



Università di Siena

Laboratori remoti ad uso didattico: generalità ed applicazioni

Marco Casini

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

Università di Siena

Email: casini@ing.unisi.it

Mediashow 2008 - Melfi - 4 Aprile 2008

Introduzione

“... as educators we must have an open attitude and that we should sensibly incorporate technological development, because otherwise we may risk teaching the students of today how to solve the problems of tomorrow with the tools from yesterday.” [S. Dormido]

- Sfruttare le innovazioni tecnologiche anche nella didattica



Laboratori

Classificazione dei laboratori

NATURA DEL SISTEMA

ACCESSO
ALLA
RISORSA

	Reale	Simulato
Locale	Lab tradizionale	Lab virtuale mono-utente
Remoto	Lab remoto	Lab virtuale multi-utente

Laboratori tradizionali

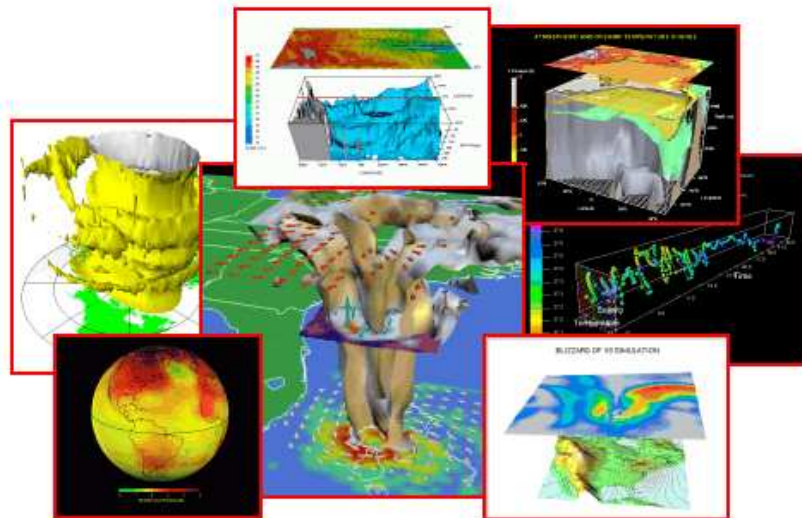
- ▲ Gli studenti interagiscono con un sistema reale.
- ▲ Possibilità di “*toccare con mano*” i dispositivi fisici.
- ▼ Laboratori troppo affollati (molti studenti, pochi esperimenti).
- ▼ Esperimenti fruibili solo durante le ore previste.



		NATURA DEL SISTEMA	
		Reale	Simulato
ACCESSO ALLA RISORSA	Locale	Lab tradizionale	Lab virtuale mono-utente
	Remoto	Lab remoto	Lab virtuale multi-utente

Laboratori virtuali mono-utente

- ▲ Accessibile 24 ore al giorno.
- ▲ Possibilità di simulare sistemi complessi/pericolosi/costosi.
- ▼ Simulazione di un sistema reale.
- ▼ Software spesso proprietario.
- ▼ Necessità di installazione su ogni PC.



