmente tutti i casi esistenti di implementazione di sistemi RFID item-level, l'applicazione del tag è svolta dal produttore, e, sebbene i maggiori vantaggi dell'item-level tagging sembrano ottenibili dal retailer, questa è la soluzione che risulta più costosa per il produttore. Sempre per quanto riguarda l'RFID item-level, Szmerekokovsky et al. (2010) individuano attraverso un modello matematico due possibili scenari:

- A. Fornitore/produttore dominante: il fornitore ha una posizione dominante nella supply chain ed è in grado di stabilire liberamente il prezzo all'ingrosso dei prodotti, con scarsa interferenza da parte del rivenditore. Il fornitore è dunque in grado di scaricare parte dei costi dell'applicazione dei tag RFID sul rivenditore attraverso un aumento del prezzo di fornitura. In questo caso gli interessi in termini di profittabilità di fornitore e rivenditore risultano allineati: se il rivenditore ottiene un beneficio economico, allora lo ottiene anche il fornitore; se il rivenditore non ottiene un beneficio, nemmeno il fornitore lo ottiene.
- B. Rivenditore dominante: in questo caso la posizione dominante appartiene al rivenditore, il prezzo è stabilito dall'esterno e la competizione spinta tra i fornitori impedisce loro di imporre una condivisione dei costi al rivenditore. Il rivenditore è in grado di imporre

ai fornitori l'applicazione dei tag pena l'esclusione dalla supply chain. In questo caso è possibile che gli interessi di fornitore e rivenditore non siano allineati: può accadere che, mentre il rivenditore ottiene benefici economici, il fornitore veda l'RFID solo come un costo necessario a rimanere nel mercato.

In entrambi i casi accade però che se il fornitore ottiene un beneficio economico, allora lo ottiene anche il rivenditore (Szmerekokovsky et al., 2010).

La seguente figura (figura 5.1) fornisce una rappresentazione intuitiva dello sbilanciamento di costi e benefici lungo la supply chain:

