

Un sistema di interazione uomo-robot per compiti di manipolazione mobile basato su realtà virtuale

Tesi di laurea di:

Alessandro Melzi

Relatore: **Chiar.mo Prof. Stefano Caselli**

Correlatore: **Dott. Ing. Jacopo Aleotti**

Università degli Studi di Parma
Facoltà di Ingegneria
Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica

Anno Accademico 2004-2005

Sommario

- 1 **Introduzione**
 - Robotica di Servizio
 - Modelli di programmazione
- 2 **Dispositivi Hardware e Software**
 - Guanto e Tracker
 - Base mobile e robot manipolatore
 - Architettura Software
- 3 **Progettazione del sistema**
 - Teleoperazione
 - Programming by Demonstration
- 4 **Risultati sperimentali**
 - Teleoperazione
 - Programming by Demonstration
- 5 **Conclusioni e Sviluppi futuri**

Le difficoltà nella programmazione dei robot

Obiettivo

Realizzazione di robot autonomi



Problemi

- Non idealità dei sistemi robotici
- Ambienti non completamente noti
- Necessità di un elevato grado di precisione



Possibile alternativa

Sistemi di interazione
uomo-robot

Le difficoltà nella programmazione dei robot

Obiettivo

Realizzazione di robot autonomi



Problemi

- Non idealità dei sistemi robotici
- Ambienti non completamente noti
- Necessità di un elevato grado di precisione



Possibile alternativa
Sistemi di interazione
uomo-robot

Le difficoltà nella programmazione dei robot

Obiettivo

Realizzazione di robot autonomi



Problemi

- Non idealità dei sistemi robotici
- Ambienti non completamente noti
- Necessità di un elevato grado di precisione



Possibile alternativa

Sistemi di interazione
uomo-robot

Robotica di Servizio

Requisiti

- Devono poter essere controllati da operatori “non esperti”
- Interfacce semplici e intuitive
- Devono prevedere il filtraggio dei comandi degli utenti
- Eliminare i comandi “pericolosi” e ricevere comandi “intermittenti”
- Devono comunicare all’utente in modo naturale le loro intenzioni
- Possono essere parzialmente autonomi



Robotica di Servizio

Requisiti

- Devono poter essere controllati da operatori “non esperti”
- Interfacce semplici e intuitive
- Devono prevedere il filtraggio dei comandi degli utenti
- Eliminare i comandi “pericolosi” e ricevere comandi “intermittenti”
- Devono comunicare all’utente in modo naturale le loro intenzioni
- Possono essere parzialmente autonomi



Robotica di Servizio

Requisiti

- Devono poter essere controllati da operatori “non esperti”
- Interfacce semplici e intuitive
- Devono prevedere il filtraggio dei comandi degli utenti
- Eliminare i comandi “pericolosi” e ricevere comandi “intermittenti”
- Devono comunicare all’utente in modo naturale le loro intenzioni
- Possono essere parzialmente autonomi



Robotica di Servizio

Requisiti

- Devono poter essere controllati da operatori “non esperti”
- Interfacce semplici e intuitive
- Devono prevedere il filtraggio dei comandi degli utenti
- Eliminare i comandi “pericolosi” e ricevere comandi “intermittenti”
- Devono comunicare all’utente in modo naturale le loro intenzioni
- Possono essere parzialmente autonomi



Robotica di Servizio

Requisiti

- Devono poter essere controllati da operatori “non esperti”
- Interfacce semplici e intuitive
- Devono prevedere il filtraggio dei comandi degli utenti
- Eliminare i comandi “pericolosi” e ricevere comandi “intermittenti”
- Devono comunicare all’utente in modo naturale le loro intenzioni
- Possono essere parzialmente autonomi



Robotica di Servizio

Requisiti

- Devono poter essere controllati da operatori “non esperti”
- Interfacce semplici e intuitive
- Devono prevedere il filtraggio dei comandi degli utenti
- Eliminare i comandi “pericolosi” e ricevere comandi “intermittenti”
- Devono comunicare all’utente in modo naturale le loro intenzioni
- Possono essere parzialmente autonomi



Modelli di programmazione



Teleoperazione

Un operatore umano controlla in tempo reale i dispositivi robotici presenti in una stazione remota