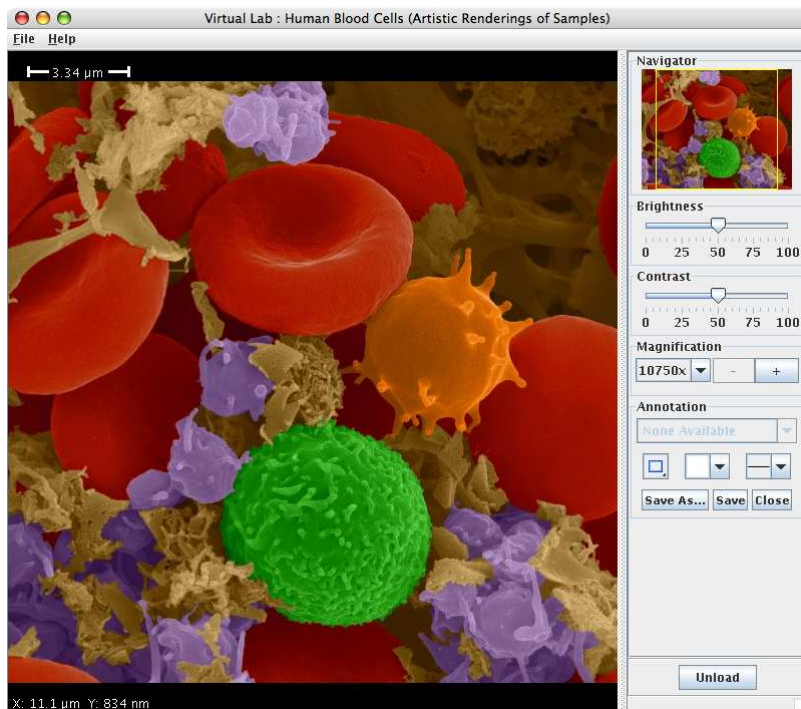
ACCESSO
ALLA
RISORSA

NATURA DEL SISTEMA

	NATURA DEL SISTEMA	
	Reale	Simulato
Locale	Lab tradizionale	Lab virtuale mono-utente
Remoto	Lab remoto	Lab virtuale multi-utente

Laboratori virtuali multi-utente

- ▲ Accessibile 24 ore al giorno da qualunque PC in rete.
- ▲ Non necessita di installazione su PC.
- ▲ Possibilità di simulare sistemi complessi/pericolosi/costosi.
- ▼ Simulazione di un sistema reale.



ACCESSO
ALLA
RISORSA

NATURA DEL SISTEMA

	Reale	Simulato
Locale	Lab tradizionale	Lab virtuale mono-utente
Remoto	Lab remoto	Lab virtuale multi-utente

Laboratori remoti

- ▲ Esperimenti su sistemi reali.
- ▲ Piena accessibilità spaziale e temporale.
- ▲ Maggiore efficienza del laboratorio.
- ▲ Didattica remota.
- ▼ Esperimenti mono-utente.
- ▼ Necessità di sistemi di sicurezza.

		NATURA DEL SISTEMA	
		Reale	Simulato
ACCESSO ALLA RISORSA	Locale	Lab tradizionale	Lab virtuale mono-utente
	Remoto	Lab remoto	Lab virtuale multi-utente

Laboratori remoti

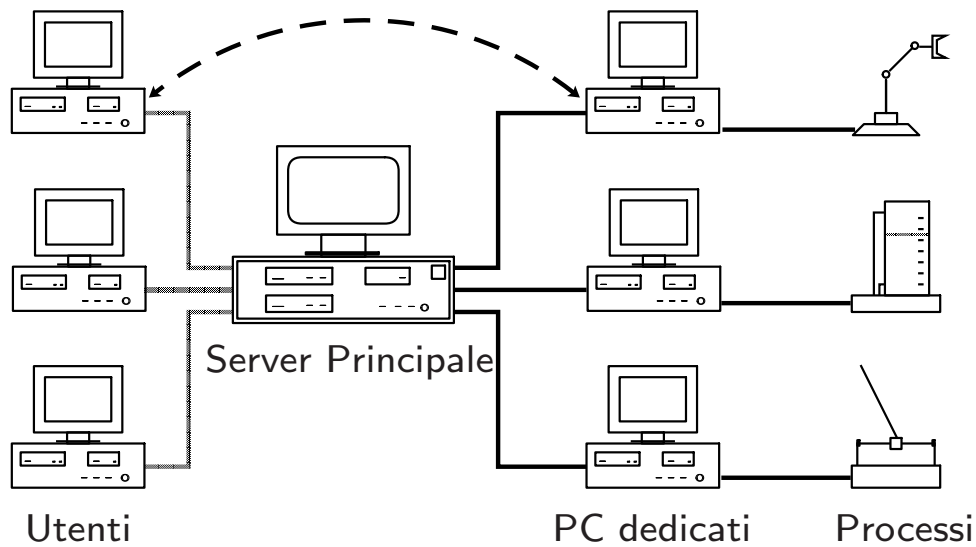
Un laboratorio remoto è un sistema hardware/software che permette ad un utente di poter interagire con **sistemi reali** da remoto.

Solitamente viene fornita una ripresa video in diretta dell'esperimento, al fine di aumentare il *senso di presenza* all'interno del laboratorio.

