

Tracciabilità automatica

Davide Quaglia

Sommario

- Introduzione
 - Definizioni
 - Problematiche
- I codici a barre
 - Principio di funzionamento
 - Standard esistenti
- Tag passivi o RFID
 - Principio di funzionamento
 - Tipologie
 - Limiti
- Tag attivi
 - Standard esistenti
- Lo standard EPCGlobal

Definizioni

- norma ISO 8402 e ISO 9000 dove per tracciabilità si intende:
 - “la capacità di risalire alla storia, all’uso e alla localizzazione di una entità mediante identificazioni registrate”

Definizioni

- Determinazione dell'evoluzione dello stato di un oggetto nel tempo
 - Identificazione automatica di un oggetto
 - Raccolta di dati dell'oggetto → stato
 - posizione
 - altre informazioni dipendenti dall'applicazione (es. lotto di produzione, temperatura, ecc...)
 - Tracciamento del cambiamento di stato
 - importante la rilevazione dell'istante di tempo
 - Immissione automatica in un sistema di elaborazione
 - Eventuale validazione dell'evoluzione rispetto ad un modello

Definizioni (2)

- Terminologia internazionale
 - Automatic Identification & Data Capture (AIDC)
 - Real Time Location Systems (RTLS)
 - Traceability

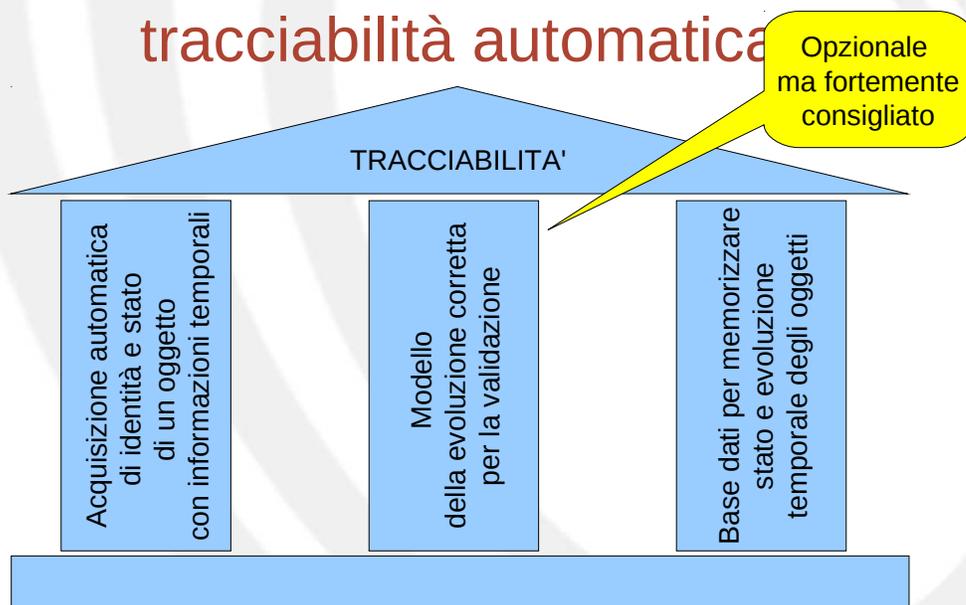
Vantaggi di AIDC

- Affidabilità
 - Si evitano errori di inserimento manuale di dati
- Efficienza
 - Acquisizione dati con velocità maggiore rispetto all'immissione manuale --> maggiore throughput
- Pervasività
 - Il tracciamento non interferisce con le attività principali (guida, manipolazione, ecc...)
 - Limitazione della manipolazione, ad es., per evitare contaminazione (in entrambe le direzioni)