Programming by Demonstration (PbD)

- Sono una evoluzione dei sistemi teleoperati
- Il sistema apprende i compiti da eseguire dalla dimostrazione dell'operatore

Modelli di programmazione



Teleoperazione

Un operatore umano controlla in tempo reale i dispositivi robotici presenti in una stazione remota

Programming by Demonstration (PbD)

- Sono una evoluzione dei sistemi teleoperati
- Il sistema apprende i compiti da eseguire dalla dimostrazione dell'operatore

Modelli di programmazione



Teleoperazione

Un operatore umano controlla in tempo reale i dispositivi robotici presenti in una stazione remota

Programming by Demonstration (PbD)

- Sono una evoluzione dei sistemi teleoperati
- Il sistema apprende i compiti da eseguire dalla dimostrazione dell'operatore

Modelli di programmazione



Teleoperazione

Un operatore umano controlla in tempo reale i dispositivi robotici presenti in una stazione remota

Programming by Demonstration (PbD)

- Sono una evoluzione dei sistemi teleoperati
- Il sistema apprende i compiti da eseguire dalla dimostrazione dell'operatore

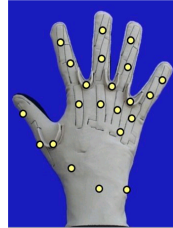
Sommario

- 1 Introduzione
 - Robotica di Servizio
 - Modelli di programmazione
- 2 Dispositivi Hardware e Software
 - Guanto e Tracker
 - Base mobile e robot manipolatore
 - Architettura Software
- 3 Progettazione del sistema
 - Teleoperazione
 - Programming by Demonstration
- 4 Risultati sperimentali
 - Teleoperazione
 - Programming by Demonstration
- 5 Conclusioni e Sviluppi futuri

Guanto e Tracker

Guanto - CyberTouch

- 18 sensori resistivi
- 6 attuatori vibrotattili



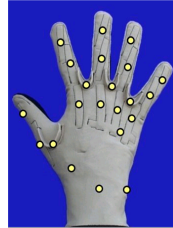
Tracker - Fastrack

- Tracker elettromagnetico
- Costituito da un trasmettitore e da un ricevitore

Guanto e Tracker

Guanto - CyberTouch

- 18 sensori resistivi
- 6 attuatori vibrotattili



Tracker - Fastrack

- Tracker elettromagnetico
- Costituito da un trasmettitore e da un ricevitore

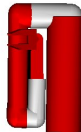


Base mobile e robot manipolatore



- Il sistema comprende
 - Una base mobile Nomad 200
 - Un manipolatore Manus
- Per la simulazione del sistema sono stati utilizzati modelli 3D (VRML) dei robot reali

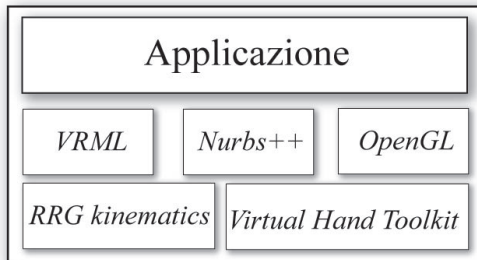
Base mobile e robot manipolatore



- Il sistema comprende
 - Una base mobile Nomad 200
 - Un manipolatore Manus

- Per la simulazione del sistema sono stati utilizzati modelli 3D (VRML) dei robot reali

Architettura Software

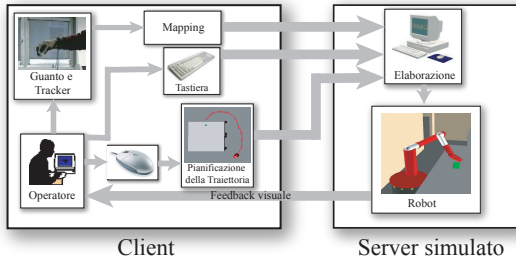


- L'applicazione si basa su librerie e interfacce Software
 - Gestione grafica (VRML e OpenGL)
 - Elaborazione delle traiettorie (NURBS ++)
 - Gestione dell'ambiente virtuale (Virtual Hand Toolkit)
 - Cinematica del robot manipolatore (RRG kinematics)

