



Prezentare FREESCALE
ROMANIA 12 August 2009



Control Tolerant la Defecte pentru Roboți Mobili

Aplicație de conducere în timp real cu capacitate de tolerare a defectelor pentru un robot mobil diferențial

Cristian AXENIE

Specializarea : Automatică și
Informatică Aplicată
Grupa 2242A
Promoția 2005-2009

**Coordonator : S.I.Dr.Ing
Alexandru STANCU**

Departament : Automatică și
Informatică Industrială



Prezentare FREESCALE
ROMANIA 12 August 2009



Cuprins :

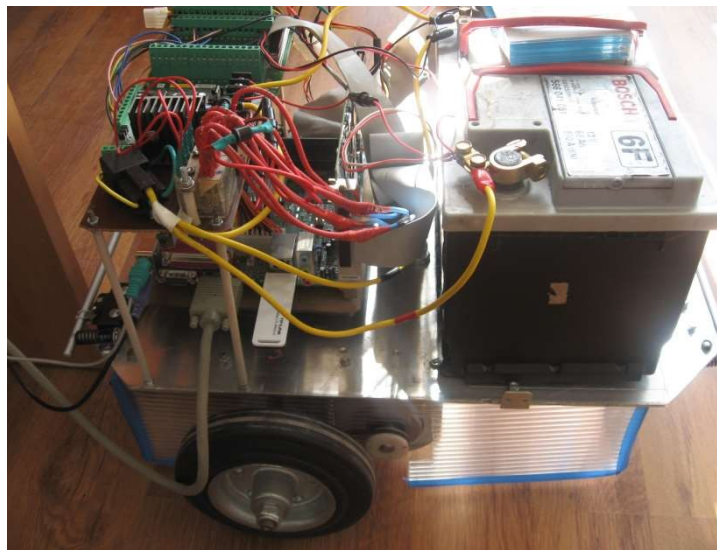
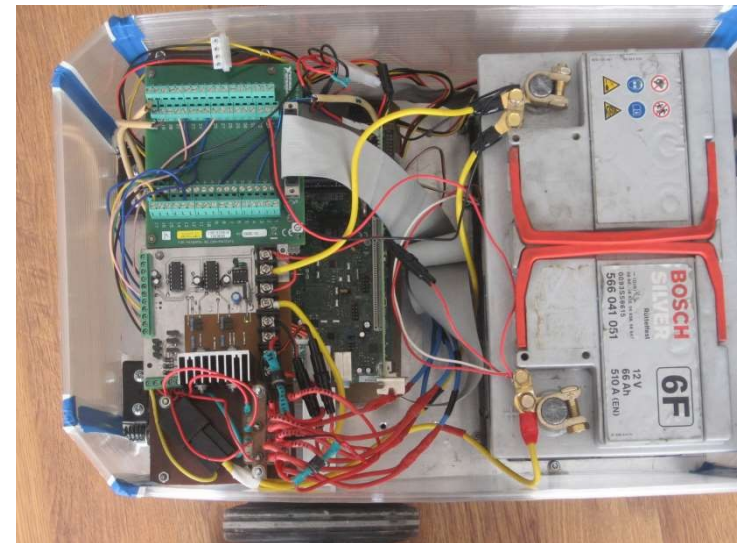
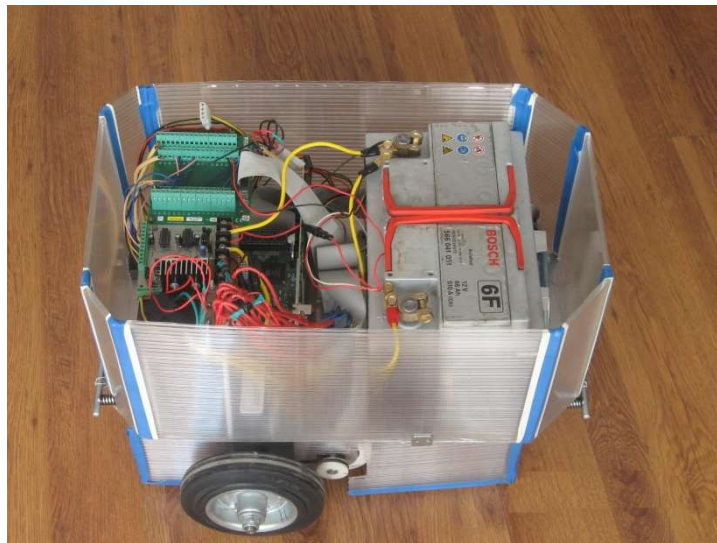
- Structura și caracteristicile sistemului robotic dezvoltat
- Nivelurile aplicației de control dezvoltate și instrumente specifice
 - Taskul de control în timp real utilizând un controller Sliding Mode
 - Taskul de monitorizare și diagnoză utilizând un banc de filtre EKF
- Analiza rezultatelor, concluzii și direcții viitoare de studiu



Prezentare FREESCALE
ROMANIA 12 August 2009



Structura și caracteristicile sistemului robotic dezvoltat



Structura minimală de robot mobil diferențial cu două roți motoare și o roată directoare de tip castor

- **Senzori** : 2 encodere incrementale (500PPR), bumpere frontal și posterior, senzori curent pentru monitorizare motoare,
- **Actuatori** : 2 MCC cu reductor, driver de putere punte H,
- **Modul comunicație** : adaptor USB wireless Ralink RT73.



Structura și caracteristicile sistemului robotic dezvoltat

Unitate de procesare :

1. Linux kernel 2.6.24 + Xenomai patch = Linux-Xenomai RTOS pe o mașină PowerPC MPC8315E și o placă de achiziție date PCI NI-6024E
 - utilizarea ELDK ca sistem de build
 - utilizarea patchurilor specifice FSL din pachetul BSP
 - testarea și portarea API ului Comedi parțial pe noul RTOS
 - crearea root FS pe USB Flash
 - WORK IN PROGRESS ☹
2. Linux kernel 2.4.24 + RTAI patch = Linux-RTAI RTOS pe o mașină Intel Celeron și o placă de achiziție date PCI NI-6024E (varianta curentă de pe robot).

