



UNIVERSITÀ  
DI PAVIA

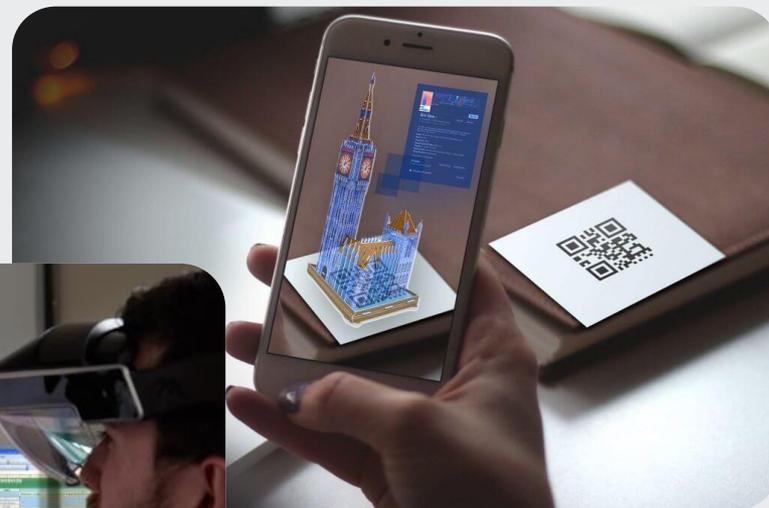
# Introduzione alla realtà aumentata

Piercarlo Dondi, PhD  
[piercarlo.dondi@unipv.it](mailto:piercarlo.dondi@unipv.it)



- Cos'è la Realtà Aumentata?
- Realtà Aumentata vs Realtà Virtuale
- Cenni storici
- Come funziona?
- ARToolKit
- Hololens
- Esempi

- ❑ La **realtà aumentata** è la sovrapposizione di uno o più livelli informativi (elementi virtuali e multimediali, dati geolocalizzati, ecc.) all'esperienza reale di tutti i giorni



❑ Realtà **Aumentata (AR)**: la sovrapposizione di uno o più livelli informativi al mondo reale

➤ Si mantiene sempre la percezione del reale



❑ Realtà **Virtuale (VR)**: una simulazione completa e (in genere) multisensoriale di un mondo virtuale

➤ Non si percepisce più il mondo reale





## Realtà aumentata - HW necessario

- ❑ Componenti fondamentali:
  - Una o più telecamere
  - Uno schermo o appositi occhiali
  - CPU e GPU
  
- ❑ Componenti secondari per accrescere il realismo o la precisione:
  - Accelerometri e sensori inerziali
  - GPS
  - Bussole
  - Dispositivi di manipolazione (es. guanti, joypad, ecc.)
  - Altro...



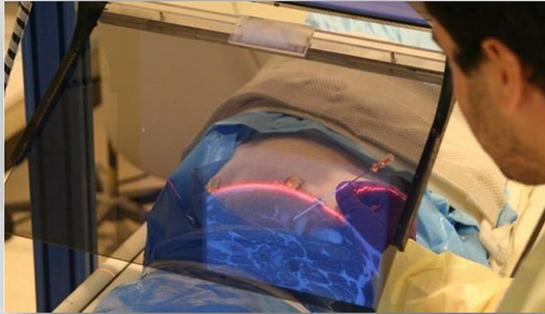


## Realtà virtuale – HW necessario

- ❑ Componenti fondamentali:
  - Visore (casco integrale che mostra solo la realtà virtuale)
  - Auricolari
  - Dispositivi di interazione (guanti, joypad, ecc.)
  - CPU e GPU
  
- ❑ Componenti secondari per accrescere il realismo o la precisione:
  - Tuta integrale
  - Sensori aggiuntivi
  - Dispositivi ad hoc

# Head Mounted Display (HMD)







- 1994 – Paul Milgram definisce il Reality – Virtuality Continuum



Image credit: Matteo Valoriani, Etna dev 2016 – Introduction to Mixed Reality with HoloLens

P. Milgram; H. Takemura; A. Utsumi; F. Kishino (1994). "Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum" Proc. of Telemanipulator and Telepresence Technologies, SPIE Vol. 2351, pp. 2351–34.

