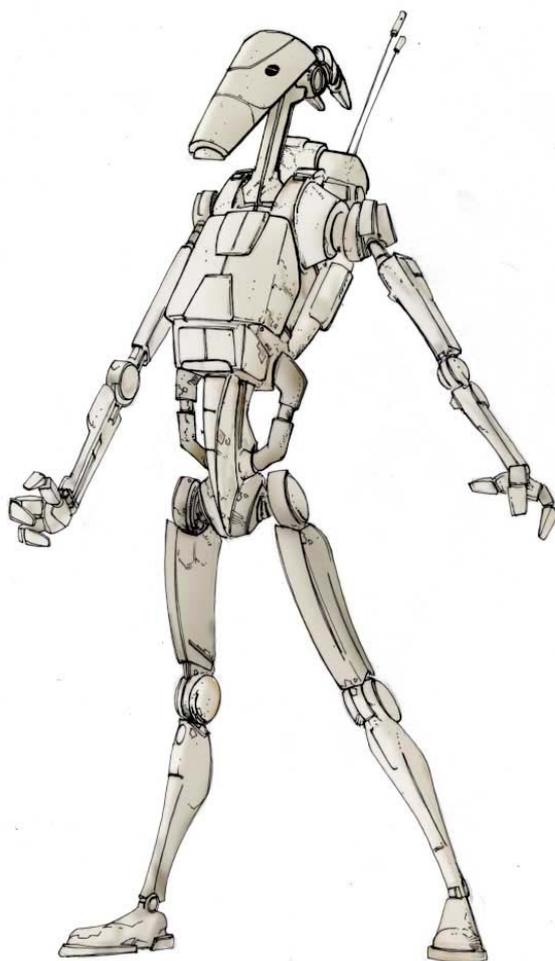


# PROGETTO DI ROBOTICA

STATO DELL'ARTE



# ROBOT PER LA SORVEGLIANZA



MICHELE MANCINI  
ROBERTO NAPOLI

## INDICE:

- **Introduzione:** \_\_\_\_\_ pag. 4
  - scopo dello Stato dell'Arte \_\_\_\_\_ pag. 4
  - differenze tra i tipi di robot analizzati \_\_\_\_\_ pag. 6

### Robot attualmente in commercio:

- **Robot da guardia domestici** \_\_\_\_\_ pag. 9
  - HOAP-1 \_\_\_\_\_ pag. 9
  - MARON-1 \_\_\_\_\_ pag. 10
  - BANRYU \_\_\_\_\_ pag. 12
  - SERI \_\_\_\_\_ pag. 13
- **Robot domestici con funzioni di sorveglianza** \_\_\_\_\_ pag. 15
  - WAKAMARU \_\_\_\_\_ pag. 15
  - VALERIE \_\_\_\_\_ pag. 16
- **Robot guardiani per edifici ed grandi aree** \_\_\_\_\_ pag. 19
  - T63 Artemis \_\_\_\_\_ pag. 19
  - MOSRO 1 \_\_\_\_\_ pag. 20
- **Robot guardiani per aree esterne** \_\_\_\_\_ pag. 24
  - OFRO \_\_\_\_\_ pag. 24
  - ROBOT X \_\_\_\_\_ pag. 25

### Ricerca e sviluppo: \_\_\_\_\_ pag. 27

- Progetto ANSER \_\_\_\_\_ pag. 27
- Progetto PRASSI \_\_\_\_\_ pag. 30

### Sicurezza vs Privacy \_\_\_\_\_ pag. 32

### Approfondimento sui sensori di immagine \_\_\_\_\_ pag. 35

### Indice Immagini \_\_\_\_\_ pag. 38

### Indice Tabelle \_\_\_\_\_ pag. 38

## INTRODUZIONE

### - Lo sviluppo della Robotica e i Robot di Servizio

La Robotica è una disciplina vastissima le cui radici culturali affondano nella storia e nella letteratura. L'impiego industriale dei Robot è iniziato negli anni '40 del secolo scorso e da allora la sua evoluzione è andata almeno di pari passo con quelle dell'Informatica, dell'Elettronica e della Meccanica.

Oggi si assiste probabilmente all'inizio di una nuova era, in cui il Robot opererà a stretto contatto con gli esseri umani, aiutandoli nei compiti della vita quotidiana e accompagnandoli nel tempo libero.

Mentre dagli anni '70 in poi la Robotica si è sviluppata in gran parte nell'ambito dell'automazione del settore manifatturiero, si può prevedere che il prossimo decennio veda la diffusione dei robot anche nel campo dei servizi e quindi a diretto contatto con gli esseri umani e in normali ambienti civili. I primi impieghi si avranno in settori in cui la richiesta di qualità sempre maggiore dei servizi si accompagna alla difficoltà di disporre di adeguate risorse umane (sia per motivi di costi del personale, sia per problemi di qualificazione e gratificazione). Il settore sanitario (ospedali, case di cura, luoghi di degenza e comunità in genere), anche in relazione all'aumento della vita media e alle maggiori richieste di autonomia e mobilità degli anziani e dei disabili, è probabilmente quello in cui il Robot di Servizio si affermerà rapidamente, con una tecnologia, un mercato e una cultura propri. La tecnologia oggi disponibile permetterà inoltre una rapida diffusione di robot mobili per la pulizia degli ambienti e per la sorveglianza. Per questi impieghi, si tratta sostanzialmente di adattare gli standard qualitativi dei prodotti esistenti al settore sanitario, le cui esigenze sono più stringenti. Caratteristica innovativa di questi robot è quella di non richiedere un ambiente di lavoro appositamente strutturato, bensì di sapersi muovere autonomamente e in completa sicurezza in mezzo alle "persone comuni", e di interagire con loro in modo semplice e flessibile. Perché essi si diffondano è necessario che usino tecnologie di basso costo e di ampia disponibilità, e che si inseriscano in modo semplice nelle strutture organizzative e informative esistenti.

Notevoli passi avanti in questo settore sono stati fatti da quando, in un documento pubblicato nel 2001 dalla Commissione Economica per l'Europa delle nazioni Unite (UNECE) e dalla IFR (International Federation of Robotics), è stata prodotta la definizione "ufficiale" di un nuovo mercato per la Robotica: la Robotica di Servizio (Service Robotic). Per questo nuovo tipo di robot viene proposta una definizione molto diversa da quella classica ISO: "Un robot che opera in modo autonomo o semi-autonomo per compiere servizi utili al benessere (well being) di esseri umani o di apparecchiature, con l'esclusione di operazioni di manifattura".

Già dai dati riportati in questo documento emerge l'ampio sviluppo potenziale della Robotica di Servizio: fra le circa 35 categorie citate, alcune mostrano un notevole incremento revisionale di installazioni in Europa nei quattro anni successivi allo studio. Alcune di queste sono: robot per pulizia professionale (da 440 a 14.150); robot per chirurgia (da 1.600 a 4.800); di piccolo trasporto in edifici (da 60 a 140); per rifornimento di carburante (da 50 a 1.100); in agricoltura e allevamenti (da 1.100 a 2.300); per sorveglianza e sicurezza (da 60 a 1.800); per pulizia domestica (da 12.500 a 425.000); per compagnia e divertimento (da 100.000 a 200.000). Alcuni, come la sorveglianza e il rifornimento di carburante, prevedono un aumento percentuale notevole (200 - 300%).

Figure 1 Number of robots per 10,000 persons employed in the manufacturing industry in 2003

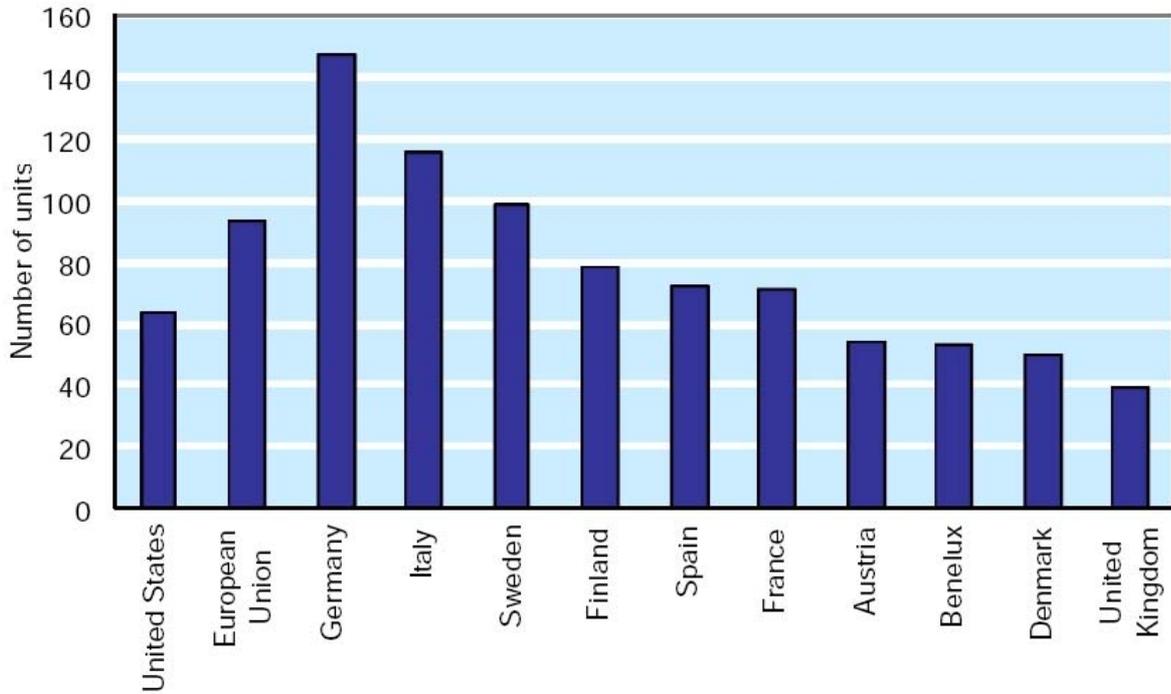
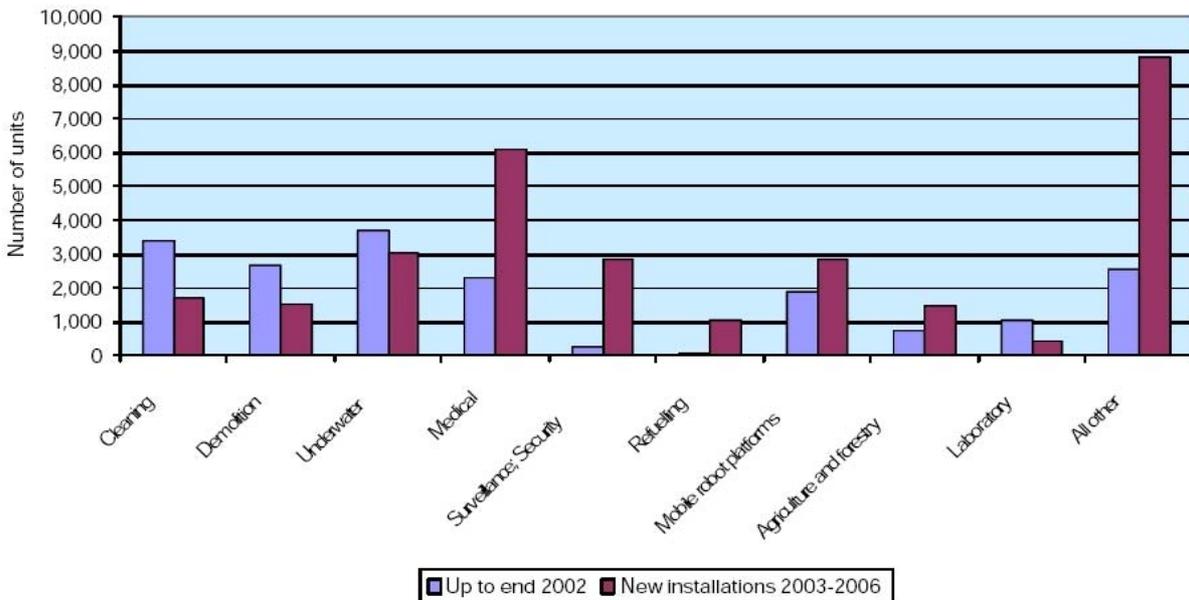


Figure 2 Service robots for professional use. Stock at the end of 2002 and projected installations in 2003-2006



Fra le tecnologie che sono state denominate “civili” e di cui ci si attende l’integrazione con i robot di servizio, un posto speciale spetta a quelle cosiddette di “automazione di edificio”, chiamata anche degli “edifici” o “case intelligenti” (smart housing). Le case intelligenti hanno un’infrastruttura di comunicazione a cui sono interfacciati i normali dispositivi di un’abitazione: luci, porte, finestre, condizionamento ambientale, elettrodomestici, dispositivi per disabili o anziani, apparecchi di comunicazione e così via. Gli scopi possono essere quello di realizzare alloggi protetti o semplicemente case automatizzate per migliorare la qualità della vita. In un prossimo futuro, elettrodomestici e cibi dialogheranno grazie a un’elettronica integrata per migliorare l’approvvigionamento domestico e automatizzare la preparazione.