Sommario

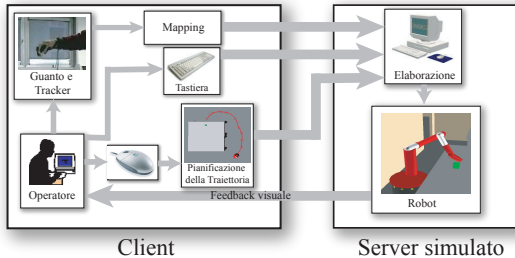
- 1 Introduzione
 - Robotica di Servizio
 - Modelli di programmazione
- 2 Dispositivi Hardware e Software
 - Guanto e Tracker
 - Base mobile e robot manipolatore
 - Architettura Software
- 3 **Progettazione del sistema**
 - Teleoperazione
 - Programming by Demonstration
- 4 Risultati sperimentali
 - Teleoperazione
 - Programming by Demonstration
- 5 Conclusioni e Sviluppi futuri

Progettazione del sistema di Teleoperazione



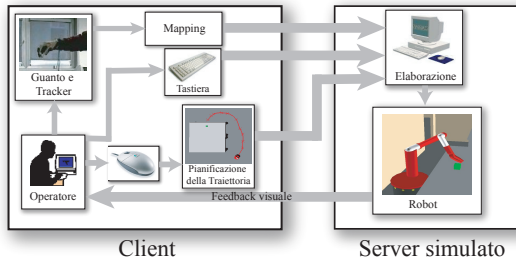
- Il Sistema è basato su una architettura Client-Server
- L'operatore specifica le traiettorie della base mobile e teleopera il robot manipolatore
- Il sistema segue le azioni in un ambiente di simulazione

Progettazione del sistema di Teleoperazione



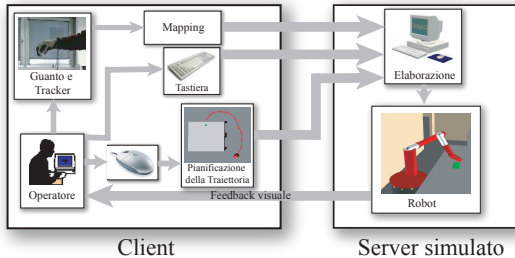
- Il Sistema è basato su una architettura Client-Server
- L'operatore specifica le traiettorie della base mobile e teleopera il robot manipolatore
- Il sistema esegue le azioni in un ambiente di simulazione

Progettazione del sistema di Teleoperazione



- Il Sistema è basato su una architettura Client-Server
- L'operatore specifica le traiettorie della base mobile e teleopera il robot manipolatore
- Il sistema esegue le azioni in un ambiente di simulazione

Progettazione del sistema di Teleoperazione



- Il Sistema è basato su una architettura Client-Server
- L'operatore specifica le traiettorie della base mobile e teleopera il robot manipolatore
- Il sistema esegue le azioni in un ambiente di simulazione

Struttura del sistema di Teleoperazione

Pianificazione
della traiettoria
della base
mobile

Simulazione
del moto
della base
mobile

Teleoperazione
per la presa
dell'oggetto

Teleoperazione
per il rilascio
dell'oggetto

Simulazione del
moto della base
mobile

Pianificazione
della traiettoria
della base
mobile

Struttura del sistema di Teleoperazione

Pianificazione
della traiettoria
della base
mobile



Simulazione
del moto
della base
mobile

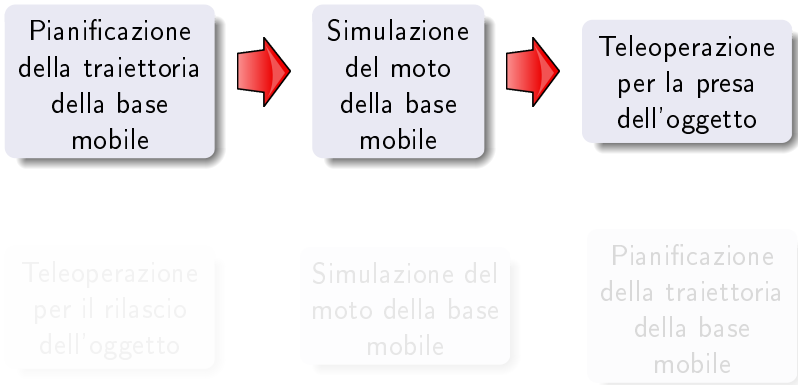
Teleoperazione
per la presa
dell'oggetto

