

Portiranje PROFINet CbA protokolnega sklada na eCos operacijski sistem

Matthias Gorjup
NORIK SISTEMI d.o.o.
Ulica Toneta Melive 14
3210 Slovenske Konjice
gorjup@norik.com

Porting PROFINet CbA protocol stack to eCos operating system

Abstract: PROFINet technology is the answer of Siemens A&D to the latest trends in industrial automation, industrial Ethernet and decentralized automation. NORIK SISTEMI d.o.o. has been involved in porting a complete PROFINet CbA protocol stack onto an existing product for an american company Control Corporation Ltd. The product was an RS232/Ethernet gateway, based on ARM7 processor and eCos open source operating system.

1 Uvod

Razvoj v procesni in proizvodni avtomatizaciji gre vedno bolj v smeri uporabe Ethernet komunikacijskega protokola (Industrial Ethernet) in decentralne, komponentne avtomatizacije (decentralized, component based automation). Tehnologija PROFINet je odgovor podjetja Siemens A&D na te sodobne trende in je že vgrajena v najnovejših serijah programabilnih krmilnikov SIMATIC. PROFINet je odprt komunikacijski protokol, specificiran v standardu IEC 61499 in proizvajalci opreme za avtomatizacijo ga lahko kot člani združenja PROFIBUS International vgradijo tudi v svoje izdelke. Podjetje NORIK SISTEMI d.o.o. je sodelovalo pri portiranju celotnega PROFINet CbA protokolnega sklada na obstoječ izdelek ameriškega podjetja Control. Gre za vgrajen sistem, RS232/Ethernet prehod, zasnovan na procesorju ARM7 in odprtokodnem operacijskem sistemu eCos.

2 PROFINet

2.1 Kaj je PROFINet

V svetu avtomatizacije se je v zadnjih 15 letih vodilo PROFIBUS podjetja Siemens uveljavilo kot eden od najbolj razširjenih načinov prenosa podatkov med napravami za avtomatizacijo. Krmilniki SIMATIC, ki komunicirajo preko vodila PROFIBUS, se prodajajo takorekoč v vse države sveta, podjetje Siemens proda nekaj stotisoč takšnih naprav vsako leto in številka se iz leta v leto povečuje. V zadnjih letih pa sta se uveljavila dva nova trenda v razvoju avtomatizacije:

- *industrijski Ethernet (Industrial Ethernet)*
- *porazdeljena avtomatizacija (Distributed Automation)*

PROFINet je odgovor podjetja Siemens na ta dva trenda in je skupek večletnih izkušenj s področja PROFIBUS-a in industrijskega Etherneteta. PROFINet je odprt standard, opisan v IEC 61158, in omogoča tudi integracijo že obstoječih sistemov, kakršen je PROFIBUS, kar pomeni ohranitev preteklih investicij. Na trgu se že pojavljajo prve PROFINet naprave, med drugim tudi najnovejši krmilniki SIMATIC serije 300. Siemens je v okviru tehnologije PROFINet razvil dva koncepta avtomatizacije:

- *PROFINet IO*
- *PROFINet CbA*

PROFINet IO in PROFINet CbA sta v bistvu dva načina gledanja na naprave za avtomatizacijo v industrijskem Ethernetu. PROFINet IO nudi pogled na avtomatizacijo, ki

je zelo podoben tistemu pri PROFIBUS-u. Tukaj se še vedno projektirajo in programirajo posamezne naprave za avtomatizacijo. CbA pa je kratica za “Component based Automation” in ta način gledanja razdeli celotni sistem avtomatizacije v več manjših funkcijskih sklopov oz. komponent, pri čemer ena komponenta ne ustreza nujno eni napravi za avtomatizacijo (npr. PLC krmilniku), ampak lahko komponenta predstavlja tudi več med sabo povezanih naprav.

PROFINet naprave komunicirajo preko Ethernet omrežja, mogoči pa so sledeči načini komunikacije:

- časovno nekritični podatki (non-time-critical data), konfiguracijski podatki (configuration data) in podatki o povezavah (connection data) se prenašajo preko TCP oz. UDP in IP protokola.
- časovno kritični procesni podatki znotraj avtomatiziranega sistema se prenašajo preko SRT (Soft Real Time) kanala
- časovno sinhronizirane aplikacije komunicirajo preko IRT (Isochronous Real Time) kanala, kjer znaša nihanje (jitter) ob taktu 1 ms samo 1 μ s.