In realtà, l’automazione degli edifici è già comunemente diffusa, con compiti più tecnici, in grossi complessi edilizi in cui ascensori, impianti di allarme, aria, luci, servizi vari sono collegati via rete a sistemi informatici di controllo. Le tecnologie già diffuse e disponibili sono quelle di particolari bus di campo (fieldbus), o reti locali per automazione, simili a quelli usati in automazione di fabbrica, ma specializzati in questo tipo di applicazioni. In diversi centri di ricerca si studia l’integrazione di questa tecnologia disponibile con i robot di servizio. È chiaro, infatti, che se un robot agisce in un ambiente civile (un edificio commerciale, una casa d’abitazione), esso deve interagire con una quantità di installazioni e dispositivi – porte, ascensori, dispositivi di emergenza o allarme – e deve comunicare con qualche posto di controllo remoto. In più, per ragioni di sicurezza o sorveglianza, deve poter conoscere o influire sulle politiche con cui l’infrastruttura intelligente dell’edificio affronta un determinato problema – per esempio, un incendio. È innovativo in questo caso pensare al robot non come un’entità totalmente autonoma, ma come parte di un sistema distribuito intelligente (la rete di automazione dell’edificio) di cui fa parte e con cui è in comunicazione continua o periodica.

Si ritiene ragionevole che questo approccio, studiato in Europa da diversi centri di ricerca in Robotica, e che ben si sposa con recenti tecnologie software ad agenti e per sistemi embedded, possa godere di fortuna e acceleri l’ampliamento del mercato di una parte significativa dei robot di servizio.

#### **- Differenze tra i tipi di robot analizzati**

A fronte della crescente richiesta di sistemi di sorveglianza più o meno tradizionali, che va quindi dalla necessità di installare telecamere fisse nei vari angoli della città o all’interno delle proprie abitazioni fino al dispiego di forze di sicurezza quali guardie e sentinelle che monitorino aree protette o a rischio, le industrie di robotica hanno cominciato a sviluppare sistemi robotici di sorveglianza che possano incontrare le esigenze di aziende e cittadini privati o di enti pubblici.

Proprio per soddisfare queste necessità, i laboratori di università e società specializzate nel campo della robotica, hanno cominciato a sviluppare diversi tipi di robot, spesso apportando modifiche ad altri modelli di robot con funzionalità differenti già in commercio, creando così prototipi sempre più sofisticati e affidabili che potessero svolgere compiti di sorveglianza con varie modalità.

Sono stati così creati robot mobili per la casa, robot guardiani per edifici ed impianti industriali, robot che sorvegliano ambienti esterni, robot che possono intervenire autonomamente e attivamente in caso di problemi e robot che invece segnalano solamente l’anomalia e che necessitano comunque di guardie umane per svolgere un servizio completo e sicuro.

Ciò che però accomuna tutti i robot di sorveglianza è certamente il target del loro utilizzo: sostituire i tradizionali sistemi di sorveglianza offrendo un servizio più efficace ed affidabile che abbia dei costi minori e dei risultati almeno altrettanto positivi. Tale obiettivo è spesso ampiamente raggiunto, in quanto i produttori riescono a fornire dei modelli di robot per la

sorveglianza che garantiscono buone performance a prezzi accessibili sia per le aziende che per i singoli acquirenti, che riescono quindi, in alcuni casi, a ridurre il personale addetto alla sicurezza di impianti, uffici ed edifici, mentre in altri casi possono affiancare alle guardie, robot che si occupano di aree più a rischio che richiedono comunque dell'intervento umano in caso di pericolo.

In questo documento abbiamo analizzato i tipi di robot di sorveglianza più diffusi e richiesti, cercando di fornire un quadro il più possibile completo dei modelli attualmente in commercio e di alcuni progetti in atto, volti a sviluppare nuove funzionalità e nuovi prototipi da inserire in settori dove questo tipo di tecnologia non è ancora stata introdotta.

Come emerge dai cataloghi di alcune delle più importanti industrie di robotica quali le società giapponesi Sanyo, Mitsubishi e Fujitsu, la coreana Mostitech ed altre, i robot per la sorveglianza proposti sul mercato sono in genere robot adibiti alla sorveglianza della casa o di altri piccoli ambienti come gli uffici, robot in grado di garantire la sicurezza in vaste aree come edifici a più piani, impianti industriali, magazzini, robot domestici che, oltre a svolgere attività di gestione della casa, hanno integrate funzioni di sorveglianza dell'ambiente domestico e di chi lo abita.

Questi tipi di robot esercitano le proprie funzioni in ambienti interni in cui però può variare la dimensione dell'area in cui garantire la sicurezza.

Un altro settore sempre legato alla sorveglianza, è quello che riguarda gli ambienti esterni: lo sviluppo in questo campo è però inferiore al precedente in quanto le problematiche da affrontare sono maggiori e legate ad un maggior numero di variabili come, ad esempio, il fattore climatico o la sensibilità alla luminosità variabile dei raggi del sole.

Analizziamo ora, più in dettaglio, le differenze tra i vari tipi di robot presentati.

### **Robot da guardia domestici:**

Questi robot sono adibiti alla sorveglianza delle abitazioni o eventualmente di spazi ristretti come uffici o locali. I loro compiti si limitano generalmente a monitorare gli ambienti interni durante l'assenza del padrone, restando con lui in contatto tramite telefono cellulare o Internet grazie ai quali il robot è in grado di inviare immagini o messaggi di allerta in caso di intrusioni o altri problemi quali incendi, fughe di gas, modifiche di ogni genere dell'ambiente circostante.

Per poter svolgere i loro compiti, questi robot sono relativamente piccoli, mobili e hanno forme che permettono loro di muoversi agilmente in spazi ristretti, evitando o superando ostacoli. Trattandosi comunque di ambienti chiusi, non c'è la necessità di affrontare il problema del movimento su terreni accidentati di cui non si conoscono le caratteristiche.

Oltre alle funzioni di sorveglianza, in genere questi robot sono dotati di abilità secondarie che possono essere comunque utili per l'utente, specialmente se si pensa al robot come integrato nell'ambiente domestico. Queste funzionalità vanno dalla possibilità di interagire con gli elettrodomestici della casa alla possibilità di sostenere conversazioni con gli ospiti o leggere favole ai bambini.

I costi di questi robot possono variare di molto a seconda del modello, mantenendo comunque prezzi medio - bassi che permettano l'accesso anche all'utente privato.

### **Robot domestici con funzioni di sorveglianza:**

Questi robot si prendono principalmente cura della casa e di chi la abita, svolgendo funzioni il cui scopo è quello di rendere più facile la vita in famiglia. Per questo motivo, oltre ad altri compiti, tali robot domestici svolgono anche un servizio di sorveglianza della casa ed, eventualmente, di persone anziane o disabili o che comunque intendono mantenere uno stile di vita indipendente.

A differenza dei robot precedentemente analizzati, questi modelli sono finalizzati a monitorare la casa e non anche altri ambienti come uffici, luoghi di lavoro o aree che necessitano di sorveglianza costante.

Dal momento che il loro principale scopo è quello di partecipare attivamente alla vita della famiglia, il loro aspetto è decisamente antropomorfo, così come anche le loro dimensioni, in modo da potersi adattare nel modo migliore sia all'ambiente che li circonda, sia alle persone con le quali devono interagire.

Questi modelli hanno funzionalità che nei robot da guardia domestici erano poco sviluppate mentre le funzioni di sicurezza e sorveglianza si limitano al rilevamento del problema e al conseguente intervento che solitamente si traduce nell'avvertire il proprietario o la polizia o l'ospedale se si tratta di un'emergenza che riguarda la salute di un membro della famiglia.

Il costo di questi robot è elevato, ma il prezzo è giustificato dalla grande utilità che questi modelli hanno.

### **Robot guardiani per edifici e grandi aree:**

Fanno parte di questa categoria i robot ideati per svolgere i loro compiti di sorveglianza in ambienti molto ampi dove c'è maggior possibilità di movimento e una maggiore superficie da monitorare.

Questi modelli possono non avere aspetto umanoide in quanto non devono necessariamente relazionarsi con gli esseri umani, o meglio, interagiscono con loro in maniera diversa rispetto, ad esempio, ai robot domestici.

Poiché il loro compito principale è quello di garantire la sicurezza in una particolare area, questi modelli possono avere delle funzioni più specifiche e spesso possono essere adattati anche a seconda del tipo di edificio che devono monitorare. Ad esempio, un robot posto a guardia di un impianto chimico, potrà essere dotato di sensori che rilevino delle fughe di particolare materiale tossico o chimico. Alcuni robot inoltre sono dotati di armi non letali che possono usare per mobilitare gli intrusi in attesa dell'intervento degli agenti di sicurezza.

Questi robot infatti sono di supporto al servizio di sicurezza che rimane comunque presente all'interno dell'edificio: i robot pattugliano i corridoi e le stanze riportando le anomalie alle guardie che possono poi intervenire personalmente oppure possono dare istruzioni al robot su come intervenire nello specifico.

### **Robot guardiani per aree esterne:**

A differenza delle precedenti, questa categoria comprende quei robot che sorvegliano ambienti esterni e che quindi devono essere progettati per affrontare delle problematiche differenti rispetto a quelle dei robot per gli interni. Per questo motivo il loro sviluppo è ancora limitato anche se questo tipo di robot è sempre più richiesto in quanto può avere svariate applicazioni (basti pensare che l'esercito americano riceverà nei prossimi anni 127 miliardi di dollari per sviluppare robot in grado di sorvegliare aree militari che siano perfino in grado di combattere come veri soldati).

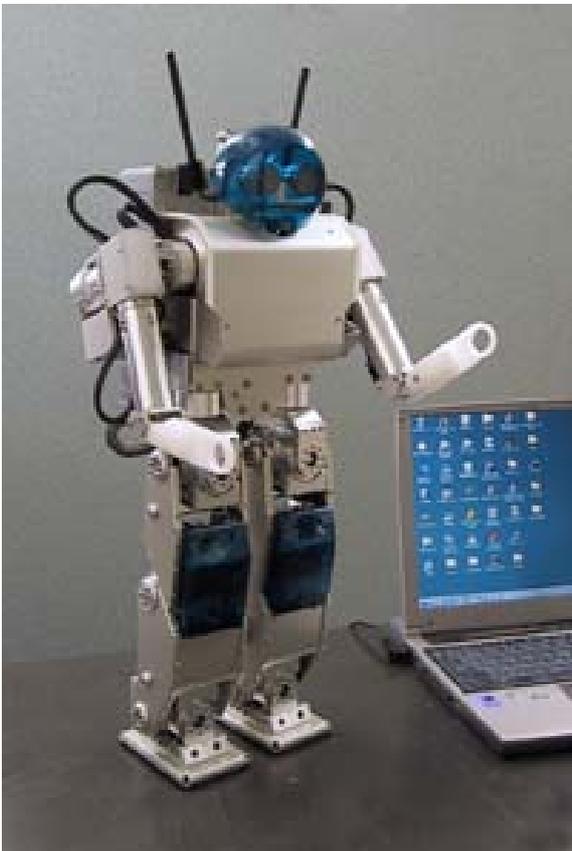
I robot adatti agli ambienti esterni devono poter resistere a temperature che possono variare anche di molto, devono resistere alle intemperie e devono essere in grado di muoversi su terreni accidentati.

## ROBOT DA GUARDIA DOMESTICI

La giapponese Fujitsu, uno dei maggiori fornitori mondiali di prodotti e soluzioni per l'information technology e leader nella costruzione di apparati elettronici, ha investito molto negli ultimi anni nella ricerca e nello sviluppo di robot.

Secondo la Vision del gruppo Fujitsu, "it is expected that robots will increasingly be used in personal applications and in the future will come to help out around the house as part of people's everyday lives" [i robot saranno sempre più utilizzati per usi personali e in futuro questi saranno di grande aiuto in casa e faranno parte della vita di tutti i giorni delle persone]. In questa ottica sono stati sviluppati con successo i modelli HOAP-1 e, successivamente, MARON-1 che rappresentano il primo passo verso la realizzazione di questa Vision.

### - HOAP-1 (Humanoid for Open Architecture Platform)



Presentato e lanciato sul mercato nel 2001 e ora distribuito dalla Fujitsu Automation Limited, questo robot fu utilizzato soprattutto come test per il movimento dei robot bipedi.

Il suo peso è di 6 kg ed è alto 48 cm, è leggero e compatto ed è dotato di un software di simulazione utilizzato sia per lo sviluppo di algoritmi di controllo del movimento delle due gambe, sia per la ricerca di interfacce di comunicazione tra umano-robot. La Fujitsu ha inoltre reso pubblica l'architettura dell'interfaccia interna dell'HOAP-1 per permettere agli utenti di sviluppare i propri programmi. Inoltre, grazie al software di simulazione, questi possono essere eseguiti virtualmente prima dell'effettivo utilizzo. Grazie a queste caratteristiche, l'HOAP-1 si è rivelato essere lo strumento ideale per la ricerca e lo sviluppo nella robotica.

Sia il software di simulazione, sia l'interfaccia interna riprogrammabile dall'utente, girano sul sistema operativo RT-Linux mentre la comunicazione con il robot, i sensori e gli attuatori utilizzano l'interfaccia USB.

*Fig.3 -Modello HOAP-1 della Fujitsu -*

**Tabella 1. Caratteristiche Tecniche di HOAP-1**

Altezza	48 cm
Peso	6kg
Mobilità dei giunti	20 GdL (gradi di libertà)
Operating Command PC	Comprende standard: poser, viewer, and basic simulation software. OS: RT-Linux
Direct Interface and Robot's Internal Network	USB 1.0 (12Mbps)
Control cycle	1ms
Power	DC24V x 6.2A (150W)
Obiettivi di Vendita	100 robot in 3 anni
Produttore e Venditore	Fujitsu Automation Limited

#### **- MARON-1**

Nel 2002, in seguito allo sviluppo di HOAP-1, la Fujitsu progettò e realizzò un nuovo modello, il MARON-1, un "Utility Robot" ideato per la sorveglianza della casa e per il controllo degli elettrodomestici a distanza; il lancio sul mercato avvenne nel marzo 2003 in Giappone.