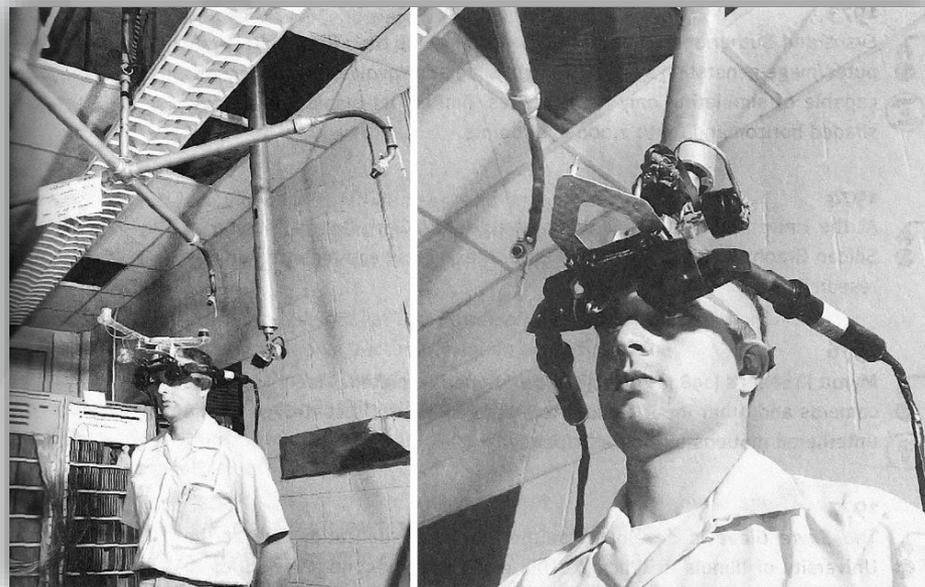


- ❑ 1957 – Morton Heilig, **Sensorama Simulator**
- ❑ Visione ad ampio angolo 3D della scena rappresentata
- ❑ Audio stereo
- ❑ Ventilatori per la riproduzione del vento
- ❑ Erogatori rilasciavano odori contestuali alla scena sullo schermo
- ❑ Sedia dotata di motori in grado di farla vibrare e muovere in relazione alle variazioni del terreno ripreso nella scena.
- ❑ Demo dimostrativa -> viaggio in motocicletta per le strade di Brooklyn





- ❑ 1966 – Ivan Sutherland, “Spada di Damocle”
- ❑ 1° dispositivo pensato per essere indossato come dei comuni occhiali da vista
- ❑ Troppo pesante indossare, veniva mantenuto in sospensione mediante un cavo attaccato al soffitto
- ❑ 1° dispositivo AR ad utilizzare semplici immagini tridimensionali generate da computer





- ❑ Dalla **meta anni '70** – Myron Krueger, **Videoplace**
- ❑ Laboratorio di “realtà artificiale”
- ❑ Interazione senza occhiali o guanti
- ❑ Possibilità di interagire fra persone in stanze diverse
- ❑ 25 differenti ambienti disponibili
- ❑ I movimenti delle persone erano registrati su video, elaborate e mostrati sotto forma di silhouette





- ❑ 1990 – Tom Caudell conia "ufficialmente" il termine *Realtà Aumentata*
- ❑ Alla Boeing serviva un'alternativa efficace ai costosi e complessi diagrammi cartacei usati dai lavoratori nella catena di montaggio
- ❑ Caudel e David Mizell crearono il 1° prototipo di applicazione AR per uso industriale
- ❑ Un HDM proiettava i diagrammi dei vari progetti su una lavagna multiuso riutilizzabile



- ❑ 1992 – Luois B. Rosenberg, **Virtual Fixtures**
- ❑ 1° sistema AR immersivo funzionante
- ❑ Sviluppato per l'US Air Force, forniva feedback visivi ed uditivi agli utenti per aiutarli ad eseguire dei compiti
- ❑ Usava 2 veri bracci robotici controllati a distanza da un esoscheletro mosso dall'utente
- ❑ Occhiali "allineati" in modo da dare l'impressione all'utilizzatore che i bracci robotici fossero nella stessa posizione delle sue braccia



L. B. Rosenberg, "Virtual fixtures as tools to enhance operator performance in telepresence environments", Proc. SPIE 2057, Telemanipulator Technology and Space Telerobotics, (21 December 1993);



- ❑ 1993 – S. Feiner, B. MacIntyre e D. Seligmann, **KARMA** (Knowledge-based Augmented Reality for Maintenance Assistance)
- ❑ Programma AR per la manutenzione della stampante
- ❑ HMD + appositi marker posizionati sulla stampante
- ❑ Proiettava un'immagine “fantasma” che mostrava all'utente cosa fare



Steven Feiner, Blair Macintyre, and Dorée Seligmann. 1993. Knowledge-based augmented reality. *Commun. ACM* 36, 7, pp. 53-62.

