

TELECOM ITALIA

FUTURE CENTRE



Ciclo di incontri

“Atomi e Bit”

Come accorgersi del mondo attorno a noi

Un mondo di etichette

Aggiungere bit agli atomi

Quando il contenitore è meglio del contenuto

Le etichette utilizzate per identificare un certo prodotto (nel seguito le chiameremo semplicemente etichette) sono parte dell'esperienza comune. Sono tuttavia il risultato di una meccanizzazione dei processi di distribuzione e di vendita resa necessaria dalla crescente complessità di questo settore e resa possibile dall'elettronica.

I codici a barre

Le etichette che troviamo sui prodotti dei supermercati sono basate sulla tecnologia dei bar code e in genere definiscono il tipo di prodotto ed alcune sue caratteristiche, ad esempio il peso, in modo tale da consentire l'attribuzione del prezzo alla cassa. Non sono, in generale, degli identificatori che distinguono quel particolare pezzo da tutti gli altri. Ad esempio, potremmo trovare due etichette identiche su due pezzi di parmigiano provenienti dallo stesso caseificio e che hanno lo stesso peso. Le etichette che si trovano su scatole di lampadine dello stesso tipo sono normalmente identiche così come quelle sulla confezione di un tostapane di un certo modello.

Il motivo per cui non si identifica quel particolare prodotto ma, piuttosto, quel tipo di prodotto è che, ai fini della vendita, quella informazione non serve. In genere si preferisce inserire sull'etichetta le informazioni che consentono di calcolare il prezzo di vendita piuttosto che direttamente il prezzo. Questo consente una maggiore flessibilità, ad esempio di variare il prezzo durante un periodo di saldi. In generale il

prezzo viene indicato sullo scaffale e aggiornato se viene variato. In alcuni supermercati (in Francia la cosa è ormai molto diffusa) il prezzo riportato sullo scaffale è visualizzato tramite un piccolo schermo collegato via radio al sistema informativo del supermercato per cui diventa semplice cambiarlo.

Quando si arriva alla cassa, il cassiere passa il prodotto sopra una finestrella da cui fuoriescono dei raggi luminosi che vengono riflessi dall'etichetta e permettono ad un lettore situato all'interno di leggere il codice a barre.

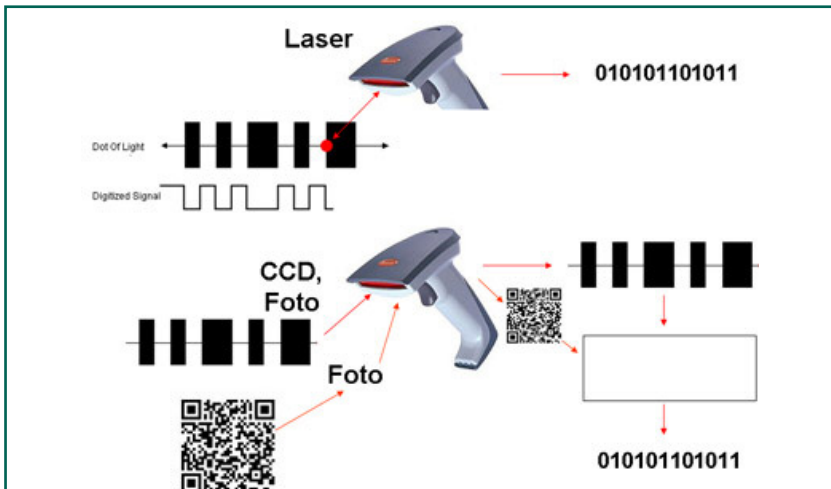


Se il prodotto è ingombrante, pensiamo ad un pacco dell'Ikea, il cassiere utilizza un lettore portatile, una specie di pistola, per leggere l'etichetta. Il principio di funzionamento è identico. In un caso viene fatta scorrere l'etichetta sulla finestra del lettore, nell'altro caso si porta il fascio di luce emesso dal lettore a colpire l'etichetta.

In genere si utilizzano dei raggi prodotti da dei laser (più di uno, fino a creare una griglia per cui il cassiere ha una maggiore libertà nel passare l'etichetta di fronte allo scanner). Il raggio del laser presenta due vantaggi importanti. È molto sottile, motivo per cui è in grado di leggere particolari molto piccoli (la distanza tra una barra e la successiva

deve essere maggiore della dimensione del raggio, se così non fosse verrebbero lette più di una barra nello stesso istante confondendo quindi il risultato). Inoltre ha una frequenza ben precisa, in genere si utilizza il colore rosso in quanto è quello meno costoso da produrre, e questo permette al rilevatore di trascurare altri raggi luminosi che potrebbero confondere la lettura.

Il raggio viene riflesso e intercettato da un lettore che trasforma la presenza di una riflessione in un 1 e l'assenza in uno 0. Il codice a barre contiene, come abbiamo visto, una sequenza di barre che identificano l'inizio e la fine e questo permette al lettore di "tarare" il riconoscimento. In alcuni lettori i raggi laser si muovono e la velocità di movimento permette al lettore di riconoscere i vari punti a cui corrispondono 1 e 0, oppure è la persona che muove l'etichetta di fronte allo scanner. Nel primo caso la velocità di movimento del laser è costante, nel secondo...dipende da come viene mossa l'etichetta. In effetti, nella stragrande maggioranza dei casi, il movimento effettuato dal cassiere è sostanzialmente uniforme nel piccolo intervallo necessario a leggere l'etichetta. In quei pochi casi in cui questo non si veri-



fica il lettore non è in grado di effettuare la lettura e quindi il cassiere dovrà riprovare. Un'etichetta stropicciata sarà difficile da leggere (in quanto sono alterate le distanze tra le barre) così come un'etichetta macchiata (che potrebbe far leggere un 1 dove invece c'è uno 0).

Come fa il lettore ad accorgersi se sbaglia? Intanto il lettore sa che deve leggere 30 cifre: se ne legge di meno (o di più) è chiaro che qualcosa non quadra e quindi segnala errore. Ma come si fa a capire se ha letto un 1 dove avrebbe dovuto esserci uno zero?

Il codice numerico, la sequenza di 0 e 1, contiene al suo interno una parte che rappresenta la somma di tutte le cifre che formano il codice per cui il lettore controlla che questa somma sia uguale al codice letto. Ecco quindi che riesce ad accorgersi se ci sono stati errori di lettura.

Un altro sistema per la lettura dei codici a barre è costituito da lettori in tecnologia CCD (Charged Coupled Device). In questo caso il lettore è fatto da un sensore di luce che contiene centinaia di pixel, come il sensore di una macchina fotografica, con la differenza che i pixel sono molto grandi e molto meno. Spesso il bordo del sensore illumina l'etichetta e la luce riflessa viene catturata dai pixel e la trasformano in una copia dell'etichetta individuando quindi barre e spazi.