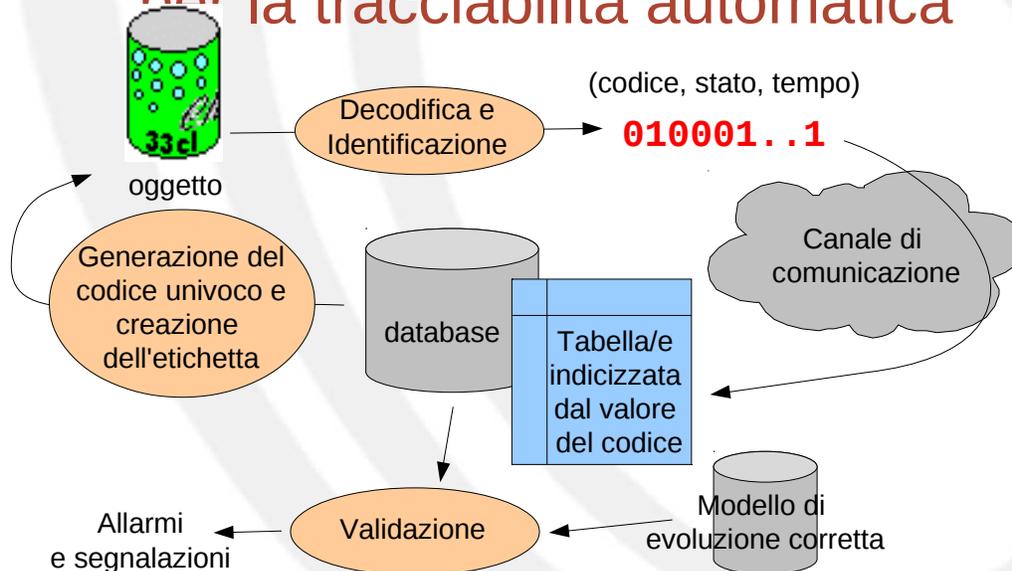
Tracciabilità in laboratorio

- Identificazione
 - reagenti (per non confondersi)
 - campioni da esaminare (l'errore di associazione è il più grave)
 - persone che accedono al laboratorio
- Localizzazione
 - Furti di materiale o apparecchiature
 - Incompatibilità tra sostanze nello stoccaggio
- Inventario reagenti e campioni
- Limitazione della manipolazione

Elementi di un sistema di tracciabilità automatica



Architettura di un sistema per la tracciabilità automatica



9

Memorizzazione in base dati

- Modellazione delle entità e relazioni coinvolte nell'applicazione
 - **posizione**
 - **tempo**
 - **stato (dipendente dall'applicazione)**
- Collegamento con il sistema informatico pre-esistente
- Utilizzo di codici numerici univoci identificativi
 - **Formati diversi non possono finire nello stesso archivio (si immagini codici fiscali di formato diverso)**

10

Modello della evoluzione per validazione

- L'evoluzione reale dello stato di un oggetto dovrebbe essere confrontata con quella desiderata al fine di rilevare incongruenze
 - Furti
 - Errori di lavorazione
 - Oggetti non più validi
- Evoluzione del semplice controllo di un parametro (ad es. Temperatura) senza nozione del tempo
 - Notare la differenza tra queste due proprietà da verificare:
 - L'oggetto X deve stare ad una temperatura $< 4\text{ C}^\circ$
 - L'oggetto X non deve stare ad una temperatura $> 4\text{ C}^\circ$ per più di 5 minuti
- Il modello potrebbe essere formalizzato mediante sistema di workflow

Acquisizione automatica
di identità e stato
di un oggetto
con informazioni temporali

Metodi per acquisizione automatica di identità

- Scansione ottica e visione artificiale
 - Difficile in generale
 - Molto facile ed economica per caratteri speciali (codici a barre)
- Radio frequenza
 - Tecnologia emergente
- Tessere magnetiche
- Chip card
 - Costose
 - Sistema molto flessibile e potente (es. Cifratura)
- Metodi biometrici

Codici a barre

Principio di funzionamento

- Segni di colore contrastante su uno sfondo
 - Generabili mediante stampante o visualizzabili
 - Leggibili mediante scansione ottica
- Corrispondenza tra gruppi di segni e caratteri alfanumerici
- Scansione ottica
 - Un diodo o un laser emette un raggio di luce
 - Un fotorilevatore misura l'intensità della luce riflessa e la trasforma in segnale elettrico

Codici a barre lineari

- Serie di barre di vario spessore separate da spazi e delimitate da spazi più ampi all'inizio e alla fine
- Corrispondenza tra gruppi di linee spesse/brevi e caratteri alfanumerici

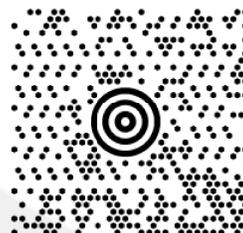


Standard esistenti

- UPC-A: 12 numeri: 11 liberi e 1 di controllo
- UPC-E: 7 numeri: 6 liberi e 1 di controllo
- EAN-8: 8 numeri: 7 liberi e 1 controllo
- EAN-13: 13 numeri: 12 liberi e 1 di controllo
- Code 39/Code 93/Code 128/EAN-UCC 128
 - dati alfanumerici di lunghezza variabile;
 - il limite dipende dallo scanner e va da 20 a 40 car
 - Code 128 è più efficiente di Code 39 o Code 93 ed è generalmente la migliore scelta per molte applicazioni
 - Code 39 e Code 128 sono molto più usati di Code 93

