

# ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

## *Rilevamento di esseri umani – Introduzione*

Il rilevamento di esseri umani include molte applicazioni, come ad esempio la sicurezza, la sorveglianza, la gestione dell'energia (controllo delle luci), la sicurezza personale, le interfacce uomo-macchina, le applicazioni per la casa, la robotica, l'automotive. I rilevatori degli esseri umani possono essere suddivisi nelle seguenti categorie:

- *Occupancy* sensors (sensori di presenza): essi rilevano la presenza di persone (e qualche volta anche di animali) in un'area monitorata.
- *Motion* detectors (rilevatori di movimento): essi rispondono solo a oggetti in movimento. A differenza dei sensori di presenza, i quali producono segnali ogni volta che un soggetto è fermo o è in movimento, i rilevatori di movimento sono sensibili solo ai soggetti in movimento.
- *Position* detectors (sensori di posizione): essi sono sensori che misurano almeno una coordinata associata alla posizione di un oggetto (esempio: una distanza di una mano dal sensore).
- *Tactile* sensors (sensori tattili): essi rispondono a piccole forze o all'accoppiamento fisico tra il rilevatore e la parte del corpo del soggetto, il quale può essere un umano o un equivalente di un umano (esempio: robot).

# ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

## *Rilevamento di esseri umani – Introduzione*

Una delle applicazioni più importanti è la sicurezza intesa come rilevamento di possibili minacce. Per questo fine sono necessari sistemi molto affidabili in grado di rilevare e possibilmente identificare persone in determinate aree.

In base al tipo di applicazione, la presenza di umani può essere rilevata attraverso mezzi in grado di essere associati a qualche tipo di proprietà o azione del corpo umano. Ad esempio, un rilevatore può essere sensibile all'immagine del corpo, al contrasto ottico, al peso, al calore, ai suoni, alla costante dielettrica, o all'odore.

# ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

## *Rilevamento di esseri umani – Classificazione dei rilevatori*

Di seguito è riportata una possibile classificazione dei rilevatori utilizzati per il rilevamento della presenza e del movimento delle persone:

- *Air pressure sensors* (sensori di pressione dell'aria): essi rilevano le variazioni nell'unità di tempo (esempio: minuto) della pressione dell'aria come risultato dell'apertura di porte e finestre.
- *Capacitive* (capacitivi): essi sono rilevatori della capacità elettrica del corpo umano.
- *Acoustic* (acustici): essi sono rilevatori del suono prodotto dalle persone.
- *Photoelectric* (fotoelettrici): essi si basano sul rilevamento dell'interruzione dei fasci di luce da parte di oggetti in movimento.
- *Optoelectric* (optoelettronici): essi si basano sul rilevamento di variazioni dell'illuminazione o del contrasto ottico nell'area considerata.
- *Pressure mat switches* (pressostati): essi sono strisce lunghe sensibili alla pressione utilizzate sui pavimenti sotto i tappeti per rilevare il peso di un intruso.
- *Stress detectors* (rilevatori di sollecitazioni): essi sono estensimetri incorporati nelle travi del pavimento, nelle scale e in altri componenti strutturali.

# ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

## *Rilevamento di esseri umani – Classificazione dei rilevatori*

- *Switch sensors*: essi si basano su contatti elettrici collegati a porte e finestre.
- *Magnetic switches*: essi sono la versione *noncontact* degli *switch sensors*.
- *Vibration detectors*: essi reagiscono alle vibrazioni delle pareti o di altre strutture dell'edificio. Inoltre essi possono essere fissati a porte o finestre per rilevare i movimenti.
- *Glass breakage detectors* (rilevatori di rottura del vetro): sensori che reagiscono a vibrazioni specifiche prodotte da vetro rotto.
- *Infrared motion detectors* (rilevatori di movimento a infrarossi): essi sono dispositivi sensibili alle onde di calore emanate naturalmente da oggetti caldi o freddi in movimento.
- *Microwave detectors* (rilevatori a microonde): essi sono sensori che reagiscono a segnali elettromagnetici a microonde riflessi da oggetti.
- *Ultrasonic detectors* (rilevatori a ultrasuoni): essi sono dispositivi simili ai *microwave detectors* ad eccezione del fatto che vengono utilizzati gli ultrasuoni al posto dei segnali elettromagnetici a microonde.

# ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

## *Rilevamento di esseri umani – Classificazione dei rilevatori*

- *Video presence detectors*: essi si basano su apparecchiature video che confrontano un'immagine di riferimento memorizzata con immagini acquisite nell'area considerata.
- *Image recognition*: esso si basa su analizzatori di immagini che confrontano features facciali con gli elementi di database appropriati.
- *Laser system detectors* (rilevatori laser): essi sono simili ai rilevatori fotoelettrici ma utilizzano fasci stretti di luce.
- *Triboelectric detectors* (rilevatori triboelettrici): essi sono sensori in grado di rilevare le cariche elettriche statiche trasportate da oggetti in movimento.

Alcune problematiche nel rilevamento di un'occupazione o di un'intrusione sono connesse ai concetti di *falsi positivi* e *falsi negativi* (si vedano le slide precedenti). Il processo di selezione dei sensori in applicazioni critiche (esempio: sicurezza) deve includere opportune valutazioni sull'affidabilità e sull'immunità al rumore. È spesso buona pratica realizzare un sistema caratterizzato da sensori con circuiti di interfaccia differenti, in modo da migliorare l'affidabilità. Un'altra soluzione efficiente è quella di combinare sensori che si basano su principi fisici differenti (esempio: combinazione di rilevatori capacitivi e a infrarossi).

# ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

## *Rilevamento di esseri umani – Ultrasonic detectors*

La trasmissione e la ricezione dell'energia associata agli ultrasuoni (ultrasonic waves, USW) vengono utilizzate in misuratori di distanza, misuratori di velocità e rilevatori di prossimità. Gli USW sono onde acustiche che coprono un range di frequenze situato al di là delle capacità dell'orecchio umano (cioè sopra i 20 kHz). Tuttavia, queste frequenze possono essere percepite da animali più piccoli, come cani, gatti, roditori e insetti. In effetti, i rilevatori di ultrasuoni sono i dispositivi biologici di rilevamento per pipistrelli e delfini.

Quando le onde USW colpiscono un oggetto, parte della loro energia viene assorbita e parte viene riflessa. In molti casi pratici, l'energia USW viene riflessa in modo diffuso. Cioè, indipendentemente dalla direzione da cui provengono, le onde vengono riflesse quasi uniformemente all'interno di un ampio angolo solido, che può avvicinarsi a 180°. Se l'oggetto si muove, la frequenza dell'onda riflessa sarà diversa da quella delle onde trasmesse. Questo fenomeno è chiamato *effetto Doppler*.



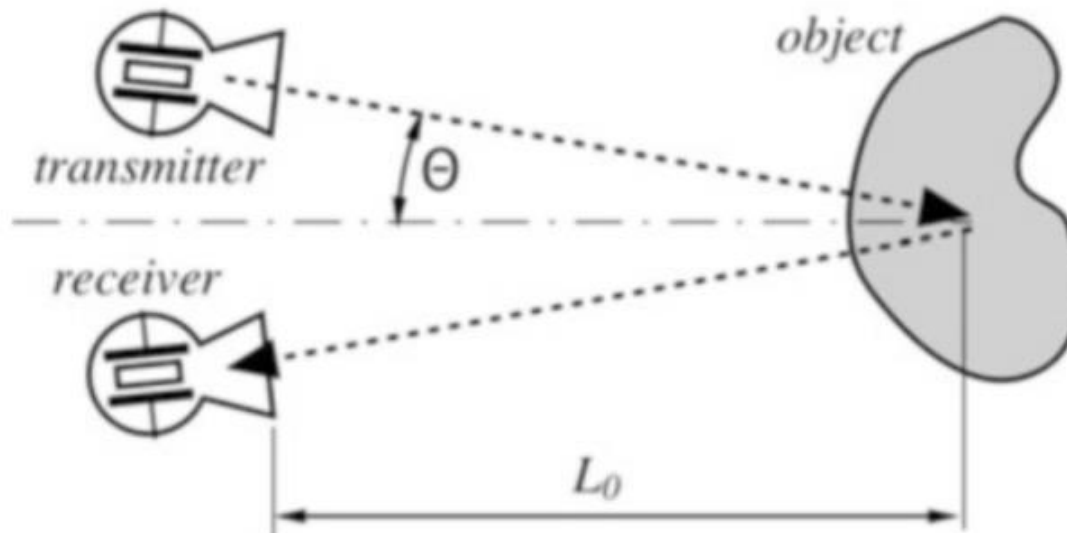
# ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