*Fig.4 - Modello MARON-1 della Fujitsu -*

Il MARON-1 è dotato di un sistema di locomozione tradizionale: si muove su due ruote girevoli a differenza del bipede HOAP-1. Grazie ad un monitor LCD da 4 pollici touchpad, un microfono, uno speaker e un braccio meccanico questo robot obbedisce a tutto e per tutto agli ordini del padrone. Il sistema operativo è Windows CE 3.0.

Il MARON-1 è inoltre dotato di una vasta gamma di apparecchiature tra cui telefono cellulare, scheda di comunicazione PHS (Personal Handyphone System), due piccole videocamere in grado di ruotare in ogni direzione, telecomando a distanza, una porta ad infrarossi, timer ed equipaggiamento per la sorveglianza come i sensori di prossimità. Grazie a queste caratteristiche il MARON-1 può essere utilizzato per sorvegliare giorno e notte sia case che uffici oppure per monitorare persone che necessitano di speciali controlli e attenzioni. Una volta istruito, è infatti in

grado di scattare e inviare foto sul cellulare del padrone, può vigilare sulla casa o comandare dispositivi via infrarossi, può muoversi a seconda di comandi vocali ricevuti anche a distanza. Al momento tutto questo è possibile soltanto utilizzando un telefono mobile compatibile con il software i-appli del colosso di telefonia giapponese NTTDoCoMo.

Utilizzando, attraverso il controllo remoto, il telefono cellulare, il robot è in grado di scattare foto e visualizzarle sullo schermo del telefono, permettendo così al proprietario di tenere sotto controllo la casa o l'ufficio. Le immagini inviate dal MARON-1 possono essere anche utilizzate per specificare la destinazione del robot. Il padrone, infatti, può impartire al robot ordini precisi come avanzare, indietreggiare e girare in qualsiasi direzione. Inoltre, inserendo nella memoria del robot la pianta della casa, il proprietario può comandare al robot di raggiungere una destinazione e questo tratterà da solo la traiettoria e raggiungerà il punto evitando gli ostacoli e adattandosi alle diverse superfici e pendenze. Inoltre è possibile impostare dei percorsi che il robot deve seguire per pattugliare l'ambiente.

Comandando a distanza il raggio a infrarossi di cui è dotato il robot, è possibile anche azionare elettrodomestici come condizionatore d'aria, televisione e video-registratore.

Posizionandolo ad uno o due metri di distanza dall'area che si vuole sorvegliare (ad esempio la porta d'ingresso o una finestra), il robot è in grado di accorgersi di ogni tentativo di intrusione che avvenga nel suo campo visivo, attivando nel caso un allarme o chiamando numeri di telefono pre-configurati.

Il robot può essere anche programmato per eseguire azioni specifiche in particolari momenti. Ad esempio può essere usato come sveglia, o può scattare foto in particolari punti della casa ad orari prestabiliti.

Grazie alla scheda di comunicazione PHS, il robot può essere utilizzato come un "normale" telefono (che lascia però libere le mani e che segue nei suoi spostamenti la persona che sta parlando) in grado di memorizzare anche i numeri chiamati più frequentemente.

**Tabella 2. Caratteristiche tecniche di MARON-1**

Peso	5 kg
Dimensioni	32 x 36 x 32 cm
Parti operative	2 ruote (sinistra, destra); 1 braccio rotante; 1 videocamera sulla testa che si muove lungo 2 direzioni (pan, tilt), 5 gradi di libertà
Sensori	1 sensore/emettitore di raggi infrarossi; 2 videocamere, 1 sensore di prossimità.
Interfaccia utente	1 touchpad; 5 menu keys; 2 function keys; 1 4" LCD monitor; 1 microfono; 1 speaker
Sistema Operativo	WinCE 3.0
Interfacce di espansione:	1 USB (host); 1 PC card slot; 1 RS-232C port (per manutenzione); 1 DC-IN connettore
Tipo di batteria	NiMH (nell'unità principale)
Tempo di autonomia della carica	12 ore (considerando la modalità a basso consumo e 20 minuti di movimento)
Accessori	adattatore AC
Prezzo	da \$2,500 a \$3,000

## - BANRYU

Nel 2002, due società giapponesi, la Tmsuk Co., LTD., il cui obiettivo è quello di creare una società "safe and comfortable" nella quale persone e robot convivono., e la SANYO Electric Co., colosso nel campo della "digital technology", svilupparono una versione avanzata del robot domestico BANRYU. Le due compagnie, apportando migliorie al design e ai dettagli a partire già dal 2001, intendevano mettere in vendita il primo robot domestico destinato al grande pubblico per l'anno 2003.

Questa nuova versione di BANRYU, che significa "drago da guardia", ha l'aspetto di un antico drago con un tocco futuristico e presenta notevoli sviluppi rispetto al precedente prototipo presentato all'esposizione ROBODEX-2002 in Giappone nel marzo 2002.

Il nuovo modello, presentato all'edizione del 2003 della ROBODEX Fashion Show dispone, oltre ad un nuovo design di cui sono disponibili 5 colori diversi, anche di una serie di miglioramenti che gli permettono di svolgere in modo più completo le mansioni di sorveglianza per cui è stato ideato.

La velocità del robot è stata portata da 3 metri al minuto a 15 metri al minuto, una velocità sufficiente per un robot ideato per muoversi all'interno di una abitazione, quindi con spazi limitati. Può essere inoltre controllato da remoto con il telefono o attraverso Internet; sulla schiena ha una telecamera che può ruotare a 360 gradi con la quale può individuare intrusioni nell'area sorvegliata, può accorgersi di cambiamenti che avvengono nelle vicinanze, può spedire immagini della stanza che lo circonda sul telefono cellulare del suo padrone. Oltretutto, è in grado di superare senza problemi piccoli ostacoli e fenditure fino a 10 cm, percependo l'altezza con un set di sensori situati sulle 4 zampe mobili di cui è dotato.



Fig.5 - Modello di BANRYU presentato all'esposizione ROBODEX 2002 -



Fig.6 - Ultimo modello di BANRYU presentato all'esposizione ROBODEX 2003 -

Il nuovo BANRYU, infatti, è dotato di più di 50 sensori built-in. Tra questi, è presente anche un sensore di olfatto sviluppato insieme dalla Tmsuk, Kanazawa Institute of Technology, e dalla New Cosmos Electric Co., LTD. Questo sensore è uno dei primi in grado di percepire con precisione un particolare profumo: questa capacità è certamente un ulteriore valido aiuto nella sorveglianza della casa, secondo gli sviluppatori, in quanto BANRYU può in questo modo rilevare, ad esempio, l'odore di bruciato o la presenza di gas all'interno dell'ambiente e segnalare il pericolo secondo la procedura pre-impostata. Altri sensori, invece, permettono di individuare l'aumento della temperatura, anche oltre i 50 gradi.

**Tabella 3: Caratteristiche tecniche di BANRYU (2003)**

Prodotto	Quadrupede "Utility Robot"
Peso	40 kg
Dimensioni	Lunghezza 1000mm x Larghezza 800mm x Altezza 700mm
Velocità di movimento	15 metri al minuto
Sensori	- Sensore a Infra-rossi - Sensore di Suono - Sensore di Temperatura - Sensore di Olfatto
Modalità	- Super-Remote Control Mode - Modalità "Drago da Guardia" - Modalità "Animale Domestico"
Controllo da remoto	PHS con MPEG4 capacità di trasmissione real-time
Prezzo	1,98 milioni di yen, circa \$18,000

#### - SERI

Sulla scia di BANRYU, la società coreana Mostitech ha lanciato sul mercato nel 2004, un nuovo robot per la sorveglianza, SERI, appoggiandosi al colosso coreano della telefonia mobile SK TELECOM. La grande differenza rispetto a BANRYU, sulla quale punta la società coreana, sta nel prezzo: dai \$18000 per il robot domestico di sorveglianza della Tmsuk-Sanyo, si passa ai soli \$850 per SERI, che si rivela essere decisamente un concorrente per BANRYU. L'abbassamento del prezzo, mantenendo praticamente le stesse funzionalità e, anzi, aggiungendone alcune, è stato possibile grazie all'utilizzo di meccanismi più semplici e più economici come ad esempio la sostituzione di ruote al posto delle zampe meccaniche usate dai robot giapponesi.



*Fig.7 - Robot SERI della coreana Mostitech -*

Il nuovo robot della Mostitech ha dimensioni minori rispetto al robot della Tmsuk-Sanyo: la sua altezza è di 50 cm e il suo peso di soli 12kg, è dotato di 3 ruote ed è in grado di aggirarsi per la casa, rilevare intrusi, incendi e perdite di gas grazie ai suoi sensori, può trasmettere immagini via Internet o tramite telefono cellulare al suo padrone utilizzando la videocamera installata negli occhi. SERI è alimentato con batterie che il robot può ricaricare in autonomia quando si accorge che si stanno esaurendo. In più, oltre a sorvegliare la casa, SERI sa leggere i libri ai bambini e può sostenere 20 tipi diversi di conversazione con gli ospiti.

In caso di presenze estranee nella casa, il robot trasmette le foto dell'intruso insieme ad un messaggio di avviso. Per raccogliere maggiori informazioni, chi riceve le immagini può ordinare al robot, sempre via Internet o via telefono cellulare, di sorvegliare la persona o la situazione sospetta. La Mostitech ha anche annunciato che presto sarà aggiunta al robot la funzione di riconoscimento dei volti delle persone, in modo da rendere la sorveglianza della casa ancora più precisa.

**Tabella 4. Alcune caratteristiche tecniche di SERI**

Peso	12 kg
Altezza	50 cm
Parti operative	3 ruote; 1 videocamera installata negli occhi
Sensori	- Sensore a Infra-rossi - Sensore di Temperatura - Sensore di Olfatto
Prezzo	\$850

## ROBOT DOMESTICI CON FUNZIONI DI SORVEGLIANZA

### - WAKAMARU

WAKAMARU è stato il primo robot costruito dalla Mitsubishi e presentato nel 2003 con dimensioni e aspetto simili a quelli di un uomo che offre un servizio di sorveglianza fortemente integrato a compiti di cura della casa. Diverse delle sue funzionalità hanno duplice valenza: sono un valido servizio sia nelle relazioni con gli umani sia nello svolgere i suoi compiti di sorveglianza.



WAKAMARU è alto 1 metro e pesa 27 kg, si muove su ruote ed è alimentato a batterie che è in grado di ricaricare autonomamente quando stanno per esaurirsi.

Il robot è costantemente collegato ad Internet, ha implementati sistemi di riconoscimento della voce e dei lineamenti del viso che gli permettono di cercare e seguire voci, facce e movimenti, ha la capacità di capire e dialogare con gli esseri umani (come ad esempio discutere circa le notizie del giorno che ha trovato su Internet) grazie ad un vocabolario built-in che può contenere fino a 10000 parole. Inoltre è in grado di chiamare con il telefono o inviare e-mail a una persona precisa e può contattare l'ospedale o la polizia in caso avverta un pericolo o rilevi un problema. Il robot è dotato di una videocamera collegata al telefono cellulare grazie alla quale, connettendosi da remoto, è possibile visualizzare immagini oppure comunicare con i familiari che si trovano in casa.

Fig.8 - Robot WAKAMARU della giapponese Mitsubishi -

Per poter supportare queste funzioni molto complesse, è stato utilizzato un sistema operativo molto robusto, Monta Vista Linux, che permette a WAKAMARU di svolgere le sue mansioni 24 ore al giorno.

Il robot è dotato di sensori di calore oltre ai sensori ad infra-rossi e ad ultrasuoni per evitare ostacoli e collisioni, ogni braccio ha 4 gradi di libertà e sensori che gli permettono di percepire il contatto, il collo ha 3 gradi di libertà e anch'esso ha sensori di tatto.



Fig.19 - Particolari di WAKAMARU -

Il prezzo di mercato è di circa \$14500 ed è un prezzo competitivo per quanto elevato, inoltre le molteplici funzionalità di WAKAMARU ne giustificano il costo, che rimane comunque del tutto paragonabile al costo di un fedele maggiordomo che come WAKAMARU segue il padrone dalla mattina alla sera, sempre pronto a ricevere ordini, a monitorare la casa e la vita dei suoi proprietari.

Le abilità di WAKAMARU, oltre a quelle prettamente rivolte alla sorveglianza sono molteplici: è possibile dargli un nome al quale risponderà se chiamato, può memorizzare la pianta della casa che andrà poi a confrontare con il soffitto della camera in cui si trova per poter rilevare la sua posizione, può sostenere un dialogo gesticolando a seconda della conversazione e se percepisce una persona nota all'interno della stanza in cui si trova, si avvicina e comincia una conversazione. Può memorizzare le abitudini giornaliere del suo padrone e durante la notte entra in modalità stand-by mentre si ricarica in attesa di eseguire ordini. Può essere programmato per ricordare al padrone i suoi impegni ed è in grado di rilevare grandi discrepanze rispetto alla tempistica quotidiana, per cui si accorge, ad esempio, se il padrone esce di casa più tardi del solito o se rientra ad orari insoliti.