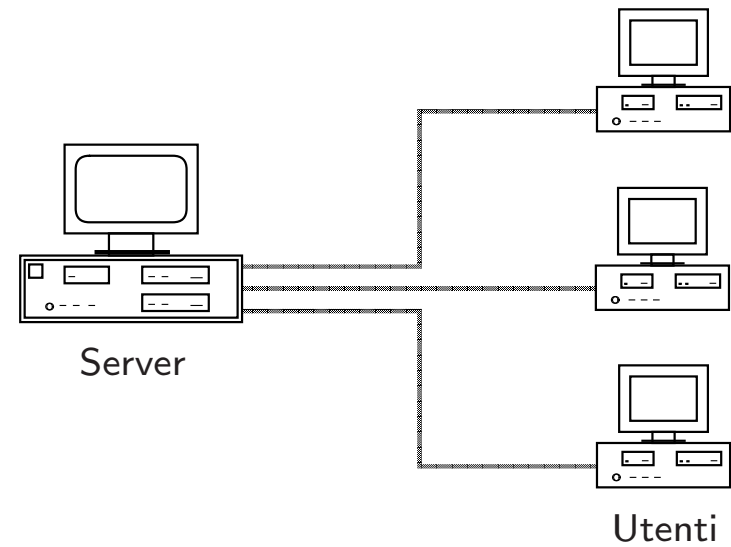
Principali settori di applicazione:

- Didattico e di Ricerca (es. *distance learning*).
- Industriale (es. controllo e monitoraggio remoto di processi industriali).
- Medico (es. diagnosi e chirurgia remota).

Architettura generale



Laboratorio Remoto



Laboratorio Virtuale
multi-utente

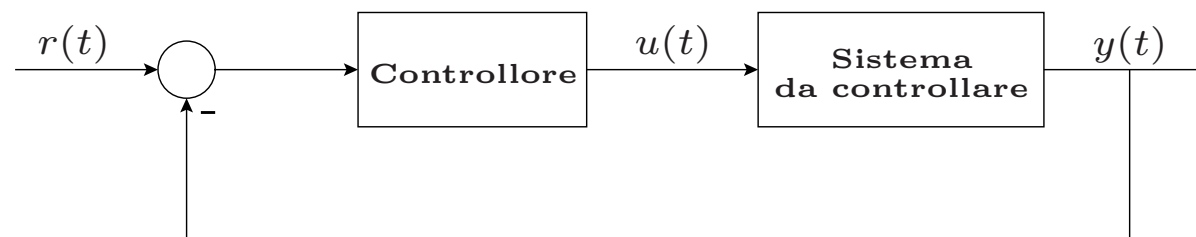
Laboratori remoti didattici

- Didattica remota (es. corsi fuori sede).
- Esercizi da svolgere a casa su sistemi di laboratorio.
- Altre forme di esercitazioni (es. competizione tra studenti).
- Tipologia dei sistemi:
 - Fisici
 - Elettronici
 - Chimici (difficile)
 - Informatici (reale o virtuale?)

Nota: i laboratori remoti non devono essere intesi in sostituzione dei laboratori tradizionali, ma come loro integrazione.

Esempio di applicazione: laboratori remoti di automatica

- Sono dei laboratori remoti orientati al progetto di sistemi di controllo automatico su sistemi fisici.
- Il sistema di controllo (controllore) si basa solitamente sul meccanismo di retroazione (*feedback*).
- Obiettivo: progettare il controllore in modo che l'uscita $y(t)$ “insegua” il più fedelmente possibile il segnale di riferimento $r(t)$.



Nel seguito faremo riferimento a questo tipo di laboratori.

Fasi operative

- Scelta del processo su cui effettuare l'esperimento.
- Selezione della legge di controllo (o progetto di un proprio controllore) da utilizzare durante l'esperimento.
- Scelta del riferimento e modifica dei parametri durante lo svolgimento dell'esperimento.
- Osservazione dell'andamento del processo attraverso opportuni grafici e video in diretta.
- Download dei dati dell'esperimento → analisi fuori linea.