## *Rilevamento di esseri umani – Ultrasonic detectors*

Una distanza  $L_0$  dall'oggetto può essere calcolata utilizzando la velocità  $v$  nel mezzo considerato e l'angolo  $\theta$  (si veda la figura):

$$L_0 = \frac{vt \cos \Theta}{2}$$

dove  $t$  è il tempo impiegato dall'onda per viaggiare verso l'oggetto e tornare indietro al ricevitore (a causa di ciò è presente il 2 al denominatore). Se un trasmettitore e un ricevitore sono posizionati a una distanza piccola rispetto alla distanza dall'oggetto, allora si può assumere  $\cos \theta \cong 1$ .



*Misura di prossimità a ultrasuoni: principio di funzionamento.*

# ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

## *Rilevamento di esseri umani – Ultrasonic detectors*

Gli ultrasuoni hanno un vantaggio considerevole rispetto alle microonde: essi si propagano con la velocità del suono, che è molto più piccola della velocità della luce alla quale si propagano le microonde. Quindi, il tempo  $t$  (si veda l'equazione nella slide precedente) è molto più grande e la sua misurazione può essere effettuata in modo più semplice ed economico.

Per la generazione di ultrasuoni è richiesto il movimento di una superficie. Tale movimento crea compressione e rarefazione del mezzo (esempio: gas (aria), liquidi, solidi).

Ci sono due tipi di trasduttori a ultrasuoni che possono essere utilizzati per applicazioni nell'aria:

- piezoelettrico;
- elettrostatico.

I trasduttori elettrostatici hanno un'alta sensibilità ma richiedono una tensione più alta per il funzionamento. I trasduttori piezoelettrici sono più comuni: un dispositivo piezoelettrico converte direttamente energia elettrica in energia meccanica. I trasduttori piezoelettrici richiedono segnali di eccitazione caratterizzati da tensione più bassa e per tale motivo i circuiti di eccitazione associati sono più semplici