Un ulteriore sistema per la lettura si basa su del software che riconosce l'etichetta fotografata da una normale macchina fotografica. In teoria qualunque telefonino potrebbe scattare la foto ad un'etichetta e un apposito software effettuare la conversione. In pratica, messa a fuoco e risoluzione pongono dei limiti a questo tipo di rilevazione da parte di un telefonino (entrambe critiche nel telefonino in quanto la messa a fuoco non avviene se non per distanze superiori al mezzo metro e a quelle distanze l'etichetta occupa un piccolo spazio nell'immagine scattata e quindi la risoluzione non è in genere sufficiente) che invece è adatto a riconoscere etichette bidimensionali. Infatti, per queste si utilizza proprio un lettore basato su una normale macchina fotografica.

Nel caso delle etichette bidimensionali, chiamate QR, Quick Response (risposta rapida), l'etichetta può contenere moltissime informazioni, molte più di un codice a barre. Addirittura è possibile memorizzare una canzone o un'immagine. Questo permette di associare informazioni all'oggetto etichettato senza ricorrere al collegamento ad Internet. In genere le etichette sono scritte con inchiostro nero ma, in alcuni casi, si possono usare più colori. Questi possono essere utilizzati per aumentare il numero di informazioni scritte oppure per fornire direttamente informazioni all'occhio che guarda l'etichetta (ad esempio un'immagine) lasciando all'inchiostro nero il compito di codificare le informazioni che saranno lette dall'applicazione che analizza la foto dell'etichetta.

Il lettore comunica il codice ad un computer (quello della cassa o un computer che supervede tutte le casse) e che contiene la banca dati con tutti i codici presenti nel supermercato.

Se l'etichetta non riflette bene i raggi il sistema di lettura non funziona, il cassiere non sente il "bip" di conferma e dopo qualche tentativo si rassegna ad introdurre a mano il codice (leggibile in forma di numeri stampati sull'etichetta). In un modo o nell'altro il codice arriva quindi al computer che ne verifica la presenza nella banca dati e restituisce il prezzo al computer della cassa per l'addebito.

In alcuni casi questo computer provvede anche a modificare la consistenza del prodotto sullo scaffale, toglie cioè 1 dalla disponibilità in modo che a livello centrale sia possibile sapere la quantità di prodotto che rimane disponibile alla vendita.

In alcuni negozi, ad esempio nelle catene Walmart in USA, se si scende sotto una certa soglia di disponibilità il computer provvede ad inviare un messaggio al fornitore di quel prodotto affinché provveda a reintegrare le scorte sugli scaffali. In altri supermercati questa informazione di bassa disponibilità di prodotto sugli scaffali potrebbe generare un messaggio al gestore del magazzino affinché proceda a portare un altro prodotto dal magazzino allo scaffale.



Vediamo quindi che l'etichetta è l'elemento che abilita la gestione del prodotto nel punto di vendita, sia in termini di pagamento, sia in termini di gestione dello scaffale e del magazzino.

Vedremo nel quarto ebook di questa serie come sia possibile usare le informazioni di vendita anche da parte del cliente.

Nel caso di vendita di prodotti da parte di un supermercato si capisce che non è necessario che l'etichetta identifichi in modo univoco quel singolo prodotto, distingua ad esempio un pezzo di parmigiano dall'altro. Al massimo si arriva a distinguere una partita di parmigiano da un'altra.

Anche la Federal Express utilizza le etichette per gestire la distribuzione e consegna dei suoi pacchi e buste. In questo caso l'etichetta deve identificare in modo univoco quel singolo pacco; la stessa cosa succede quando registriamo una valigia. L'addetto al check in stampa una striscia di carta che contiene un codice a barre per identificare in modo univoco quel bagaglio.

L'identificazione, anche in questi casi, non è in realtà un'identificazione dell'oggetto ma è l'identificazione di un certo elemento partecipante ad un processo di distribuzione. Mi spiego. Quando si registra la valigia l'etichetta creata al check in è un codice univoco sulla base del

volo che prendiamo, delle coincidenze che verranno prese e della compagnia aerea che accetta il bagaglio. Questo codice non dice nulla del fatto che questa sia la mia valigia, che sia marrone, che contenga quattro camicie... Tanto è vero che se non dovesse arrivare a destinazione dovrei andare all'apposito ufficio bagagli smarriti e denunciarne la scomparsa fornendo oltre al tagliandino con il codice anche la descrizione della valigia. Se ti sei perso il tagliandino l'addetto non è in grado di risalire dal tuo nome alla valigia. Il codice, quindi, identifica non la valigia di per sé ma solo la sua appartenenza ad un processo di trasporto.

Lo stesso vale per FedEx. Anche qui il codice che viene creato non indica le caratteristiche del prodotto ma solo il fatto che quello è un certo pacco accettato da FedEx in un certo punto e destinato ad un altro punto.

L'etichetta è quindi un puntatore univoco che permette di accedere ad informazioni contenute in un sistema informativo.

Un altro elemento importante è che queste etichette non sono "pensate" per fornire informazioni al consumatore. Non è quindi un problema il fatto che questo non abbia la possibilità di leggerle. In alcuni supermercati sono forniti dei lettori di etichette in modo da permettere all'acquirente di avere informazioni sul prezzo di quel prodotto, ma questo serve solo a svincolare il prezzo dal prodotto per cui a seconda del momento il supermercato può variare i prezzi senza essere costretto a ristampare le etichette.

I prodotti, spesso, hanno anche altre etichette dirette all'attenzione del consumatore. Sono sia informative sia pubblicitarie, utilizzate per attirare l'attenzione.

Oggi non esiste alcun collegamento tra queste e quelle utilizzate per identificare il prodotto: ciascuna risponde ad un obiettivo diverso. Nel futuro, come vedremo nel quarto ebook di questo ciclo, le cose potrebbero cambiare.

Le etichette RFID

Le etichette RFID sono dei sistemi elettronici in grado di ricevere richieste di informazioni ed inviare un segnale con le informazioni possedute. Si compongono di una parte relativamente grande, alcuni centimetri, che serve da antenna ricevente e trasmittente e da un piccolissimo granello di silicio che contiene le informazioni, oltre ad un microprocessore (un computer) in grado di riconoscere il segnale e di trasmettere le informazioni.

Sulla base del funzionamento si distinguono tre categorie di RFID: quelle attive, quelle semi attive e quelle passive. Le prime e le seconde hanno un sistema di alimentazione che consente loro di svolgere le funzioni richieste, le prime in modo completo le seconde per la sola parte di elaborazione. Queste, così come le RFID passive, utilizzano l'energia generata dal lettore sotto forma di onde radio per trasmettere le informazioni. Nel caso delle RFID passive anche l'energia richiesta per il funzionamento del microprocessore arriva dal lettore.