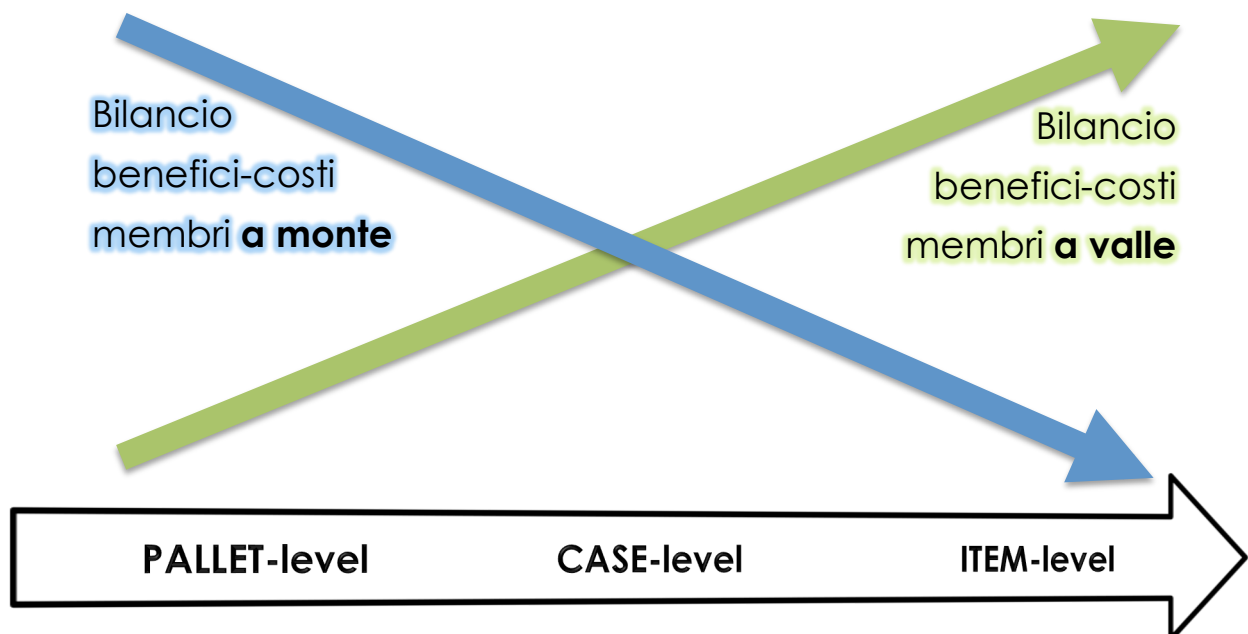


Figura 5.1

DOMANDA DI RICERCA

✓ **Come sono distribuiti vantaggi e svantaggi lungo la filiera?**

In genere benefici e costi lungo la filiera si fanno sempre più sbilanciati all'aumentare del livello di dettaglio del tagging: mentre aumentano i vantaggi per i membri più a valle, aumentano contemporaneamente anche i costi, che ricadono però sui membri più a monte.

5.2. Bilancio benefici-costi e volume della domanda

Secondo Lee e Lee (2010) le organizzazioni con un alto volume di domanda (ad esempio Wal-Mart) possono trarre un maggior vantaggio nei costi rispetto ad organizzazioni con una bassa domanda. Dalla loro analisi (ricavata attraverso un modello analitico) risulta infatti che, in generale, una domanda più elevata si traduce in un investimento ottimale (cioè un investimento che massimizza il bilancio tra benefici e costi) più elevato, il quale consente però di ottenere risparmi maggiori. Ad esempio gli autori suggeriscono che le compagnie con una strategia di crescita abbiano grosse probabilità di ottenere maggiori vantaggi da un investimento nell'RFID. Sebbene le curve di costo per gli investimenti siano simili tra le diverse compagnie per via della standardizzazione della tecnologia RFID, i diversi volumi della domanda e la diversa struttura dei costi legati alla gestione delle scorte creano opportunità di investimento diverse per ogni azienda. Accade così che mentre i grandi fornitori di Wal-Mart (quali Johnson & Johnson, Kimberly-Clark, Procter & Gamble e Unilever) hanno la possibilità di ottenere il vantaggio dato dalle economie di scala dell'RFID, molti fornitori di piccolo o medio taglio rischiano di trovare l'implementazione dell'RFID sconveniente a causa del basso livello della domanda. Gli autori suggeriscono dunque che i grossi rivenditori, per spronare i piccoli e medi fornitori ad investire nell'RFID, dovrebbero prendere in considerazione l'idea di condividere con essi le proprie risorse tecnologiche e fornire loro incentivi per compensare questa situazione svantaggiosa.

5.3. Profittabilità delle smart shelves

Tra i modelli analitici e le simulazioni acquisite come fonti, gli unici autori che includono anche lo scenario di un'applicazione item-level dei tag congiuntamente all'utilizzo di smart shelf, sono Sarac et al. (2008). Nella loro simulazione (sebbene molto più semplice di quella proposta da Bottani e Rizzi fino al case-level), gli autori indagano gli effetti economici di diversi livelli di tagging in combinazione a diversi tipi di prodotto. Tre diverse classi di prodotto sono state inizialmente proposte. Denominate A, B, e C, le tre classi si distinguono per volume di vendita e prezzo unitario come illustrato nel seguente grafico (Figura 5.2, adattato da Sarac et al., 2008).

