

## Ethernet v sistemih avtomatizacije

mag. Janez Žmuc  
METRONIK d.o.o.  
Stegne 9a, Ljubljana  
janez.zmuc@metronik.si

### *Ethernet in Process Control*

#### **Abstract:**

*The article outlines some of the reasons, why Ethernet is becoming increasingly popular also in the field of process control. The basic operating principles of Ethernet and the TCP/IP protocol are described and some definitions connected to the Ethernet technology are given. Some features of Ethernet are shown, which bring exciting new implementation possibilities to the field of process control. The article discusses non-deterministic operation of Ethernet and is illustrated by some practical solution of Ethernet application.*

### **1 Uvod**

Praktično od začetka uporabe mikroprocesorske tehnologije v sistemih avtomatizacije je prisotna želja in potreba po izmenjavi informacij med napravami. Z leti in razvojem je na tržišču vse več različnih naprav, ki prihajajo od mnogoštevilnih proizvajalcev in potreba po poenotenju oziroma standardizaciji povezovanja je bila vse večja in nujna. Začele so se organizirati skupine strokovnjakov, ki so poizkušale postaviti standarde za to področje. Tako imenovani tehnični odbori (Technical Committee) so se organizirali na različnih nivojih: s povezovanjem strokovnjakov v okviru večjih podjetij, s povezovanjem strokovnjakov iz večih sorodnih podjetij, s povezovanjem strokovnjakov v okviru ustanov za standardizacijo, s povezovanjem strokovnjakov v okviru znanstveno raziskovalnih ustanov. Modbus, Profibus, DeviceNet, Optomux, Lonworks, Canopen je le nekaj primerov, ki so rezultat tega dela. Nobeni od tehnologij do sedaj

ni uspelo, da bi postala prevladujoča in vse splošno uporabljena. Vendar kaže, da temu ne bo več tako. Ethernet v povezavi z TCP/IP protokolom je v zadnjem času dosegel takšno razširjenost in priljubljenost, da bi lahko postal prevladujoča infrastrukturna osnova tudi na področju procesnega vodenja in avtomatizacije. V članku je predstavljen Ethernet, njegove prednosti in pomanjkljivosti in nekatere rešitve, ki jih ta tehnologija omogoča oziroma ponuja.

### **2 Kaj je Ethernet**

Je tehnologija lokalnih omrežij, katere osnove so leta 1976 definirale firme Xerox, DEC in Intel. Tehnologija definira fizični in najnižji programski nivo (data link layer) za izmenjavo podatkov med napravami v omrežju. Kasneje je organizacija IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) nekoliko spremenila, razširila in standardizirala osnovne specifikacije in jih združila v standardu IEEE 802.3. Ko danes govorimo o Ethernetu običajno mislimo na IEEE 802.3 standard.

Ethernet uporablja CSMA/CD (*Carrier Sense, Multiple Access/Collision Detect*) metodo za dostop mreže. To pomeni, da vsaka naprava pred dostopom do mreže preveri, ali to lahko stori. To naredi tako, da "posluša" kaj se dogaja na mreži. V kolikor naprava ugotovi, da trenutno na mreži ni "prometa" pošlje na mrežo svoje sporočilo. Vse ostale naprave, ki so fizično na isti mreži sprejmejo oddano sporočilo in se po potrebi nanj odzovejo. Opisan mehanizem ne preprečuje situacije istočasnega oddajanja dveh ali več postaj. V tem primeru pride do tako imenovane kolizije in popačenih podatkov na mreži. Postaje morajo v tem primeru ponoviti oddajo svojega sporočila. To stori po določenem času, ki se izračuna po

predpisanim algoritmu. Algoritem zagotavlja zmanjševanje možnosti ponovne kolizije.

Na fizičnem nivoju lahko Ethernet uporablja različne medije za prenos podatkov. Tabela 1 prikazuje nekaj možnosti.

Oznaka	Opis
10Base-2	10 Mbps koaksialni kabel (185m)
10Base-F	10 Mbps optični kabel (2 km)
100Base-T	100 Mbps kabel z dvema paricama (100m)
1000Base-T	1000 Mbps kabel kategorije 5 s štirimi paricami (100m)

Tabela 1: Fizični nivoji Etherneta

### 3 TCP/IP

Kot je bilo že povedano Ethernet standard pokriva samo najnižji nivo komunikacije. Po OSI (*Open Systems Interconnect*) referenčnem modelu sta to plasti Data Link in Physical layer. Slika 1 prikazuje celoten model.