Come avviene questo trasferimento di energia? L'onda radio è una forma di energia che si espande nel mezzo in cui viene trasmessa. Quando l'onda intercetta del materiale ferroso, o comunque che conduce corrente elettrica avviene una cessione di parte dell'energia dall'onda al materiale. Nel materiale questa diventa corrente elettrica, genera cioè un movimento di elettroni. Questa energia ha anch'essa una forma di onda (il campo elettromagnetico è lo stesso) e segue l'andamento dell'onda che l'ha generato. Il consumo del microchip contenuto nella RFID è talmente basso che è possibile utilizzare parte di questa energia trasferita nell'antenna per il suo funzionamento. Non solo. È possibile utilizzarla anche per trasmettere le informazioni contenute.

Ovviamente, quanto più sono distanti etichetta e lettore tanto maggiore è l'energia necessaria per la comunicazione. L'antenna ha un ruolo fondamentale per ottimizzare la ricezione e la trasmissione e

riuscire a catturare quanta più energia possibile dall'onda elettromagnetica creata dal lettore. Motivi pratici impongono però dei limiti all'antenna: non è pensabile di mettere un'antenna che superi qualche centimetro su di una confezione...Per migliorare l'efficienza dell'antenna spesso questa viene realizzata come una spira appiattita (per consentire di avere una etichetta piatta). Viene, cioè, realizzata con una spirale di rettangoli o quadrati in cui ciascuno finisce nel successivo.

		Supporto adesivo	
• Attive	100m	Chip	
• Semi passive	6m		
• Passive	6m		
• Read-Write		Antenna	
• Read Only			
• WORM			
2000 Byte memorizzabili			

I vincoli di dimensione dell'antenna e anche dell'intensità di campo elettromagnetico generabile portano a distanze tra lettore e etichetta, nel caso di etichette passive o semi attive, inferiori ai 6 metri. In alcuni casi le distanze possono essere molto ridotte, il lettore deve trovarsi quasi a contatto con l'etichetta perché questa diventi leggibile. In genere queste modalità di comunicazione vanno sotto il nome di NFC: Near Field Communication (Comunicazione e campo Vicino). Per alcuni tipi di applicazione questa modalità rappresenta un vantaggio; ad esempio l'etichetta non può essere letta a distanza e quindi ci si

accorge se qualcuno vuole leggerla. È il caso di etichette utilizzate nel settore bancario in Giappone per effettuare pagamenti. Il telefonino deve essere appoggiato sulla cassa perché venga riconosciuto.

Nel caso delle etichette attive, invece, l'energia richiesta alla trasmissione delle informazioni viene fornita da una batteria o altro sistema di alimentazione e diventa quindi possibile coprire delle distanze fino a 100 metri tra lettore ed etichetta.

Il lettore emette un campo elettromagnetico su una frequenza ben definita (esistono diversi standard di frequenza a seconda delle applicazioni) e con questo campo va ad intercettare tutte le etichette che sono situate nella zona in cui è efficace. Ogni etichetta emette l'informazione che possiede e questa è diversa per ogni etichetta. In applicazioni come nel settore della logistica un singolo lettore riesce a leggere fino a 800 etichette in contemporanea. È possibile, ad esempio, per un lettore leggere le etichette di tutte le magliette presenti su di uno scaffale o contenute in uno scatolone.

Oltre alla distinzione tra attive, semi attive e passive, le etichette si distinguono anche per la possibilità di essere a sola lettura (le informazioni sono state scritte nel momento in cui è stata realizzata l'etichetta), di permettere una sola scrittura e poi infinite letture (WORM, Write Once Read Many – Scrivi Una volta, Leggi Molte volte) o permettere un numero illimitato di scritture e letture.

L'etichetta RFID può essere "carrozzata" in vari modi. Nella maggior parte dei casi ha una forma simile a quella del codice a barre, sottile come un foglio di carta. Le dimensioni dipendono dall'antenna, dalla frequenza del campo magnetico utilizzato per la comunicazione e dalla distanza massima a cui deve essere letta. In linea di massima, tanto minore è la frequenza utilizzata e tanto maggiore la distanza, tanto maggiori sono le dimensioni (pur restando sempre sottile come un foglio di carta).

In alcuni casi si rinuncia a contenere lo spessore a favore di una diminuzione delle dimensioni complessive. L'antenna viene realizzata

in tre dimensioni e questo permette di ridurre le dimensioni. Questo tipo di “carrozzeria” viene utilizzato, ad esempio, per mettere le RFID nei turaccioli ed è anche utilizzato per le etichette da impiantare sotto pelle.

La quantità di informazioni memorizzabili in una etichetta RFID può andare da pochi byte a qualche kB. In genere si considerano 2000 byte come la quantità di riferimento. Essendo sostanzialmente un chip con un’antenna, tuttavia, non sarebbe un problema creare delle RFID con una capacità di memoria decisamente maggiore. In genere però questo non si sposa con l’idea di “etichetta” per identificare un oggetto. Le svariate informazioni che potrebbero essere collegate all’oggetto, infatti, possono essere memorizzate in un qualunque punto della rete ed essere indirizzate e recuperate sulla base della identità fornita dall’etichetta.

La caratteristica delle etichette RFID di poter essere lette anche senza essere visibili, le rende indicate per diverse tipologie di applicazioni. Ad esempio, come sistema di anticontraffazione per i passaporti. Dal 2007 gli Stati Uniti richiedono il passaporto elettronico e la Comunità Europea ha iniziato a rilasciarli. L’etichetta contenuta nel passaporto contiene informazioni sull’identità della persona che rappresenta (nome, data di nascita, sesso, nazionalità) ed è previsto a breve che contenga anche la rappresentazione delle impronte digitali e la fotografia del viso. Vi sono già state diverse polemiche sulla sicurezza specie per il fatto che i sistemi di lettura



- Nome, cognome, nascita, sesso, nazionalità
- Foto digitalizzata
- Due impronte digitali

accettano anche delle imprecisioni nei dati codificati (questo per evitare che si formino code infinite ai varchi di frontiera nel caso in cui alcune persone abbiano dei problemi di lettura del passaporto). Questo, di fatto, diminuisce la sicurezza dell'etichetta e su Internet sono disponibili dei programmi per duplicare le informazioni contenute in queste etichette e, di fatto, permettere la falsificazione del passaporto.

Si sono molto diffuse le applicazioni nel settore veterinario con impianto di RFID in animali per la loro identificazione. Vengono ormai inserite normalmente nei cani (obbligatorio in USA), nei bovini (gli allevamenti hanno impiantato i lettori nei cancelli dei recinti e sfruttano la possibilità di leggere in contemporanea molte etichette per tener traccia degli animali), nei suini.