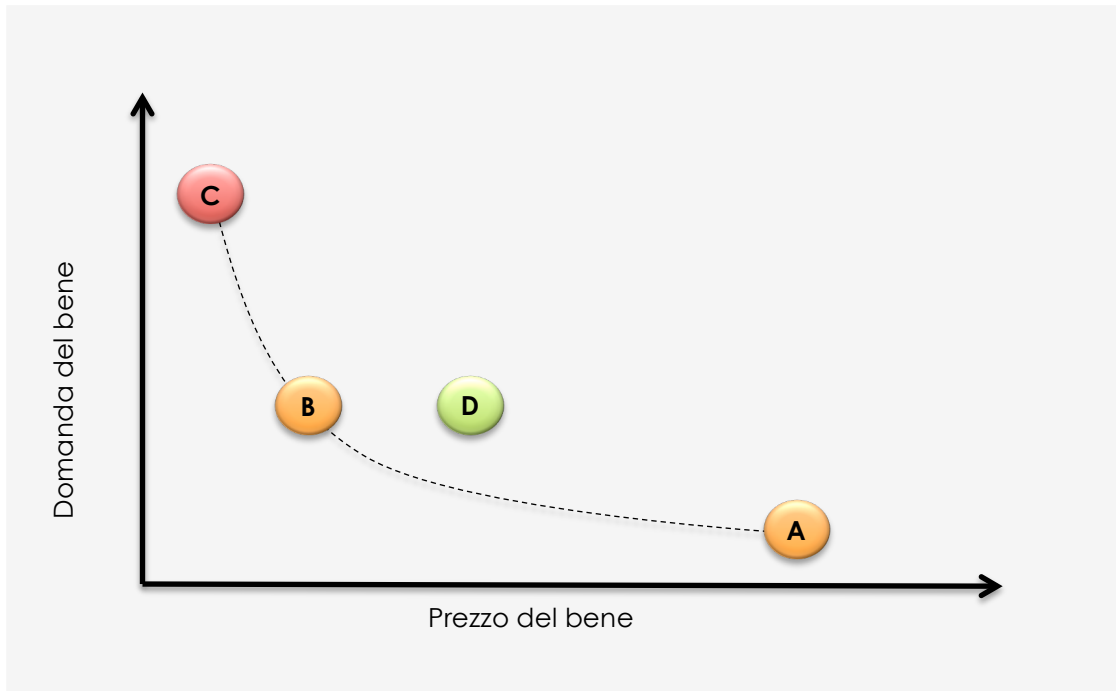


Figura 5.2 - Adattata da Sarac et al. (2008)

I risultati ottenuti dagli autori indicano che l'aggiunta delle smart shelves allo scenario già item-level, peggiora i risultati economici (in termini di profitti del rivenditore in un orizzonte temporale di 5 anni) per tutte le tipologie di prodotto. In particolare, per il prodotto C (alta domanda, basso prezzo unitario) i risultati diminuiscono a tal punto da diventare negativi rispetto all'assenza di qualsiasi sistema RFID. Per indagare ulteriormente questo scenario, gli autori hanno aggiunto un nuovo prodotto D avente stesso volume di vendita di B ma prezzo superiore. In questo caso gli autori hanno ottenuto che l'introduzione delle smart shelves oltre ai tag item-level risulta economicamente conveniente. Il seguente grafico (Figura 5.3) riassume i risultati ottenuti con l'utilizzo delle smart shelves (a seconda del tipo di prodotto) rispetto all'RFID item-level senza smart shelves e rispetto all'assenza di qualsiasi sistema RFID.