Prezentare FREESCALE
ROMANIA 12 August 2009

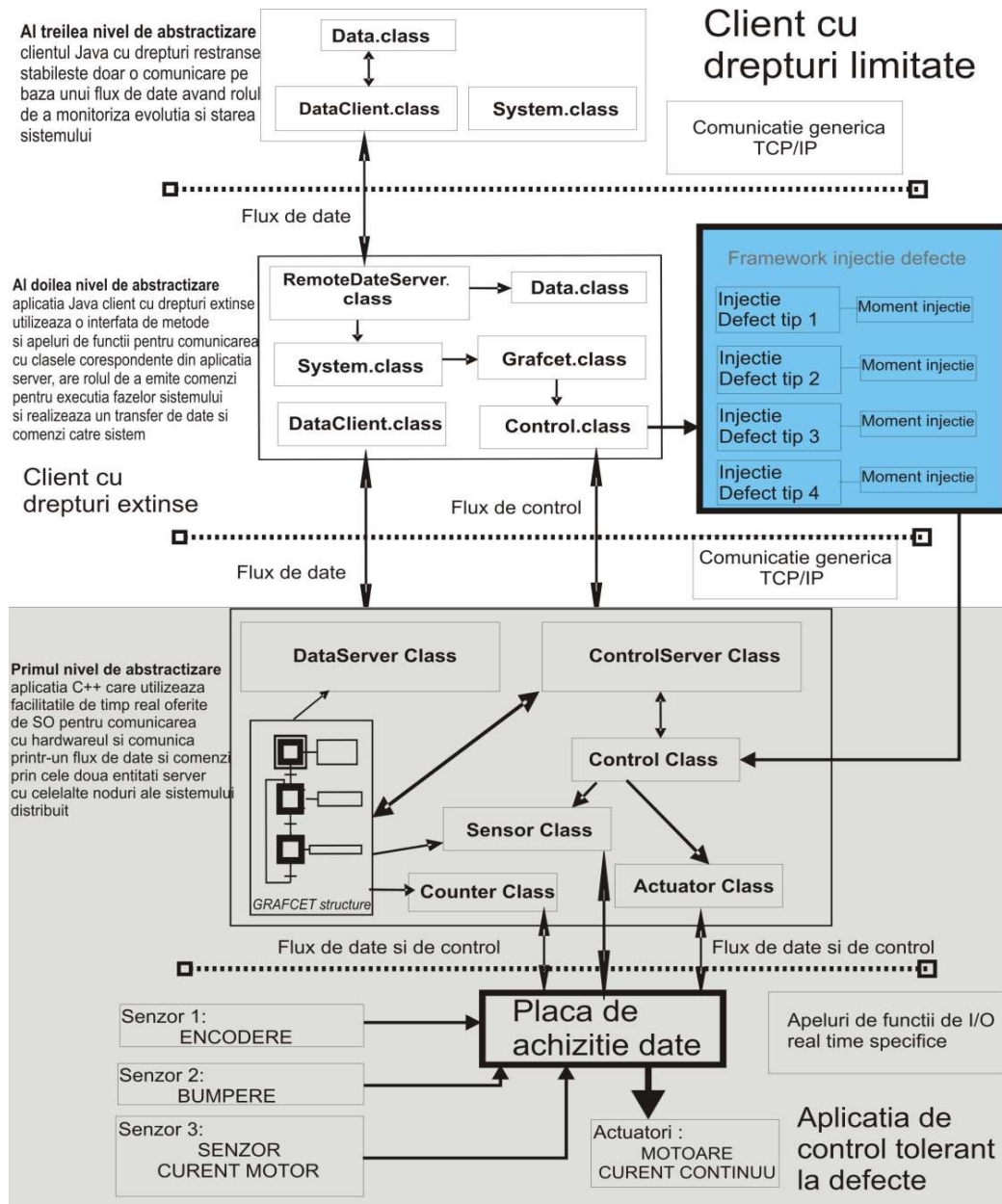




Prezentare FREESCALE
ROMANIA 12 August 2009



Nivelurile aplicației de control dezvoltate și instrumente specifice





Prezentare FREESCALE
ROMANIA 12 August 2009



Nivelurile aplicației de control dezvoltate și instrumente specifice

Nivelul de bază :

- Integrarea **capacităților real time** : **Linux, RTAI, ADEOS** cu o interfață API bogată ,
- Interfață de realizare **real time a operațiilor I/O** oferită de driverele **COMEDI**,
- Proiectarea **C/C++**, ce oferă **extensibilitate**.

Nivelul median:

- Implementarea taskului de **control în timp real** utilizând un controller **Sliding Mode**,
- Implementarea taskului de **monitorizare și diagnoză** utilizând un banc de **filtre Kalman extinse**,
- Asigurarea mecanismelor de **execuție serială/paralelă** a celor două taskuri la nivelul aplicației utilizând **GRAFCET (Standard industrial IEC 60848)**.
- Implementarea unui **framework de injecție a defectelor**

Nivelul superior:

- Interfață de **comunicație wireless** între nodurile sistemului distribuit utilizând un **server de date** și un **server de control**