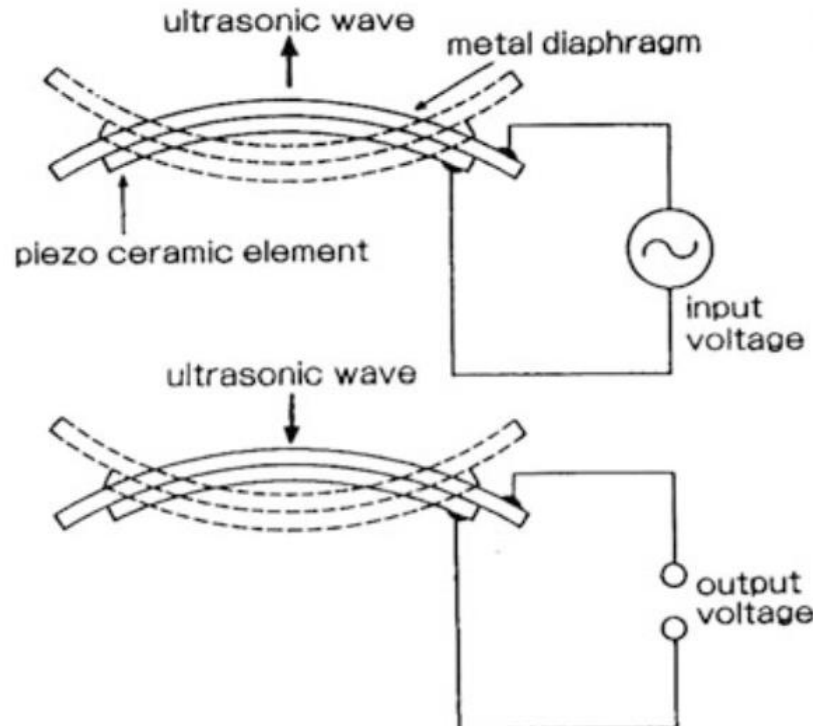


# ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

## *Rilevamento di esseri umani – Ultrasonic detectors*

da realizzare e più economici.

La figura mostra che la tensione di ingresso applicata al piatto piezoelettrico causa una sua flessione e trasmette le onde (ultrasuoni). Poiché la piezoelettricità è un fenomeno reversibile, il piatto di ceramica genera tensione quando le onde (ultrasuoni) in arrivo lo fanno flettere. In altre parole, l'elemento può essere impiegato sia come generatore



*Trasduttore a ultrasuoni (piezoelettrico): la tensione di ingresso flette l'elemento e trasmette le onde mentre le onde in entrata producono una tensione di uscita.*

# ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

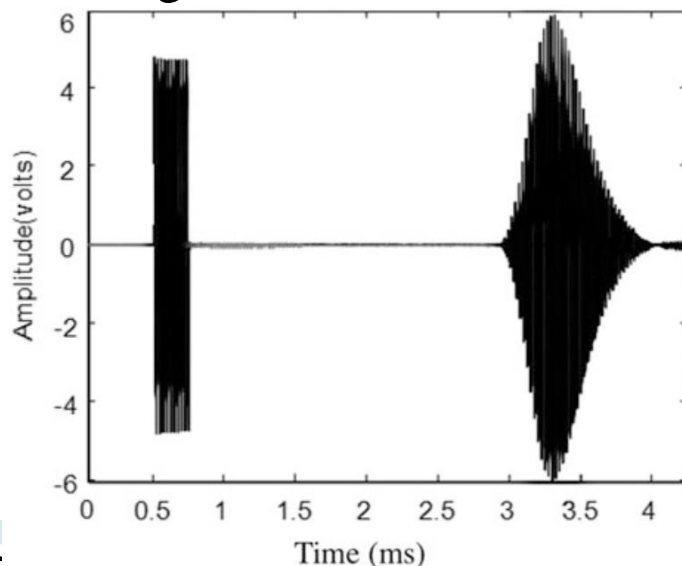
## *Rilevamento di esseri umani – Ultrasonic detectors*

di onde (trasmettitore) sia come microfono (ricevitore).

Esistono due possibili modalità operative per un trasduttore a ultrasuoni:

- *Pulsed mode*;
- *Continuous mode*.

Quando il trasduttore opera in *pulsed mode*, lo stesso trasduttore viene di solito utilizzato sia come trasmettitore sia come ricevitore. Il trasduttore trasmette brevi impulsi di energia ultrasonica, rileva il segnale riflesso e misura il tempo di arrivo del segnale ricevuto per calcolare la distanza dall'oggetto. La figura illustra le forme del segnale trasmesso e del segnale ricevuto. Poiché il ritardo di tempo può essere



*Segnali USW trasmessi e ricevuti (pulsed mode).*

# ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

## *Rilevamento di esseri umani – Ultrasonic detectors*

misurato con una buona accuratezza, i rilevatori USW che operano in *pulsed mode* sono in grado di misurare le distanze con un'alta risoluzione. Un'applicazione comune di questo metodo è rappresentata da rilevatori che svolgono la funzione di assistenza per il parcheggio di una macchina.

In un sistema con una trasmissione continua di USW (*continuous mode*), elementi (piezoelettrici) distinti vengono utilizzati come trasmettitore e ricevitore.



*Esempio di trasduttore USW (aria).*

## *Riferimenti Bibliografici*

- [1] Fraden, J. (2016). Handbook of Modern Sensors. Springer Cham.  
ISBN: 978-3-319-19302-1