**Tabella 5. Caratteristiche tecniche di WAKAMARU**

Peso	27 kg
Altezza	1 m
Parti operative	2 ruote (sinistra, destra); 1 braccio rotante; 1 videocamera sulla testa che si muove lungo 2 direzioni (pan, tilt), 5 gradi di libertà
Sensori	- Sensori di Calore - Sensori ad Ultrasuoni - Sensori ad Infra-rossi - Sensori di Tatto
Gradi di Libertà	4 gdl per ogni braccio 3 gdl per il collo
Sistema Operativo	Monta Vista Linux
Prezzo	\$14,500

## - VALERIE

Un altro modello di robot domestico che svolge anche funzioni di sorveglianza per la casa è VALERIE, probabilmente l'androide esistente più avanzato, con un numero di gradi di libertà maggiore di qualsiasi altro robot in commercio (111 gdl, tabella 6). Questo androide dall'aspetto completamente umanoide è stato realizzato da Chris Willis di Android World ed è programmato per servire come un perfetto domestico.

Il livello di intelligenza e la capacità di apprendimento di questo robot è davvero elevato grazie ad un software di Intelligenza Artificiale che implementa i seguenti metodi e strumenti di apprendimento: reti neurali, fuzzy logic, inferenza logica, apprendimento con la memoria e "monkey see-monkey do" (metodo di imitazione visiva) .

Ogni caratteristica di questo robot avanzato è studiata per permettere a VALERIE di svolgere al meglio le sue mansioni: oltre all'intelligenza artificiale, Ogni caratteristica di questo robot avanzato è studiata per permettere a VALERIE di svolgere al meglio le sue mansioni: oltre all'intelligenza artificiale, l'androide dispone di sofisticati sensori di tatto e di olfatto oltre a quelli standard di



Fig.10 – Manichino di dimensioni reali di VALERIE -

prossimità, forza e velocità ed è dotato di diversi tipi di muscoli che sfruttando differenti meccanismi come quello pneumatico, idraulico o servomeccanismi a seconda che il muscolo sia per la forza o per la velocità.

Le sue mansioni di sorveglianza comprendono la possibilità di avvertire la polizia in caso di intrusioni nella casa o pericoli generici, oppure contattare i pompieri in caso rilevi la presenza di un incendio nell'area che sta monitorando. E' da notare che, nonostante sia dotato di muscoli del tutto simili a quelli umani, sia alto quasi 1,60 m, pesi circa 68 kg e sia in grado di sollevare oggetti fino a 22 kg, VALERIE obbedisce alla prima legge di Asimov, pertanto non è in grado di fare del male all'uomo, neppure per motivi di sicurezza.

Il prezzo del modello base di VALERIE si aggira attorno ai \$59,000 ma è possibile acquistare delle espansioni della memoria e dei dati che vanno ad aggiungersi alla banca dati built-in.

**Tabella 6. Gradi di libertà di VALERIE**

Parte del corpo	Componente	Gradi di libertà	Numero	= gdl	Totale gdl
Testa					17
	Occhi	2	2	4	
	Palpebre	1	2	2	
	Sopracciglia	2	2	4	
	Naso	2	1	2	
	Bocca	1	1	1	
	Labbra	2	1	2	
	Guance	2	1	2	
Collo	Vertebre	3	3	9	9
Braccia					58
	Spalla	5	2	10	
	Gomito	1	2	2	
	Avambraccio	1	2	2	
	Polso	2	2	4	
	Mano	20	2	40	
Busto	Vertebre	3	3	9	9
Gambe					18
	Anche	2	2	4	
	Coscia	1	2	2	
	Ginocchia	2	2	4	
	Caviglie	4	2	8	
VALERIE					111

**Tabella 7. Alcune caratteristiche tecniche di VALERIE**

Peso	68 kg
Altezza	1,60 m
Gradi di Libertà	111 gdl
Interfaccia utente ed equipaggiamento built-in	400 MHz PC-104 computer 2 videocamere a colori CCD Microfoni per ascoltare Speaker per parlare
Software	Windows XP IBM Via Voice AT&T text come sintetizzatore vocale Programmi IA custom
Requisiti della casa	Accesso a banda larga ad Internet Alimentazione: 120 V AC
Equipaggiamento della stazione base	2.4 GHz desktop-type PC 1 GByte RAM 80 GByte Disk 17" thin screen display Stampante a colori Allacciamento ad Internet (NIC card)
Prezzo	\$59,000
Espansioni extra disponibili	Ricevitore GPS - \$1,000 Volto personalizzato - \$3,000 Conoscenza seconda lingua \$1,000 90 MB aggiuntivi di dati built-in - \$50

## ROBOT GUARDIANI PER EDIFICI E GRANDI AREE

### - T63 Artemis

Il T63 Artemis Guard Robot è l'ultimo modello di robot guardiano della giapponese la Tmsuk Co., LTD. Artemis è in grado di sorvegliare edifici con diversi piani, come centri commerciali, ospedali e altri edifici pubblici e può riferire, tramite rete wireless, ai quartieri generali della sicurezza in caso rilevi dei pericoli. Anche se non è ancora in grado di catturare eventuali intrusi, il T63 è dotato di alcune armi non letali in grado di fermare o rallentare l'estraneo, come ad esempio una pistola che lancia proiettili di vernice fluorescente o la capacità di creare una nuvola di nebbia che rende temporaneamente cieco l'intruso.



Fig.11 - Modello T63 Artemis -

Il processo di sviluppo di Artemis è cominciato nel 2002 e già nel 2003 la società giapponese presentò il prototipo T62, un robot sentinella con molte delle funzioni di cui è dotato oggi T63 Artemis. In seguito ad analisi approfondite, vennero modificate o aggiunte alcune funzioni del prototipo, come ad esempio la capacità di riconoscere gli umani e di rilevare incendi o perdite grazie a nuovi sensori. Infine, il T62 fu ri-disegnato per renderlo più piccolo, più leggero, più veloce, con batterie che potevano renderlo operativo più a lungo.

Il modello attuale del T63 Artemis misura 157 cm di altezza, 66 cm di larghezza e 82 cm di spessore, ha un peso di 100 kg e le sue batterie durano 8 ore, la giornata lavorativa standard della maggior parte degli addetti alla sorveglianza. Nel passaggio dal prototipo T62 al modello T63, il robot è stato reso anche più silenzioso e stabile quando è in movimento. Il prezzo di mercato di Artemis è di 3 milioni di yen giapponesi, circa \$26,500.

Una volta caricate in memoria le mappe dell'area da pattugliare, Artemis può muoversi per l'edificio usando gli ascensori per spostarsi da un piano all'altro come una persona normale, premendo il pulsante relativo al piano che vuole raggiungere e allontanandosi una volta arrivato grazie a due ruote controllate indipendentemente che gli permettono di muoversi alla velocità di circa 3,5 km/h. In tutto il modello ha 4 ruote.

Se T63 Artemis si trova ad affrontare una situazione che richiede la decisione di un essere umano, avverte tramite rete wireless l'ufficio di sicurezza così che una guardia può controllare cosa sta accadendo in prossimità del robot grazie alle videocamere installate su Artemis. Se necessario, T63 può essere controllato da remoto e un addetto alla sicurezza può comunicare a distanza con l'intruso attraverso gli altoparlanti, il microfono e le videocamere di cui è equipaggiato Artemis. Questo è possibile anche dal di fuori dell'edificio tramite il telefono cellulare 3G.

**Tabella 8. Caratteristiche tecniche di T63 Artemis**

Peso	100 kg
Dimensioni	157 x 66 x 82 cm
Parti operative	4 ruote; 2 braccia meccaniche.
Velocità movimento	3,5 km/h
Tempo di autonomia della carica	8 ore
Prezzo	3 milioni di yen giapponesi, \$26,500.

## - MOSRO 1

MOSRO 1 è un robot mobile realizzato dalla società tedesca Robowatch Technologies finalizzato alla sorveglianza e al monitoraggio di grandi aree.

Questo robot è dotato di sensori di impronte digitali, sensori radar, ad infra-rossi e ad ultrasuoni, è equipaggiato con una videocamera CCD e un sistema di segnalazione ottico-acustico.

Il sistema legato al sensore radar è in grado di localizzare e fornire la posizione esatta di diversi oggetti in movimento. Grazie ad una rete neurale, MOSRO 1 si muove autonomamente alla velocità di 4 km/h con un'autonomia di carica che va dalle 16 alle 18 ore garantite. Misura 116 cm in altezza, 30 cm di larghezza e pesa 25 kg.

Tramite LAN, ISDN o altre reti mobili, il robot si tiene costantemente in contatto con la sala controllo, trasmette immagini in tempo reale con un rate di 3 immagini al secondo e può essere facilmente controllato anche grazie all'interfaccia utente grafica fornita con supporto Windows.

Utilizzando uno speciale sistema di sorveglianza, la persona incaricata riceve rapporti sulla manutenzione e sui malfunzionamenti che rileva all'interno dell'area, insieme ad informazioni relative ad una eventuale intrusione. In tal caso, è possibile assumere i comandi del robot e guidarlo fino all'area dove si è riscontrato il problema per controllare direttamente la situazione.

Si possono verificare limitazioni nelle funzioni del robot in caso di temperature estremamente basse (al di sotto dei -5 gradi Celsius) o troppo elevate (al di sopra dei 50 gradi Celsius) o in caso di utilizzo del robot su superfici non omogenee.



Fig.12 - MOSRO 1 -

MOSRO 1 può essere dotato di ulteriori capacità e caratteristiche: attraverso informazioni via sms e attraverso il sistema di manutenzione a distanza, il robot può essere controllato e comandato via radio GSM. In caso rilevi un problema, MOSRO 1 invierà un messaggio di allerta su telefono cellulare segnalando la propria posizione e il tipo di problema riscontrato con i suoi sensori di fumo, gas, radar e infra-rossi.

Un'altra utile caratteristica aggiuntiva è il Mobile Monitoring System. Questo sistema permette il controllo di MOSRO 1 attraverso un apparecchio mobile basato su Windows CE. Le informazioni sono trasmesse usando wireless LAN o tecnologie GPRS/GSM. Questo rende superfluo l'utilizzo di un centro di controllo fisso per gli agenti di sicurezza. In caso di necessità, il robot trasmetterà la sua posizione e le immagini in tempo reale al MM System portatile della guardia che potrà intervenire

controllando il robot a distanza. L'addetto alla sicurezza ha a disposizione sul suo MM System l'intera area da sorvegliare e può visualizzare anche dettagli della zona, come porte, finestre, vie di fuga, informazioni del database come gli ultimi accessi effettuati ad una particolare stanza.

L'ambito ideale per l'utilizzo più efficiente di MOSRO 1 è la sorveglianza di oggetti in un ampio spazio a partire da 900 metri quadri. Ad esempio, può essere utilizzato nel controllo e sorveglianza di impianti industriali ad alto rischio: in tal caso MOSRO 1 può essere dotato anche di ulteriori funzionalità come la capacità di rilevare sostanze chimiche.

MOSRO 1 è studiato per fornire un servizio di sorveglianza sicuro ed efficace in quanto ogni componente è in grado di coprire un aspetto diverso della sicurezza richiesta in una vasta area. Inoltre MOSRO è progettato per collaborare al meglio con gli agenti di sorveglianza e gli addetti alla sicurezza che monitorano comunque l'edificio senza dover però effettuare ronde ma restando nel centro di controllo o al limite muovendosi con il MM System e controllando la situazione con il computer di monitoraggio (monitoring computer).

Ecco i componenti più importanti di MOSRO 1:

- Sensori di impronte digitali:

L'identificazione attraverso impronte digitali è usata per distinguere "amici e nemici". L'input e l'amministrazione delle impronte digitali avviene attraverso il computer di monitoraggio situato nel centro di controllo. Ogni impiegato o addetto che necessita di autorizzazione registra le sue impronte digitali nel data-base del monitoring computer e queste vengono successivamente inviate a tutti i robot di sorveglianza. L'identificazione successiva tramite impronte digitali su MOSRO 1 impiega qualche secondo ed è confermata da un segnale acustico; in caso una persona non autorizzata provi ad accedere ad un'area protetta, le sue impronte digitali non vengono riconosciute e il robot invia un segnale di allarme.

- Sirene e luci di emergenza:

Le luci di emergenza sono attivate automaticamente nel caso il robot rilevi dei movimenti sospetti all'interno dell'area che sta pattugliando. All'accensione di queste segue una richiesta vocale di identificazione attraverso gli speaker incorporati. La non collaborazione o la mancata identificazione attiva la sirena d'allarme che può essere disattivata solamente dal computer di monitoraggio. In caso l'identificazione avvenga con successo, le luci d'emergenza si disattivano automaticamente.

- Videocamera:

Si tratta di una videocamera CCD con sensibilità luminosa di 1 Lux. Vengono trasmesse 3 immagini al secondo al monitoring computer. Le immagini ricevute vengono poi messe insieme a formare un filmato che può essere visualizzato dal monitoring software "MasterControl". Oltre alla sorveglianza video, la telecamera agisce anche come rilevatore di movimento: quando è fermo, il robot è in grado di rilevare movimenti fino a 30 m di distanza.

- Antenna:

L'antenna radio, posizionata in cima al corpo di MOSRO 1, è utilizzata per scambiare dati tra il robot, l'access point (incluso il router ISDN) e il computer di monitoraggio.

- Sensori con sonar ed infra-rossi:

I sensori con sonar ed infra-rossi sono utilizzati per la navigazione. Il range del sonar è di circa 10 m. Grazie a questi sensori, MOSRO 1 è in grado di rilevare oggetti e di orientarsi al fine di mantenere il percorso prestabilito di sorveglianza. I sensori con sonar generano un segnale sonoro con una frequenza di 49,9 kHz. Il sensore infra-rosso situato nella parte anteriore del robot rileva gli oggetti a terra in un range di 80 cm.