Teleoperazione
per il rilascio
dell'oggetto

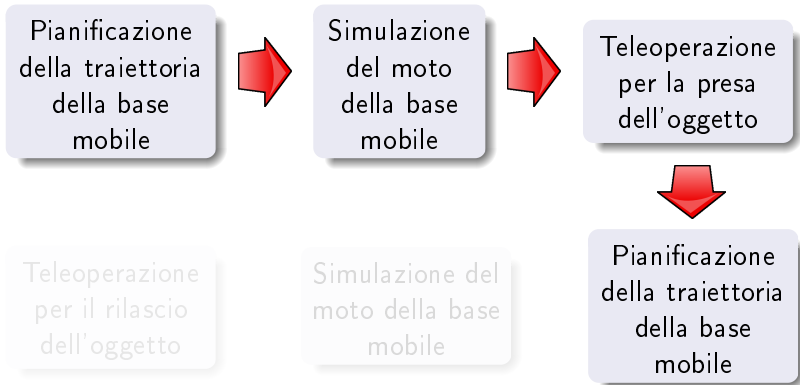
Simulazione del
moto della base
mobile

Pianificazione
della traiettoria
della base
mobile

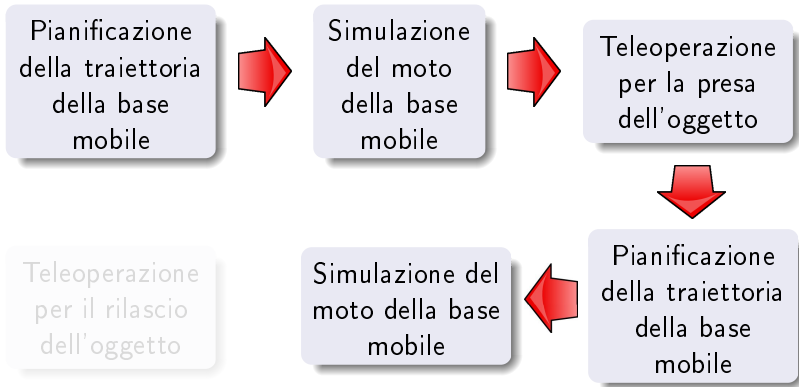
Struttura del sistema di Teleoperazione



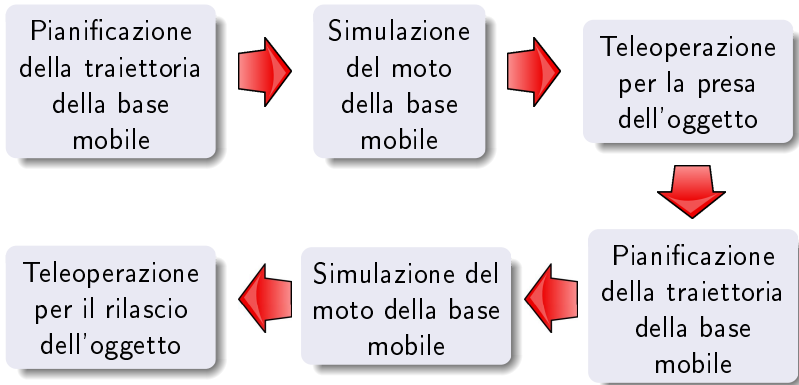
Struttura del sistema di Teleoperazione



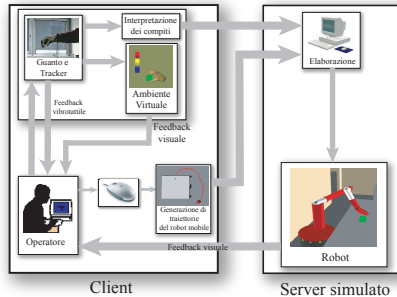
Struttura del sistema di Teleoperazione



Struttura del sistema di Teleoperazione

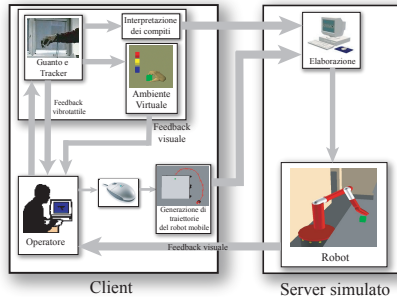


Progettazione del sistema PbD



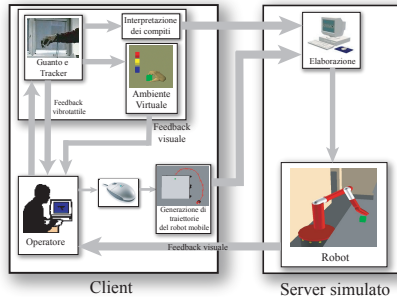
- Il Sistema è basato su una architettura Client-Server
- L'operatore dimostra il compito in un ambiente virtuale
- Il sistema riproduce le azioni in un ambiente di simulazione

Progettazione del sistema PbD



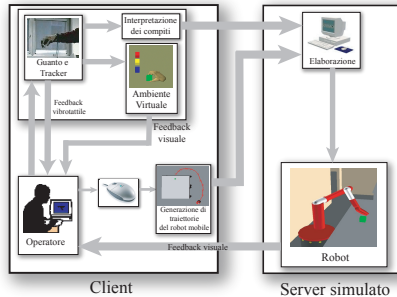
- Il Sistema è basato su una architettura Client-Server
- L'operatore dimostra il compito in un ambiente virtuale
- Il sistema riproduce le azioni in un ambiente di simulazione

Progettazione del sistema PbD



- Il Sistema è basato su una architettura Client-Server
- L'operatore dimostra il compito in un ambiente virtuale
- Il sistema riproduce le azioni in un ambiente di simulazione

Progettazione del sistema PbD



- Il Sistema è basato su una architettura Client-Server
- L'operatore dimostra il compito in un ambiente virtuale
- Il sistema riproduce le azioni in un ambiente di simulazione

Struttura del sistema PbD

Pianificazione
della traiettoria
del robot
mobile

Dimostrazione
dei compiti di
manipolazione

Interpretazione
dei compiti

Simulazione del moto della
base mobile e dei compiti di
manipolazione

Pianificazione
della traiettoria
della base
mobile

Struttura del sistema PbD

Pianificazione
della traiettoria
del robot
mobile