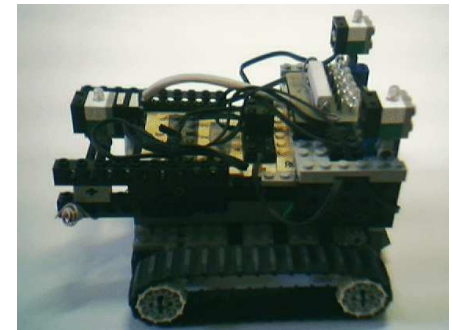
L'Automatic Control Telelab (<http://act.dii.unisi.it>)

- L'Automatic Control Telelab (ACT) è un laboratorio remoto di automatica sviluppato presso l'Università di Siena con lo scopo principale di creare un ambiente didattico che permettesse agli studenti di ingegneria di interagire con dei processi fisici attraverso Internet.
- L'ACT consente di progettare dei controllori personalizzati attraverso Matlab/Simulink e di utilizzarli per il controllo dei processi remoti.
- L'ACT è accessibile 24 ore al giorno da qualunque computer collegato ad Internet.

Esperimenti disponibili

Attualmente, sono disponibili per il controllo remoto i seguenti processi:

- Motore CC per il controllo di posizione e velocità. (Lineare - Stabile)
- Controllo di livello e di portata di un serbatoio. (Nonlineare - Stabile)
- Sistema di levitazione magnetica. (Nonlineare - Instabile)
- Simulatore di elicottero. (Nonlineare - Instabile - MIMO)
- Robot mobile (Lego Mindstorms). (Robotica mobile)



Caratteristiche principali dell'ACT

- Possibilità di scegliere un controllore predefinito o progettare uno personalizzato in modo semplice tramite un *modello Simulink*.
- Interfaccia grafica *user-friendly*, che consente ad un utente di interagire con l'esperimento in modo semplice e immediato.
- Non è richiesta l'installazione di software particolare. E' sufficiente un comune browser di navigazione e, nel caso di controllori progettati in remoto, il pacchetto Matlab/Simulink.
- Possibilità di modificare in linea il riferimento e i parametri del controllore.
- Visualizzazione in linea dei segnali tipici dell'esperimento e del video in diretta.
- Facilità di aggiungere nuovi processi per il controllo remoto.

Descrizione di una sessione tipica

Durante una tipica sessione, l'utente può effettuare le seguenti operazioni:

- Scegliere l'esperimento da effettuare.
- Scegliere il controllore da usare (in un insieme di controllori predefiniti) o progettarne uno personalizzato.
- Verificare il comportamento del controllore simulando l'esperimento attraverso un modello Simulink fornito.
- Avviare l'esperimento remoto.
- Durante l'esperimento, modificare il riferimento e cambiare alcuni parametri del controllore (*tuning*).
- Osservare i segnali dell'esperimento (riferimento, ingresso, uscita) e il video in diretta del processo.
- Fermare l'esperimento e scaricare i dati per effettuare analisi *off-line*.

La “Control Type Interface”

Una volta selezionato l’esperimento, questa interfaccia consente ad un utente di scegliere un controllore predefinito o di progettare uno personalizzato.

Position Control
Control of the angle of a DC motor.

Personal Data

Name	Country	Email
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Predefined Controllers

Download Model	P.I.D. Controller	Run Experiment
--------------------------------	-------------------	--------------------------------

User-defined Controller

?	Controller Model	<input type="text"/>	<input type="button" value="Sfoglia..."/>
?	Controller Data	<input type="text"/>	<input type="button" value="Sfoglia..."/>
?	Sample Time (msec)	<input type="text"/>	Range=[10,100]
?	Download Template	Send Controller	
?	Download Simulator		

La “Experiment Interface”

Mediante questa interfaccia l'utente può interagire con l'esperimento, modificando il riferimento ed i parametri del controllore.

The screenshot displays the "Magnetic Levitation" experiment interface, which includes a central video feed of the levitating ball and several control and monitoring windows.

Magnetic Levitation - P.I.D. Controller

Automatic Control Telelab
 Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
 Università degli Studi di Siena

ACT - Reference Panel

Reference Panel
 Reference [0.5, 2.5]
 Sinusoidal Wave
 1.0 0.1 1.5
 Amplitude Frequency Center
 Update Reference

ACT - Controller Parameters

Parameters Panel
 Proportional Coefficient -3.0
 Value
 Update Parameters

ACT Graph - Command

Command
 Volt
 5
4
3
2
1
0
 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150
 Second
 136 Time 1.3548 Input

ACT Graph - Position

Position
 cm
 3
2
1
0
 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150
 Second
 136 Time 0.9122 Reference 1.0485 Output -0.136 Error