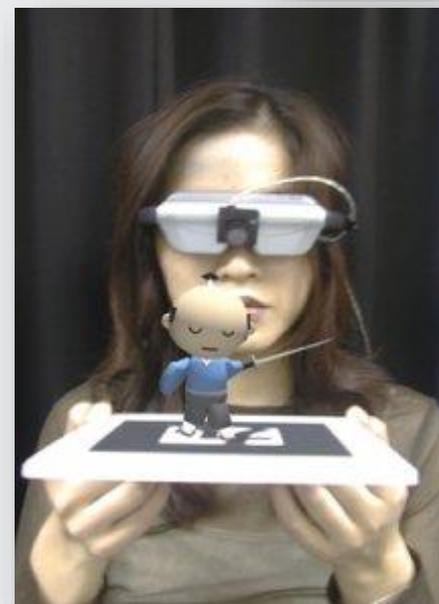


- ❑ 1994 – Julie Martin, **Dancing In Cyberspace**
- ❑ 1° spettacolo teatrale AR
- ❑ Ballerini ed acrobati che muovevano oggetti virtuali proiettati in tempo reale sul palco



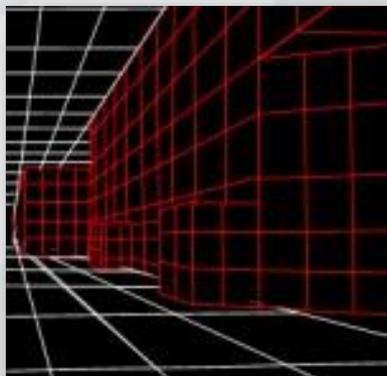


- ❑ 1999 – Hirokazu Kato, Nara Institute of Science and Technology, **ARToolKit**
- ❑ 1<sup>a</sup> libreria open-source multiplatforma per AR
- ❑ Tracciamento della posizione e dell'orientamento della telecamera
- ❑ Riconoscimento e tracciamento di marker quadrati
- ❑ Real-time



*Kato, H., Billinghurst, M. "Marker tracking and hmd calibration for a video-based augmented reality conferencing system.", In Proceedings of the 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality (IWAR 99), October 1999*

- ❑ 2000 – ARQuake, versione AR di Quake realizzata dall'Università del Sud Australia
- ❑ Il sistema usava GPS, sensori inerziali, una pistola/controller, occhiali collegati ad una telecamera e a un portatile (sulla schiena) che effettuava l'elaborazione
- ❑ 1° videogame per esterni ad usare la realtà aumentata

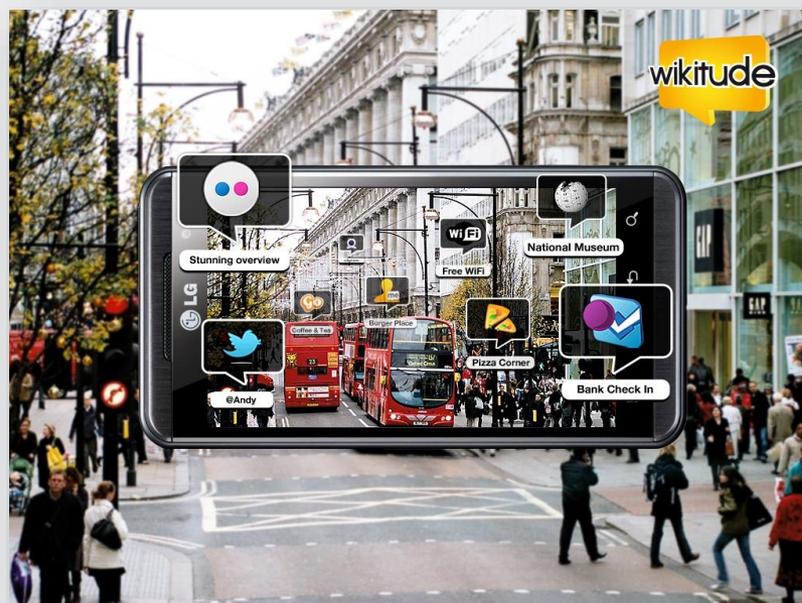


- ❑ 2007 – Feiner, **ARMAR** (Augmented reality for Maintenance and Repair)
- ❑ Evoluzione di KARMA sviluppato per US Marine Corp
- ❑ Usato per guidare la manutenzione del “LAV-25A1 armored personnel carrier,” una specie di piccolo carro armato (Henderson et al., 2007).
- ❑ Incremento di produttività ed accuratezza di circa il 37%
- ❑ Possibilità di assistenza remota





- ❑ 2008 – Wikitude AR Travel Guide
- ❑ 1ª applicazione AR per smartphone Android
- ❑ Location-based AR
  - Posizione oggetti calcolata usando GPS e WiFi
  - Direzione calcolata usando bussola ed accelerometro