A settembre 2007 il ministero dell'agricoltura USA ha approvato il sistema RFID per identificazione di animali a partire dai cavalli per il NAIS (National Animal Identification System, sistema di identificazione nazionale per animali), per il controllo in caso di epidemie epizootiche.

Per i cavalli viene utilizzata la etichetta LifeChip prodotta dalla Destron Fearing. Questa è racchiusa in una piccolissima ampolla di vetro delle dimensioni di un chicco di riso e viene inserita sotto pelle nel collo.



Ogni etichetta contiene un codice a 15 cifre che è associato alle informazioni relative a quell'animale, ivi compresa l'identità del proprietario. Interessante che la stessa etichetta RFID permette anche di misurare la temperatura corporea del cavallo (tramite un sensore inserito nella stessa ampolla) e fornisce questa informazione ogni volta che viene letta. Lo standard utilizzato per queste etichette è approvato in USA, e anche nella Comunità Europea. Le prime tre cifre identificano il paese di provenienza dell'animale, le seconde tre la razza.

Le RFID sostituiscono quindi la famosa marchiatura ed è certamente una buona notizia per bovini e equini. Visto che il marchiare un vitello era considerato normale non stupisce che l'avanzata tecnologica abbia portato alle RFID. Ma che dire degli umani dove, fortunatamente, la marchiatura non è mai stata consuetudine?

Anche per noi si stanno sviluppando etichette iniettabili e se alcune applicazioni possono lasciare a dir poco perplessi per altre la cosa sembra avere più senso.

Tra le prime tenderei a mettere l'offerta che fa nelle sue pubblicità la discoteca di Barcellona La Baja in cui ogni martedì sera i clienti possono farsi iniettare una etichetta nella pelle sotto la spalla. Questo li trasforma in clienti VIP, in pratica l'identificazione tramite etichetta per-

• VIP in discoteca,...

• Pazienti Alzheimer

• Problemi di Privacy

mette al barista di caricare tutte le consumazioni su una carta di credito, così come pure diventa immediato l'ingresso in discoteca senza bisogno di prendere il biglietto.

La Baja non ha comunicato quanti clienti si siano fatti etichettare ad oggi ma il fatto che la pubblicità continui sembrerebbe indicare che qualcuno ritenga la cosa interessante.

Alla seconda categoria, almeno per me, appartengono le applicazioni di tipo medico, ad esempio per permettere l'identificazione di pazienti che soffrono di Alzheimer. Vedremo molte applicazioni di questo tipo nella prossima puntata.

Al di là del fastidio che molti provano all'idea di un ago che inietti la tag sottopelle (le dimensioni della etichetta sono, come per i cavalli, simili ad un chicco di riso), vi sono molte voci preoccupate di una intrusione nella sfera privata con questo sistema.

In realtà queste preoccupazioni dovrebbero essere molto più forti con altri sistemi di identificazione, come quelli forniti dalle telecamere di sicurezza che stanno via via coprendo tutto il territorio urbano. Città come Manchester dichiarano di avere una copertura completa, altre al momento si limitano alla parte centrale; in Italia sono un po' meno diffuse ma certo supermercati, centri commerciali, aeroporti, stazioni, parcheggi sono in genere dotati di questi sistemi.

L'etichetta RFID può essere letta solo da vicino per cui si è molto meno tracciabili che non con sistemi a videocamera.

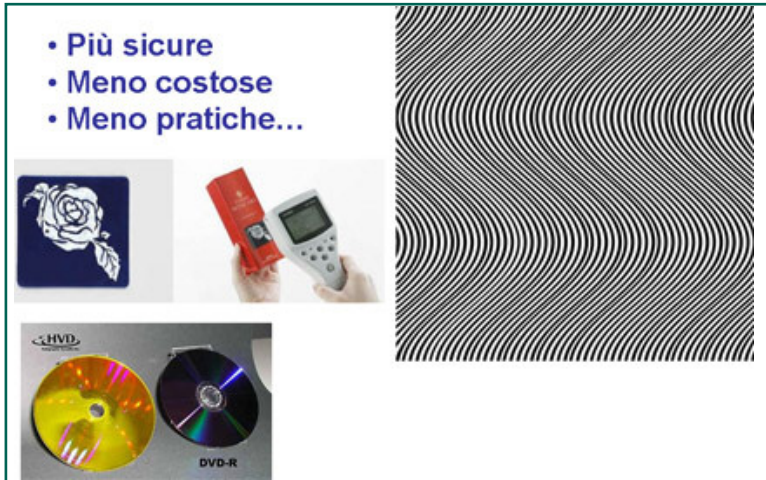
È probabile che l'accettazione dell'identificazione tramite RFID, sia per noi sia per oggetti (su cui si sono avute polemiche simili legate alla possibilità di associare un oggetto ad una persona, e di nuovo occorre ricordare che quando un oggetto è acquistato con carta di credito l'associazione viene creata) sarà legata alla utilità percepita. Se, sulla base di una identificazione, si svilupperanno servizi interessanti potremo veder cambiare l'atteggiamento verso i sistemi di identificazione anche da parte dei più restii. Non sarei stupito se nella prossima decade avere una RFID sotto pelle venisse considerato "fashion" e se nella decade successiva essere etichettati fosse obbligatorio per legge.

Le etichette ottiche (olografiche)

Un'altra tecnologia per identificare un oggetto è quella delle etichette ottiche. Queste sfruttano il principio della olografia per cui sono spesso chiamate etichette olografiche. Sono, in genere, realizzate su polimeri (plastica...) in grado di riflettere/rifrangere un raggio di luce incidente. Anche se alcune sembrano piatte, come dei codici a barre, queste etichette sono in realtà strutture tridimensionali. Altre etichette sono a forma di cubetto, pochi millimetri di lato. Il principio di funzionamento è lo stesso. Due raggi laser vengono inviati dal lettore verso l'etichetta. La struttura atomica di questa crea una rifrazione ai raggi laser che viene analizzata dal lettore e tradotta in una stringa di bit.

Esistono varie tipologie di etichette olografiche, da quelle che presentano un'immagine, a quelle che ad occhio nudo sembrano essere un insieme di colori cangianti ma che ad un lettore appaiono come stringhe di bit. Le prime sono utilizzate per permettere di verificare l'autenticità del prodotto, basandosi sul fatto che è molto costoso realizzare un ologramma e sulla impossibilità di trasferire un ologramma da un oggetto ad un altro (ad esempio una carta di credito).

Un tipo di etichetta olografica è realizzato con due sottili fogli di mylar (poliestere); sul primo apparirà l'immagine olografica mentre il secondo è ripiegato e incollato a caldo. Più coppie sono assemblate per creare ologrammi complessi e tagliati poi con le dimensioni volute. Le immagini, o le stringhe di bit, sono create nel processo di realizzazione e qualunque manomissione all'etichetta distrugge l'informazione. Altri tipi di etichette sono realizzate con polimeri che formano una struttura tridimensionale. A differenza di quelle realizzate in mylar queste etichette possono essere scritte da appositi apparati. Una particolare realizzazione è quella dei dischi olografici, in grado di contenere migliaia di GB di informazioni e che si presentano come dei normali DVD (di colore giallo). Non sono ovviamente utilizzati come etichette ma come memorie di grandissima capacità.