Command panel: Start Experiment, End Session, Quit

Parameters Panel: Show Panel

Reference Panel: Show Panel

Graphics Panel: Command, Position

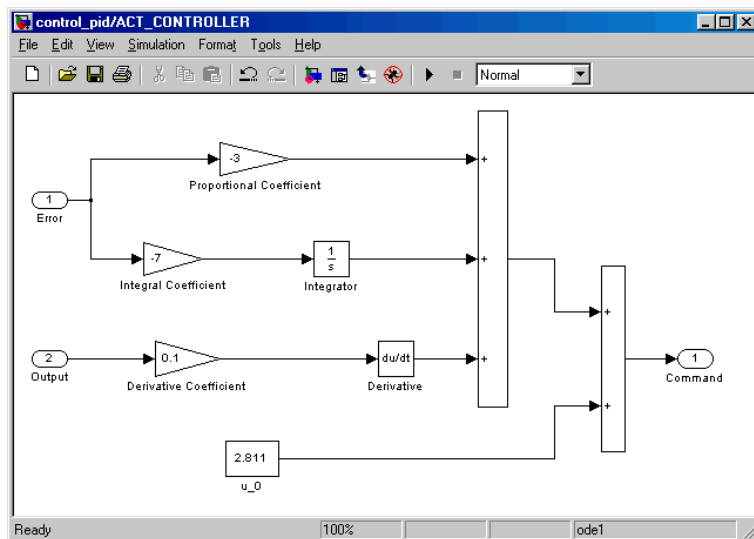
Competizione tra studenti (1/4)

Una sessione di competizione inizia definendo i requisiti che un sistema di controllo dovrà soddisfare.

- Gli studenti (in gruppi) competono per realizzare il miglior controllore per un dato esperimento remoto.
- Le prestazioni di un sistema di controllo vengono automaticamente calcolate, e ad ogni controllore viene assegnato un punteggio ed inserito in classifica.
- Esperienza coinvolgente per gli studenti.

Competizione tra studenti (2/4)

Gli studenti progettano e spediscono al server i propri controllori, che saranno testati per la competizione.



Magnetic Levitation

Control of a magnetic levitation system.

Competition on Overshoot and Settling Time

?	Controller Name	<input type="text" value="P.I.D. Controller"/>
?	Controller Description	<input type="text" value="P.I.D. Controller based on the linearized model around y=5."/>
?	Controller Model	<input type="text" value="C:\act\control_pid.mdl"/> <input type="button" value="Sfoglia..."/>
?	Controller Data	<input type="text"/> <input type="button" value="Sfoglia..."/>
?	Sample Time (msec)	<input type="text" value="1"/>
<input type="button" value="Run Experiment"/>		

Competizione tra studenti (3/4)

Un'interfaccia permette di avviare l'esperimento. In questo caso non sarà possibile modificare alcun parametro durante l'esecuzione.

Magnetic Levitation

Competition on Overshoot and Settling Time

Command panel

Start Experiment
End Session
Quit

Command

Volt

Second

18
Time
1.221
Input

Position

Cm

Second

18
Time
4.5
Reference
4.494
Output
-0.001
Error

Stop Camera

Automatic Control Telelab

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione


Università degli Studi di Siena

Competizione tra studenti (4/4)

L'ACT calcola automaticamente gli indici di prestazione ed assegna un punteggio al controllore.

Magnetic Levitation

Control of a magnetic levitation system.