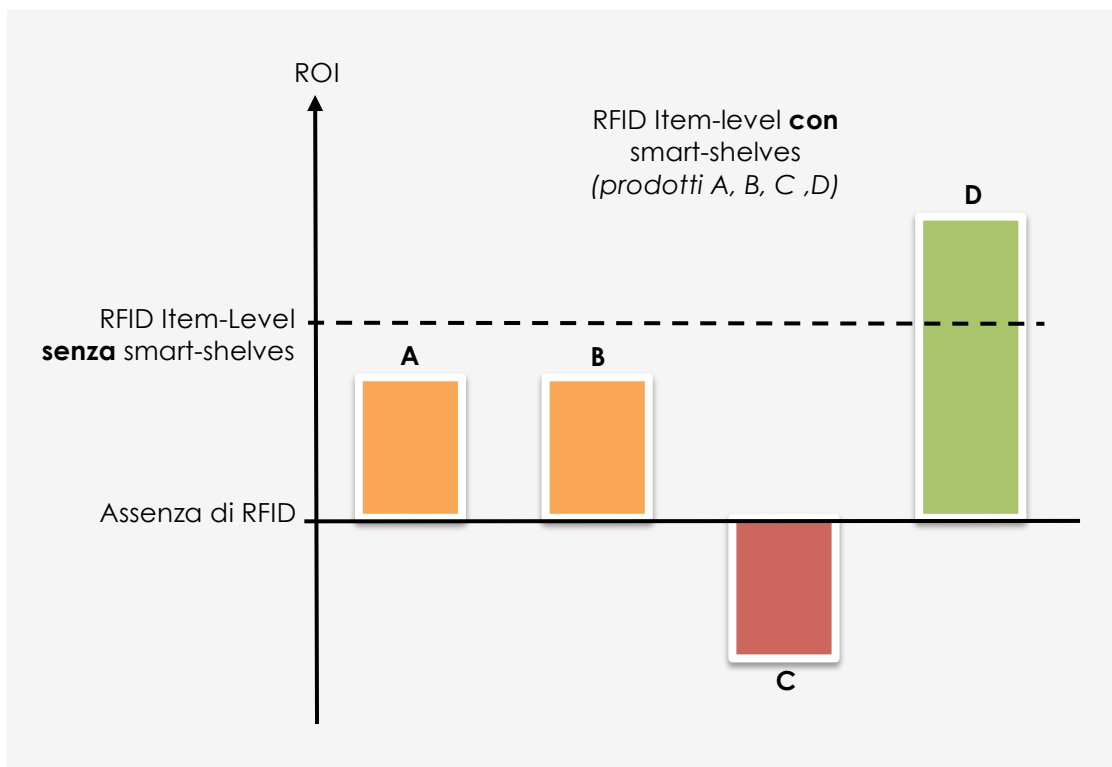


Figura 5.3

DOMANDA DI RICERCA

✓ **Quali sono le variabili che influenzano il bilancio costi-benefici?**

Le due variabili principali che influenzano il bilancio costi-benefici di un investimento nella tecnologia RFID sono il prezzo dei tag ed il volume delle vendite. Per quanto riguarda l'applicazione dell'RFID item-level con smart shelves, il prezzo del bene risulta un'altro fattore determinante.

5.4.Linee guida per l'implementazione di un sistema RFID

Gaukler e Seifert (2007) includono nel loro capitolo dedicato all'RFID all'interno del libro "Trends in Supply Chain Design and Management: Technologies and Methodologies" (H. Jung, F. F. Chen, B. Jeong, 2007) un paragrafo dal taglio pratico contenente alcuni linee guida per aziende che decidono di implementare un sistema RFID.

Secondo gli autori, per un'azienda che si trova per la prima volta a contatto con la tecnologia RFID, una scelta prudente è quella di cominciare su piccola scala e fare esperienza all'interno delle proprie mura. In questo modo l'azienda è in grado di imparare la nuova tecnologia senza interferire con le relazioni interaziendali. In questa fase l'azienda dovrà valutare sia la parte hardware che quella software dell'implementazione. Alcune domande a cui si dovrebbe cercare di rispondere in questa fase sono:

- Quale tipo di tag e di reader verrà utilizzato?
- Quanti punti di lettura saranno necessari? E dove?
- In che modo il sistema RFID andrà ad integrarsi con gli esistenti sistemi MRP, ERP, e di gestione delle scorte?
- Quale livello di addestramento del personale sarà richiesto?

Gli autori sottolineano che, anche seguendo un percorso graduale nell'adozione della tecnologia RFID, è molto importante non trascurare il lato strategico dell'RFID. La maggior parte dei benefici infatti viene tipicamente ottenuta al di fuori delle mura aziendali, nell'integrazione con gli altri membri della supply chain.

Parte del lato strategico da considerare nell'implementazione dell'RFID sta nell'identificare le interfacce attraverso cui l'azienda interagisce con fornitori, partner logistici, e clienti. Secondo gli autori, un'implementazione che voglia rivelarsi di successo deve necessariamente tenere conto dell'intera filiera: un'implementazione basata sui soli bisogni della singola azienda, che non tenga conto delle funzionalità necessarie o desiderate a monte e a valle, non potrà rendere disponibili i maggiori benefici dell'RFID.

Prendere in considerazione l'intera supply chain significa anche che la singola azienda deve essere consapevole di come il proprio particolare hardware (tag e reader) sarà o meno in grado di interfacciarsi con l'hardware utilizzato dagli altri membri della filiera. Questo è un aspetto molto importante data la

non completa maturità della tecnologia e la non ancora perfettamente completa condivisione di uno standard a livello internazionale.

