



Projekträger
Forschungszentrum
Karlsruhe (PTKA)



Plug & Play Antriebs- und Steuerungskonzepte für die Produktion von morgen

Gerhard Grunwald
Institut für Robotik und Mechatronik



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Institut für Robotik und Mechatronik



KUKA Roboter Group



Schunk GmbH & Co.KG



TRUMPF Laser GmbH & Co.KG



Lenze Drive Systems GmbH

🔗 Einführung in das Projekt und die Projektstruktur

🔗 Kommunikation

- Was ist Plug-And-Play?
- Anforderungen an die Echtzeitkommunikation in der Handhabung
- Vergleich und Bewertung existierender Bussysteme
- Wie wird Plug-And-Play **busunabhängig!** realisiert?

🔗 Implementierung

🔗 Zusammenfassung und Ausblick

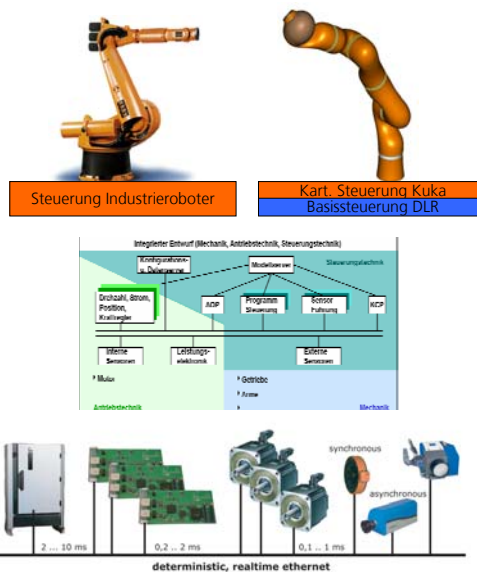
Neue Robotersysteme
Produktinnovationen
Anwendungen (3)



Entwurfstechnologien
für Plug and Play (1)



Kommunikation (2)



- ☞ Was ist Plug-And-Play?
- ☞ Welche Anforderungen werden an das Kommunikationssystem gestellt?
- ☞ Wie kann man in der Handhabungs- und Automatisierungstechnik das Konzept Plug-And-Play **busunabhängig!** realisieren?

- ☞ Einstöpseln und Loslegen
- ☞ In Analogie zur Office-Welt z.B. USB-Speicher
 - Einstecken in USB-Port
 - automatisches Erkennen der Geräteklasse
 - Laden des passenden Treibers
 - das Gerät wird als Laufwerk in das System eingebunden

☞ Aber so einfach ist das in der Produktionstechnik nicht!



cold connect:

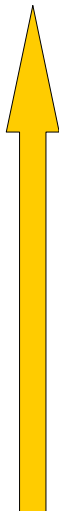
- alle Geräte im abgeschalteten Zustand verbinden
- dann Gesamtsystem hochfahren

hot connect:

- ein Gerät im eingeschalteten Zustand hinzufügen oder entfernen
- auf dem Bus zu diesem Zeitpunkt zirkulierende Telegramme dürfen dabei verloren gehen
- Teilnehmer am Bus dürfen temporären Stöorzustand einnehmen
- Teilnehmer und Bus müssen sich selbständig regenerieren können
- Anwendung mit Buszugriff darf durch Störung nicht beeinträchtigt werden.

coordinated connect:

- Variante von „hot connect“, welche die Zufälligkeit des Ein- bzw. Aussteckens ausschließt
- Teilnehmer werden durch Benutzer und Programm oder programmgesteuert koordiniert hinzugefügt oder abgemeldet



vollständig:

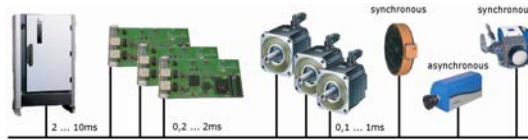
- Gerät wird eingesteckt, sofort erkannt und kann ohne weiteres Zutun des Benutzers verwendet werden
- Treiber werden automatisch gefunden, konfiguriert und ins System eingebunden.

halbautomatisch:

- Gerät wird eingesteckt und Gerätetyp/-klasse wird erkannt
- Treiber muss von externer Quelle nachgeladen werden (Diskette/CD/Internet)
 - Benutzerinteraktion erforderlich
- ansonsten Ablauf wie bei vollständigem PnP, d.h., keine weitere Konfiguration durch den Benutzer notwendig

konfigurierbar:

- wie halbautomatisch, nur mit dem Unterschied, dass Benutzer bestimmte Konfigurationen von Hand vornehmen muss