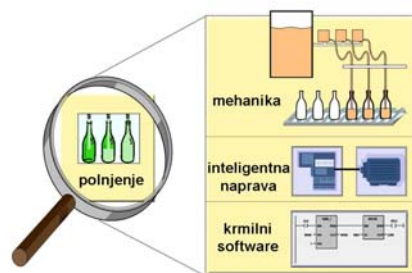
Ena od pomembnih lastnosti PROFINet tehnologije je, da omogoča “mehak” prehod iz obstoječih PROFIBUS rešitev, kakršna je PROFIBUS DP, na na Ethernetu zasnovan PROFINet. Mogoča sta dva načina prehoda iz obstoječih PROFIBUS sistemov na PROFINet tehnologijo:

- s pomočjo takoimenovanih Proxy-jev, kar omogoča komunikacijo med PROFIBUS DP in PROFINet napravami
- s pomočjo integracije celotnih PROFIBUS aplikacij, kjer celotna PROFIBUS aplikacija predstavlja eno avtomatizirano komponento.

2.2 Porazdeljena avtomatizacija – PROFINet CbA

V proizvodnem procesu je funkcija avtomatske proizvodne linije ali stroja izvajana skozi definirano interakcijo mehaničnih,

električnih in nadzornih sklopov. V tem smislu PROFINet takšno medsebojno delovanje mehaničnih, električnih in nadzornih sklopov naprave imenuje »tehnološki modul«. Tehnološki modul pa je pri načrtovanju avtomatizacije predstavljen kot PROFINet komponenta. Vsaka PROFINet komponenta ima vmesnik (interface), ki vsebuje tehnološke spremenljivke, katerih vrednosti se izmenjujejo z ostalimi PROFINet komponentami. V software-skem smislu so PROFINet komponente modelirane s standardno COM (Component Object Model) tehnologijo, zato je ena od lastnosti komponent, da predstavljajo avtonomne enote, ki lahko tvorijo povezave oz. odnose (relations) z ostalimi komponentami. Komponente se lahko poljubno kombinirajo in ponovno uporabijo (re-use), ne glede na njihovo notranjo implementacijo. Mehanizmi za dostop do komponent so definirani v standardu PROFINet.



Slika 3: PROFINet CbA – tehnološki modul

Za potrebe konfiguriranja PROFINet sistemov je bil razvit poseben koncept (engineering concept). Le-ta loči med programiranjem posamezne naprave in konfiguracijo celotnega sistema. Postopek ima tri korake:

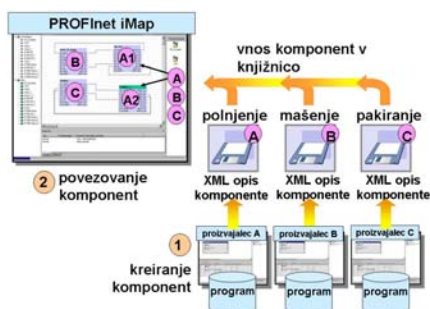
- *kreiranje komponent*

Komponente se kreirajo kot slika tehnološkega modula. Programiranje in konfiguracija posameznih naprav se izvede podobno kot v starih, PROFIBUS sistemih, z ustreznim orodjem, ki ga prisrki proizvajalec naprave. Ta funkcionalnost se zapakira (encapsulate) v obliki PROFINet komponente,

pri čemer je kreiran opis komponente v obliki opisne XML datoteke. XML datoteka se vnese (importira) v orodje za konfiguracijo celotnega sistema (orodje se prodaja pod imenom iMap).

- povezovanje komponent

S pomočjo orodja iMap se iz knjižnice komponent (kamor smo komponente prenesli v prvem koraku) v projekt dodajo posamezne komponente, med njim pa se definirajo povezave. Vse to poteka grafično, z vlečenjem povezav med komponentami. Ob dvojnim kliku na povezavo se odpre okno, v katerem se nastavijo parametri povezave (vrsta podatkov, ki se prenašajo, pogostost oz. frekvenca cikličnega prenosa podatkov...). Ta grafični način konfiguriranja, ki je zamenjal nekdanje zamudno programiranje, je za uporabnika dosti enostavnejši. iMap torej omogoča enostavno povezavo posameznih komponent različnih proizvajalcev in zelo hitro rekonfiguracijo sistema.