- Sensori PIR:

I 4 rilevatori di movimento Passive Infra-Red (PIR sensors) reagiscono al calore emesso dai corpi in movimento. Il loro range è di circa 12 m e di un angolo di 360° e dipende dalle condizioni dell'ambiente e dalla velocità angolare dell'oggetto.

- Sensori radar:

I sensori radar installati su MOSRO 1 sono rilevatori di movimento basati su una tecnologia a micro-onde. Il loro range di funzionamento va dai 10 m ai 30 m con un ampiezza di 360°. I sensori di allarme sono calibrati automaticamente in base alle condizioni dell'ambiente circostante (ad esempio in presenza di sorgenti di calore o ventilatori).

- Altoparlanti:

MOSRO 1 ha a disposizione 24 diverse lingue memorizzate. Gli altoparlanti sono situati all'interno del robot. Il volume e la lingua che si intende impostare possono essere scelti tramite il monitoring computer.

- Sensori di gas e fumo:

Grazie a questo sensore, il robot non è solo in grado di trasmettere informazioni circa il tipo di gas rilevato e la sua concentrazione, ma è anche capace di inviare al responsabile le immagini del luogo in cui è avvenuta la perdita così che è possibile rendersi subito conto dell'entità del pericolo e dell'eventuale presenza di persone nell'area contaminata. In questo modo è più facile adottare contro-misure per intervenire nella riparazione e nel recupero di persone e attrezzature.

- Microfono:

Il microfono permette una comunicazione tra la stazione di controllo e chiunque è presente nelle vicinanze del robot. Inoltre il microfono è un ulteriore strumento di sorveglianza in quanto funziona anche come rilevatore di rumori.



Fig.13 – Modello MOSRO 1 -

Tabella 9. Caratteristiche tecniche di MOSRO 1

Peso	25 kg
Dimensione	116 cm in altezza x 30 cm di larghezza
Velocità	4 km/h
Autonomia	16-18 ore
Sensori	- Sensori di Impronte digitali - Sensori a sonar e infra-rosso - Sensori di gas e fumo - Sensori radar - Sensori PIR
Equipaggiamento built-in	1 Videocamera CCD Altoparlanti Microfono Antenna radio Sirene e luci di emergenza
Sistema Operativo	Windows CE
Prezzo	€550 al mese

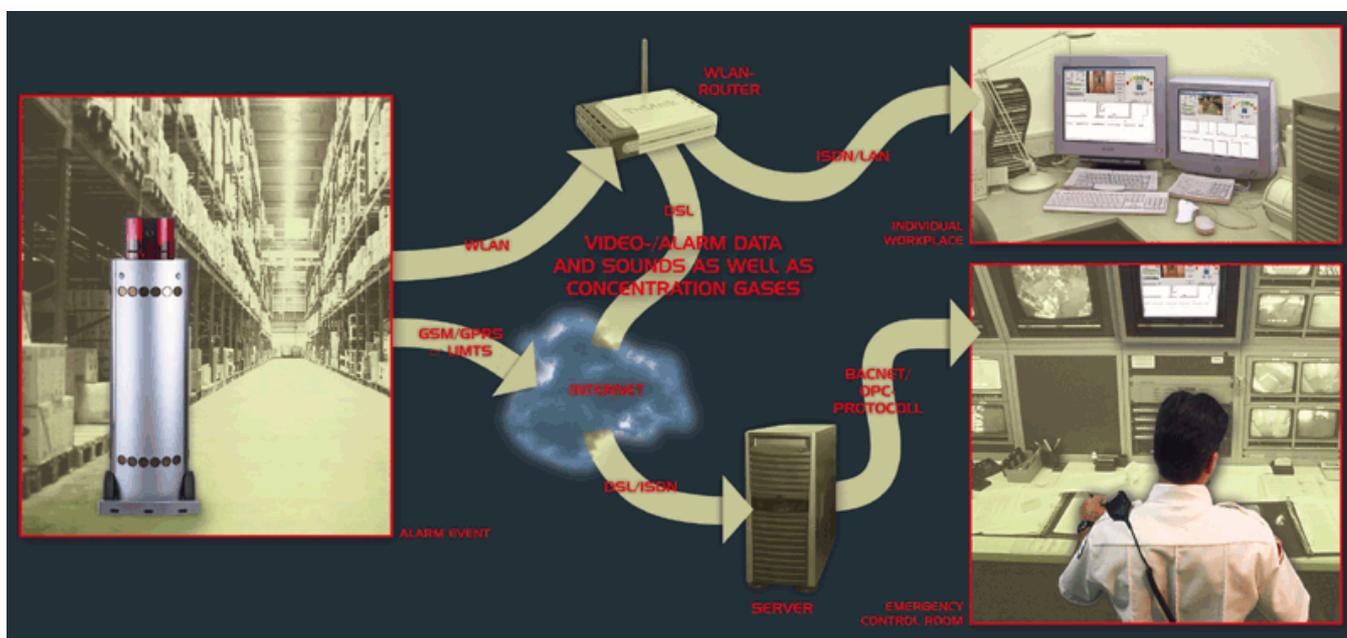


Fig.14 - Schema di funzionamento di MOSRO 1 -

## ROBOT GUARDIANI PER AREE ESTERNE

### - OFRO

OFRO è un robot mobile della ditta tedesca Robowatch progettato per sorvegliare gli ambienti esterni. Una volta attivato in grandi aree esterne, OFRO protegge esseri umani, oggetti o attrezzature in ogni situazione, incurante anche del tempo atmosferico.

OFRO è in grado di stabilire ciò che ha causato lo stato di allarme, può valutare la situazione e prendere decisioni e scegliere le contro-misure da attuare.

Il suo impiego è utile soprattutto in zone vaste o remote, dove l'assunzione e l'intervento di un personale di sicurezza o di guardie è molto costoso.

Grazie a sensori particolarmente sensibili, i potenziali intrusi possono essere rilevati ancora prima di entrare nella zona sorvegliata e protetta., così come le contro-misure possono essere attuate prima che l'estraneo riesca a penetrare l'area di sicurezza o prima ancora che si avvicini ad altre persone vulnerabili.

Per quanto riguarda il movimento, OFRO si muove autonomamente su qualsiasi terreno (è dotato di cingolati e catene) ad una velocità di 7.2 km/h e può pattugliare un'area anche per 12 ore con qualsiasi condizione climatica: grazie a particolari materiali e ad una tecnologia avanzata, il robot è resistente alla neve e alla pioggia e alle intemperie. Il robot può operare in un range di temperature che va da -15 °C a 50 °C. OFRO pesa circa 50 kg, è alto 1,20 m ed è largo 0.50 m.

La tecnologia impiegata in OFRO è all'avanguardia: la testa, che può ruotare di 360°, è dotata di una termo-videocamera integrata, due sensori di distanza a ultra-suoni, modulo GSM, WLAN e ricevitore DGPS usato anche per i dati di correzione (EPS).

I vantaggi di OFRO rispetto ad un sistema di sorveglianza tradizionale con telecamere e sensori fissi sono molteplici:



- sorveglianza mobile ed autonoma di ambienti esterni ;
- sensori indipendenti dal clima e dal tempo atmosferico;
- miglioramento delle possibilità di reazione in caso di allarme e quindi più tempo a disposizione per le contro-misure;
- non necessita di impianti fissi costosi ed invadenti;
- ottimo rapporto costo-performance.

Fig.15 - Modello OFRO -

**Tabella 10. Caratteristiche tecniche di OFRO**

Peso	50 kg
Dimensione	Altezza: 1,20 m; larghezza: 0.50 m.
Velocità	7.2 km/h
Autonomia	12 ore
Range di temperatura di funzionamento	Da -15 °C a 50 °C
Equipaggiamento built-in	2 sensori di distanza ad ultra-suoni 1 termo-videocamera Modulo GSM Modulo WLAN Ricevitore DGPS
Prezzo	€2600 al mese

## - ROBOT X

La Secom Corporation, una compagnia giapponese che si occupa di sistemi di sorveglianza, ha sviluppato un robot per la sorveglianza esterna, il ROBOT X.

E' stato ideato per un utilizzo in grandi spazi esterni, come aree portuali ed industriali, al fine di sostituire i tradizionali sistemi di sorveglianza basati sull'impiego di guardie; inoltre può essere utilizzato per controllare zone poco visibili o difficili da monitorare con le tradizionali telecamere fisse.

Questo modello, realizzato con plastica rinforzata, è lungo 106 cm, largo 80 cm, alto 98 cm, pesa 120 kg e si muove ad una velocità di 10 km/h. Le batterie interne al robot gli permettono un'autonomia di circa 24 km e necessitano di 8 ore per una completa ricarica.



Attualmente tale operazione deve essere eseguita manualmente, ma la direzione dei recenti studi è quella di permettere al robot di ricaricarsi autonomamente nel momento in cui si accorge di essere vicino all'esaurimento dell'energia.

In tutto, il robot dispone di 6 ruote, due delle quali per impostare la direzione.

Oltre al microfono e agli altoparlanti in grado di monitorare o produrre suoni, ROBOT X ha in dotazione una videocamera unidirezionale che può ruotare di 360° e può essere utilizzata anche in modalità infra-rossi e una videocamera heat-sensitive.

*Fig.16 - Modello ROBOT X -*

Per garantire un servizio di sicurezza che vada oltre il monitoraggio delle aree da proteggere, ROBOT X dispone anche di alcune armi non letali che può utilizzare contro eventuali intrusi: “Foggy” è il nome del dispositivo built-in che emette denso fumo che, assieme ad un set di luci rosse e blu accecanti, disorienta il nemico in attesa che una guardia possa intervenire.

Il robot ha due modalità di movimento: può muoversi lungo un percorso prestabilito (configurato tramite RFID o con linee guida magnetiche) o, in caso di emergenza, può essere controllato da remoto.

Nuovi sviluppi sono in corso su ROBOT X: la compagnia giapponese sta progettando nuove funzioni da implementare sul prototipo come, ad esempio, la capacità di muoversi in aree affollate o in condizioni climatiche più estreme come in caso di pioggia, neve o ghiaccio.

E’ possibile anche affittare ROBOT X: con un costo di \$2,000 al mese, secondo la Secom Corporation, è comunque meno dispendioso rispetto al costo mensile di un addetto alla sicurezza (tra i 600,000 e i 700,000 yen, circa \$6,000).



Fig.17 - ROBOT X utilizza il dispositivo Foggy -

**Tabella 11. Caratteristiche tecniche di ROBOT X**

Peso	120 kg
Dimensione	Lunghezza: 106 cm x larghezza 80 cm x altezza: 98 cm
Velocità	10 km/h
Autonomia	24 km
Parti operative	6 ruote (4 + 2 per la direzione)
Equipaggiamento built-in	Videocamera a colori/infra-rossi Videocamera heat-sensitive Sistema “Foggy”
Prezzo	\$2,000 al mese

## RICERCA E SVILUPPO

In seguito alle crescenti richieste e alla conseguente diffusione di sistemi di sicurezza sempre più affidabili, economici ed efficaci, la robotica per la sorveglianza ha subito una continua evoluzione negli ultimi anni, con il conseguente miglioramento delle capacità dei prototipi.

Patrocinati anche da società attive in settori diversi da quello della robotica (tra i produttori dei modelli già presentati vi sono, ad esempio, società di telefonia o di sistemi di sicurezza), i laboratori e le università portano avanti diversi progetti volti a sviluppare o a migliorare i robot per la sorveglianza, creando nuovi prototipi che possono essere utilizzati in aree dove questo tipo di tecnologia non è ancora stata introdotta, ma potrebbe portare indubbi vantaggi di costi e di prestazioni; oppure cercando soluzioni e algoritmi che permettano di migliorare le prestazioni dei robot in funzioni come il riconoscimento di immagini, il calcolo delle traiettorie, il movimento su terreni accidentati, il superamento di ostacoli e molti altri, a seconda dell'utilizzo che verrà fatto del robot.

Qui di seguito analizzeremo due progetti in corso che rappresentano i due aspetti della ricerca in questo settore: lo sviluppo di nuovi modelli e il tentativo di trovare soluzioni innovative per quanto riguarda gli algoritmi e l'elaborazione dei dati del robot.

### - PROGETTO ANSER -

(Airport Night Surveillance Expert Robot)

**Robot mobile autonomo per ronde di sorveglianza in aeroporti e grandi aree**

#### Aziende Proponenti:

Genova Robot S.r.l.

Softeco Sismat S.p.a.

Divicas S.r.l.

#### Soggetti realizzatori:

**DIST – Dipartimento di Informatica, Sistemistica e Telematica – Università di Genova**

**DIMEC – Dipartimento di Meccanica e Costruzione delle Macchine – Università di Genova**

**DIBE – Dipartimento di Ingegneria Biofisica ed Elettronica – Università di Genova**

**DIST** si focalizzerà sugli aspetti robotici, informatici e sistemistica;

**DIBE** sugli aspetti di comunicazione, imaging e multisensorialità;

**DIMEC** che si occuperà della progettazione di meccanica modulare.

#### Tempi di realizzazione:

Il progetto ha avuto inizio il 22 aprile 2004 e avrà la durata di 18 mesi.

Lo studio riguarda lo sviluppo di un prototipo pre-industriale di un UGV (Unmanned Ground Vehicle) capace di condurre missioni di sorveglianza in aeroporti.