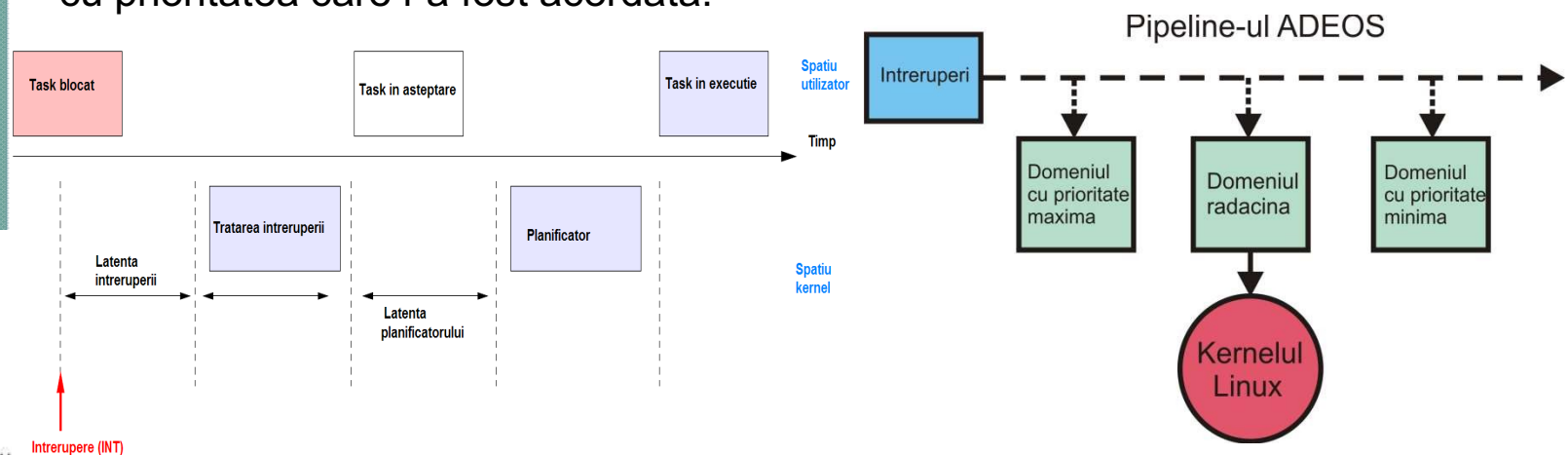


Prezentare FREESCALE
ROMANIA 12 August 2009

Nivelurile aplicației de control dezvoltate și instrumente specifice

Detalii privind implementarea suportului pentru hard real time pe masina embedded : **Componenta ADEOS**

- RTAI e o abordare de tip dual-kernel sau co-nucleu,
- adăugarea unui nucleu de timp real distribuției Linux existente fără a-i altera funcționalitatea,
- micro-nucleul de timp real se inserează între Linux și hardware, are un planificator separat și nu depinde de secțiunile critice al Linux,
- ADEOS care permite partajarea resurselor hardware între mai multe sisteme de operare concurente,
- Rolul minimal al unui domeniu este de a concura pentru a procesa evenimentele exterioare (întreruperi) sau cele interne (excepții) în concordanță cu prioritatea care i-a fost acordată.





Nivelurile aplicației de control dezvoltate și instrumente specifice

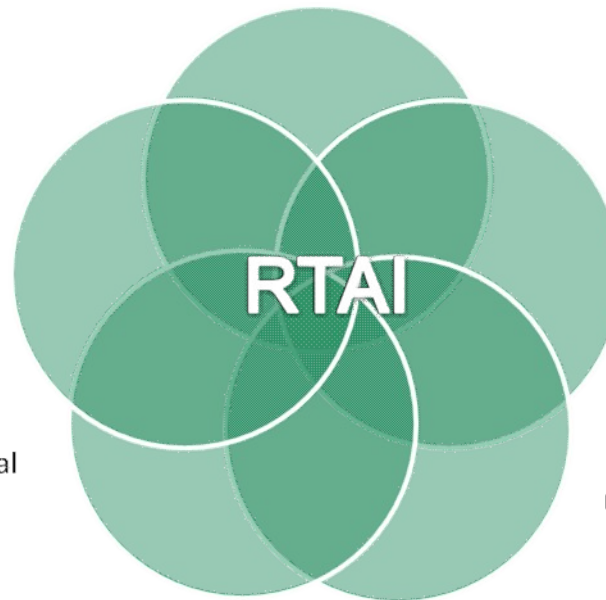
Detalii privind implementarea suportului pentru hard real time pe masina embedded : **Componenta RTAI**

RTAI are 5 componente

nivelul HAL care oferă o interfață pentru accesul la hardware și care redă suportul funcțional pentru Linux cu capacități hard real time

pachete de funcționalitate extinsă , care cuprind drivere, interfețe de programare pentru diverse dispozitive (ex.: COMEDI)

nivelul de compatibilitate Linux care oferă o interfață către sistemul de operare Linux, integrarea RTAI in managementul taskurilor Linux



API pentru soft și hard real time în spațiul utilizator (LX/RT) pentru a oferi o funcționalitate similară apelurilor de funcții din spațiul kernel și din spațiul utilizator și un IPC simetric pentru cele două moduri

nucleul de operare în timp real care introduce funcționalitatea hard real time pentru planificarea taskurilor, tratarea întreruperilor și securitate



Prezentare FREESCALE
ROMANIA 12 August 2009

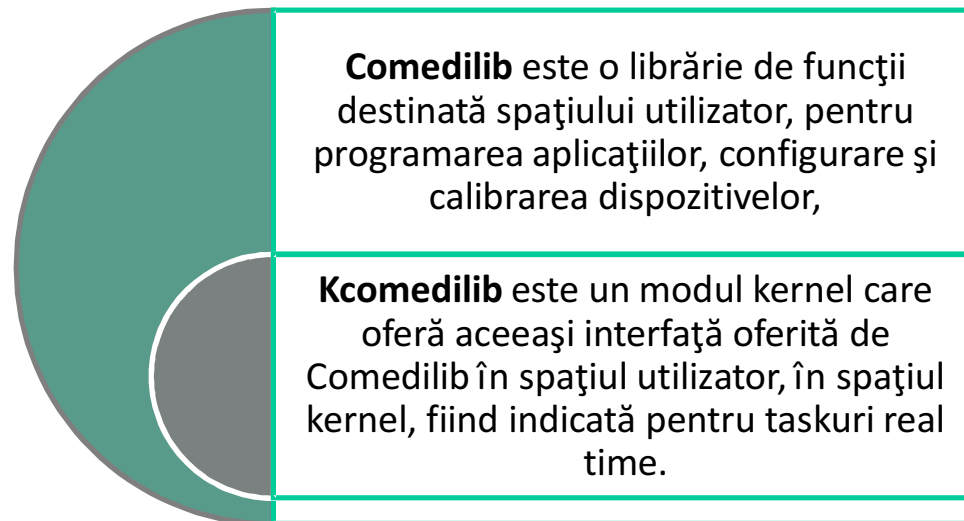


Nivelurile aplicației de control dezvoltate și instrumente specifice

Detalii privind implementarea suportului pentru hard real time pe masina embedded : **Componenta COMEDI**

- proiect open-source orientat pe dezvoltarea de drivere,
- instrumente și librării care să ofere suportul pentru diferite plăci de achiziție și sisteme de achiziție de date pentru efectuarea de operații I/O cu semnale analogice sau digitale, generare și măsurare de frecvențe, numărare impulsuri .