Codici 2D

- Permettono di codificare più informazioni
- Necessitano di lettori più complicati di quelli per codici lineari
- Esempi:



Letture



- Lettori manuali collegati tramite RS-232, USB, Bluetooth
- Lettori fissi su nastri trasportatori collegati con bus di campo (CAN, fieldbus, ecc...)

Stampa di codici a barre



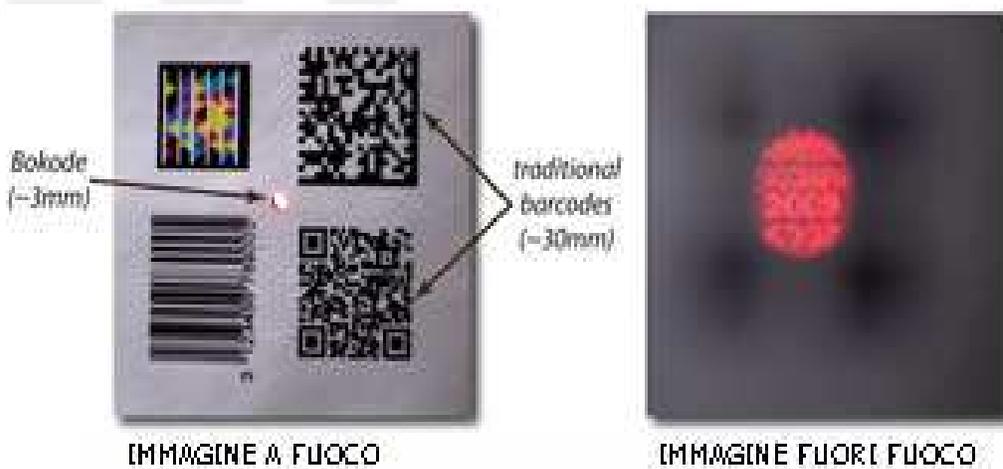
- Stampa su carta
- Stampa su carte di plastica
- Stampa su etichette autoadesive

Codici a barre senza carta

PASS ON YOUR MOBILE PHONE



Bokode

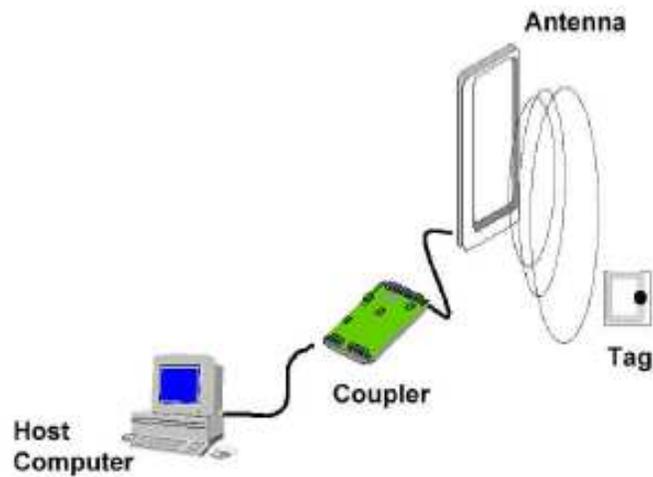


Radio Frequency Identification (RFID)

Tag RFID

- Col termine *tag RFID* nel contesto della tracciabilità si intendono di solito etichette che trasmettono via radio una informazione ad un lettore senza contatto fisico
- Dà risultati simili ai codici a barre ma
 - Maggiore distanza di lettura
 - Maggiore velocità di acquisizione
 - Non è necessario che il codice sia visibile
 - Si possono leggere più tag contemporaneamente
 - Possibilità di lettura/scrittura

Elementi coinvolti nella lettura/scrittura di un tag RFID



25

Struttura di un tag RFID

- Processore
- Memoria
- Antenna
 - La geometria dipende dalla frequenza usata
 - Possono esserci due antenne: una per ricevere e una per trasmettere
- Package esterno
 - Flessibile
 - Robusto per resistere in ambienti ostili
- Eventuale batteria o altra sorgente di energia