Nel caso in cui l'etichetta sia utilizzata per contenere stringhe di bit, queste diventano leggibili a ben precise frequenze della luce utilizzata dal lettore o a particolari angoli di incidenza dei due raggi interferenti. È possibile realizzare etichette che contengono stringhe distinte, ciascuna visibile a certe frequenze (o angoli) per cui si possono realizzare lettori diversi che operando a angoli o frequenze diverse leggeranno informazioni diverse pur accedendo alla stessa etichetta. La frequenza utilizzata per la lettura (la lunghezza d'onda della luce utilizzata) può variare tra i 380 THz e i 750 THz. Siamo quindi a frequenze di 100.000-1.000.000 di volte maggiori rispetto a quelle delle RFID e, siccome la quantità di informazioni che è possibile codificare è legato alla frequenza (lunghezza d'onda), un'etichetta olografica può contenere enormi quantità di informazioni, dell'ordine dei GB.

Lo svantaggio di queste etichette è il fatto che devono essere visibili al lettore, non è quindi possibile leggere etichette su magliette chiuse in uno scatolone come accade con le etichette RFID. Inoltre ogni etichetta viene letta singolarmente, non si possono leggere insieme più etichette.

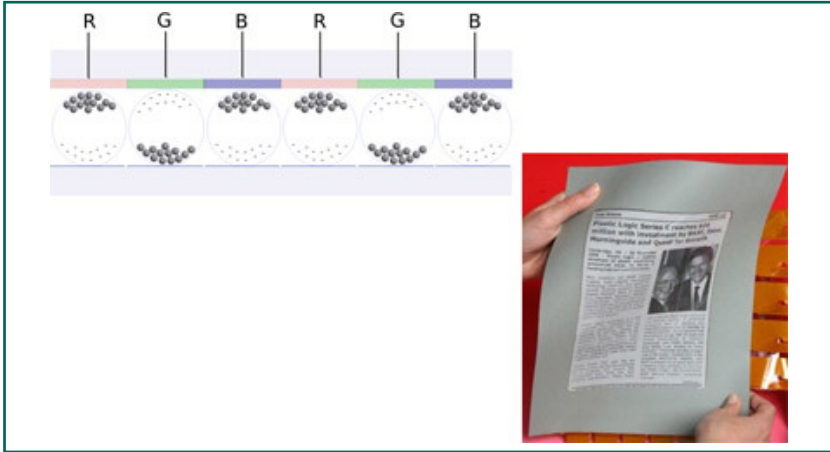
Inchiostro elettronico

Le etichette cui siamo abituati, codici a barre ma anche QR e ologrammi, una volta scritte non sono più modificabili. Da qualche anno è stata sviluppata una tecnologia che permette di creare immagini, scritte su superfici sottilissime, non molto più spesse di fogli di carta, che sono percepite dal nostro occhio come normale inchiostro su carta. Il principio è quello della riflessione della luce ambientale, per cui, a differenza degli schermi elettronici che emettono luce e si vedono bene quanto più è scuro l'ambiente, nel caso di queste etichette tanto maggiore è la luce ambientale tanto meglio si vedono. Esattamente come uno scritto su di un foglio di carta.

A fine 2008 queste etichette, in bianco e nero, hanno trovato una vasta applicazione in lettori di eBook, come Kindle di Amazon, e sugli scaffali di parecchi supermercati. Il vantaggio rispetto alla carta sta nella possibilità di essere immediatamente aggiornati quando serve. L'etichetta contiene sia la parte necessaria a visualizzare un testo (o immagine formata da punti), sia la parte necessaria a comunicare via radio. Il costo è a livello di qualche euro, troppo caro ovviamente per essere inserita su ogni confezione ma sostenibile per etichettare scaffali con indicazione sulla merce.

Il funzionamento si basa sulla possibilità di aggregare minuscoli pigmenti sulla superficie di microbolle ottenute incollando in modo opportuno due fogli di plastica. L'aggregazione dei pigmenti crea una superficie nera, la loro disaggregazione una superficie bianca. Queste superfici riflettono la luce ambientale così come accade per l'inchiostro.

L'aggregazione viene ottenuta applicando una tensione ad ogni singola bolla. L'etichetta è quindi un insieme di fili invisibili che formano una matrice al cui interno sono collocate le bolle e i pigmenti. Sul retro si trova il circuito radio che permette la comunicazione. Il consu-



mo elettrico è bassissimo ed è quindi sufficiente una piccola batteria per visualizzare le informazioni.

L'evoluzione tecnologica sta consentendo la realizzazione di bolle sempre più piccole e di conseguenza anche il passaggio dal bianco e nero al colore. Questo viene realizzato inserendo pigmenti rossi, verdi e blu nelle bolle, alternandoli tra loro. Queste sono talmente piccole che il nostro occhio non è in grado di vedere ogni singola bolla (come succede con i pixel del televisore) per cui cattura la media del colore di un'area fondendo insieme i colori delle singole bolle. Le gradazioni di colore sono ottenute aggregando più o meno pigmento in ogni bolla.

Questo inchiostro elettronico si presta ovviamente anche alla realizzazione di codici a barre e di etichette bidimensionali QR per cui diventa possibile la sua lettura da parte degli stessi tipi di lettori utilizzati per queste.

Il vantaggio rimane comunque nella possibilità di cambiare le informazioni presentate e questo non si sposa con il concetto di identità che deve essere fisso. Inoltre il costo non ne permette l'utilizzo sulla singola confezione.