## ❑ 2013 – Google Glass

### ❑ Caratteristiche:

- Display HD equivalente ad uno schermo da 25 pollici da due metri di distanza
- Fotocamera da 5MP e registrazioni video a 720p
- Audio a conduzione ossea
- Wi-Fi - 802.11 b/g
- Bluetooth
- Touchpad laterale
- 12 GB di memoria utilizzabile, sincronizzato con Google Cloud Storage

### ❑ Dal 2017 nuova versione Enterprise





- ❑ 2016 – Pokemon Go
- ❑ 1° videogame AR con larga e rapida diffusione globale



## ❑ 2015 – Windows Mixed Reality (Windows Holographic)

## ❑ 2017 – Microsoft HoloLens

- HMD per AR
- Tracciamento dello sguardo
- Controllo tramite gesti
- Controllo vocale





- ❑ Per sovrapporre un elemento “virtuale” all’ambiente reale si deve:
  - Identificare dove verrà visualizzato
  - Orientarlo correttamente nella scena
  - Integrarlo più possibile con l’ambiente
  - Fornire un’interazione (se necessaria)
  
- ❑ Servono competenze in diversi ambiti:
  - Visione Artificiale
  - Grafica 3D
  - Interazione Uomo – Macchina



- ❑ E' l'insieme dei processi che mirano a costruire una descrizione del mondo a partire da immagini
  
- ❑ Ha lo scopo di emulare la visione umana attraverso:
  - L'acquisizione
  - L'elaborazione al computer
  - La comprensione delle immagini



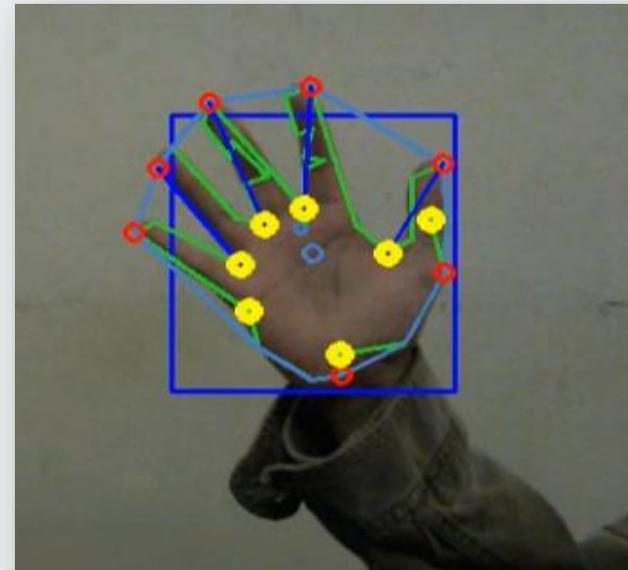
- ❑ E' un ramo della grafica computerizzata che si basa sull'elaborazione di modelli matematici che rappresentano un oggetto tridimensionale al fine di ottenere un'immagine 2D che verrà poi visualizzata (*rendering*)
  
- ❑ Viene utilizzata insieme all'animazione al computer in diversi ambiti:
  - Cinema e televisione
  - Videogiochi
  - Simulazioni scientifiche
  - Realtà Aumentata e Virtuale
  - Ecc.
  
- ❑ La visualizzazione può essere *real-time* (es. videogame) o *non real-time* (es. cinema)



- ❑ L'interazione uomo-macchina (**HCI**) è una disciplina che riguarda la progettazione, la valutazione e l'implementazione di sistemi informatici interattivi per l'uso umano
  
- ❑ Comprende aspetti di diversi ambiti fra cui:
  - Informatica
  - Intelligenza artificiale
  - Visione artificiale
  - Psicologia
  - Design
  
- ❑ Concetti fondamentali:
  - Usabilità
  - Interazione
  - Interfacce adatte allo scopo



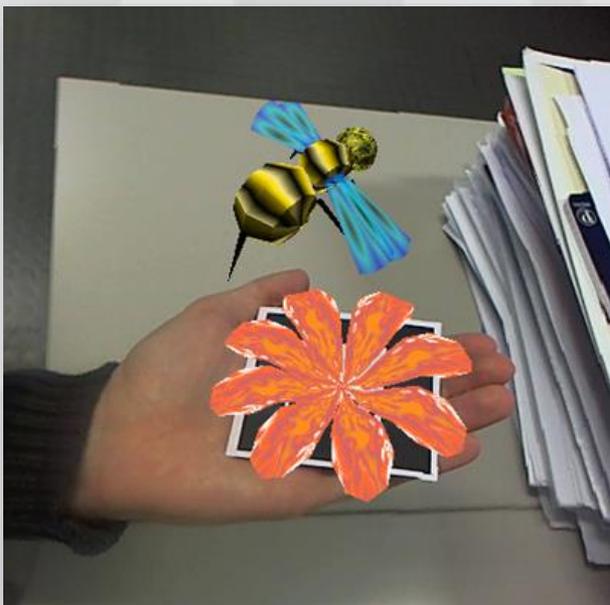
- ❑ Riconoscimento e dell'interpretazione dei gesti di un utente
- ❑ Ad ogni gesto o sequenza di gesti corrisponde una specifica azione che verrà eseguita dal computer (es. zoom, rotazione, click, ecc.)
- ❑ I gesti diventano quindi un controller alternativo, utile per comandare un computer o un dispositivo a distanza, specialmente in casi in cui è consigliabile evitare il contatto diretto (es. medicina)