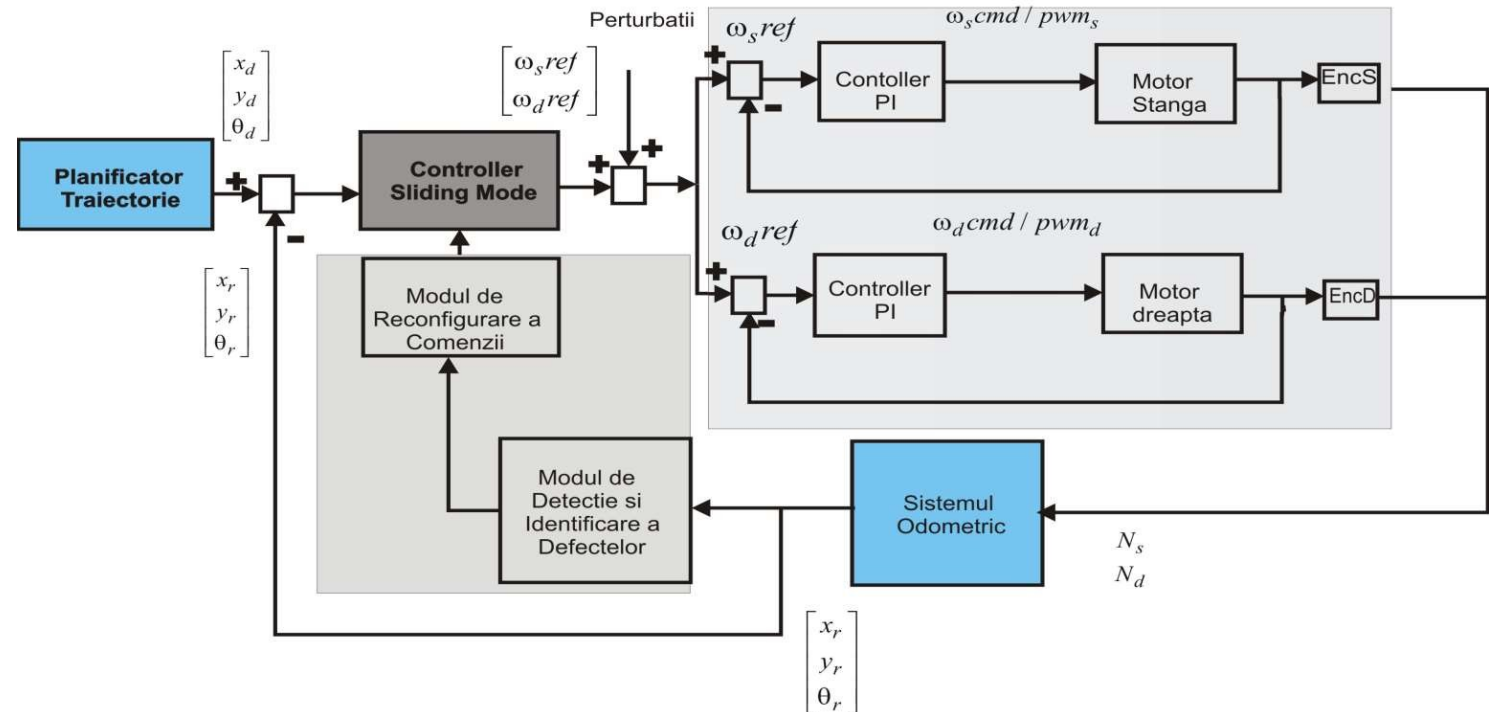
COMEDI are 2 componente





Prezentare FREESCALE
ROMANIA 12 August 2009

Taskul de control în timp real



Schemă de conducere în cascadă:

- **2 bucle interne** cu controllere **PI** pentru cele 2 **MCC**,
- **controller Sliding Mode** bazat pe **modelul cinematic** pentru controlul robotului în regim **trajectory tracking**,

Caracteristici:

- **Perioada eşantionare** : 50 ms (bucle interne), 200ms (bucla externă),
- **Feedback** : **sistemul odometric** ce oferă informații despre poziția robotului.