Il veicolo sarà un robot mobile capace di compiere ronde su tutto il perimetro delle aree interessate, con missioni multiple anche randomizzate, con totale affidabilità nella navigazione. Deve essere anche prevista la possibilità di guidare e telecomandare il robot su richiesta



Fig.18 - Prototipo del Progetto ANSER –

dell'operatore di sorveglianza che risiederà in un apposita base di controllo. La comunicazione con il robot deve prevedere protocolli sicuri.

Il robot deve avere autonomia sufficiente per almeno 8 ore di funzionamento continuo, prevedendo eventualmente situazioni di rifornimento/ricarica automatica.

L'UGV civile che si utilizzerà nello studio è una forma semplificata dei prototipi militari di UGV. Nei primi progetti l'obiettivo più ambizioso, consiste nella sorveglianza automatizzata mediante pattuglie di robot coordinati e cooperanti in zone operative molto vaste; nei secondi si punta ad un veicolo scarsamente autonomo ma con capacità operative molto spinte. L'obiettivo dello studio proposto riguarda la tecnologia di un solo robot in grado di espletare azioni di sorveglianza in zone favorevoli dal punto di vista ambientale (piazze asfaltati o lastricati, eventualmente in terra o erba ma senza asperità né inclinazioni rilevanti).

E' indispensabile che lo studio conduca ad un prototipo operativo che implementi tutte le funzionalità principali. Il prototipo sarà in grado di sperimentare e validare le scelte effettuate in una situazione operativa reale. Il prototipo potrà eventualmente presentare caratteristiche ridotte dal punto di vista meccanico e mecatronico purché queste siano indifferenti

dal punto di vista dell'operatività e si riflettano unicamente sull'affidabilità meccanica, sulla robustezza e durata.

Il progetto, che consiste nel sorvegliare aeroporti, andrà a toccare diverse metodologie e tecnologie: architetture di piccoli veicoli autonomi, tele-operazione, fusione sensoriale, trasmissione multimediale. Per integrare tutti questi ambiti sarà necessario descrivere un sistema hardware/software per far cooperare e convivere nel miglior modo possibile tutte le componenti sia sul robot mobile che quelle sulle stazioni fisse.

Le caratteristiche principali del prototipo di studio saranno le seguenti:

- UGV di dimensioni contenute (o.d.g. 1m x 2m) in grado di entrare anche in spazi chiusi;
- Autonomia operativa di almeno otto ore intermittenti;
- Locomozione su ruote;
- Velocità 1 - 1.5 m/sec;
- Aspetto consono alle missioni di sorveglianza con opportuna capacità di deterrenza;
- Capacità di navigazione autonoma su tutte le aree operative;
- Sensori per:
  - evitare ostacoli
  - misurare ostacoli e oggetti percepiti e ricostruire contorni e forme
  - rivelare presenza di persone o animali
  - rivelare presenza di gas o fumo
- Gestione dispositivi per:
  - localizzazione
  - comunicazione digitale con banda di varia larghezza
  - acquisizione di immagini (telecamere di vario tipo con e senza brandeggio)

- rilevazione presenza di persone in possesso di documenti di autorizzazione (badge con dispositivi elettronici o ottici);
- Interfaccia di comando e controllo web-like di alto livello nella postazione di controllo remota con finestre dedicate alle varie telecamere di bordo e ai sensori;
- Sistemi di sicurezza intrinseca in grado di destare allarme nella postazione di controllo remota in caso di qualunque malfunzionamento o manomissione;
- Interfaccia verso reti di automazione di edificio nel modo di funzionamento interno;
- Interfaccia verso reti tradizionali di sorveglianza e sicurezza basati su sensori e telecamere standard;
- Ambiente software per la progettazione interattiva delle missioni sia nelle parti autonome sia in quelle in collaborazione con l'operatore.

Potrà esser preferibilmente studiata inoltre la fattibilità di un comportamento in automatico innovativo capace di affrontare una certa quantità di emergenze standard quali:

- Verifica chiusura di porte e varchi;
- Identificazione di oggetti/ostacoli non previsti ma identificabili (ad esempio container, veicoli aeroportuali);
- Valutazione di differenze fra situazioni ambientali percepite (anche tramite integrazione multisensoriale) e data base di situazioni attese a priori;
- Test di funzionamento di dispositivi fissi di allarme;
- Estensione verso il comportamento cooperante autonomo di più UGV impiegati contemporaneamente.

Il robot mobile sarà dotato di algoritmi per la navigazione completamente autonoma; integrerà sensori diversi (acustici e ottici) per la rivelazione di ostacoli, per la visione e la tele-sorveglianza, per il controllo di intrusioni ed emergenze e per la navigazione e la rivelazione di ostacoli; sarà in grado di progettare ed eseguire missioni e classificare situazioni percepite.

Il robot si appoggerà su di una rete informatica che con collegamenti wireless a protocolli sicuri, gli permetterà di:

- supervisionare e monitorare le missioni
- controllare da remoto l'UGV
- ripetere sulla consolle di comando le informazioni dalle telecamere e dai sensori;

e consentirà, infine, di impostare e modificare missioni e ricevere allarmi con dialogo di alto livello e modalità grafica.

Lo studio di questo progetto mostra come le funzionalità descritte sopra permetterebbero un'attività di sorveglianza innovativa e qualitativamente superiore agli attuali standard in uso, e coprirebbero una carenza oggi non affrontabile in moltissime situazioni e su scale dimensionali molto diverse. In particolare, un UGV di sorveglianza potrebbe integrarsi in modo naturale con i sistemi convenzionali fissi amplificandone l'efficacia. Ad esempio, l'Aeroporto di Villanova d'Albenga (dove verrà condotta la sperimentazione), è attualmente pattugliato da personale militare diverse volte per notte, solo all'esterno del perimetro, e con un verosimilmente sfavorevole rapporto costi/benefici. Ronde all'interno sarebbero peraltro incompatibili con i costi ammissibili. E' facile rendersi conto che se il costo iniziale di un UGV di questo tipo si avvicinasse all'ordine di grandezza del costo di una normale sorveglianza giurata (che comunque difficilmente effettua efficaci ronde sull'area), ovvero di 100 - 150 K€ / anno, le prospettive di mercato sarebbero estremamente significative. A differenza della sorveglianza basata su personale umano i costi di esercizio calerebbero a livelli molto bassi almeno a parità di efficacia.

**- PROGETTO PRASSI -**  
**(Piattaforma Robotica Autonoma per Sicurezza e Sorveglianza di Impianti)**

Durata del progetto: 3 anni

Framework di riferimento: Legge 95/95 (5%, annualità 1995) Programma "Calcolo Parallelo con Applicazioni alla Robotica" .

Budget complessivo: 4.4 M€

Partner partecipanti alle varie fasi:

- ENEA
- Nergal S.r.l.
- Tecnomare S.p.A.
- CNR-IAN
- Università di Pavia
- Università di Roma II (DEI e DISP)
- Università di Parma
- Università di Perugia
- Università di Milano-Bicocca
- Politecnico di Milano
- Università di Padova

Stato attuale: Il progetto è in via di conclusione formale. Sono in corso attività di preparazione della dimostrazione finale dei risultati al MIUR e di consuntivazione.

Progetto "Sistemi di calcolo ad elevato parallelismo per l'elaborazione in tempo reale di dati multisensoriali per sistemi robotici autonomi adibiti a mansioni di sorveglianza e sicurezza" relativo al programma di ricerca applicata dell'accordo di programma ENEA-MURST Legge N.95/95 settore "Calcolo Parallelo con applicazioni alla Robotica".

Questo progetto, coordinato dall'ENEA prevede lo sviluppo e la realizzazione di un prototipo di sistema di calcolo parallelo appositamente studiato per una sua installazione a bordo di sistemi robotici mobili. Tale sistema "embedded", verrà utilizzato per realizzare un prototipo di sistema integrato di pianificazione - navigazione - fusione multisensoriale - controllo di un veicolo autonomo sperimentale adibito alla sorveglianza di impianti ad alto rischio e di grande estensione (ad es. raffinerie, impianti chimici, depositi, edifici).

Il sistema di calcolo fornirà la potenza necessaria per:

- l'elaborazione in tempo reale dei dati multisensoriali;
- la ricostruzione dell'ambiente in cui il robot si muove;
- la pianificazione dei percorsi e la navigazione;
- il rilevamento di situazioni anomale o di pericolo;
- la pianificazione di eventuali interventi.

Il sistema multisensoriale sarà installato ed integrato a bordo di un veicolo mobile di basso costo procurato sul mercato. Tale veicolo verrà quindi utilizzato quale dimostratore delle tecnologie sviluppate per la sorveglianza e la sicurezza di impianti ad alto rischio. A tal fine sono previste prove di funzionamento in un ambiente reale simulando una missione comprendente una prima fase di navigazione autonoma verso un sito dell'impianto ed una seconda fase di individuazione autonoma, una volta raggiunto il sito, di parti dell'impianto su cui intervenire (flange, valvole, ecc.) che prevede anche una forma di intervento di tipo semplice (non comprendente cioè manipolazione).



Fig.19 - Prototipo del Progetto PRASSI -

Il sistema multisensoriale sarà costituito dai seguenti principali sottosistemi:

- sistema di calcolo parallelo "embedded" per l'elaborazione ed il trattamento dei segnali provenienti dai sensori e la fusione dei dati;
- visione artificiale basato su approccio trinoculare;
- visione monoscopica (complementare a quello trinoculare);
- sensori ultrasonici in diverse bande di frequenza;
- telemetria laser;
- fusione sensoriale;
- allarme e "hazard detection";
- pianificazione e navigazione;
- supervisione per monitoraggio e sorveglianza.

Robotlab, il Reparto Robotica del CNR-IAN di Genova (Istituto Automazione Navale del Consiglio Nazionale delle Ricerche), sta sviluppando il sistema di sensing basato su sensori ultrasonici operanti in diverse bande di frequenza, al fine di garantire ai sistemi di Fusione Sensoriale, Obstacle Avoidance e Gestione Mappe un insieme di dati descrittivi dell'ambiente circostante in grado di migliorare le prestazioni dei sistemi visivi ed aumentare la precisione e la sicurezza della navigazione.



Fig.20 - Prototipo del Progetto PRASSI nel sito di prova: Impianto ICARO del CR Casaccia -

Si tratta di un sistema in grado di focalizzare l'attenzione lungo una direzione radiale grazie ad un meccanismo di pan-tilt. Inoltre, l'adozione di due dispositivi ultrasonici in grado di ruotare lungo un'asse verticale consente di distinguere le caratteristiche di piccoli oggetti in prossimità del robot.

Il sistema è in grado di effettuare continue scansioni in un settore specificato dal sistema di controllo e, in condizioni di default, cioè in assenza di particolari richieste, è in grado di scandire l'ambiente circostante consentendo la copertura delle zone d'ombra del sistema di base in dotazione alla piattaforma. A tal fine verrà sviluppato il software di acquisizione, filtraggio e analisi dei dati, avente caratteristiche di parallelizzabilità finalizzato ad una successiva integrazione sulla piattaforma di calcolo a bordo del veicolo sperimentale ATRV.

## SICUREZZA VS PRIVACY

### - Analisi dell'impatto a livello sociale dei nuovi sistemi di sorveglianza -

Le recenti innovazioni nel campo robotica per la sorveglianza e della visione computerizzata possono garantire un livello di sicurezza certamente maggiore, strettamente legato, però, ad un controllo più completo di edifici, zone a rischio, persone, oggetti e dati.

Se da un lato, quindi, l'apporto di nuove tecnologie decisamente efficaci fornisce indubbi servizi, dall'altro, questo può portare ad un'invasione in alcuni ambiti strettamente legati alla privacy di un individuo.

La questione diventa quindi delicata, perché i governi, incaricati di risolvere il problema, hanno il dovere di garantire sia la sicurezza che la privacy dei cittadini; questi, a loro volta, preferiscono spesso sentirsi più protetti anche a costo di rinunciare ad un po' di privacy. Il problema nasce però dal fatto che è difficile stabilire quanto sia quel "po'" di privacy di cui si può fare a meno e gli interessi legati alla raccolta, più o meno lecita, di informazioni sono tali per cui è necessario analizzare attentamente la situazione, specialmente in quei paesi dove si sente maggiormente l'urgenza di una soluzione.

Il governo degli Stati Uniti ha, ad esempio, stanziato generosamente fondi per le tecnologie di video sorveglianza, confidando in progressi rivoluzionari nella formazione di banche dati e nella visione robotica, che dovrebbero consentire la sorveglianza di aree pubbliche su scala nazionale. Le industrie per la difesa cercano di applicare queste tecnologie a veicoli da combattimento autonomi, robotizzati, che possono combattere guerre "incruente", risparmiando così le vite dei soldati americani.

L'allarme pubblico causato dall'11 settembre ha accelerato la messa in applicazione di tecnologie di sorveglianza, come l'identificazione visiva, ricerche e sviluppo nel campo della registrazione video in automatico. Le tecnologie di video sorveglianza e l'identificazione visiva automatizzata sono già in applicazione nelle maggiori città degli Stati Uniti e in Europa, qualche volta con l'approvazione dei residenti, che sono stati indotti a temere di più il terrorismo e il crimine che la sorveglianza.

Ad un osservatore occasionale, alcune telecamere per la sorveglianza sembrano pali della luce, mentre altre sono state recentemente montate su veicoli aerei "senza uomini" (UAV), un tipo particolare di robot già utilizzato in campo militare per la sorveglianza aerea. Alcune delle camere hanno una visione a 360 gradi e ingrandiscono per un fattore di 10-17 volte rispetto alla visione umana in quel raggio di azione. Alcune sono equipaggiate con visori notturni e possono zoomare su un obiettivo abbastanza bene da consentire la lettura del testo in una pagina scritta o di scrutare all'interno di un edificio.