<b>APPLICATION</b>
<b>PRESENTATION</b>
<b>SESSION</b>
<b>TRANSPORT</b>
<b>NETWORK</b>
<b>DATA LINK</b>
<b>PHYSICAL</b>

Slika 1: OSI Model

V povezavi z Ethernetom se danes v veliki večini uporablja TCP/IP. TCP/IP je niz protokolov, ki jih definirajo dokumenti, ki se imenujejo RFC (*Request For Comments*). Vzdržuje in potrjuje jih organizacija IETF (*Internet Engineering Task Force*). V splošnem je IP (*Internet Protocol*) namenjen usmerjanju sporočil med mrežami. TCP (*Transport Control Protocol*) se navezuje na IP nivo in vsebuje mehanizme, ki zagotavljajo, da se sporočilo v pravi obliki in v pravem zaporedju prenese na zahtevano lokacijo. Nad TCP/IP nivojem je

zgolj Application Layer. Če omenjeno arhitekturo primerjamo z OSI modelom vidimo, da nam manjka Presentation in Session layer. Njuna funkcionalnost je vključena v aplikacijski nivo. Sistemi, bazirani na TCP/IP, tako vsebujejo samo pet nivojev modela OSI.

### 4 Aplikacijski nivo

TCP/IP sam po sebi ne zagotavlja, da bodo naprave, ki podpirajo TCP/IP protokol med seboj tudi komunicirale in izmenjevale informacije. To je naloga aplikacijskega nivoja. Dejstvo je, da trenutno ni standardnega protokola na aplikacijskem nivoju Etherneta, ki bi pokrival vse potrebe v industrijski avtomatizaciji. Vprašanje je, ali je tak protokol sploh možen oziroma smiseln. Na procesnem nivoju namreč srečujemo veliko različnih naprav, katerih naloge so različne, prav tako so različni tudi podatki, ki jih morajo prenašati. Pri realizaciji sistemov avtomatizacije zato uporabimo tiste standardne aplikacijske protokole, ki jih v konkretnem primeru potrebujemo. TCP/IP omogoča istočasno delovanje različnih aplikativnih protokolov in s tem različno funkcionalnost. Slika 2 prikazuje opisan model z nekaterimi aplikativnimi protokoli.

Application-Level Protocols	Data for enterprise systems	E-mail, paging	Opto 22's IEEE 1394-based protocol	Modbus/TCP protocol	SNMP, streaming area
	XML	SMTP			
Transport Mechanism	Transport Control Protocol (TCP)				UDP
	Internet Protocol (IP)				
Physical Media	Physical Interface For example: an Ethernet card and cable or modem (coaxial, twisted pair, fiber optic, dial-up, wireless)				

Slika 2: Povezava fizičnega, transportnega in aplikacijskega nivoja

### 5 Determinizem

Ethernet uporablja metodo CSMA/CD. Iz opisa metode lahko zaključimo, da dostop do mreže v osnovi ni determinističen. Zaradi

zasedenosti mreže in kolizij lahko pride do zakasnitev v prenosu podatkov. To je v avtomatizaciji seveda nezaželeno in zato je bil to eden večjih pomislekov za uporabo Etherneta na tem področju. Da se temu problemu izognemo obstaja več rešitev.

Ena od možnosti je uporaba master/slave aplikacijskih protokolov kot sta Modbus ali Optomux. Če takšen protokol uporabimo na mreži, ki jo namensko uporabljamo samo za procesni nivo, do kolizij ne more priti. Slave naprave namreč vedno samo odgovarjajo na navodila iz edine master naprave na mreži.

Druga možnost je povezana z materialno opremo. Uporaba 100 Mb hitrosti skupaj z full/duplex tehnologijo in uporabo stikal omogoča praktično determinističen način delovanja. Stikala so naprave, ki na osnovi ponorne adrese usmerjajo sporočila na postajo, ki ji je sporočilo namenjeno. Vse ostale postaje tega prometa ne zaznajo, zato ni možnosti kolozij. Pomanjkljivost stikal je, da so nekoliko dražja ter v prenos vnašajo nekaj časovne zakasnitve. Princip delovanje je namreč tak, da stikalo sporočilo sprejme, preveri naslov in ga potem odda na pravi izhod.

## 6 Zakaj Ethernet

### Nizka cena

Razširjenost Etherneta, velike serije izdelkov, veliko število konkurenčnih podjetij so razlogi, ki vplivajo, da je Ethernet izredno cenovno privlačen.

### Raznolike možnosti povezovanja in poenostavljena arhitektura

Različne možnosti realizacije mreže na fizičnem nivoju, možnost uporabe obstoječe poslovne mrežne infrastrukture ali možnost ločene mreže, možnost uporabe Interneta, enaka arhitektura za vse nivoje povezovanja (I/O nivo, krmilniški nivo, nadzorni nivo).

### Hitrost

10, 100 in v zadnjem času 1000 mega bitna hitrost so hitrosti, ki jih ne omogoča nobeno drugo industrijsko vodilo.

### Široka dostopnost opreme

Vsa potrebna povezovalna oprema kot so mrežni delilniki (hub), stikala (switch), kabli, usmerjevalniki (router) je enostavno dostopna in dosegljiva od različnih dobaviteljev.

### Dobro poznavanje tehnologije na strani uporabnikov

Ethernet je de-facto standard v svetu računalništva, zato ga uporabniki dobro poznajo saj se z njim vsakodnevno srečujejo.