## ☐ *Con marker*

- Si usa un riferimento noto per sapere dove visualizzare l'oggetto
- Problemi dovuti ad occlusioni e "distorsioni"



## ☐ *Senza marker*

- Risolve il problema delle occlusioni
- Richiede tecniche di visione più complesse per capire dove visualizzare l'oggetto





## ❑ AR “debole”

- Tracciamento non necessariamente accurato
- Parziale integrazione con l’ambiente
- Interazione limitata
- Smartphone o PC



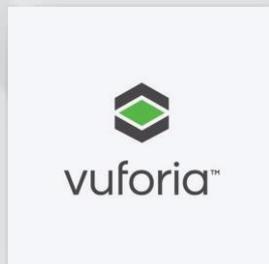
## ❑ AR “forte”

- Tracciamento accurato
- Ottima integrazione con l’ambiente
- Interazione naturale
- HMD

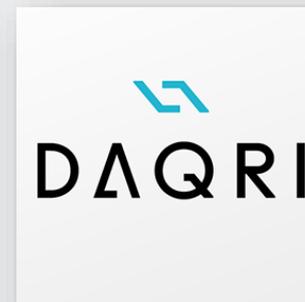




## ❑ Librerie multiplatforma



## ❑ Librerie proprietarie legate ad un particolare ambiente e/o dispositivo



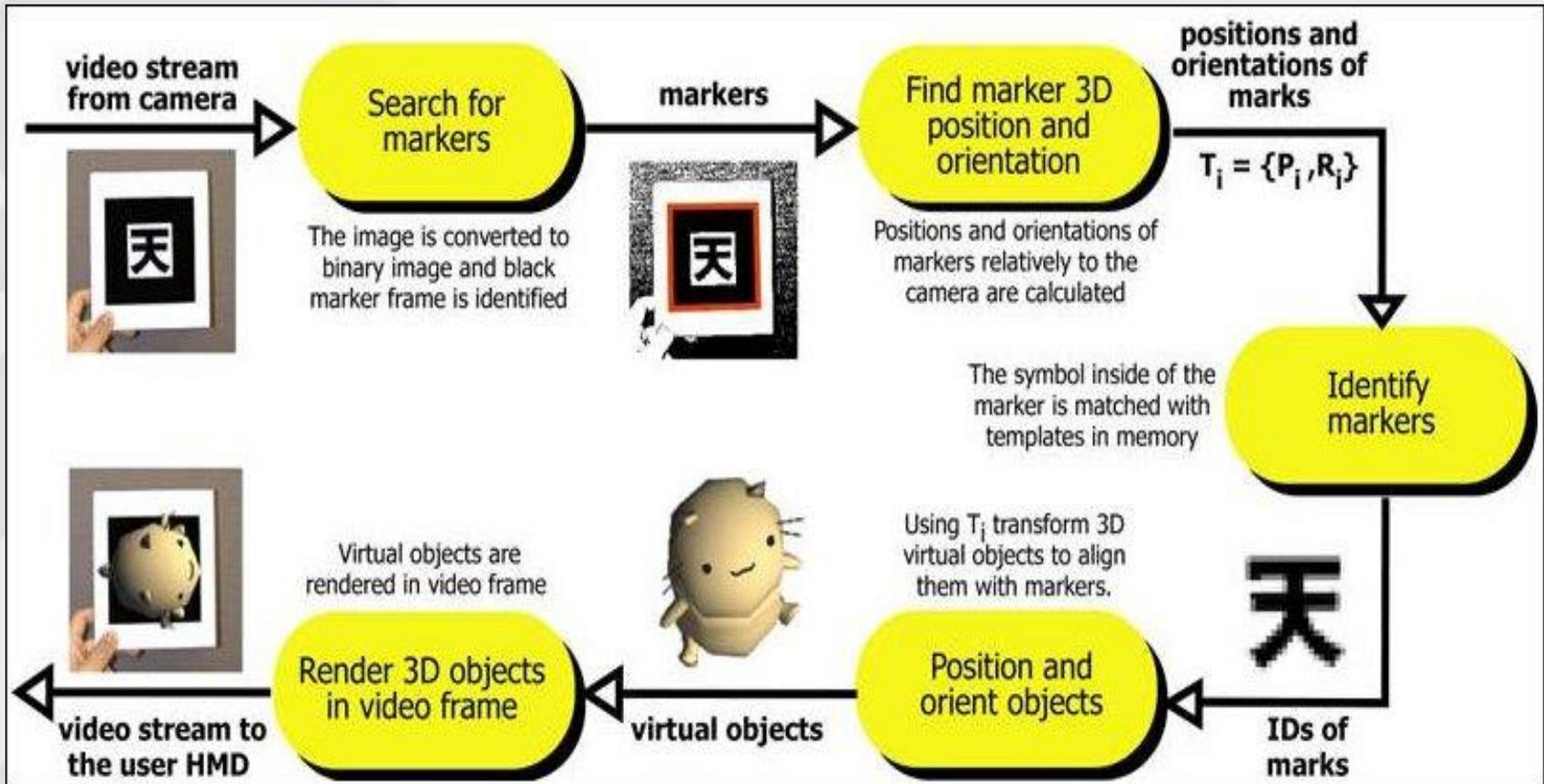
- ❑ Si possono usare diversi linguaggi di programmazione