Anche se gli obiettivi che controllano non vengono individuati come particolarmente vulnerabili per il terrorismo, i sistemi di robotica per la sorveglianza possono essere posti strategicamente allo scopo di monitorare situazioni di particolare interesse sociale e politico, come dimostrazioni e proteste: una delle prime occasioni della loro entrata in uso è stata una dimostrazione che si è svolta nell'aprile 2000 contro la Banca Mondiale e il Fondo Monetario Internazionale. La polizia aveva affermato che vi erano solo una dozzina di telecamere, ma queste potevano collegarsi con quasi un migliaio di altre videocamere del governo, a costituire una rete di unità di elaborazione di informazioni che poteva essere trovata solo in un centro della NASA o in un centro di comando della Difesa. Quando i risultati delle ricerche video vengono combinati con altri presenti già in

banche dati, diventano possibili potenti metodi di identificazione e di rilevamento. I segni particolari del corpo, che risultano unici, rendono l'identificazione molto più facile.

La mobilità di sensori contribuisce con un'altra dimensione. Nel 2003, si è dato inizio ad esperimenti sull'uso di velivoli senza pilota, equipaggiati con video camere, camere a raggi infrarossi, e con altri sensori, per monitorare gli ingorghi del traffico.

Le informazioni procurate dal monitoraggio aereo dovrebbero servire ad aiutare la polizia a trovare il percorso migliore per arrivare sulla scena di un incidente, o per i pianificatori del traffico, per gli operatori di pronto soccorso, per le compagnie di trasporto e per i pendolari. Alcuni di quei velivoli, i "droni", sono di piccole dimensioni, come aeromodelli. L'Esercito utilizza i droni per inviare ai comandanti le immagini in tempo reale dal campo di battaglia. Questi velivoli possono risultare troppo piccoli per essere visti e volare troppo basso per essere rilevati dai radar; il possibile utilizzo di velivoli telecomandati per effettuare attacchi biologici e chimici ha riscosso l'interesse del governo federale. Visto che le videocamere sono state montate su velivoli senza equipaggio umano pilotati da lontano, però non predisposti con processori ad intelligenza artificiale, sono state finanziate ricerche per lo sviluppo di veicoli autonomi robotizzati. Il programma dell'Esercito "Sistemi di Combattimento per il Futuro" reclamizza come una delle sue missioni lo sviluppo di Veicoli per la Ricognizione e la Sorveglianza (RSV), per sostenere sensori avanzati che possano registrare, seguire le tracce, localizzare, classificare e identificare obiettivi in qualsiasi condizione climatica, di giorno o di notte. Naturalmente, l'Esercito e le agenzie locali per l'ordine pubblico usano la video sorveglianza per automatizzare la risposta alle minacce.

**SWORDS**  
**REMOTE MOBILE WEAPON PLATFORM**

**Specifications:**

- Width: 22 in
- Length: 34 in
- Weight: 120 lbs
- Sustained Top Speed: 5.2 mph
- Turn speed: 110 deg /sec
- Range: 30 mile
- Active Recon mode: 18 hrs
- Sleeper mode: 7 days
- Power: 750 w-hr lithium batteries
- Waterproof: 3 ft
- Ground clearance: 10 psi
- Ground pressure: 3 in
- Cams: 7 camera
- Switchable: NVGIII, Thermal, Telephoto

**Weapon options:**

- M18 50cal 10 rnds
- M202 LAW 4 rnds: pyrophoric, HEAT
- M203 40mm, 6 rnds nonlethal, Smoke, Illumination, HE
- M240 7.76, 100 rnds
- M249 5.56, 100 rnds
- M16
- AT4
- Combat shotgun

Member of the TALON family  
 360 degree pan and tilt  
 45 degree grade and traverse  
 Audio pickup  
 Illumination and designator options  
 Armor option

Manufacturer: Foster-Miller  
 Sponsor: US Army ARDEC/TACOM

Fig.21 - Scheda tecnica del prototipo SWORD, nato dal modello TALON già impiegato per la sicurezza in missioni dell'esercito USA in Bosnia, Afghanistan e Iraq -

I dati video di archivio nell'industria e nel governo sono attaccabili con le medesime modalità che hanno portato l'informazione ad essere venduta come merce. Vengono vendute informazioni personali e queste sono fatte oggetto di scambi continui, per ragioni di mercato, per richieste insistenti di istituzioni benefiche o per sondaggi di natura politica. Le persone possono trovare più difficoltoso il controllo della diffusione delle immagini archiviate per la sorveglianza, dove i dati più verosimilmente sono stati raccolti in modo abusivo. Il venir meno della privacy a causa della commercializzazione di dati personali rende possibile alle agenzie di governo, come l'FBI, di aggirare i divieti governativi contro la raccolta di informazioni su persone che non sono oggetto di indagini, attraverso il semplice accesso alle informazioni personali che sono a disposizione già commercialmente. La possibilità di ricavare informazioni da immagini video è così ampiamente ricercata negli ambienti scientifici che risulta inimmaginabile la completa dismissione di finanziamenti per programmi di questa natura.

Applicazioni militari di modelli di identificazione e di estrazione di dati da video continuano ad essere sviluppate dal Ministero della Difesa con assegnazione di premi e borse di studio a ricercatori a contratto. Questi programmi comprendono tentativi per automatizzare algoritmi per registrare le intenzioni di soggetti umani che appaiono in video filmati, e per sincronizzare velivoli telecomandati ad effettuare riconoscimenti simultanei e quindi attaccare. Sebbene la video sorveglianza sia un'attività passiva, il ricavare dati da registrazioni video su profili individuali è invasivo. Data la difficoltà di scoprire i sistemi di video sorveglianza occultati a terra o nell'aria, risulta difficile imporre limitazioni contro il cattivo uso di tali dati da parte di agenti privati o del governo. Molte videocamere e velivoli telecomandati risultano invisibili ad un occasionale osservatore. Benché i componenti della strumentazione di sorveglianza e i software siano di poco prezzo, solo le grandi corporation e le istituzioni governative possono permettersi le infrastrutture che consentono lo scambio di informazioni fra vari data base e reti. L'applicazione di metodi per ricavare dati da serie imponenti di video informazioni consentono una potenzialità sufficientemente organizzata per sorpassare gli esseri umani nell'effettuare la sorveglianza. Sebbene i robot soldati e i robot poliziotti non siano ancora una realtà, le attuali acquisizioni tecnologiche possono portare in un futuro a questa possibilità. Nel caso che queste apprensioni sembrino decisamente esagerate, è utile ricordare quanto facilmente altre invasioni nella privacy, come le prove antidroga, siano avvenute, tanto da essere generalmente accettate, anche quando veniva richiesta la consapevolezza attiva dei partecipanti. Sondaggi indicano che la gente spesso è disponibile a rinunciare a parte della loro privacy in cambio della sensazione di una maggiore sicurezza. Le paure del terrorismo, gli appelli al patriottismo, gli incentivi economici e l'insidiosità della video sorveglianza impediscono a molte persone di interrogarsi sugli abusi di simili tecnologie, specialmente quando il governo e le grandi imprese avvolgono nella nebbia le loro ricerche e gli sviluppi in merito.

## APPROFONDIMENTO SUI SENSORI DI IMMAGINE

Nei robot per la sorveglianza i sistemi di visione sono utilizzati sia per trasmettere immagini ai responsabili della sicurezza, sia per riconoscere figure ed oggetti. I sensori utilizzati per i sistemi di visione si basano solitamente su due tipi di sensori di immagine: i tubi a fotoconduzione e i CCD. Per sensore d'immagine si intende il trasduttore che converte l'immagine ottica in una sua rappresentazione/codifica elettrica. Questi dispositivi in passato erano tubi a fotoconduzione il cui funzionamento è piuttosto complesso rispetto ai moderni rilevatori CCD, ovvero ai trasduttori attualmente in uso.

La grandezza dell'immagine che il sistema ottico va a formare sulla superficie sensibile del rilevatore è uno dei fattori più importanti nel determinare le prestazioni totali di una telecamera. Attualmente i rilevatori CCD utilizzati per le telecamere broadcast (telecamere ad alte prestazioni e di alta gamma) utilizzano il formato 2/3" (il più performante per rapporto costo/prestazioni) anche se in passato alcuni costruttori commercializzarono il formato 1/2" che tuttavia pone problemi di diverso tipo.

Le limitazioni imposte dalla minore grandezza di riga che è possibile raggiungere e le limitazioni fisiche nella realizzazione di rilevatori così piccoli e complessi, hanno fatto preferire e diffondere il formato 2/3". La costruzione di ottiche di formato 1/2" è, oltretutto, molto più critica che non per il formato 2/3"; inoltre il formato 1/2" pone ulteriori problemi operativi legati a velocità dell'ottica (luminosità, ecc...).

La sensibilità alla luce di una telecamera è strettamente legata alla dimensione della diagonale del formato immagine (l'immagine che si forma sulla superficie sensibile del rilevatore). Il sistema del prisma dicroico possiede una limitazione di base circa la convergenza dei raggi di luce che lo attraversano e pertanto la sua luminosità nominale viene limitata in genere a  $F=1.4$ . Come risultato, utilizzando un'ottica del formato 2/3", in pratica si raddoppia la quantità di luce che è possibile far giungere al rilevatore. Come fatto negativo si ha, invece, un maggior costo del sensore e dimensioni leggermente maggiori della telecamera.

Nel 1970 William Boll e George Smith dei Bell Labs annunciarono la scoperta di un dispositivo accoppiatore di carica: Charge Coupling Device o CCD.

Questo dispositivo venne negli anni successivi migliorato e affinato finché fu possibile sostituire i tubi a fotoconduzione con un rilevatore a stato solido.

Nonostante la tendenza recente sia quella di utilizzare i CCD nelle videocamere dei robot per la sorveglianza (e anche per altri tipi di robot), entrambi i sensori di immagini presentano degli aspetti positivi e negativi che vale la pena prendere in considerazione.

### **Tubi Fotoconduttori:**

La telecamera a colori contiene tre tubi fotoconduttori da ripresa che generano tre segnali elettrici proporzionali alla intensità di luce scomposta nei tre colori (rosso, blu e verde) e contenuta punto per punto nell'immagine.

La superficie fotosensibile colpita dalla luce manifesta una maggiore o minore resistenza elettrica a seconda che sia stata poco o molto illuminata rispettivamente.

Il tubo a vuoto, d'altra parte, per mezzo di un pennello elettronico emesso da un catodo dalla parte opposta, colpisce lo stesso punto più o meno illuminato determinando, a seconda della maggiore o minore resistenza determinata dalla superficie fotosensibile e quindi dalla maggiore o

minore luminosità dell'immagine in quel punto, una corrente elettrica direttamente proporzionale all'intensità di luce.

Esistono in commercio numerosi tipi di tubi da ripresa, quali VIDICON, ORTICON, PLUMBICON ecc. i quali rispondono in linea di principio allo schema di figura:

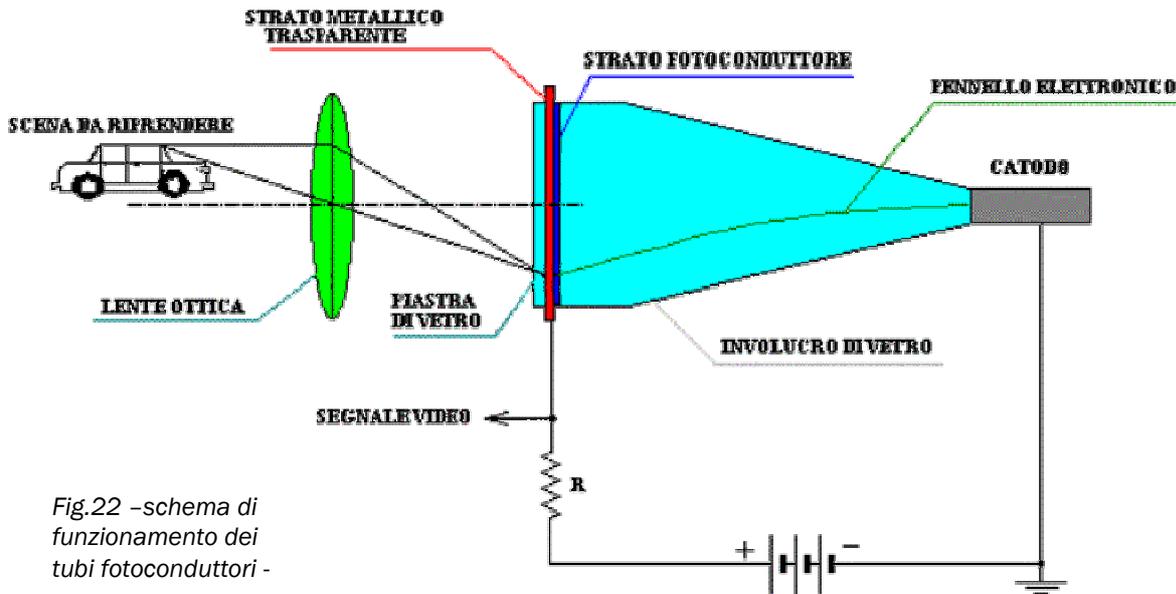


Fig.22 -schema di funzionamento dei tubi fotoconduttori -

### CCD:

Nonostante le promesse di questo nuovo dispositivo a stato solido e le errate convinzioni legate alla novità della tecnologia utilizzata, bisogna ricordare che il CCD è prima di tutto e principalmente un dispositivo analogico, come il tubo.