26

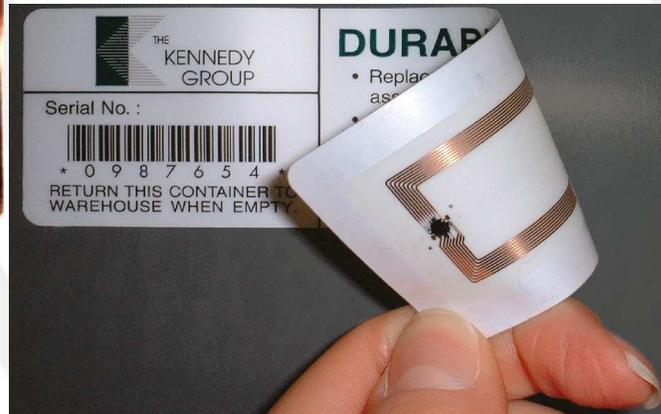
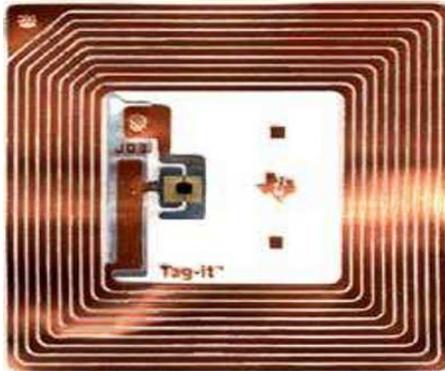
Tag RFID passivi e attivi

- I tag RFID si dividono in attivi e passivi
- I *tag RFID passivi* non hanno alimentazione propria
- I *tag RFID attivi* hanno alimentazione propria di solito attraverso una batteria
 - Es. trasponder del Telepass
- I tag attivi costano di più dei tag passivi

RFID passivi

- Con il termine tag RFID si intendono di solito tag passivi ma (occorre stare attenti)
- Il tag RFID passivo è costituito da un chip con processore e memoria collegato ad una antenna a spirale di dimensioni molto grandi rispetto al chip
- Non c'è batteria !

Esempio di RFID passivo



29

Esempio di antenna per lettore di tag RFID passivo

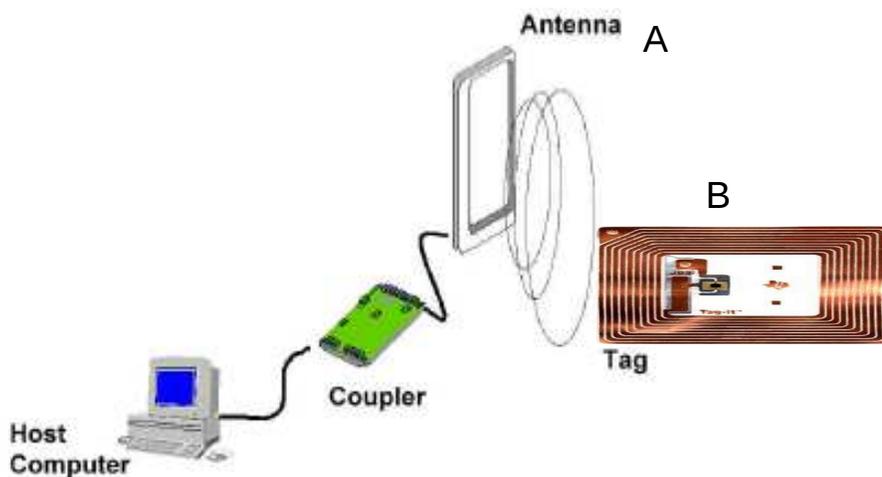


30

Funzionamento di un RFID passivo

- Il lettore, attraverso l'antenna A, genera un campo elettromagnetico che induce una corrente elettrica nell'antenna B del tag
- La corrente, seppur debole, è sufficiente ad alimentare il processore che legge il dato dalla sua memoria interna e lo trasmette attraverso la stessa antenna B
- L'antenna A, e quindi il lettore, riceve il dato

Funzionamento di un tag RFID passivo



Lettori RFID passivi

- Manuale



- Fisso
 - su oggetti come le obliteratrici (Mover Trasporti Veronesi)
 - su catena di montaggio (vedi video)
- Gate o portale (vedi video)