- 🔊 Zyklische (deterministische) und azyklische Datenübertragung
- 🔊 Zyklustakt typisch 1 KHz, maximal 8 KHz
- 🔊 Synchronisation Jitter maximal 1µs
- 🔊 Teilnehmeranzahl bis zu 100
- 🔊 Teilnehmerabstand bis zu 100 m
- 🔊 Datenraten bis zu 20 MByte/s
- 🔊 Topologie Bus oder Stern
- 🔊 Busverwaltung Single- oder Multi-Master
- 🔊 Automatisches Erkennen und Einbinden von Teilnehmern

- 🔊 Technik – Echtzeitfähigkeit
 - minimale Zykluszeit
 - Anzahl Teilnehmer
 - Synchronisierung
- 🔊 Technik – Allgemein
 - Einfachheit der Verdrahtung
 - Plug and Play
 - Integration Safety (Sicherheitstechnik)
- 🔊 Offenheit – Standardisierung
 - Industriestandard/Nutzergruppe
 - Trennung zwischen Kommunikations- und Geräteprofil
- 🔊 Kosten – Verfügbarkeit
 - Kosten einer aktiven Kommunikationsanschaltung
 - Typische Zusatzkosten für ein intelligentes Gerät
- 🔊 Werkzeuge für Engineering und Diagnose

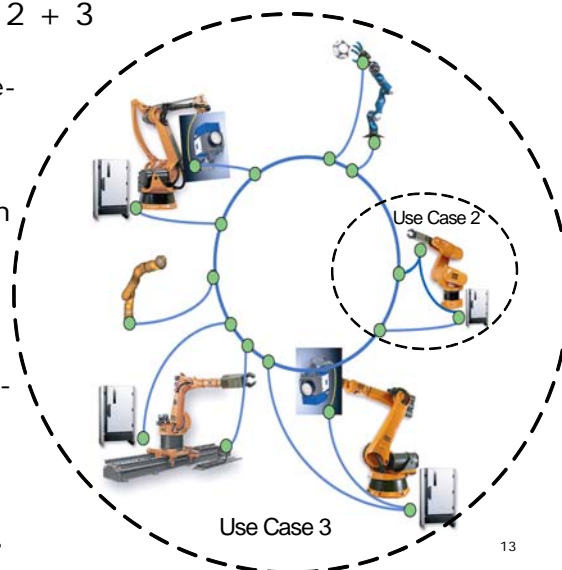
Anwendungsszenario 1

- ☞ Industrieroboter (single Master)
- ☞ Roboter mit intelligentem Technologiemodul und interner Modulkommunikation (alle Komponenten am selben Bus!)



Anwendungsszenarien 2 + 3

- (2) Intelligente Technologiemodule mit interner Modulkommunikation (Roboter möglich als ein gekapseltes Technologiemodul)
- (3) Roboter an Technologiesteuerung (jeweils gekapselte Systeme)



Anwendungsszenario 4
 Serviceroboter (single Master)



Abschlusspräsentation PAPAS Kommunikation 28. Juni 2006

Um die zu vergleichenden Kommunikationssysteme in überschaubarem Rahmen zu halten, wurden nur Systeme ausgewählt, die potentiell die von den Partnern benötigten Performanceanforderungen erfüllen können. (**Stand 2003**)

- ☞ Sercos
- ☞ IEEE1394 – Firewire (mit dem Protokoll IAP1394)
- ☞ PROFINet V3
- ☞ Ethernet Powerlink
- ☞ EtherCAT

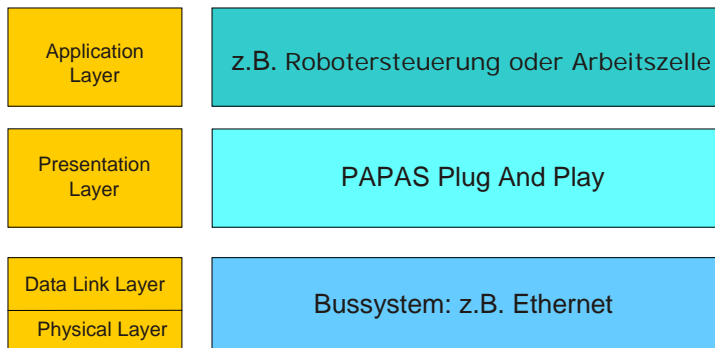
Abschlusspräsentation PAPAS Kommunikation 28. Juni 2006