Per concezione il CCD è radicalmente diverso dalla sua controparte fotoconduttiva ovvero il tubo utilizzato precedentemente nelle telecamere. Al posto della superficie anamorfica del tubo che viene scansionata dal fascio del cannone elettronico, il CCD presenta un grande numero di elementi-immagine discreti (pixel) disposti in una griglia ortogonale a due dimensioni. Ogni pixel accumula una carica elettronica direttamente proporzionale all'unico livello di luce che lo stimola. La griglia del CCD può essere concettualmente assimilata a una grande collezione di campionature elettroniche discrete dell'immagine ottica. Diversamente dall'uscita morbida e continua prodotta dal tubo, il segnale prodotto dal CCD è una serie di campionature discrete generate come informazione contenuta nella griglia leggendo un pixel dopo l'altro. Il risultante segnale in uscita del CCD assomiglia molto all'uscita analogica di un tubo se la campionatura avviene alla stessa frequenza. Il teorema della campionatura di Nyquist afferma che l'ingresso del sistema di campionatura dei dati deve (può) essere limitato di banda alla metà della frequenza di campionamento se si desiderano evitare errori di aliasing nei dati campionati. L'esperienza della natura dell'aliasing utilizzando CCD e quindi la necessità di utilizzare un filtro ottico anti-aliasing è la cosa che deve essere presa in considerazione per prima.

Nei rilevatori a stato solido la campionatura avviene in ambiente ottico e, a causa di questo, la limitazione di banda prescritta dalla legge di Nyquist deve avvenire in ambiente ottico. Il filtro passa-basso sarà quindi un filtro ottico che deve essere in grado di diminuire l'energia delle alte frequenze spaziali che vanno a colpire il rilevatore provocando aliasing senza, con questo, provocare una perdita o attenuare la banda alta di frequenze utili.

Progettando il filtro si deve considerare con attenzione la soglia di intervento. Un filtro ottico troppo efficace ridurrebbe l'aliasing ma anche la possibilità di riprodurre il dettaglio fine dell'immagine.

Il teorema di Nyquist rende ora chiaro che un incremento nel numero di pixel del rilevatore equivale all'incremento della frequenza di campionatura del sistema di acquisizione dei dati. Un incremento della risoluzione del sistema diventa quindi possibile. Il concetto della campionatura spiega anche il numero degli elementi orizzontali degli attuali CCD (768 pixel).

Un rapido calcolo mostra che questo numero corrisponde invece a 768 campionature per linea attiva orizzontale che corrisponde a sua volta a 4 campionature per ogni ciclo di sottoportante ovvero secondo uno schema di campionatura video meglio noto come 4xFsc (4 volte la frequenza della sottoportante-subcarrier).

Aumentando il numero di pixel del rilevatore si ottiene potenzialmente la possibilità di incrementare la risoluzione e diminuire l'aliasing. Tuttavia in questo caso compaiono difficoltà tecniche quando la frequenza di campionatura non corrisponde a un multiplo esatto della frequenza della sottoportante. A causa di questo l'uso di un CCD con solo un piccolo incremento nel numero di pixel sull'orizzontale al di sopra dei 768 pixel può non fornire un miglioramento generalizzato.

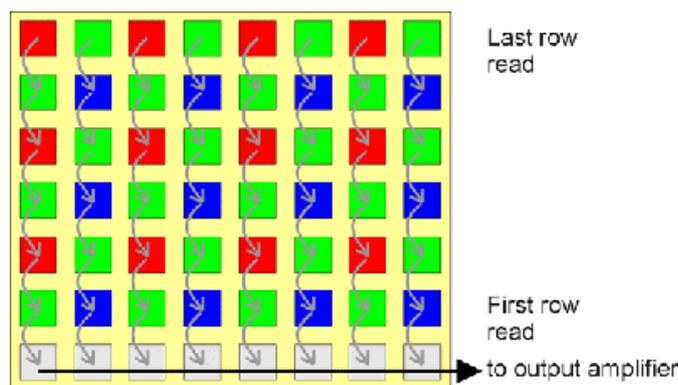
### **I vantaggi dei tubi rispetto ai CCD**

- La risoluzione dei tubi può essere eccellente sino a più di 1.000 punti sulla riga.
- La gamma di dinamica dei tubi può essere elevata se questi sono supportati da una circuitazione esterna che rileva la presenza di alte luci e che incrementa istantaneamente la corrente di "beam" solo per la durata delle alte luci (tubi tipo Plumbicon ACT ad esempio). Le alte luci con diaframma a  $F=3.5$  o  $F=4$  con uscita a 100 ire di segnale video prodotto possono essere riprodotte ma con la presenza solo di un qualche alias (difetto indesiderato). Questa ampia dinamica riproducibile da parte del tubo diventa tuttavia ingestibile quando la corrente di "beam" diventa insufficiente per cancellare le persistenze oppure quando l'inerzia del materiale fotosensibile del target del tubo diventa maggiore del valore iniziale per usura del tubo.
- La forma d'onda della scansione dei tre tubi (RGB) può essere manipolata elettronicamente per correggere difetti prodotti dal sistema ottico obbiettivo/filtri/prisma/imprecisioni meccaniche. La correzione avviene in tempo reale arrivando a correggere l'ottica in funzione della posizione dello zoom. Tuttavia questo è possibile solo eseguendo una taratura estremamente accurata e che richiede tempo, know how e strumentazione dedicata. Tutto questo per una sola ottica montata su quella camera. Se si cambia l'ottica, la taratura deve essere rifatta, oppure nelle camere a tubi dell'ultima generazione, è possibile memorizzare più lens files nelle memorie della testa camera e richiamarle al cambiare dell'ottica.
- L'uscita del tubo è una rappresentazione analogica e morbida dell'immagine ottica. Non è presente l'aliasing delle linee diagonali a gradini presente nei CCD.

## Gli svantaggi dei tubi rispetto ai CCD

- I tubi sono grossi, pesanti e risultano essere un limite per le videocamere portatili.
- Il tubo ha una vita limitata e deve essere sostituito quando la corrente di "beam" non è più sufficiente ad eccitare il target del tubo. Una terna di tubi da 1" (Plumbicon ACT) oggi costerebbe circa \$30,000.  
L'operazione di sostituzione di una terna di tubi poteva richiedere diversi giorni di lavoro da parte di personale specializzato e dotato di strumentazione dedicata.  
La taratura meccanica/elettronica dell'intera camera doveva essere rifatta e ricontrollata spesso una volta che la camera andava in esercizio.
- Le caratteristiche di risposta dei tubi cambiano nel tempo dopo essere stati installati e la camera necessita costantemente di allineamenti di guadagno e bilanciamento.
- I tubi possono subire severi danneggiamenti dovuti all'esposizione a alte luci. La corrente di "beam" non riesce più a cancellare l'alta luce o a caricare il target e il tubo può presentare un'area in cui la sensibilità risulta inferiore (i tubi venivano detti "bucati" anche se non c'era nessun buco, era solo una sensibilità inferiore nell'area in cui la superficie sensibile del tubo era stata colpita da un'alta luce per un certo tempo).
- Le alte luci che eccedevano la sensibilità nominale del tubo producevano "blooming" ovvero un alias per il quale le alte luci apparivano globiformi e non puntiformi. Inoltre le alte luci creavano un effetto di persistenza che anche le circuitazioni più sofisticate di Anti Comet Trail (ACT) non riuscivano a eliminare. La cosa peggiorava via via che il tubo andava esaurendosi a causa dell'aumentata inerzia dielettrica del target.
- Il sistema dei tubi di una telecamera può subire danneggiamenti, perdere in prestazioni e allineamento del sistema per temperatura variabile o alta oppure per il campo magnetico terrestre. Il solo far stare una telecamera a tubi sotto il sole d'agosto può portare al danneggiamento dei tubi. Un'escursione termica di 10°C provoca un completo disallineamento elettrico/meccanico dei rilevatori. Il ruotare la testa camera di 90° rispetto al campo magnetico terrestre può produrre apprezzabili difetti di convergenza dei 3 tubi o geometria dell'immagine.

Fig.23 - matrice di pixel di un CCD e sistema di lettura-



### I vantaggi dei CCD rispetto ai tubi

- La camera che usa CCD è più piccola, più leggera e consuma meno corrente.
- I CCD non modificano le proprie caratteristiche nel tempo.
- I CCD non sono influenzati da alte luci, alte temperature o dal campo magnetico terrestre.
- Non esiste l'effetto di persistenza di alte luci (effetto cometa).
- L'accuratezza di registrazione e risoluzione è uniforme (in teoria) su tutta la superficie del rivelatore CCD.
- Non sono necessarie tarature meccaniche o elettroniche di centraggio e collimazione.
- È possibile realizzare un "otturatore elettronico".
- La risoluzione dinamica è notevolmente migliore rispetto ai tubi (movimenti veloci).

### Gli svantaggi dei CCD rispetto ai tubi

- L'aliasing provocato dal relativamente ristretto numero di elementi sensibili del CCD può provocare artefatti se nella scena è presente un alto dettaglio.
- Le linee diagonali tendono ad un andamento a gradini.
- È possibile che il livello di DC di ogni singolo elemento sensibile del CCD sia diverso dagli altri provocando un difetto chiamato "Fixed pattern noise" visibile se si aumenta il guadagno della camera.
- Non è più possibile correggere elettronicamente difetti dell'ottica.
- Esiste un fenomeno chiamato "Vertical Smear" tipico dei CCD dovuto a persistenza di cariche per alte luci. È possibile eliminare questo difetto solo con CCD FIT, molto costosi.
- Esiste un artefatto che si presenta quando la camera viene ruotata velocemente in orizzontale, artefatto che produce un tracciamento nella struttura verticale, uno spezzarsi di linee verticali dell'immagine.

Esistono anche altre problematiche relative ai CCD ma che si possono definire come frequenti malfunzionamenti. Il più comune è la morte di un singolo elemento sensibile del rivelatore (un pixel non viene più rilevato o rilevato con valore errato). I costruttori hanno sviluppato diversi sistemi per mascherare questo problema che, quando esiste, non può essere eliminato, può solo essere mascherato. In genere il valore non rilevato o rilevato erroneamente viene sostituito da un valore mediato ricavato dai 4 o più pixel adiacenti.

A volte con il passare del tempo il CCD presenta sempre più pixel morti sino a che non si rende indispensabile sostituire tutto il gruppo dei 3 CCD + prisma dicroico. Attualmente purtroppo nessun costruttore è in grado di fissare uno standard di degrado del CCD né di fornire garanzie in merito.

## INDICE DELLE IMMAGINI:

Fig. 1 - Numero di robot ogni 10,000 persone usati nell'industria manifatturiera	pag. 5
Fig. 2 - Robot di servizio per uso professionale	pag. 5
Fig. 3 - Modello HOAP-1 della Fujitsu	pag. 9
Fig. 4 - Modello MARON-1 della Fujitsu	pag. 10
Fig. 5 - Modello di BANRYU presentato all'esposizione ROBODEX 2002	pag. 12
Fig. 6 - Ultimo modello di BANRYU presentato all'esposizione ROBODEX 2003	pag. 12
Fig. 7 - Robot SERI della coreana Mostitech	pag. 13
Fig. 8 - Robot WAKAMARU della giapponese Mitsubishi	pag. 15
Fig. 9 - Particolari di WAKAMARU	pag. 15
Fig. 10 - Manichino di dimensioni reali di VALERIE	pag. 17
Fig. 11 - Modello T63 Artemis	pag. 19
Fig. 12 - MOSRO 1	pag. 20
Fig. 13 - Modello MOSRO 1	pag. 22
Fig. 14 - Schema di funzionamento di MOSRO 1	pag. 23
Fig. 15 - Modello OFRO	pag. 24
Fig. 16 - Modello ROBOT X	pag. 25
Fig. 17 - ROBOT X utilizza il dispositivo Foggy	pag. 26
Fig. 18 - Prototipo del Progetto ANSER	pag. 28
Fig. 19 - Prototipo del Progetto PRASSI	pag. 31
Fig. 20 - Prototipo PRASSI nel sito di prova: Impianto ICARO del CR Casaccia	pag. 31
Fig. 21 - Scheda tecnica del prototipo SWORD, nato dal modello TALON già impiegato per la sicurezza in missioni dell'esercito USA in Bosnia, Afghanistan e Iraq	pag. 33
Fig. 22 - Schema di funzionamento dei tubi fotoconduttori	pag. 36
Fig. 23 - Matrice di pixel di un CCD e sistema di lettura	pag. 38

## INDICE DELLE TABELLE:

Tabella 1 - Caratteristiche tecniche di HOAP-1	pag. 10
Tabella 2 - Caratteristiche tecniche di MARON-1	pag. 11
Tabella 3 - Caratteristiche tecniche di BANRYU (2003)	pag. 13
Tabella 4 - Alcune caratteristiche tecniche di SERI	pag. 14
Tabella 5 - Caratteristiche tecniche di WAKAMARU	pag. 16
Tabella 6 - Gradi di libertà di VALERIE	pag. 17
Tabella 7 - Alcune caratteristiche tecniche di VALERIE	pag. 18
Tabella 8 - Caratteristiche tecniche di T63 Artemis	pag. 20
Tabella 9 - Caratteristiche tecniche di MOSRO 1	pag. 23
Tabella 10 - Caratteristiche tecniche di OFRO	pag. 25
Tabella 11 - Caratteristiche tecniche di ROBOT X	pag. 26