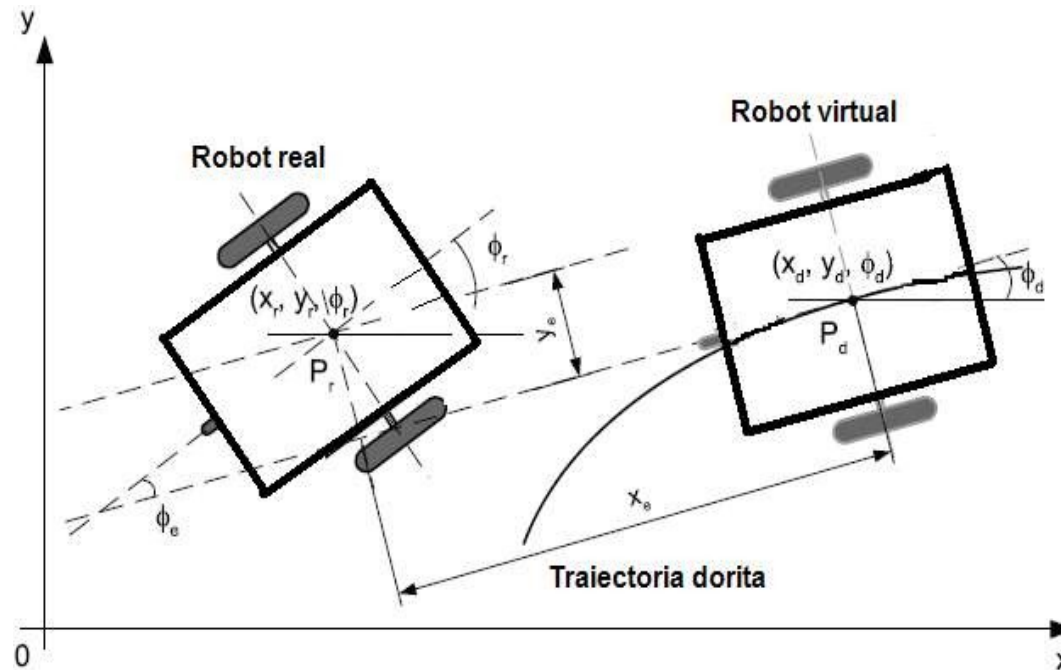


Prezentare FREESCALE
ROMANIA 12 August 2009

Taskul de control în timp real

Sinteza controllerului Sliding Mode. Formalism / Particularizare.

- Formal, obiectivul principal este ca vectorul de stare X_r al robotului să urmărească vectorul de stare variabil X_d (al robotului virtual) în prezența incertitudinilor de model,
- Urmărirea traiectoriei impuse ca referință în operarea regim trajectory tracking și asigurarea convergenței erorilor în prezența perturbațiilor și incertitudinilor și menținerea chatteringului în limite rezonabile.

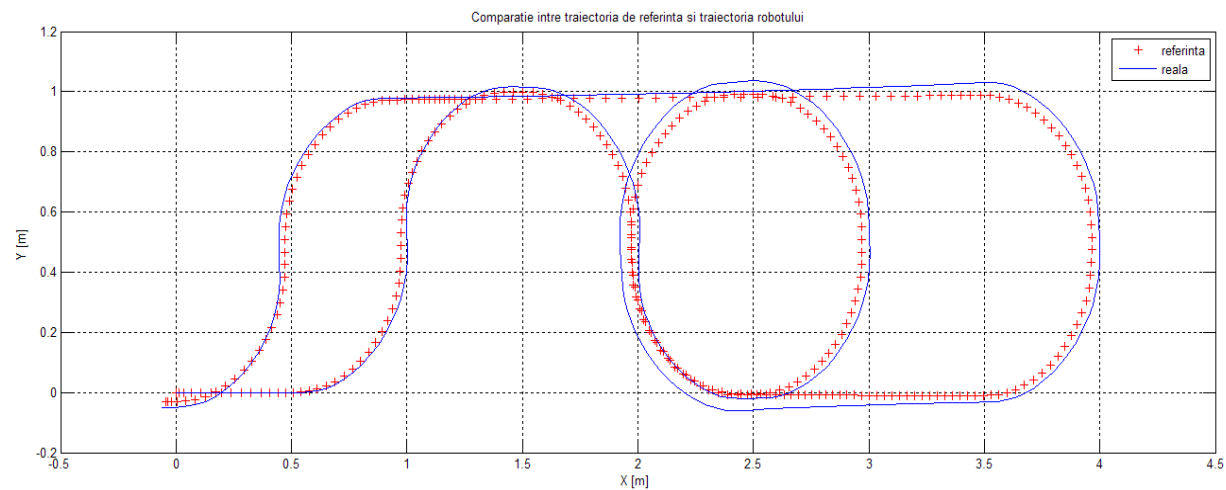
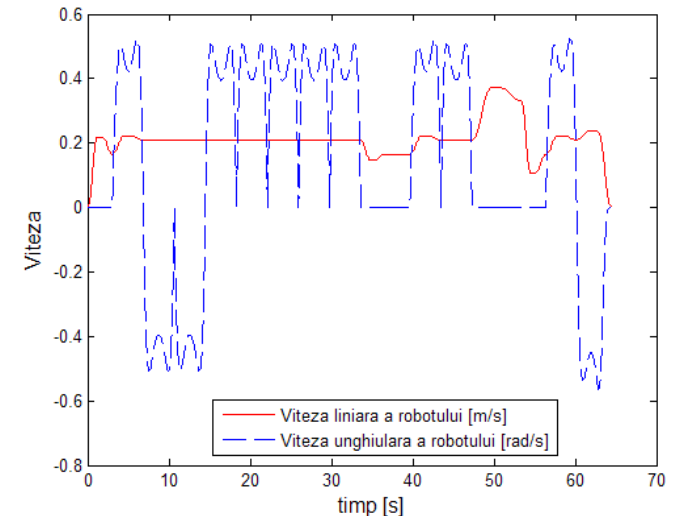
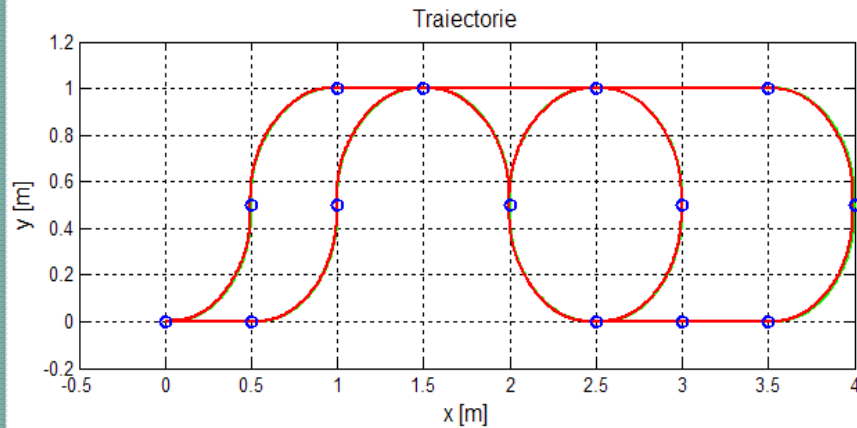