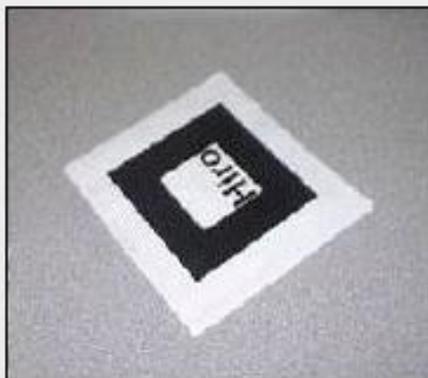
- ❑ Oppure ambienti di sviluppo multiplatforma



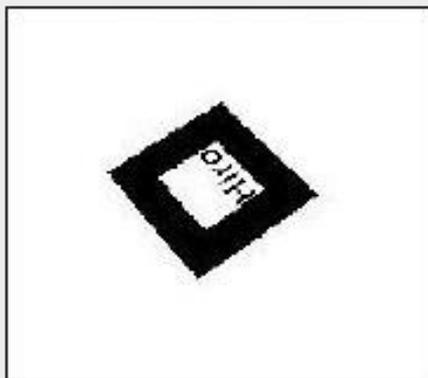




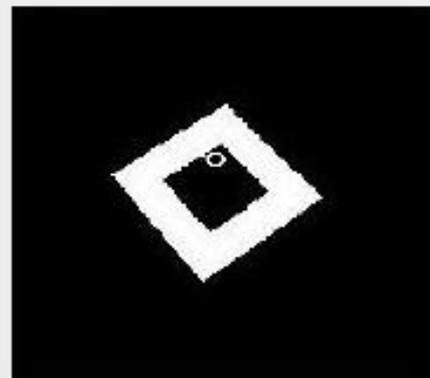
<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>  
<https://www.artoolkit.org/>