Dimostrazione
dei compiti di
manipolazione

Interpretazione
dei compiti

Simulazione del moto della
base mobile e dei compiti di
manipolazione

Pianificazione
della traiettoria
della base
mobile

Struttura del sistema PbD



Struttura del sistema PbD



Struttura del sistema PbD



Sommario

- 1 **Introduzione**
 - Robotica di Servizio
 - Modelli di programmazione
- 2 **Dispositivi Hardware e Software**
 - Guanto e Tracker
 - Base mobile e robot manipolatore
 - Architettura Software
- 3 **Progettazione del sistema**
 - Teleoperazione
 - Programming by Demonstration
- 4 **Risultati sperimentali**
 - Teleoperazione
 - Programming by Demonstration
- 5 **Conclusioni e Sviluppi futuri**

Risultati sperimentali - Teleoperazione

Risultati sperimentali- Programming by Demonstration

Sommario

- 1 Introduzione
 - Robotica di Servizio
 - Modelli di programmazione
- 2 Dispositivi Hardware e Software
 - Guanto e Tracker
 - Base mobile e robot manipolatore
 - Architettura Software
- 3 Progettazione del sistema
 - Teleoperazione
 - Programming by Demonstration
- 4 Risultati sperimentali
 - Teleoperazione
 - Programming by Demonstration
- 5 Conclusioni e Sviluppi futuri

Conclusioni

L'analisi dei risultati ha dimostrato l'efficacia dell'impiego di tecniche di realtà virtuale nel sistema progettato

Il sistema consente ad operatori non esperti di eseguire compiti complessi di manipolazione

Il sistema progettato supporta basi mobili, manipolatori seriali e ambienti tridimensionali arbitrari

Sviluppi futuri

Utilizzo del sistema progettato in ambito reale sia per la fase di Teleoperazione che per quella di Programming by Demonstration

Estensione dei compiti eseguibili e riconoscibili dal sistema

Integrazione di una procedura di rilevazione delle collisioni del robot con l'ambiente virtuale