Taskul de control în timp real

Analiza operării în buclă închisă pentru traiectoria aleasă pentru demo

Prezentare FREESCALE
ROMANIA 12 August 2009





Prezentare FREESCALE
ROMANIA 12 August 2009



Taskul de monitorizare și diagnoză utilizând un banc de filtre EKF

Descrierea metodei:

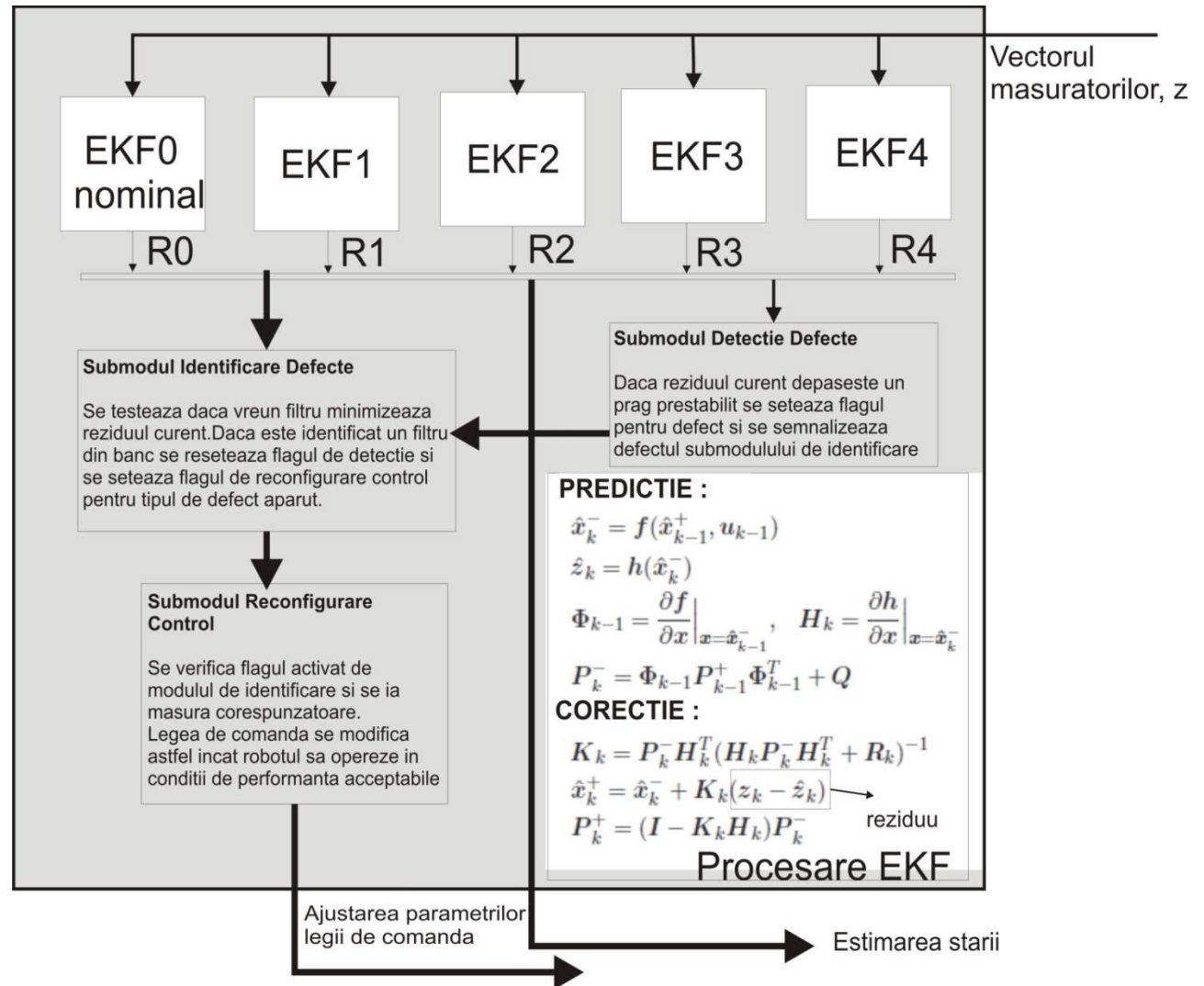
- Implementarea unui **framework de injecție a defectelor** interactiv,
- **Structura cu 5EKF** care încorporează o **copie a modelului cinematic** al robotului dar cu parametri diferiți,
- **Calculul continuu al reziduurilor** și verificarea depășirii pragurilor (**thresholding**),
- **FDI bazată pe redundanță analitică**,
- **Benchmark curent cu 2 tipuri de defecte (variații ale parametrilor)** : până la una din roți și denivelare periodică a unei roți,
- **Suport pentru mecanisme de reconfigurare a controlului** în funcție de defectul apărut.