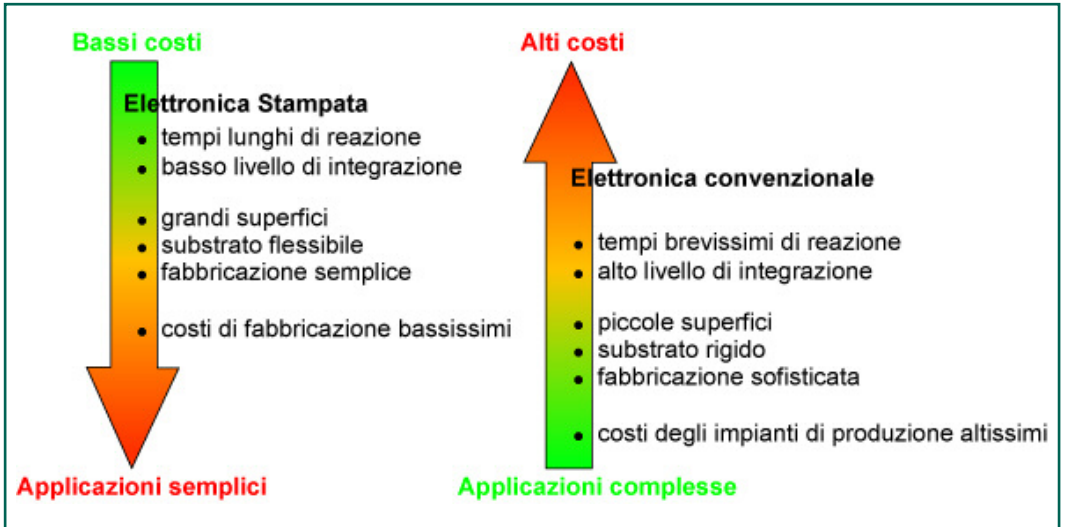
Printed electronics

Il parametro costo, in effetti, è l'elemento dominante quando si parla di etichette da applicare alla identificazione di un prodotto. Certo, se il problema è quello di identificare una lavatrice o un orologio di gran marca un costo di qualche decina di centesimi di euro non è un problema. Se, invece, l'etichetta deve essere utilizzata per identificare un pacco di grissini anche quelle decine di centesimi sono decisamente troppo.

Secondo l'organizzazione che cura lo sviluppo e standardizzazione delle RFID, un costo superiore ai 5 centesimi di dollaro ne impedisce l'adozione nella grande distribuzione. E questo costo deve comprendere etichetta e procedura di etichettatura. Per una vera e propria diffusione capillare che porti alla sostituzione degli onnipresenti codici a barre, occorre scendere sotto il centesimo.

Per questo arriva una nuova tecnologia: la printed electronics, cioè l'elettronica stampata.

I chip che conosciamo sono realizzati con un processo di incisione (etching). Si prende un disco di silicio e con procedimenti successivi lo si incide fino a creare tutti i componenti necessari. Questo procedimento è estremamente costoso per gli impianti che occorre realizzare. La miniaturizzazione raggiunta (a fine 2008 si è arrivati alla tecnologia a 40 nanometri, il che vuol dire che il più piccolo componente realizzabile ha una dimensione minima di 40 miliardesimi di metro, 800.000 volte più piccolo di un capello) richiede impianti con livelli di pulizia al cui confronto una sala operatoria di un ospedale è un immondezzaio, e una attenzione alle vibrazioni che porta a costruire gli impianti a diversi chilometri dalle strade trafficate in quanto il passaggio di un camion a qualche chilometro di distanza potrebbe dare problemi. Già solo questi dettagli, e ce ne sono innumerevoli altri, fanno capire la complessità e quindi i costi. Una "fabbrica" per produrre chip oggi



costa oltre 2 miliardi di dollari. Solo grazie agli enormi volumi si riescono ad avere costi unitari di prodotto contenuti.

Questi costi, oggi, sono intorno ai 2-5 \$ al millimetro quadro di chip. Il chip presente in una etichetta elettronica è molto più piccolo di un millimetro quadro ma i costi sono comunque nell'ordine di qualche decina di cent a cui occorre aggiungere quelli del packaging, cioè dell'assemblaggio del chip con l'antenna e la sua collocazione sull'oggetto da etichettare.

La printed electronics viene realizzata con un processo completamente diverso, un processo di stampa: da qui il nome "printed".

Viene utilizzato un insieme di inchiostri che sono spruzzati da stampanti tipo ink-jet, come quelle spesso usate nelle nostre case per stampare le foto. Queste stampanti sono tuttavia notevolmente più raffinate: mentre nella stampa fotografica non ha senso avere una risoluzione inferiore a 20 μm in quanto il nostro occhio non è in grado di apprezzarla nel caso dell'elettronica si scende ben al di sotto di questo limite (ma non tanto quanto si riesce a fare con il processo di inci-

sione, per cui un chip realizzato con processo di stampa è più grande di uno realizzato con un processo di incisione: se si volesse - al momento è tecnicamente impossibile - realizzare un chip stampato con lo stesso numero di transistor di un microprocessore Intel di ultima generazione, grande oggi 300 mm^2 occorrerebbe una dimensione di $18,5 \text{ m}^2$!

Ogni cartuccia ha un iniettore comandato da un computer che mentre nel caso della foto spruzza una goccia da due miliardesimi di litro di inchiostro, nel caso della printed electronics spruzza una goccia da un miliardesimo di litro di soluzione in cui si possono trovare vari composti tra cui silicio, carbonio conduttori metallici, nanoparticelle che creano il circuito. A differenza dell'elettronica classica in cui il chip deve essere poi montato e collegato all'antenna, nel caso della printed electronics l'antenna viene stampata insieme al resto abbattendo quindi i costi. Nel tempo si arriverà a stampare, perlomeno nel caso di circuiti semplici, come tutto sommato sono quelli usati dalle etichette elettroniche, direttamente sulla confezione o sull'oggetto diminuendo ulteriormente i costi.

I sistemi che si stanno progettando per la stampa industriale di etichette elettroniche tramite il processo di printed electronics (processo flexografico) dovrebbero avere una capacità produttiva di oltre $10.000 \text{ m}^2/\text{h}$ il che significa una produzione di oltre 20 milioni di etichette all'ora! L'adattamento del processo di stampa tramite inkjet ($100 \text{ m}^2/\text{h}$ con risoluzione di $50 \mu\text{m}$), invece, porta a livelli di produzione molto inferiori di circa 8.000 pezzi all'ora, comunque sufficienti per svariate applicazioni.

Complessivamente un'etichetta realizzata in questo modo dovrebbe avere un costo inferiore, di molto, al centesimo di dollaro. Questo porta a dire che nella prossima decade ogni oggetto prodotto avrà la sua etichetta elettronica, allo stesso modo in cui oggi ogni oggetto ha un codice a barre.

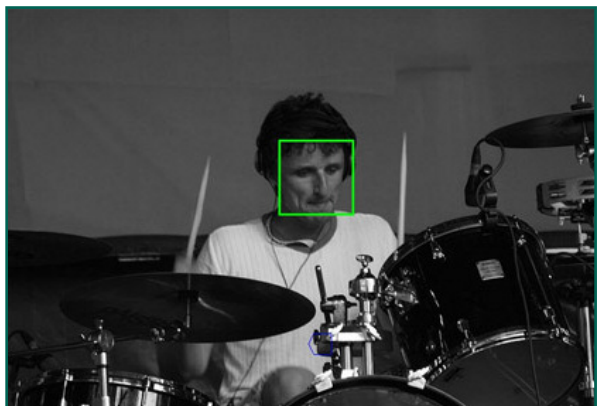
Non solo. La printed electronics è in grado di stampare anche quei componenti che possono essere utilizzati per fare da interfaccia, dei sensori di tatto e anche visori in tecnologia OLED (Organic Liquid Emitting Display). In questo caso la produzione scende ulteriormente arrivando a 1000 visori all'ora delle dimensioni di uno schermo da 2 pollici. Aspettiamoci quindi un mondo molto diverso da quello di oggi. Se pensiamo che una volta vi era un solo orologio in casa (ricordate il pendolo con il cucu?) mentre oggi abbiamo decine di orologi (frigorifero, forno, microonde, riscaldamento, antifurto, radio, televisore, telefono...) al punto che non ci facciamo più caso, nel prossimo futuro ogni oggetto sarà dotato di un visore, sarà identificabile e, probabilmente, sarà collegato ad Internet.