Slika 4: PROFInet CbA – kreiranje in povezovanje komponent

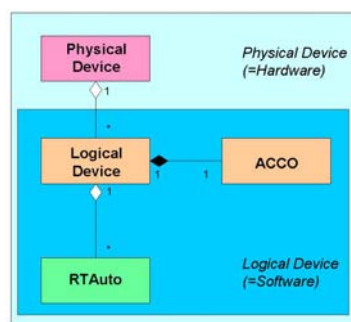
- prenos (download) konfiguracije v sistem

Ko so komponente v iMap-u povezane, se informacije o povezavah in konfiguracije komponent naložijo v sistem s preprostim klikom na miški. Ko je download končan, vsaka komponenta pozna vse svoje komunikacijske partnerje, povezave z njimi in informacije, ki se med njimi izmenjujejo, samodejno pa se prične izvajati izmenjava podatkov med komponentami. »Porazdeljena avtomatizacija« je s tem realizirana in pripravljena za uporabo.



Slika 5: PROFInet CbA – prenos konfiguracije v sistem

Kot že rečeno, je v PROFInet CbA tehnološki modul oz. komponenta modelirana s COM objekti, kakršne poznamo iz Windows operacijskega sistema. Ta model oz. pristop so pri Siemensu poimenovali »CbA Runtime Model« in ga prikazuje Slika 6.

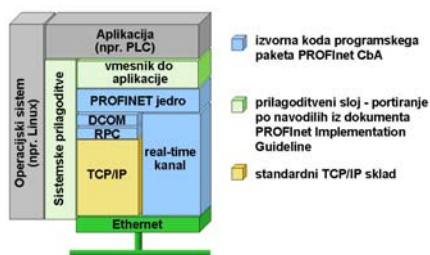


Slika 6: PROFInet CbA Runtime model

CbA Runtime model predstavlja avtomatizacijske objekte, ki obstajajo v napravi, skupaj z njihovimi vmesniki (interfaces) in metodami kot COM objekte. Vmesniki in metode so dostopni od zunaj preko mehanizma, ki se imenuje »OLE automation« in je programerjem Windows aplikacij dobro poznan. V tem modelu fizična naprava (Physical Device oz. na kratko PDev) predstavlja fizično komponento oz. hardware in omogoča dostop do IP omrežja. PDev vsebuje eno ali več logičnih naprav (Logical Device oz. LDev). LDev predstavlja software-ski paket oz. firmware, ki na fizični napravi teče, kot avtonomno enoto. Preko LDev lahko v programerskem smislu dostopamo do posameznih avtomatizacijskih objektov, imenovanih RTAuto (Runtime Automation Object). RTAuto predstavlja dejansko avtomatizacijsko funkcionalnost in ena logična

naprava lahko vsebuje več različnih RTAuto objektov. S pomočjo modula ACCO (Active Control Connection Object) pa je posamezne RTAuto objekte iz različnih naprav mogoče med sabo povezati in tako tvoriti decentralizirano avtomatizacijo.

Za komunikacijo med komponentami se pri PROFINet CbA uporablja tehnologija DCOM (Distributed COM), ki kot osnovo uporablja TCP/IP protokolni sklad in protokol RPC. DCOM je dejansko razširitev tehnologije COM in omogoča komunikacijo med posameznimi COM objekti tudi preko IP omrežja. DCOM se uporablja za komunikacijo med orodjem za konfiguracijo (iMap) in CbA napravami, za konfiguracijo povezav med komponentami, za nastavljanje parametrov, prav tako pa tudi za samo izmenjavo uporabniških podatkov med povezanimi komponentami. Vendar DCOM ni edini način izmenjave podatkov med komponentami. Uporabnik lahko sam izbere ali se bodo podatki med dvema komponentama izmenjevali preko DCOM povezave ali preko realno-časovnega SRT (Soft Real-Time) kanala v primeru, da je komunikacija preko TCP/IP prepočasna. TCP/IP in DCOM tvorita skupaj »jezik« s pomočjo katerega se da komunikacijo med napravami skonfigurirati, realno-časovni kanal pa je zatem uporabljen za izmenjavo podatkov pri časovno-kritičnih (time-critical) aplikacijah.