Il peggior scenario in cui un'azienda può venire a trovarsi è quello che gli autori chiamano "attacca e spedisci": l'azienda si limita ad apporre pigramente il tag RFID e poi se ne disinteressa totalmente. Questo atteggiamento genera solo costi (costo del tag e costo dell'apposizione sulla merce), e nessun beneficio.

CONCLUSIONI

La tecnologia RFID promette grandi vantaggi nel campo del supply chain management: dalla riduzione dei costi ottenuta già ad un livello “non integrato” all'interno delle singole aziende, alla visibilità totale ottenibile ad un livello di utilizzo “integrato” tra tutti i membri della filiera. Il contrappeso più gravoso a questi benefici è dato però dai costi della tecnologia, o meglio dalla loro distribuzione non sempre uniforme lungo la supply chain. Accade infatti che, in una situazione dove il costo dei tag e della loro applicazione è del tutto sbilanciato sul membro più a monte della supply chain – come sembra ad oggi essere la situazione prevalente – all'aumentare del livello del “dettaglio” nell'applicazione dei tag (ovvero nel passare dall'applicazione dei tag sui pallet a quella sui case a quella sui singoli prodotti) aumentano i vantaggi per i membri più a valle nella filiera, mentre contemporaneamente aumentano i costi per i membri più a monte. Queste considerazioni sono presenti, anche se in forme diverse, in tutti i contributi della letteratura analizzati.

Ciò che invece risulta meno chiaro è l'entità esatta in termini economici, monetari, di questa distribuzione sbilanciata di benefici e costi lungo la supply chain. Non è chiaro cioè quale sia il livello esatto di *tagging* per il quale l'aumento dei costi per i fornitori a monte faccia “cambiare segno” al bilancio finale tra risparmi e costi per questi ultimi, ovvero a quale livello di applicazione della tecnologia i produttori/fornitori più a monte passino dall'ottenere un bilancio finale positivo (anche se moderatamente), ad uno negativo.

Da quanto riscontrato nella letteratura, questa variabilità nell'esatta portata economica dei benefici ottenibili dalla tecnologia RFID è dovuta principalmente a due fattori:

- Il prezzo dei tag
- Il volume della domanda

Il prezzo dei tag è evidenziato da tutti gli autori come decisivo nell'esito degli investimenti nella tecnologia RFID. La diminuzione del prezzo dei tag diminuisce lo sbilanciamento del rapporto benefici-costi perché abbassa i

costi sulle spalle dei membri più a monte della filiera. Questo fatto è ben riscontrabile nella simulazione realizzata da Bottani e Rizzi (2008): ponendo un costo dei tag di 0.10 €, già nel passaggio da RFID pallet-level a case-level il membro più a monte, quello che si sobbarca il costo dell'applicazione dei tag, passa da risultati economici estremamente positivi a disastrosi. Il prezzo del tag è in questo caso l'elemento che fa la differenza: gli autori hanno infatti calcolato che da un prezzo per tag di 3.5 c€ in giù l'implementazione case-level diventerebbe economicamente vantaggiosa anche per il produttore.

Per quanto riguarda il secondo punto, all'aumentare della domanda entrano in gioco economie di scala che aumentano i risparmi ottenibili grazie alla tecnologia per tutti i membri della supply chain, ivi compresi quelli più a monte. In questo modo dunque, il costo aggiuntivo che questi ultimi devono sobbarcarsi (l'acquisto e l'applicazione dei tag) viene "alleviato" dai maggiori risparmi. Inoltre l'aumentare della domanda influisce anche sul prezzo dei tag: essendo il loro prezzo legato alle quantità richieste, è chiaro che grandi fornitori possono ottenere dai produttori di hardware RFID tag a prezzi molto più vantaggiosi rispetto ai fornitori di piccole dimensioni.