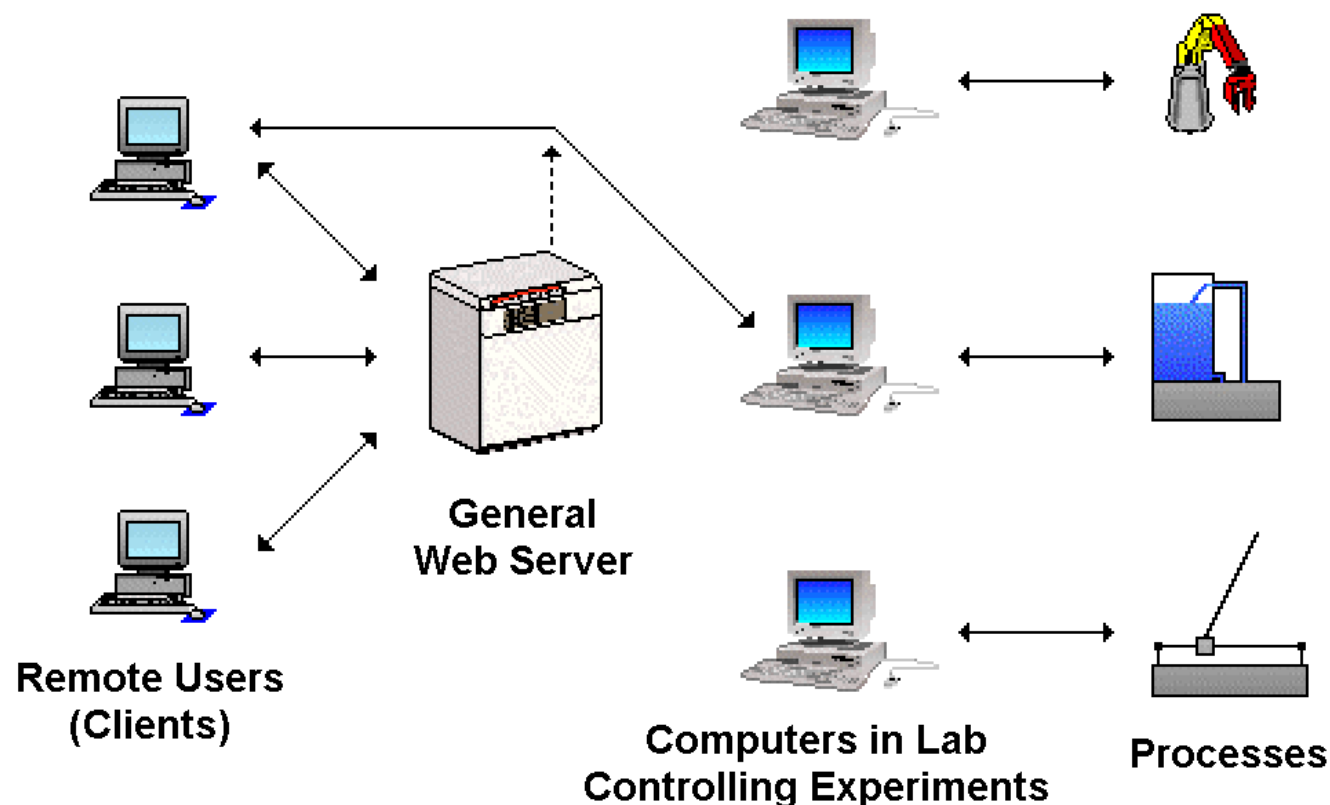
Competition on Overshoot and Settling Time

Overall = Settling Time + (5 * Overshoot)

Rank	Controller	Overall	Settling Time	Overshoot	
1	Nonlinear Controller	1.127	0.392	0.147	Show
2	PID Controller	1.253	0.548	0.141	Show
3	P.I.D. Controller	1.321	0.601	0.144	Show
4	Lead-Leg Compensator	1.412	0.657	0.151	Show
5	PID Controller	1.789	0.874	0.183	Show

Architettura dell'ACT (1/4)

Gli utenti si connettono ad un server principale il quale li reindirizza ai computers che controllano l'esperimento. Ogni processo ha un pc dedicato.



Architettura dell'ACT (2/4)

Caratteristiche software dell'ACT:

- Server: S.O. Linux (Knoppix) / Windows

- Ambiente Matlab/Simulink



Strumento Standard nell'ambito dell'Automatica

- Programmazione lato Client → Java applets

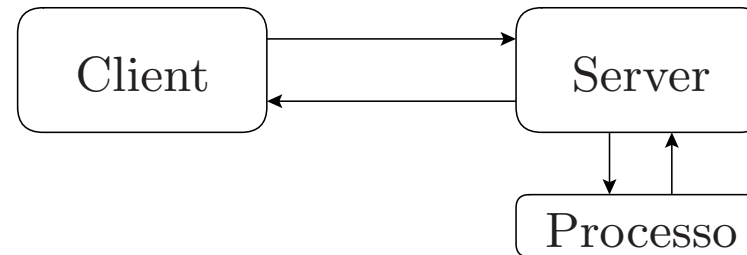


Indipendenza dalla Piattaforma

- Programmazione lato Server → PHP

Architettura dell'ACT (3/4)