Standard esistenti per RFID passivi

- Esistono diversi tipi di tag RFID passivi, alcuni dei quali normati da standard ISO
- Essi si suddividono in base alle frequenze usate
 - 125/134 kHz (Tag Low Frequency - LF)
 - 13.56 MHz (Tag HF)
 - 868/915 MHz (Tag Ultra HF - UHF)

125/134 kHz (LF)

- Tracciabilità animali domestici e di allevamento,
- Apertura serrature (settore alberghiero e controllo accessi)

13.56 MHz (HF)

- Costo per etichetta: da 0.5 a 1 euro
- Distanza di lettura: decine di cm
- Biblioteche
- Lavanderie
- Standard ISO 15693 per la tracciabilità (alimentare, prodotti, etc), borsellini elettronici non bancari (villaggi vacanze, discoteche, etc);
- Standard ISO 14443 (ad alta sicurezza) per carte bancarie, tessere documenti di identità elettronici, titoli di viaggio elettronici (es. mover)

868/915 MHz (UHF)

- Distanza di lettura: metri
- Si possono leggere più tag contemporaneamente
- Logistica aziendale sia all'esterno che interna
- Standard ISO 18000

Limiti del tag RFID passivo

- Maggiore è la frequenza e maggiore è la perdita di segnale dovuta a liquidi polari (es. Acqua) e metalli
 - Es. il sistema UHF, usato per la logistica, non può leggere pallet di scatolame se i tag sono messi sulle lattine
- Una bassa frequenza (i tag LF) però implica corto raggio di lettura e quindi, a volte, la necessità di usare lettori manuali
- Problema della autorizzazione alla lettura/scrittura

Tag RFID attivi: introduzione

- Stessa tecnologia delle reti wireless
- Chip più complessi con maggiori possibilità di calcolo
- Maggiori distanze di lettura
 - Potenza maggiore grazie alla batteria
 - Trasmissione multi-salto



39

Tag RFID attivi: protocolli

IEEE 802.15.4 (parente del WLAN e Bluetooth)

- IEEE 802.15.4 + ZigBee
- IEEE 802.15.4 + 6lowpan (protocollo IP in vers. leggera)
- Z-Wave

40

Applicazioni dei tag RFID

- Laboratorio analisi (video)
- Industria farmaceutica
- Logistica
- Identificazione in allevamento (ISO 11784/11785)
- Pervasive (or Ubiquitous) computing (video)

Contenitore con RFID (DuPont)



Confronto tra metodi automatici di tracciabilità

	Costo	Manutenzione	Limiti fisici
Codice a barre	Bassissimo	Bassa	Visibilità diretta
Tessera magnetica	Basso	Bassa	Contatto
Chip card	Medio	Bassa	Contatto
RFID passivo LF	Medio	Bassa	Non funziona sui metalli, cortissimo raggio
RFID passivo HF	Medio	Bassa	Non funziona sui metalli, cortissimo raggio
RFID passivo UHF	Medio	Bassa	Non funziona sui metalli
RFID attivo	Alto	Alta (batteria)	Nessun limite particolare

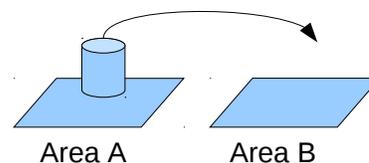
Rilevazione della posizione

Rilevazione della posizione

- Assegnazione di un valore da un alfabeto pre-definito e dipendente dall'applicazione
 - Coordinate (X,Y,Z) universali
 - Zona all'interno dell'impianto
 - Es. stanza, armadio, scaffale, ecc.
 - Distanza rispetto a punti di riferimento
- Metodi
 - GPS
 - Creazione di zone sensibili e varchi tra zone dell'impianto
 - Triangolazione di segnali radio

45

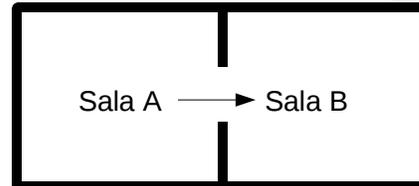
Localizzazione mediante zone sensibili RFID



- Al tempo T_0 l'oggetto X con l'etichetta RFID si trova nella Area A
- Al tempo T_1 c'è un evento di lettura sull'Area B
- Al tempo T_2 l'oggetto X si trova nell'Area B

46

Localizzazione mediante varchi RFID



- Al tempo T_0 l'oggetto X con l'etichetta RFID si trova nella Sala A
- Al tempo T_1 c'è un evento di lettura al varco A → B
- Al tempo T_2 l'oggetto X si trova in Sala B