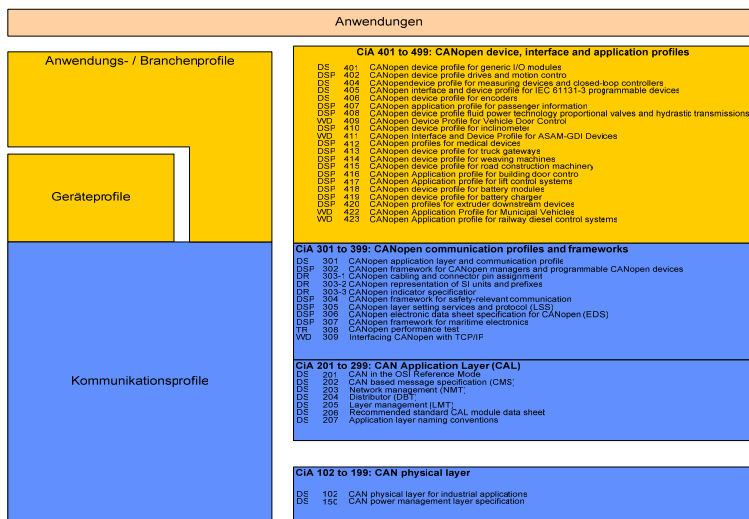
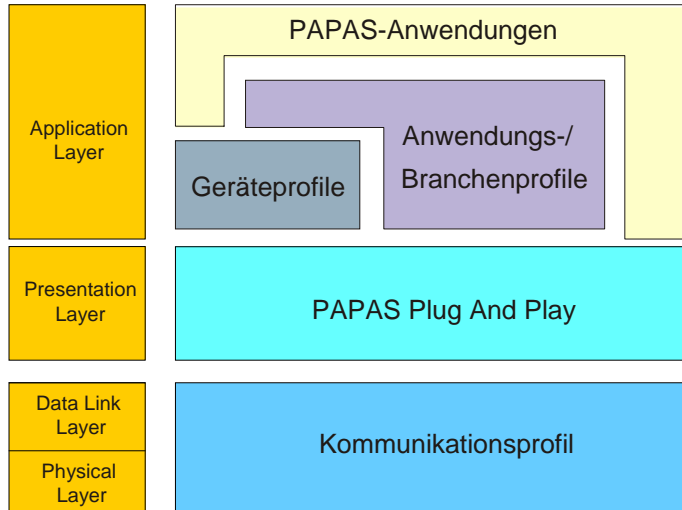
Bewertungskriterium	Gew. [%]	Sercos		Firewire (IAP)		Profinet V3		Powerlink		EtherCAT			
		Erläuterung	Bew. [%]	Erg. [%]	Erläuterung	Bew. [%]	Erg. [%]	Erläuterung	Bew. [%]	Erg. [%]	Erläuterung	Bew. [%]	Erg. [%]
Technik-Echtzeit	25		75	19		98	25		90	23		98	24
Technik Allgemein	20		60	12		84	17		84	17		89	18
Offenheit/Standards	15		57	9		62	9		76	11		87	13
Kommerziell/Verfügbarkeit	25	IEC 61491	43	11	IEEE1394	63	16	Ethernet	51	13	Ethernet	63	16
Werkzeuge für Engineering/Diagnose	15		54	8		56	8		78	12		84	13
Ergebnis (max. 100)	100		58		75		75		82		82		82

Use Case 1	30		50	15		80	24		50	15		50	15		90	27
Use Case 2	30		50	15		80	24		50	15		80	24		80	24
Use Case 3	30		50	15		40	12		100	30		100	30		80	24
Use Case 4	10		50	5		80	8		50	5		80	8		100	10
Ergebnis (max. 100)	100		50		68		65		77		85		85			



Wie kann man in der Handhabungs- und Automatisierungstechnik das Konzept Plug-And-Play **busunabhängig!** realisieren?

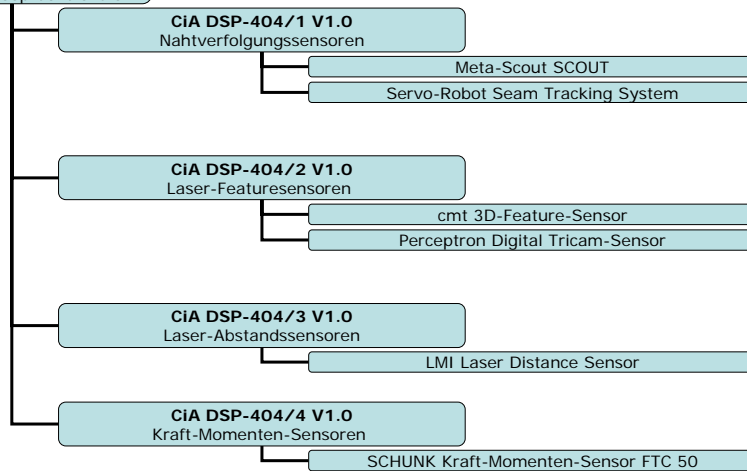




CiA DSP-404 V1.2
Device Profile Measuring Devices
and Closed-Loop Controllers

Geräteprofile (CiA)	für die Gerätetypen
DS 401	Digitale und analoge E/A
DS 402	Antriebe
DS 403	Bedienen und Beobachten
DS 404	Sensoren / Regler
DS 405	Programmierbare Geräte
DS 406	Encoder