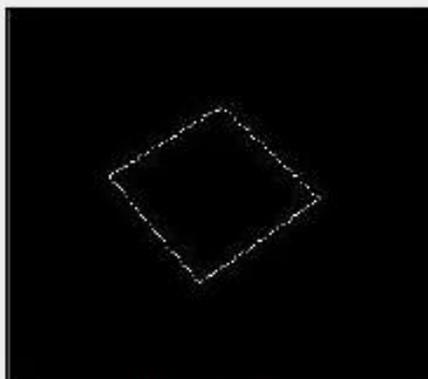
**a. Original image**



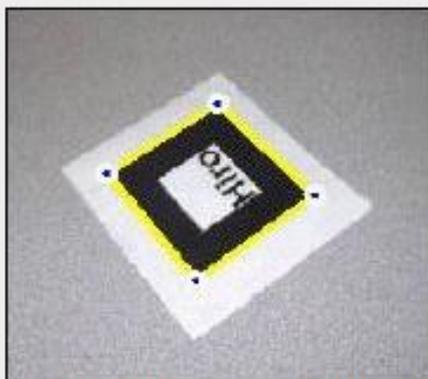
**b. Thresholded image**



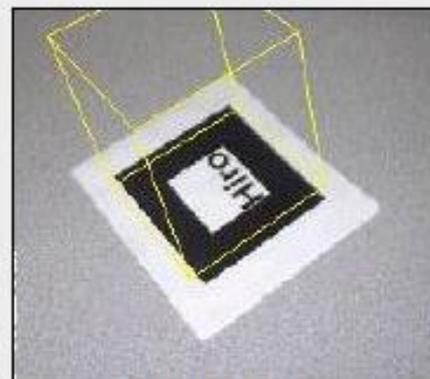
**c. Connected components**



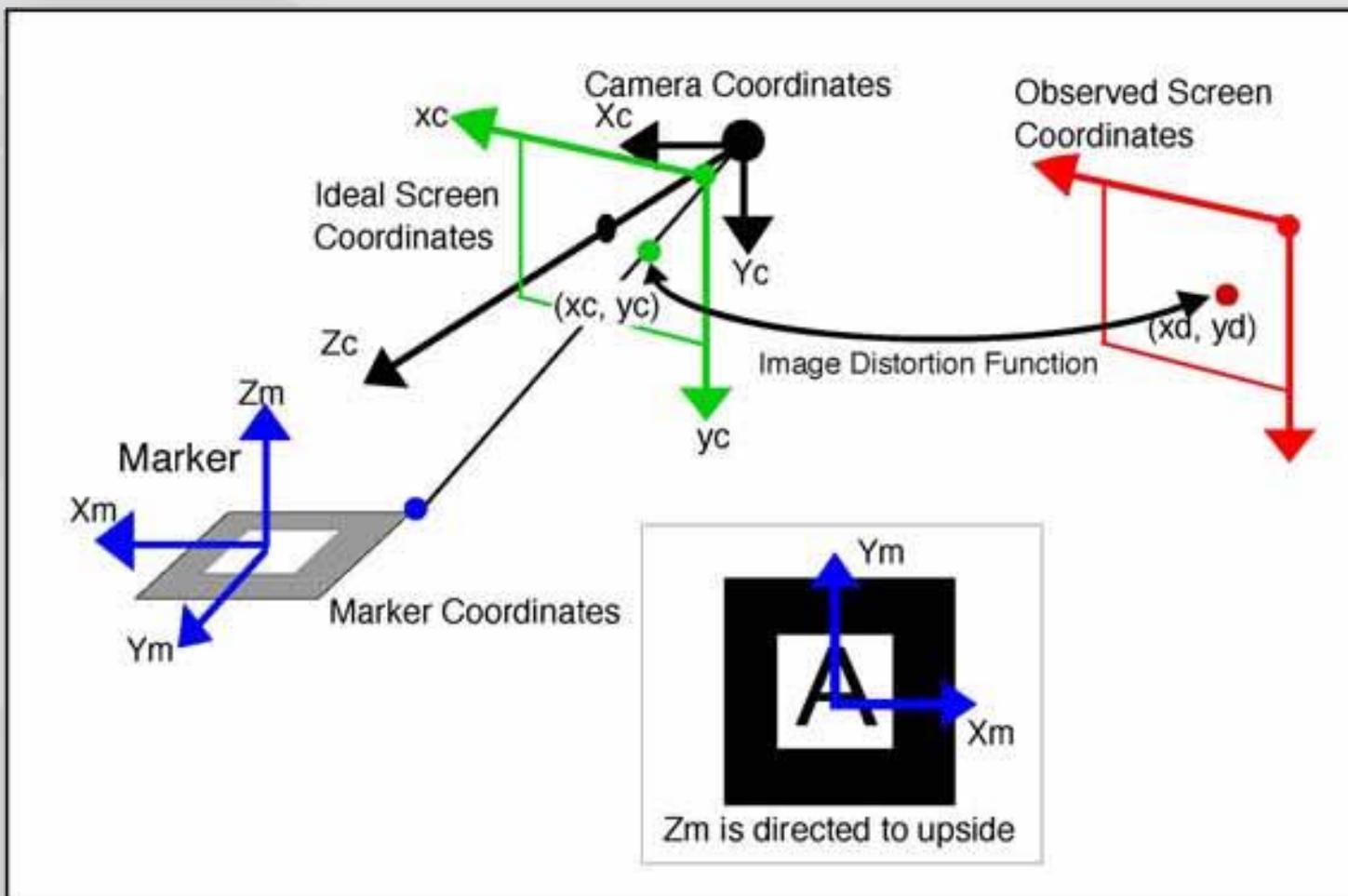
**d. Contours**



**e. Extracted marker edges and corners**

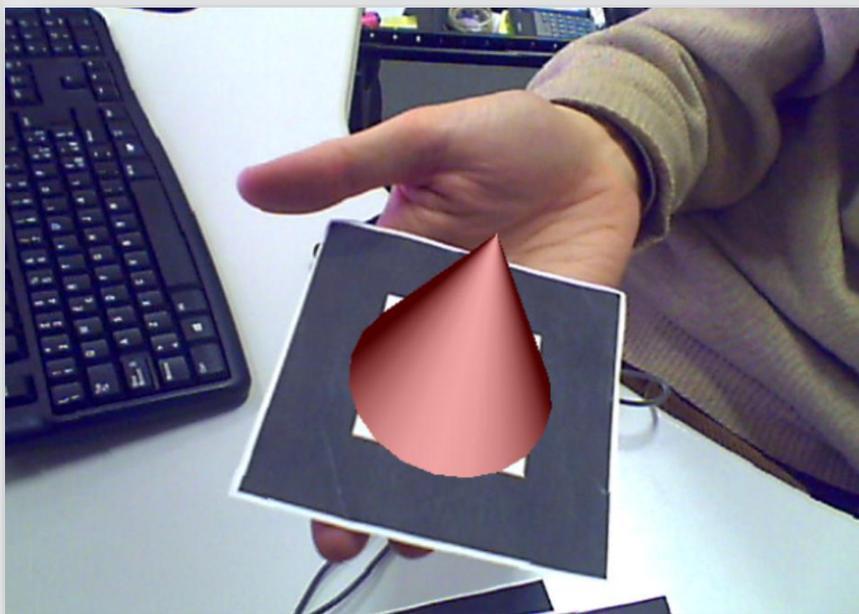
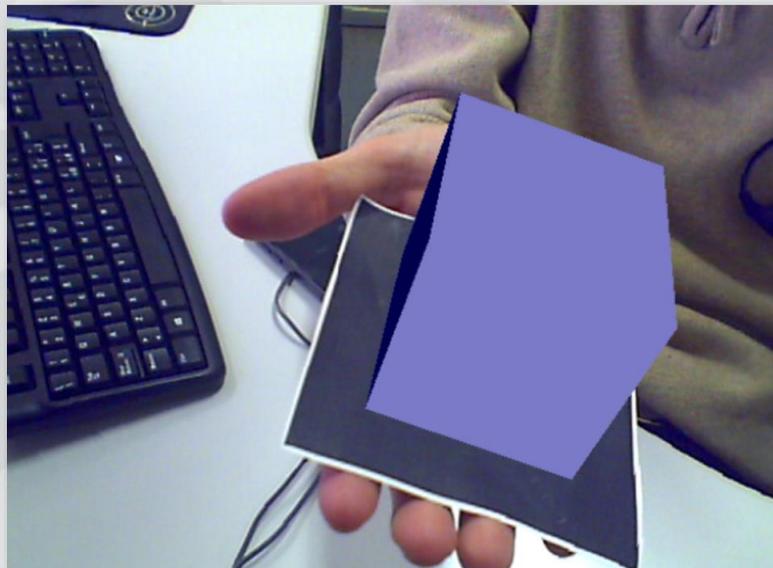


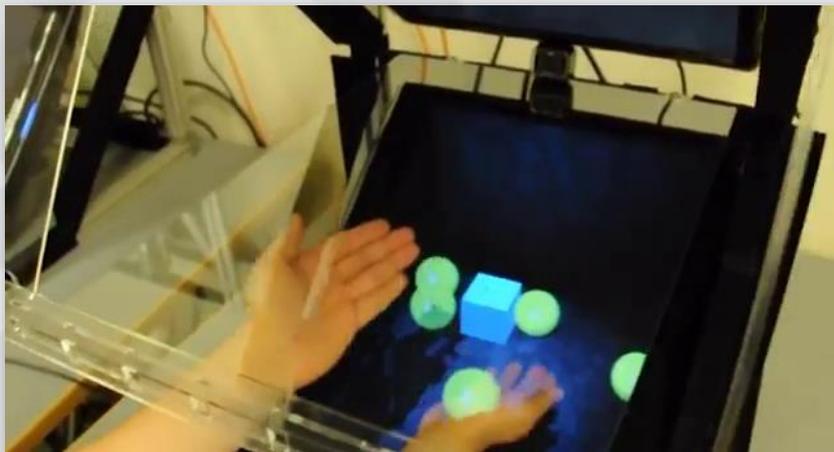
**f. Fitted square**





□ Vediamo qualche esempio!





Microsoft HoloDesk  
(2011)



Microsoft Mirage Table  
(2012)





## Specifiche tecniche:

- 2 lenti "olografiche"
- 1 sensore di misura inerziale (IMU)
- 4 telecamere "ambientali"
- 1 telecamera di profondità
- 1 telecamera 2MP/video HD
- 4 microfoni
- 1 sensore di luce ambientale
- CPU Intel Atom X5-Z8100
- GPU: custom (HoloLens Graphics),
- HPU (Microsoft Holographic Processing Unit)
- 2-3 ore di autonomia







Grazie per l'attenzione