Slika 7: Komunikacijski model PROFINet CbA

V orodju iMap lahko uporabnik za vsako povezavo nastavi kvaliteto (QoS – Quality of Service) s tem, ko nastavi pogostost oz. frekvenco izmenjave podatkov. Lahko izbere ali se bodo podatki izmenjevali ciklično ali samo v primeru spremembe vrednosti spremenljivke in

lahko nastavi vrednost spremenljivke, ki jo naprava prevzame v primeru prekinitve povezave.

3 Control Device Master

3.1 Naprava

Control Device Master je naprava, ki omogoča povezavo serijskih naprav v Ethernet omrežje. Je dejansko prehod (gateway) med serijskim vodilom in Ethernet mrežo. S pomočjo naprave Device Master lahko na primer povežemo tiskalnik, ki ima za komunikacijo samo serijski priključek, z napravami, ki lahko komunicirajo samo preko Ethernet omrežja. Napravo Device Master se da preko internega web-strežnika tudi skonfigurirati, z njo pa je mogoče s podatki, ki se skozi pretakajo, tudi manipulirati, in sicer je mogoče med sabo povezovati različne serijske kanale, podatkom se lahko "prilepi" določena informacija, lahko se jih filtrira in statistično obdelava. Obstaja več izvedenk naprave, najbolj zmogljive izvedenke imajo do 32 serijskih vmesnikov. Vsaka naprava pa ima seveda še Ethernet priključek oz. integriran switch z večimi Ethernet porti. Naprava je zasnovana okoli 32-bitnega procesorja ARM7/TDMI, na njej pa teče odprtokodni operacijski sistem eCos, razvit za potrebe vgrajenih (embedded) naprav. Kupec dobi poleg naprave še izvorno kodo celotnega firmware-a, vključno s kodo operacijskega sistema eCos. Na ta način se lahko s posegi v firmware funkcionalnost naprave tudi prilagodi specifičnim potrebam uporabnikov. Več informacij o napravi Device Master lahko dobite na straneh proizvajalca, www.comtrol.com.



Slika 8: Control Device Master

3.2 Operacijski sistem eCos

eCos je odprtokodni operacijski sistem, razvit za potrebe proizvajalcev vgrajenih sistemov. Konec 90-tih let ga je razvilo podjetje Cygnus Solutions, eno prvih in takrat največjih podjetij, specializiranih za razvoj odprtokodnih aplikacij. Podjetje je kasneje bilo prodano podjetju Red Hat. Nadaljnji razvoj operacijskega sistema eCos je s strani Red Hat-a delno še sponzoriran, večinoma pa razvoj eCos-a sloni na nekaj programerjih, ki se s tem ukvarjajo deloma v svojem prostem času, deloma pa svoje znanje o eCos-u prodajajo v obliki storitev na trgu. eCos je zaščiten s takoimenovano »eCos licenco«, ki je dejansko modificirana GPL licenca in uporabniku ponuja nekoliko več svobode kot klasična GPL licenca. Tako na primer izvorna koda, ki je povezana z izvorno kodo eCos operacijskega sistema v zaključeno celoto, ne postane okužena z eCos licenco. Programer mora kupcu kode dati na voljo samo izvorno kodo operacijskega sistema eCos in izvorno kodo, ki je neposredno izpeljana (derived) iz eCos-a, medtem ko ostali deli kode lahko ostanejo zaprti. eCos je bil načrtovan tako, da se ga da relativno enostavno prenesti na različne arhitekture in platforme, od 16-bitnih do 64-bitnih, namenjen pa je sistemom brez enot MMU (Memory Management Unit). eCos jedro, knjižnice in komponente tečejo iznad takoimenovanega sloja HAL (Hardware Abstraction Layer) in torej lahko tečejo na vsakem sistemu, na katerega so bili preneseni sloj HAL in ustrezni gonilniki. eCos trenutno teče na sledečih arhitekturah: ARM, Hitachi H8300, Intel x86, MIPS, Matsushita AM3x, Motorola 68k, PowerPC, SuperH, SPARC in NECV8xx. V operacijski sistem eCos je vgrajena naslednja funkcionalnost:

- HAL (Hardware Abstraction Layer)
- realno-časovno jedro (real-time kernel):
 - obdelava prekinitev (interrupt handling)
 - obdelava izjem (exception handling)
 - možnost izbire različnih »schedulerjev«
 - podpora za niti (threads)
 - bogat nabor načinov sinhronizacije

pri večih nitih

- časovniki (timers), števcji in alarmi
- podpora za razhroščevanje (debugging)
- API (Application Programming Interface) kompatibilne s standardom POSIX
- C knjižnice
- gonilniki za serijski priključek, ethernet, watchdog
- USB podpora
- TCP/IP sklad
- podpora za razhroščevalnik GDB

Izvorno kodo operacijskega sistema se lahko skupaj z dokumentacijo sname iz interneta (ecos.sourceware.org). Razvojno okolje lahko teče na Linux ali Windows platformi. Za prevajanje kode se uporablja odprtokodni GCC prevajalnik skupaj z naborom orodij BINUTILS, za razhroščevanje pa odprtokodni razhroščevalnik GDB.