Riconoscimento immagine

Non tutti gli oggetti, però, si prestano ad avere un'etichetta. Pensiamo ad un palazzo, ad un giardino...Qualcuno dirà anche: pensiamo a noi...che viviamo benissimo senza essere etichettati. Forse il futuro renderà normale essere etichettati, così come già oggi iniziano ad esserlo i cani. Tuttavia è probabile che ancora per parecchio tempo molti oggetti, noi inclusi, non avranno un'etichetta. Sarà comunque possibile riconoscerli ed identificarli in altro modo.

Un meccanismo interessante, anche perché è quello principalmente utilizzato da noi stessi nella vita di ogni giorno, è il riconoscimento di immagine.

Uno dei primi passi per il riconoscimento



dell'immagine è quello di definire il contesto. Abbiamo visto nel primo ebook come il nostro cervello si basi proprio sul contesto per arrivare al riconoscimento di un oggetto, al punto da riconoscere quello che si aspetta di trovare e in casi limite di creare un riconoscimento di qualcosa che in realtà non esiste.

Un'applicazione di riconoscimento opera in un contesto sia di regole sia di elementi predefiniti. Le regole servono a capire la relazione possibile tra oggetti (una persona entra in un'auto, non passa attraverso l'auto...), gli elementi predefiniti servono a delimitare il numero di scelte possibili. Questi elementi predefiniti sono in genere classi (ad esempio frutta, mobili, facce...) e ciascuna classe ha delle proprietà associate che in qualche modo ne descrivono le possibili varianti (una faccia può essere parzialmente coperta da capelli, da barba, può essere presentata di profilo, può avere un colore più o meno scuro ma, in genere, ha due aperture in alto –occhi- una centrale in basso –bocca e così via).

I progressi nel settore del riconoscimento di immagini sono stati notevolissimi e ci si sta avviando verso una rivoluzione nell'approccio: anziché seguire un approccio deduttivo basato sulle proprietà degli oggetti possibili si va verso una analisi statistica paragonando una data immagine con milioni di altre immagini cercando quella che più somiglia e di cui esiste una descrizione dei componenti.

Ricercatori del MIT hanno recentemente scoperto che bastano poche informazioni per arrivare ad identificare il soggetto di una immagine, secondo un processo di riconoscimento che sembra quello utilizzato dagli animali.

Questa riduzione nel numero di informazioni potrebbe permettere una classificazione automatica dei miliardi di immagini oggi presenti sul web. A sua volta questo permetterebbe di migliorare enormemente il processo di analisi statistica di una immagine.

Una persona riesce in genere ad identificare oggetti in un mosaico composto da 32x32 tasselli. In un thumbnail (foto piccola) in genere vi sono almeno 100x100 pixel (tasselli elementari).

Una fotografia scattata con una macchina fotografica digitale contiene milioni di pixel: ne basterebbero un migliaio, mille volte meno, per riconoscere gli oggetti presenti nella foto.

Un normale PC diventa in grado di “visionare” milioni di fotografie in un secondo se queste sono ridotte a questo tipo di risoluzione.

Una macchina fotografica di ultima generazione contiene oltre 100.000 tipologie di foto prememorizzate allo scopo di determinare la miglior esposizione: quando inquadrata viene estratto un insieme di qualche centinaio di punti – in una macchina come la D300 della Nikon vengono estratti circa 1000 punti- e in pochi millesimi di secondo questi vengono paragonati alle foto prememorizzate andando ad attribuire i parametri di esposizione di quella che più si avvicina all'inquadratura del momento.

Con il meccanismo sviluppato, i ricercatori sono riusciti a memorizzare in 600 MB quasi 13 milioni di fotografie, ciascuna con la descrizione del contenuto.

Chiaramente, se l'immagine è fuori dall'usuale, sarà difficile trovarne una simile e quindi riconoscere il contenuto ma per la stragrande maggioranza dei casi il sistema funziona.

Si tratta a questo punto di riuscire ad immaginare cosa possa essere una cosa che non si riconosce basandosi sulle altre che invece si sono riconosciute. È quanto facciamo anche noi, sia per il riconoscimento visivo sia per quello sonoro. Le parole che sentiamo, e capiamo, ogni giorno sono all'incirca sempre le stesse. Ogni tanto capita di sentirne una nuova e in molti casi riusciamo a derivarne il significato dal contesto.

Una tecnologia utilizzata per il riconoscimento di oggetti all'interno di un'immagine è quella della **Pattern Recognition** (Riconoscimento di Sequenze). A differenza del **Pattern Matching** in cui si vanno a paragonare in modo molto rigido le informazioni estratte dall'immagine in esame con un campione (ad esempio per riconoscere delle impronte digitali), nel Pattern Recognition, una delle discipline che studiano l'apprendimento da parte delle macchine, si parte da una classifica-

zione effettuata su una conoscenza a priori di pattern precedentemente riconosciuti. Le sequenze estratte sono in genere dei gruppi di misure e osservazioni. Il Pattern Recognition si basa quindi su una parte di rilevazione (un sensore come quello di una macchina fotografica digitale o di una telecamera), un sistema per l'estrazione di caratteristiche dalla immagine catturata con una loro trasformazione e attribuzione a categorie predefinite. Questo è il passaggio più critico e complicato e viene effettuato utilizzando vari meccanismi, inclusi quelli probabilistici. Per questi, da qualche tempo, si utilizzano le reti neurali, computer che simulano il comportamento di neuroni.

I progressi in questo settore sono stati notevoli e sono già nelle nostre mani quando prendiamo una fotocamera digitale di ultima generazione, in grado di riconoscere in un'immagine i visi per migliorare la messa a fuoco e addirittura i ... sorrisi!

Sono in fase di sperimentazione, ad esempio al MediaLab, dei sistemi in grado di osservare una platea teatrale e rendersi conto dell'interesse degli spettatori a quanto viene rappresentato, identificando noia, attenzione, sconcerto, divertimento, paura....