Nel caso di supply chain dominate da forti rivenditori il problema dello sbilanciamento dei costi rappresenta non tanto una barriera insormontabile all'RFID quanto un freno che non ne impedisce ma ne rallenta la diffusione. L'adozione viene infatti imposta dai potenti membri a valle a tutti i membri a monte, i quali, seppur talvolta riluttanti per la non certezza dei vantaggi ottenibili, seguono queste direttive, e l'intera supply chain migliora le sue performance. Nel caso invece di supply chain più frammentate, dove non ci sono posizioni dominanti, c'è il rischio che, in assenza di mandati da parte dei clienti più potenti, i produttori/fornitori rinuncino ad implementare la tecnologia per via dei costi troppo gravosi da affrontare in modo solitario. L'intera filiera perde così l'occasione di migliorare le proprie performance. Se invece tutti i membri collaborassero in modo paritario allo sviluppo di un sistema RFID integrato lungo tutta la supply chain, condividendo i costi in modo equo con i membri più a monte (magari proporzionalmente ai benefici ottenibili), ogni azienda ne trarrebbe un vantaggio economico singolarmente e i risultati dell'intera filiera migliorerebbero.

Opportunità di ricerca

Ritengo che le maggiori opportunità di ricerca stiano nella realizzazione di modelli e simulazioni basati esempi reali di implementazione di sistemi RFID da parte delle aziende, con dati economici reali: prezzi delle attrezzature, risparmi reali, risultati aziendali. Nella letteratura esistente mancano infatti studi che affrontino la questione in modo schematico ma anche concreto. Nei casi in cui vengono descritti casi concreti questi non vengono poi sufficientemente contestualizzati e universalizzati in modo da ottenere risultati applicabili anche ad altre situazioni. I modelli analitici e le simulazioni al contrario sono troppo generiche e forniscono risultati teorici solo sulle tendenze generali e non sui fatti economici concreti. L'unico studio tra le fonti utilizzate per questo lavoro che integra i due aspetti è quello realizzato da Bottani e Rizzi, che è però relativo solo al mercato FMCG italiano. Altri studi simili in altri contesti sono dunque auspicabili.

BIBLIOGRAFIA

Attaran, M., "RFID: an enabler of supply chain operations", *Supply Chain Management: An International Journal*, vol. 12, no. 4, 2007, pp. 249-257.

Bhattacharya, M., Chu, C., Mullen, T., "Comparative Analysis of RFID Adoption in Retail and Manufacturing Sectors", 2008 *IEEE International Conference on RFID*, 2008, pp. 241-249.

Bottani, E., Rizzi, A., "Economical assessment of the impact of RFID technology and EPC system on the fast-moving consumer goods supply chain", *International Journal of Production Economics*, no. 112, 2008, pp. 548-569.

Chuang, M., Shaw, W. H., "RFID: Integration Stages in Supply Chain Management", *IEEE Engineering Management Review*, vol. 35, no. 2, 2007, pp. 80-87.

Gaukler, G. M., Seifert, R. W., "Applications of RFID in Supply Chains", pubblicato come capitolo in: *Trends in Supply Chain Design and Management: Technologies and Methodologies*, H. Jung, F. F. Chen, B. Jeong, edito da Springer-Verlag, London, 2007.

Huber, N., Michael, K., McCathie, L., "Barriers to RFID Adoption in the Supply Chain", *RFID Eurasia Conference*, 2007.

Lee, I., Lee, B., "An investment evaluation of supply chain RFID technologies: A normative modeling approach", *International Journal of Production Economics*, no. 125, 2010, pp. 313-323.

Roh, J. J., Kunnathur, A., Tarafdar, M., "Classification of RFID adoption: An expected benefits approach", *Information & Management*, no. 46, 2009, pp. 357-363.

Sarac, A., Absi, N., Dauzère-Pérès, S., "A Simulation Approach to Evaluate the Impact of Introducing RFID Technologies in a Three-Level Supply Chain", *Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference*, S. J. Mason, R. R. Hill, L. Mönch, O. Rose, T. Jefferson, J. W. Fowler eds., 2008, pp. 2742-2749.

Szmerekovsky, J. G., Tilson, V., Zhang, J., "Analytical Model of Adoption of Item Level RFID in a Two-Echelon Supply Chain with Shelf-Space and Price-Dependent Demand", *Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences*, 2010, pp. 1-7.

Tajima, M. "Strategic value of RFID in supply chain management", *Journal of Purchasing & Supply Management*, no.13, 2007, pp. 261-273.

RFID Journal, <http://www.rfidjournal.com>, 2005, 2006.