4 Integracija PROFInet-CbA v napravo Control DeviceMaster

V letu 2004 si je podjetje Comtrol kot naslednji korak v razvoju palete produktov z oznako Device Master zadalo, da v te naprave vgradi tehnologijo PROFInet CbA. S tem bi izdelki pridobili določeno funkcionalnost, ki bi jim omogočala uporabo predvsem v avtomatizaciji, pri povezovanju različnih PROFInet naprav, na primer PLC krmilnikov, s serijskimi napravami, na primer čitalci črtne kode. Obrnilo se je na ameriško podružnico podjetja Siemens, Siemens DEMATIC, le-to pa je angažiralo avstrijski razvojni oddelek za izvedbo naloge. Podjetje NORIK SISTEMI d.o.o. je pri tem projektu sodelovalo kot zunanji izvajalec.

PROFInet CbA je na voljo kot specifikacija in kot programski paket na internetnih straneh organizacije PROFIBUS International (www.profibus.com) ter ga je možno prosto sneti. PROFInet specifikacija, (PROFInet CBA – Architecture Description and Specification), opisuje vse vidike PROFInet CbA tehnologije:

objektni in komponentni model, runtime model, komunikacijo, proxy koncept povezovanja PROFIBUS in PROFINet naprav, postopek konfiguracije, kot tudi realno-časovno komunikacijo SRT, mrežni nadzor in integracijo web strežnika v PROFINet naprave. PROFINet programski paket je neodvisen od posameznih operacijskih sistemov in je sestavljen iz jedra in prilagoditvenih modulov, s pomočjo katerih se lahko ta programski paket integrira v specifični ciljni sistem. Poleg specifikacije in programskega paketa je na istem naslovu na voljo tudi dokument PROFINet Implementation Guide, ki je namenjen razvojnim inženirjem, ki prenašajo PROFINet CbA programski paket na PROFINet naprave.

Sama integracija PROFINet CbA tehnologije je trajala približno šest mesecev, v timu pa je sodelovalo 5 inženirjev. V času projekta smo se spopadali s kar nekaj problemi, med drugim smo morali obstoječi Ethernet gonilnik predelati tako, da je podpiral SRT komunikacijo, potrebno je bilo prilagoditi RPC sloj specifikam Berkeley TCP/IP sklada in morali smo upoštevati specifikke GCC prevajalnika pri pakiranju podatkovnih struktur v izvršno (executable) kodo. Ker razhroščevanje s pomočjo GDB zaradi specifik hardware-a ni

bilo možno, smo si pri iskanju hroščev morali pomagati s stavki printf(), kar je delo nekoliko upočasnilo.

Na koncu je bila stranka z opravljenim delom zelo zadovoljna in trenutno že potekajo pogovori o portiranju tehnologije PROFINet IO v to isto družino produktov.

Podjetje NORIK SISTEMI d.o.o. je s tem projektom pridobilo dragocene izkušnje in dodatne reference pri razvoju programske opreme za vgrajene (embedded) produkte na področju avtomatizacije in trenutno sodeluje tudi pri razvoju nove verzije Siemensovih PLC krmilnikov SIMATIC S7-400.

5 Literatura

- [1] PROFINet Architecture Description and Specification, verzija 2.01, PROFIBUS Nutzerorganization e.V., Haid-und-Neu-Str. 7, D-76131 Karlsruhe, www.profibus.com
- [2] PROFINet Implementation Guide, verzija 2.0, PROFIBUS Nutzerorganization e.V., Haid-und-Neu-Str.7, D-76131 Karlsruhe, www.profibus.com
- [3] PROFINet System Description, November 2003, PROFIBUS Nutzerorganization e.V., Haid-und-Neu Str. 7, D-76131 Karlsruhe, www.profibus.com
- [4] <http://www.comtrol.com>
- [5] <http://ecos.sourceforge.org>