Taskul de monitorizare și diagnoză utilizând un banc de filtre EKF

Modulul de detecție și identificare a defectelor și reconfigurare a controlului

Prezentare FREESCALE
ROMANIA 12 August 2009



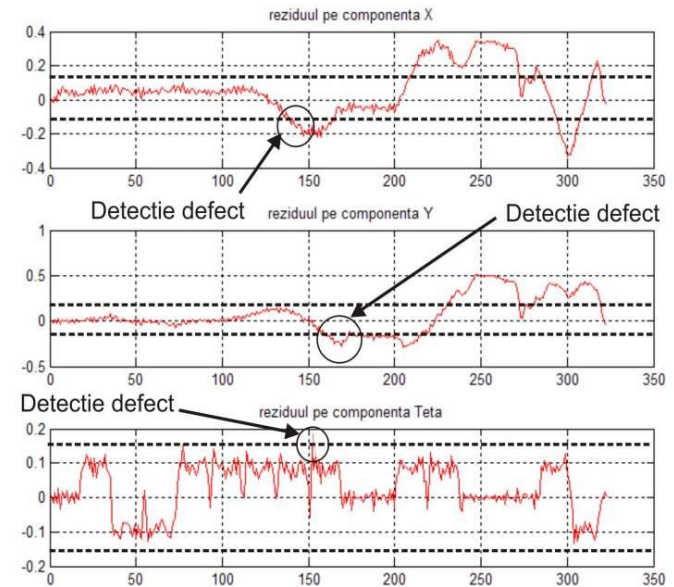
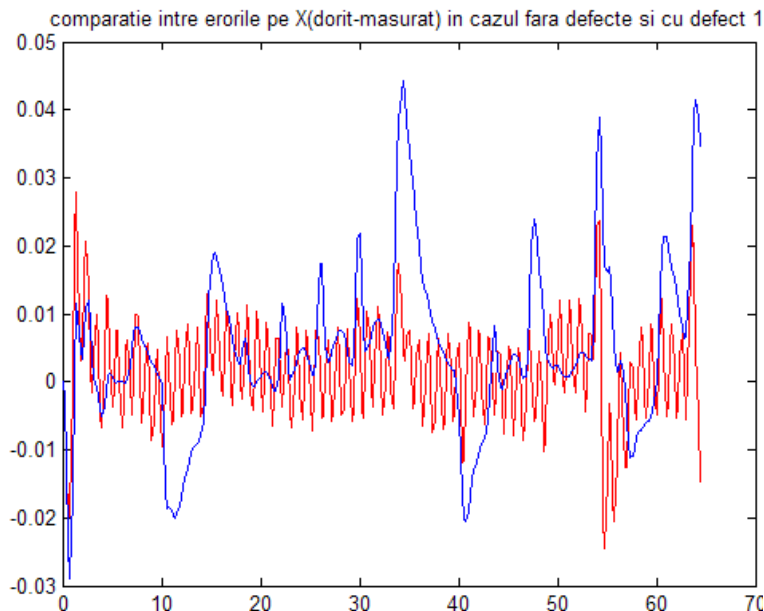


Prezentare FREESCALE
ROMANIA 12 August 2009

Rezultate

EKF pentru detecția defectelor

- Un defect este detectat în momentul în care reziduul curent depășește un anumit prag (offset),
- O comparație între eroarea pe componenta X în cazul fără defecte și cu defect,



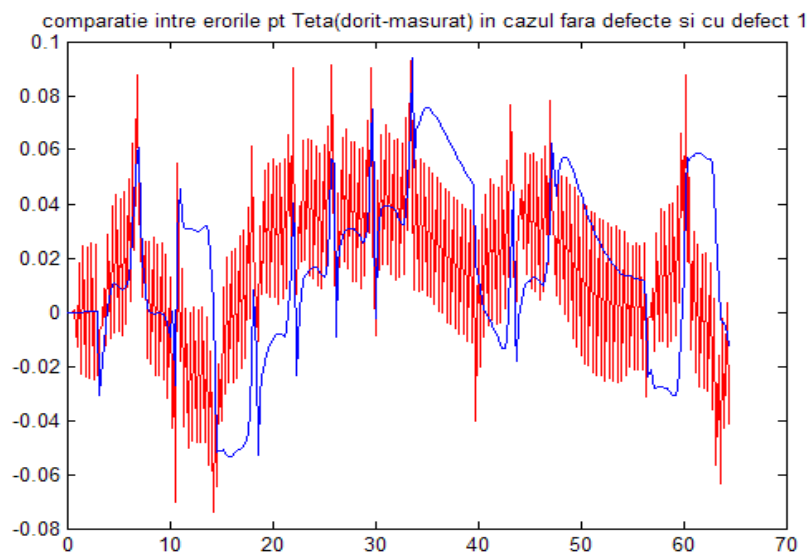
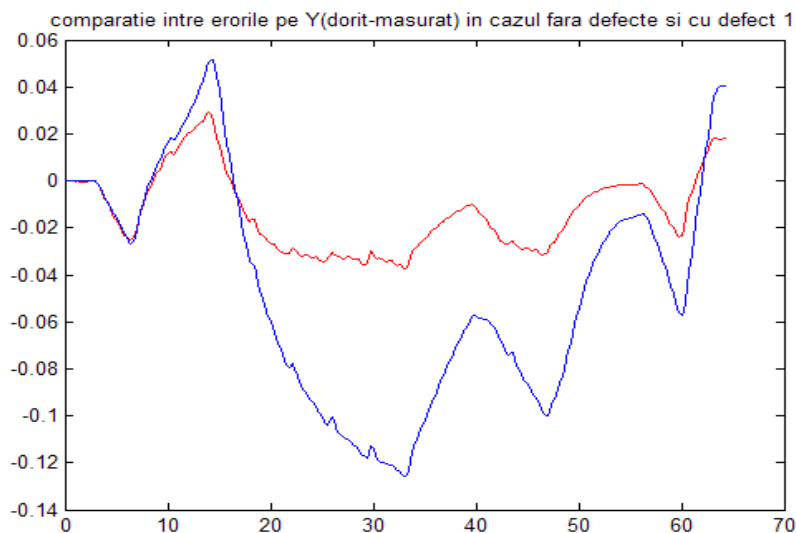


Prezentare FREESCALE
ROMANIA 12 August 2009



Rezultate

O comparație între eroarea pe componenta Y și Teta în cazul fără defecte și cu defect,