Considerazioni generali su acquisizione automatica di identità e stato

- Metodo di lettura/scrittura compatibile col trattamento automatico
 - Quanto mi costa ?
 - Quante volte si guasta o devo gestirlo (manutenibilità) ?
 - Quali sono i suoi limiti fisici di lettura/scrittura ?
- Metodo di generazione di un riferimento temporale affidabile

EPCGlobal

Descrizione

- EPC = Electronic Product Code
- EPCGlobal = Ente di standardizzazione EPC
- EPCIS = EPCGlobal Information Service
 - Identificazione univoca tramite codici elettronici (codici a barre, tag, ecc...)
 - Standardizzazione di
 - Eventi applicabili all'oggetto tracciato
 - API di lettura e interrogazione
 - Meccanismi di sicurezza
 - Versione 1.0 Aprile 2007

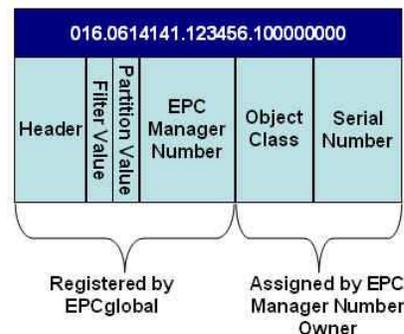
Caratteristiche

- Indipendente dal produttore dei tag e dell'HW/SW per usarli
- Indipendente dall'ente utilizzatore
 - Es: diverse industrie produttrici di sostanze chimiche usano lo stesso formato di codici
- Presenza di profili specifici per specifiche tipologie di utenti
 - Es. Healthcare & Life Sciences (HLS)
- Estendibile per nuove esigenze

51

Identificatore EPC

- Lunghezza: 96 bit → $2^{96} \sim 10^{32}$ possibilità
 - Solo tag RFID e certi tipi di codici a barre possono contenerlo
- Identificazione della singola istanza di prodotto e non soltanto del tipo come coi codici a barre
- Formato gerarchico
 - Assegnamento univoco mediante singola authority



52

Supporti possibili per l'identificatore di prodotto

- RFID passivo - UHF Gen 2, HF
- Codici a barre Lineari e 2D
- Tag attivi
- Numeri direttamente leggibili

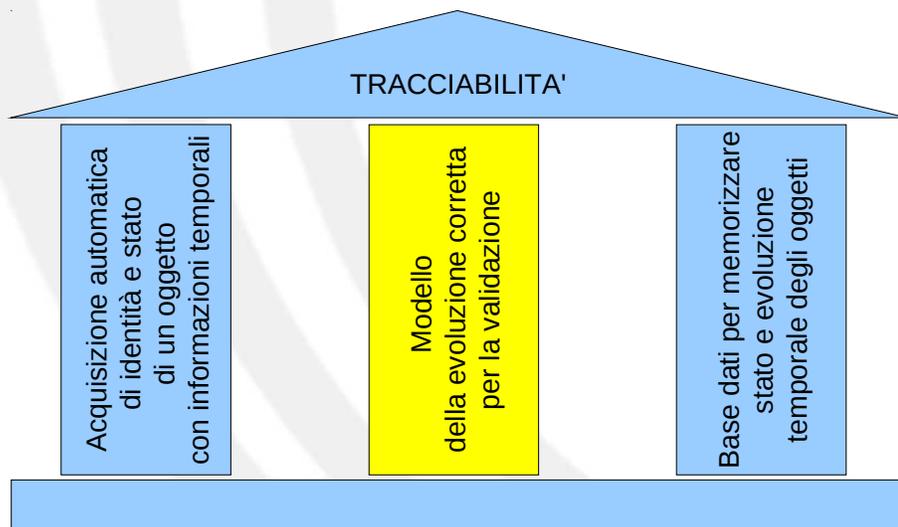
Eventi EPCIS: risposta a 4 domande

- Che cosa ?
 - EPC number
 - Dati di produzione (lotto, scadenza)
 - Dati di transazione (Spedizione, fattura, ecc...)
- Dove ?
 - posizione
- Quando ?
 - Istante dell'evento
 - Istante di registrazione
- Perché ?
 - Fase della filiera - es. spedizione
 - Stato del prodotto - es. disponibile
 - Condizione del prodotto - es. temperatura