Comunicazione Client-Server



⇒ *start e stop*

⇒ modifica parametri del controllore e riferimenti

⇐ dati per l'interfaccia grafica

⇐ segnali del processo (riferimenti, ingressi ed uscite)

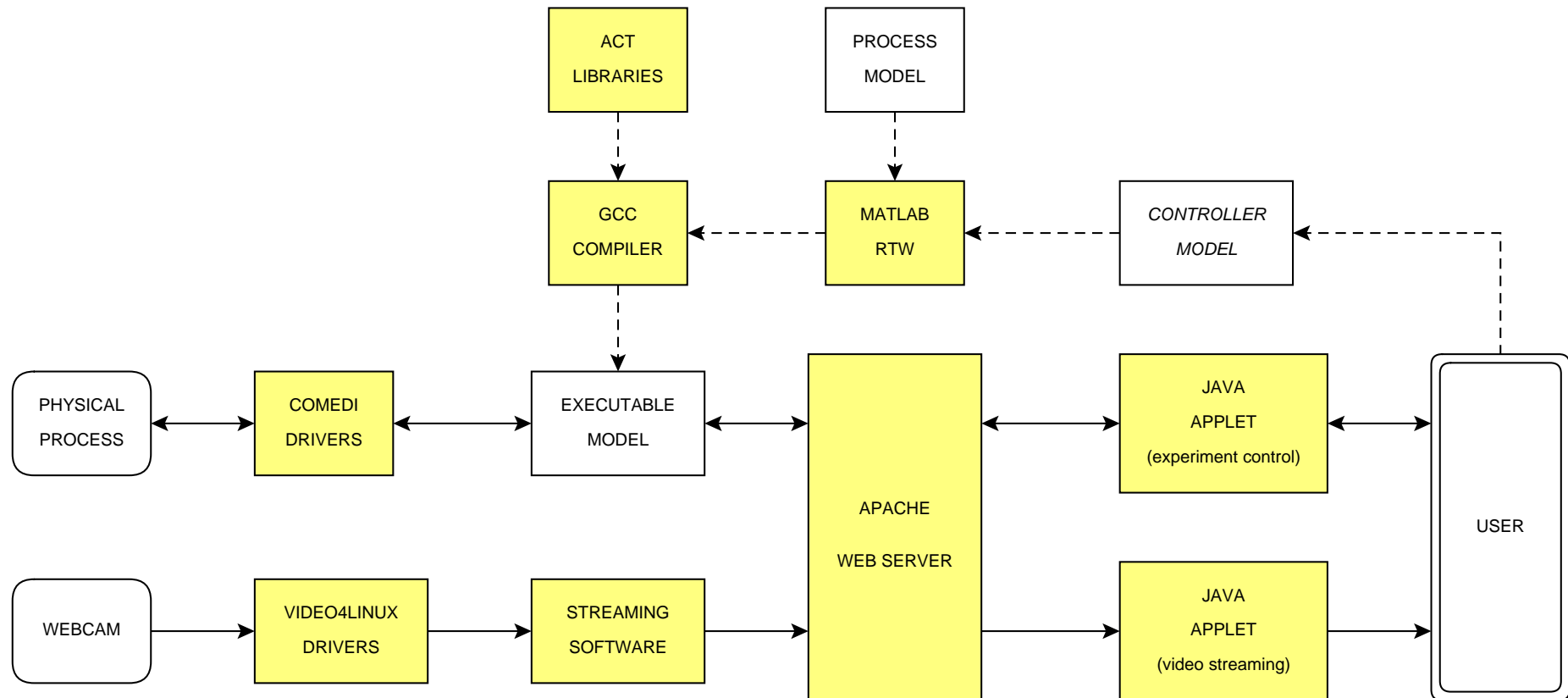
⇐ ACK (Acknowledge) per i dati client

⇐ dati per il video in diretta (webcam)

⇓ ingressi agli attuatori

⇑ uscite dai sensori

Architettura dell'ACT (4/4)



Conclusioni

Laboratori remoti:

- Didattica ed esercitazioni remote.
- Piena accessibilità spaziale e temporale.
- Maggiore efficienza delle risorse di laboratorio.

⇒ possibile strumento da affiancare ai laboratori tradizionali.