Riconoscimento testi

Un campo specifico del riconoscimento di immagine è quello del riconoscimento di un testo, in genere noto come OCR, Optical Character Recognition. Se il testo è dattiloscritto, e quindi i caratteri hanno una forma ben precisa il riconoscimento è semplice, ma non così semplice come si potrebbe pensare: potrebbe esserci una macchia sul foglio che deforma i contorni di un carattere, una stampa difettosa in qualche punto...I programmi che effettuano il riconoscimento hanno in genere la capacità di ovviare a questi problemi e ricostruiscono il testo. Molto più complicato, invece, è il riconoscimento di un testo scritto a mano. Questo non dovrebbe stupire se si pensa che spesso abbiamo difficoltà ad interpretare quanto scritto da un'altra per-

sona (per non dire di quando non riusciamo a capire cosa abbiamo scritto noi!).

Per il riconoscimento di testi scritti a mano si utilizzano tecniche di Pattern Recognition, sistemi di Intelligenza Artificiale e tecnologie di Machine Vision (visione da parte di macchine). Chi ha provato questi programmi, ad esempio su di un Palm, e ne ha seguito l'evoluzione, ha potuto rendersi conto della complessità. Qualche anno fa il riconoscimento veniva fatto "facendo imparare" a scrivere alla persona (per consentire la scrittura di un testo su di uno schermo del palmare); oggi il palmare chiede alla persona di scrivere alcune frasi e impara la sua scrittura, migliorando nel tempo il riconoscimento.

Sebbene i primi studi (e brevetti) sul riconoscimento di testo scritto da parte di una macchina risalgano addirittura agli anni 30 (da parte di Tauschek tramite un sistema meccanico), il primo sistema moderno, basato su computer per il riconoscimento di caratteri stampati, venne chiamato Gismo e fu realizzato nel 1950 da Cook insieme a Shepard che poi fondò l'Intelligent Machines Research Corporation (IMR) che produsse i primi sistemi commerciali OCR. Il primo sistema prodotto dalla IMR fu utilizzato dal Reader Digest nel 1955, mentre il secondo fu venduto alla Standard Oil per la lettura dei cedolini delle carte di credito.



L'Ufficio Postale Statunitense iniziò a smistare la corrispondenza utilizzando sistemi OCR nel 1965 ed in Europa il primo sistema OCR fu impiegato dal British Post Office. I sistemi utilizzati dagli uffici posta-

li dopo aver riconosciuto l'indirizzo lo convertivano in un codice a barre per le successive operazioni di smistamento in quanto il codice a barre era molto più semplice da leggere da parte di una macchina e ogni ufficio postale ne poteva avere uno.

I sistemi moderni OCR possono essere fatti risalire al 1974 con i prodotti della Kurzweil Computer Products, fondata da uno dei guru dell'intelligenza artificiale, Ray Kurzweil. Questi sistemi sono in grado di leggere un'enorme varietà di "font" (tipi di caratteri). Kurzweil si buttò su questo tema con l'obiettivo di realizzare una macchina in grado di leggere i libri ai ciechi.

Oggi il riconoscimento in OCR dei caratteri latini (non quelli cinesi, ad esempio) è un dato acquisito. L'accuratezza supera il 99%. Così non è per quanto riguarda il riconoscimento di testo scritto a mano su cui la ricerca continua.

Riconoscimento dei numeri di targa.

Il riconoscimento dei numeri di targa, dannazione per gli automobilisti che si vedono recapitare a casa le multe sulla base di fotografie scattate da telecamere ormai sparse un po' ovunque, è un caso del più generale riconoscimento dei testi. Il sistema è noto con la sigla ANPR, Automatic Number Plate Recognition, riconoscimento automatico dei numeri di targa.

Il problema qui è al tempo stesso più semplice e più complesso. Da un lato occorre riconoscere dei caratteri scritti in modo preciso, dall'altro occorre riconoscere dove è la targa del veicolo, eliminare macchie e superare difficoltà generate da particolari condizioni meteo.

Alcuni sistemi aggiungono al riconoscimento della targa la foto del guidatore.

In genere si utilizza una fotografia all'infrarosso in quanto questa consente di prendere fotografie in qualsiasi situazione di illuminazione, anche di notte. In alcuni casi è comunque presente un flash che serve



sia per illuminare meglio la foto sia per segnalare la rilevazione dell'infrazione al guidatore.

Le preoccupazioni in questo settore (a parte quelle degli automobilisti di essere “beccati” mentre compiono un’infrazione) sono relative alla privacy e alla possibilità di errori di riconoscimento (oggi sempre più rari, e comunque anche se il riconoscimento è utilizzato per avviare la procedura di infrazione e per la comunicazione, la foto scattata viene tenuta per cui è sempre possibile controllarla).

Riconoscimento umano e automatico

Il riconoscimento umano, ad oggi, rimane ancora quello in grado di meglio interpretare le immagini. Questo è vero al punto che per evitare che qualcuno programmi una procedura in modo da effettuare automaticamente una registrazione on line, si utilizza un sistema di riconoscimento caratteri estremamente difficile da eseguirsi da parte di una macchina.

Quando si accede ad una pagina in cui si richiede una registrazione a volte ci viene proposta una immagine al cui interno sono visibili dei caratteri e ci viene richiesto di introdurli a riprova che la registrazione è fatta da un umano. Una macchina, con il livello di sofisticazio-



ne nel riconoscimento raggiunto oggi, non è infatti in grado di riconoscere questi caratteri.

Questa tecnica ha un nome: **CAPTCHA**: Completely automated public turing test to tell computers and humans apart (test pubblico di Turing per distinguere un computer da un umano).

L'immagine proposta è creata in modo automatico da un computer ma la risposta riesce solo ad un umano. Per questo motivo spesso ci si riferisce a questo sistema come al test di Turing inverso (Turing era un matematico inglese che a metà dello scorso secolo propose un modo per valutare se un computer fosse equivalente ad un uomo). Questo test consiste nel porre una persona di fronte a due terminali e invitarlo a dialogare via tastiera con altri due terminali, a lui nascosti. Ad un terminale è seduta una persona umana all'altro un computer. L'obiettivo di chi esegue il test è cercare di capire chi sia l'uomo e chi il computer. Ad oggi questo test non è ancora stato superato).

Moni Naor fu il primo a porsi il problema di creare un metodo per distinguere un accesso umano da uno effettuato con una macchina a

metà anni '90. Il metodo CAPTCHA fu inventato nel 1997 ma il nome prese piede solo nel 2000. Le prime applicazioni furono quelle utilizzate da Yahoo.

Come si vede quindi da questa rapida panoramica, non sono poche le tecnologie oggi disponibili per il riconoscimento ed identificazione di oggetti. Nel prossimo ebook vedremo le loro applicazioni oggi mentre, nell'ultimo, immagineremo le applicazioni future che sono poi quelle che costruiscono il complesso sistema di relazioni tra Atomi e Bit.