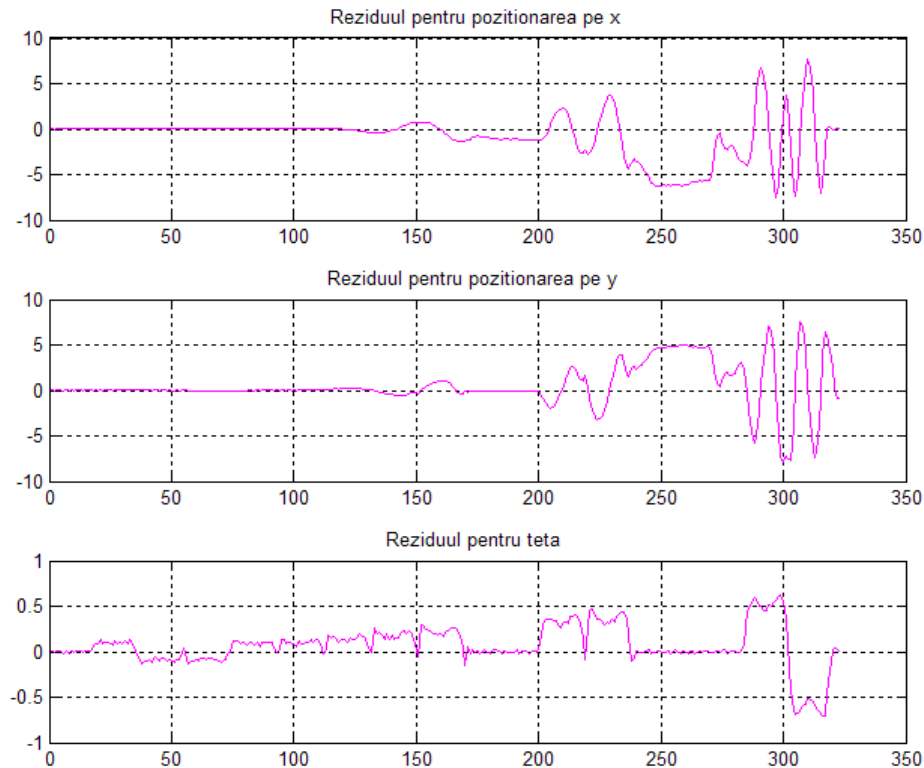


Prezentare FREESCALE
ROMANIA 12 August 2009

Rezultate

EKF pentru identificarea defectelor, context

- Pentru a observa mai bine cum se realizează identificarea se redau valorile reziduului emis de filtrul nominal la apariția unui defect, ex: denivelare periodică roata dreapta la eșantionul 100 (filtrul 3 va avea reziduul minim),





Prezentare FREESCALE
ROMANIA 12 August 2009

Concluzii

Utilizarea **EKF** și **SM** pentru control tolerant la defecte :

- 😊 utilizarea unui control robust capabil să asigure performanțe bune în regimul de operare trajectory tracking a robotului
 - 😊 operare în prezența perturbațiilor și incertitudinilor (alunecări, suprafețe denivelate),
 - 😊 asigurarea unui anumit grad de tolerare a defectelor (pentru amplitudini mici) la nivelul controlului,
 - 😊 detecție și identificare relativ simplă a defectelor manifestate prin variația parametrilor sistemului prin analiza reziduurilor
 - 😊 sinteza relativ ușoară a modului de diagnoză care s-a dovedit a fi robust
-
- ☹ efort sporit la determinarea (experimentală) a parametrilor controllerului SM
 - ☹ limitarea perioadei de eșantionare globale datorită rezoluției mici a encoderelor
 - ☹ efort computațional sporit la calculul concurent al taskurilor de control și diagnoză datorită operațiilor cu matrici în doar 200ms
 - ☹ probleme determinate de nepotriviri ale actuatorilor (MCC cu timpi de răspuns diferiți)





Prezentare FREESCALE
ROMANIA 12 August 2009



Direcții viitoare de studiu

- Dezvoltarea unui **benchmark** de defecte nou pentru **defecte în senzori și actuatori** și **metode noi de reconfigurare** a controlului,
- **Extinderea rețelei de senzori** a robotului pentru a suporta mecanisme de fuziune a senzorilor,
- Dezvoltarea unei **metode** cu caracter general de **acordare a parametrilor controllerului SM**,
- Dezvoltarea unui **controller SM** bazat pe **modelul dinamic** al robotului mobil,
- Studiul **efectelor frecărilor** roților robotului la **operarea în spațiu închis pe suprafețe diverse** (problematic!).



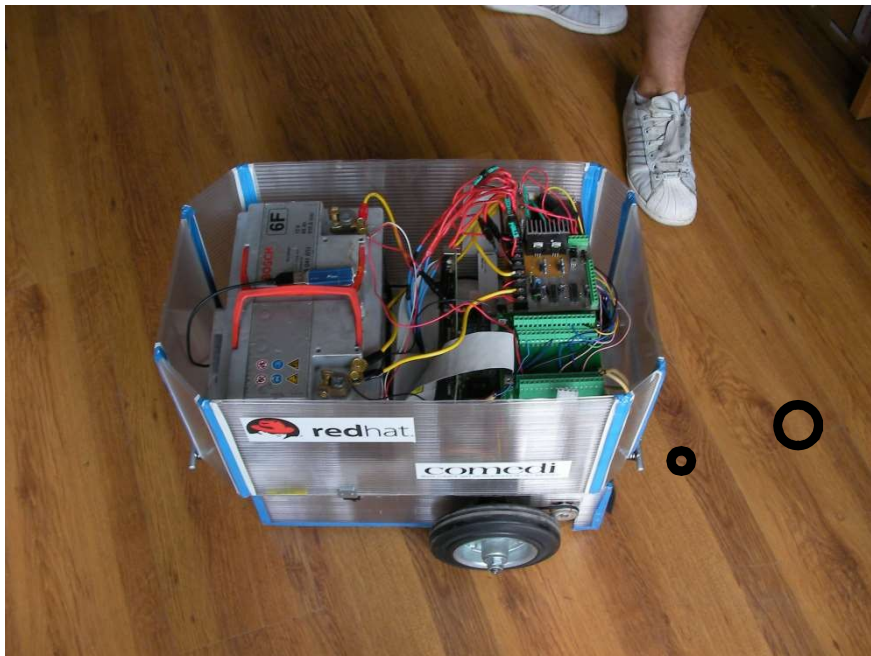
Prezentare FREESCALE ROMANIA

12 August 2009



Va mulțumesc pentru atenție!

Cei prezenți sunt invitați în continuare la o demonstrație!





Prezentare FREESCALE ROMANIA

12 August 2009



freescale™

Distributed robot client for monitoring and supervision

System Execution Manual Execution **Application Configuration**

System File

[Adress Archive]

Connection with the C++/RTAI server:

Adress Port