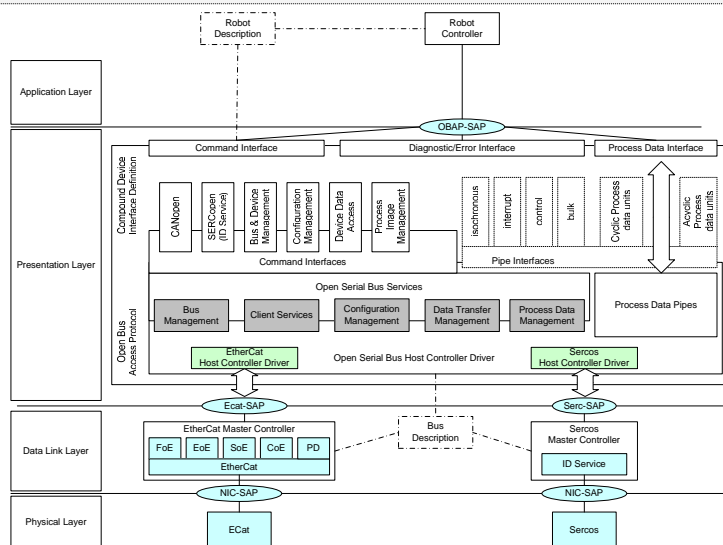
CiA DSP-404 V1.2
Device Profile Measuring Devices
and Closed-Loop Controllers

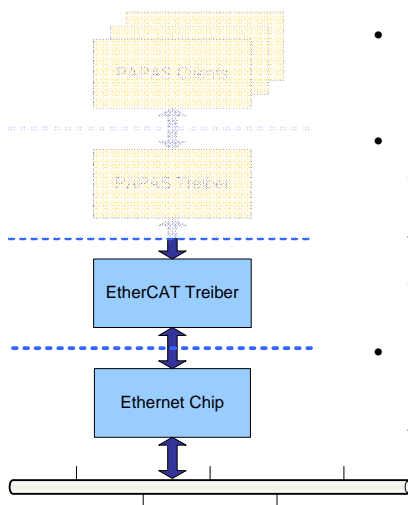
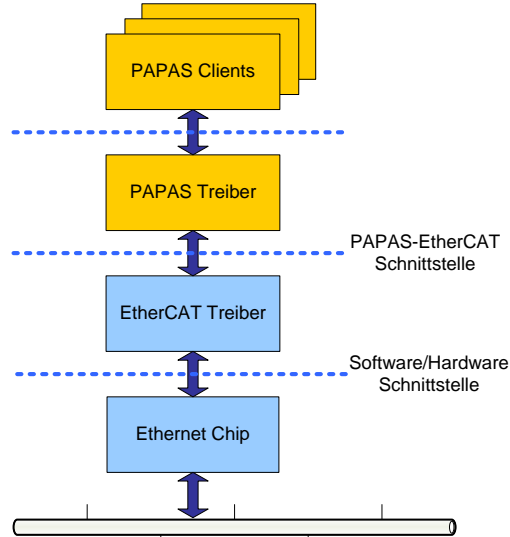


- ☞ Roboterprofil XIRP: "XML-basiertes Kommunikationsprotokoll für Industrieroboter und prozessorgestützte Peripheriegeräte - Teil 1: Allgemeine Vereinbarungen"
 - ☞ Ausgangsbasis war das BMBF-Projekt ARIKT
 - ☞ VDMA Einheitsblatt 66430-1

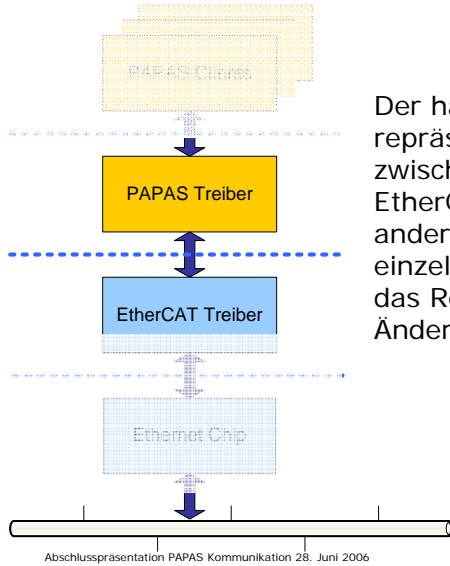
Weitere Wünsche an ein Roboterprofil:

- ☞ Abbildung der spezifizierten XML Strukturen auf echtzeitfähige (binäre) Informationsübertragung Redundanzbehandlung
- ☞ Weitere Regelungsbetriebsarten jenseits Positionsregelung, d.h. Steifigkeitsregelung, Nachgiebigkeit
- ☞ Zyklisch Interpolierte Betriebsart
- ☞ Geschwindigkeits-, Beschleunigungs- und Drehmomenten-Schnittstelle in der zyklisch interpolierten Betriebsart



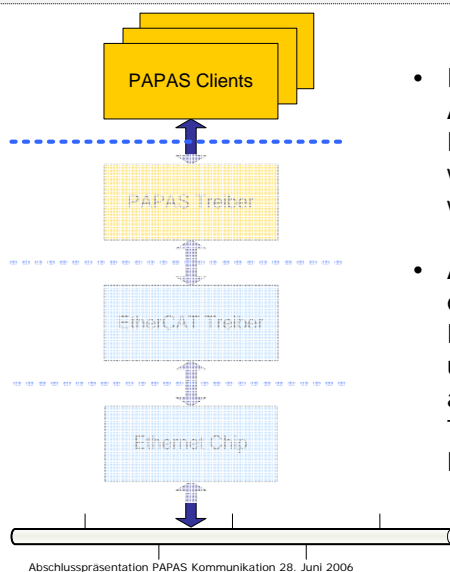


- Das Interface zum EtherCAT – Bus ist mit einem Standard Ethernet Chip realisiert.
- Ein hardwareabhängiger, deterministischer EtherCAT - Treiber mit prioritätsgesteuerter Telegrammverwaltung dient als direktes Interface zum unterlagerten Ethernetchip.
- Durch eine Abstraktionsschicht zum übergeordneten PAPAS-Treiber ist ein Austausch der Hardware d.h. Ethernetchip leicht möglich.

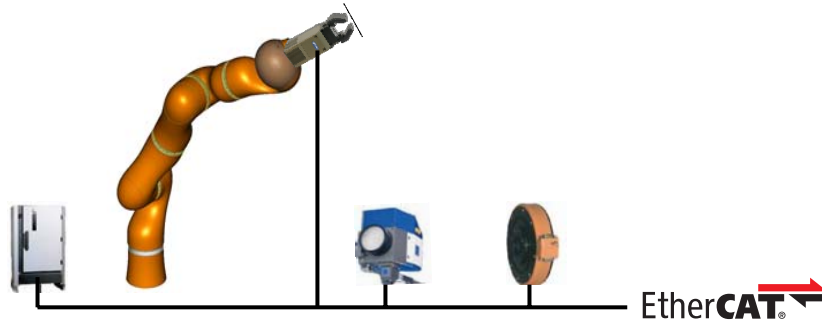


Der hardwareunabhängige PAPAS-Treiber repräsentiert die Kommunikationsschicht zwischen den PAPAS-Clients und dem EtherCAT-Treiber. Er beinhaltet unter anderem eine Zustandsmaschine der einzelnen Busteilnehmer und erlaubt so das Reagieren auf Zustands - Änderungen im laufenden Betrieb

→ **Plug & Play**



- Die PAPAS – Clients, sind die Anwendungen, welche im Rahmen des Projektes erstellt werden bzw. bereits erstellt wurden.
- Alle PAPAS - Clients sind durch eine grafische Benutzeroberfläche bedienbar und werden nach Bedarf automatisch durch den PAPAS-Treiber gestartet (Plug & Play Funktionalität).



- EtherCAT als unterlagertes Bussystem
- KUKA Leichtbauroboter mit Steuerung
- Greifer der Firma Schunk
- Programmierbare Focussieroptik (PFO) der Firma TRUMPF
- Steifer Kraft / Momentensensor des DLR

- Plug-And-Play wird Eingang in die Handhabungs- und Automatisierungstechnik finden.
- Inhaltlich sehr nahe am Marktgeschehen
- Es war ein sehr interessantes und vielfältiges Projekt.
- National und international gab und gibt es eine große und positive Resonanz.
- Auch wenn wir schon viel erreicht haben: Es gibt noch viel mehr zu tun.