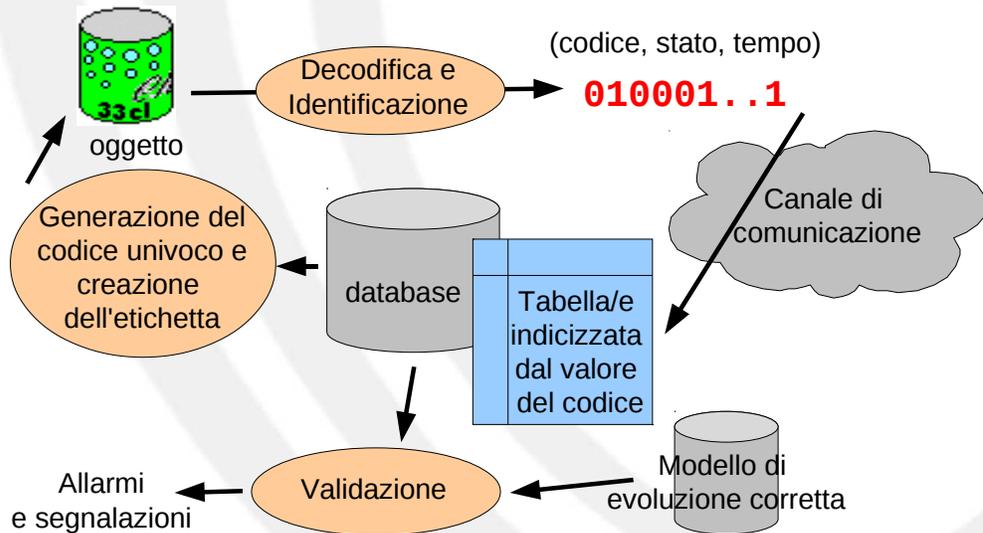
Interfaccia dei lettori

- EPCIS definisce
 - una interfaccia applicativa standard (API) per
 - Leggere codici
 - Scrivere codici
 - Eliminare codici
 - canali di comunicazione: es. Seriale, TCP/IP
- I produttori di *reader* dovrebbero uniformarsi a tale standard per garantire interoperabilità

Elementi di un sistema di tracciabilità automatica



Architettura di un sistema per la tracciabilità automatica



Modello dell'evoluzione corretta per la validazione

Automati a stati finiti (Finite State Machines - FSM)

- Metodo formale di specifica di un processo
- Grafo orientato

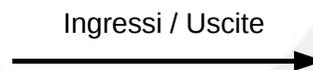
– Stati



– Transizioni

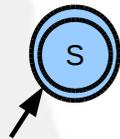


– Ingressi/uscite sulle transizioni



Automati a stati finiti (2)

- Stato iniziale



- Stato finale (non sempre presente)



- Ingresso = espressione booleana
 - Se vera allora la transizione può avvenire
- Uscita = insieme di azioni
 - Si compiono allo scattare della transizione

FSM per la modellazione dei processi

- Ingressi = espressione booleana di
 - Condizioni su campi del database
 - Eventi esterni
 - Lettura di tag (evento asincrono)
 - Time out di un timer (evento sincrono)
 - Evento ambientale (es. superamento soglia di temperatura) (evento asincrono)
 - Ingresso nullo: “-”
- Uscite
 - Scritture su tabelle e campi del database
 - Creazione di timer
 - Segnalazioni di anomalie
 - Azione nulla: “-”

Esempio

- Processo di preparazione di lievito in polvere
 - Coltura del lievito in termostato incubatore a temperatura costante per 2 giorni
 - Centrifuga per 30 min per separare la parte solida dal brodo di coltura

Esempio: eventi

- Antenne RFID nello sportello dell'incubatore e della centrifuga
- Etichette RFID sulle provette
- Eventi generati dal passaggio della provetta attraverso gli sportelli
 - PI = passaggio dallo sportello dell'incubatore
 - PC = passaggio dallo sportello della centrifuga
- NOTA: il passaggio non dice se la provetta entra o esce !

Esempio: database

Tabella POSIZIONE

ID provetta	Tempo	Evento
CN73	t0	PI
CN73	t1	PI
CN73	t2	PC
CN73	t3	PC
...

Esempio: azioni

- ScriviDB : aggiunge una riga nella tabella POSIZIONE con l'istante di tempo e il tipo di varco attraversato dalla provetta avente etichetta ID
- Segnala : segnalazione di una anomalia

Esempio: FSM