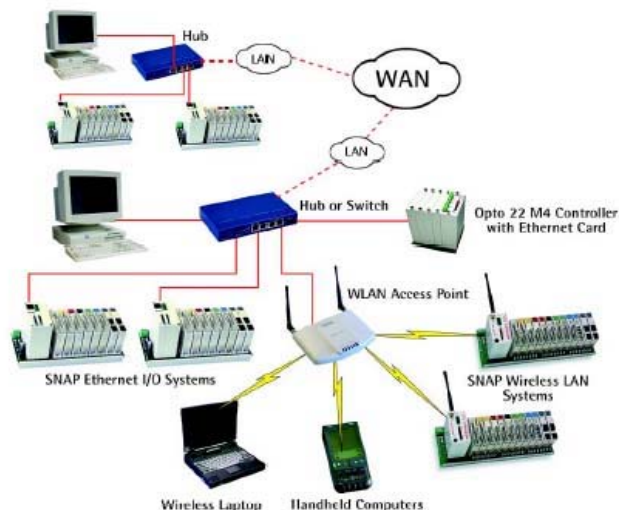
### 96 % mrež je Ethernet TCP/IP

### Tehnologija ni vezana na konkretnega industrijskega giganta.

## 7 Rešitve na osnovi Etherneta

Ethernet tehnologija se danes v avtomatizaciji uporablja predvsem na dveh nivojih. To je nivo vhodno/izhodnih enot in nivo krmilnikov. Še zelo redke so rešitve na nivoju posameznih senzorjev ali izvršilnih organov.

Slika 3 prikazuje tipično arhitekturo zasnovano na Ethernet tehnologiji.

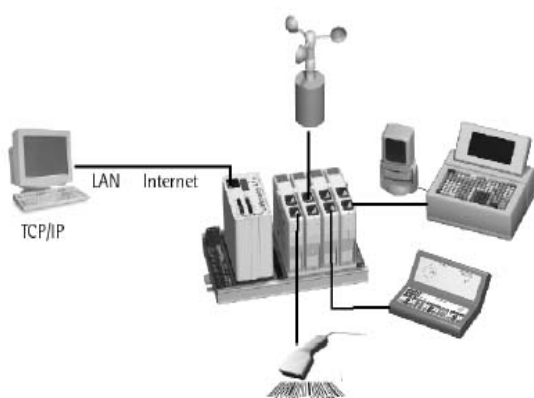


Slika 3: Primer Ethernet arhitekture

Vhodno/izhodna enota ima vse značilnosti klasičnih distribuiranih enot, dodatno pa ji Ethernet tehnologija omogoča enostavno konfiguracijo in pregled stanja preko brskalnika, možnost dostopa do enote preko interneta ali

intraneta, istočasen dostop večih naprav (krmilnikov in nadzornih računalnikov) do enote, istočasen dostop po različnih protokolih.

Za naprave, ki so povezljive samo na nivoju serijske RS 232 komunikacije je zanimiva možnost, da lahko s takimi napravami komuniciramo tudi preko Ethernet omrežja. Primer arhitekture je prikazan na sliki 4. Nadzorni računalnik v omenjenem primeru deluje, kot bi bile serijske periferne naprave direktno priključene na njegove fizične serijske vhode.



Slika 4: Arhitektura priključevanja serijskih naprav

Vse več je tudi primerov obstoječih tehnologij, ki so bile prilagojene za prenos preko Etherneta, čeprav so bile originalno definirane za popolnoma drugačne medije. Primer sta Modbus in Lonworks.

Na nivoju krmilnikov Ethernet komunikacija pomeni podobne prednosti kot na nivoju vhodno/izhodne enote. Iz vidika funkcionalnosti so zanimive možnosti enostavne izvedbe redundantnih rešitev, poenostavljena peer-to-

peer komunikacija, hiter in učinkovit prenos podatkov na nadzorni nivo.

## 8 Zaključek

V članku so prikazane nekatere značilnosti Etherneta in nove možnosti, ki jih le-ta prinaša na področje avtomatizacije. Prikazane so prednosti, ki jih prinaša uporaba Etherneta kot infrastrukture v procesni avtomatizaciji. Ker TCP/IP standardizira samo določen nivo komunikacije, moramo biti pri povezovanju naprav pozorni tudi na aplikacijski nivo. V članku so opisane rešitve, povezane s problemom ne determinističnosti Etherneta. Prav gotovo je Ethernet tudi v industrijski avtomatizaciji zelo dobra alternativa obstoječim komunikacijskim tehnologijam in ima zelo lepe možnosti, da postane prevladujoča tehnologija na fizičnem in transportnem nivoju komunikacije.

## 9 Bibliografija:

- (1) Introduction to Ethernet, Ethernet for Control; A. Technical Supplement to control NETWORK; Volume 1, Issue 3, Fall 1999.
- (2) Charles L. Hedrick, Rutgers University: What is TCP/IP ?
- (3) Jonas Berge, Smar Singapore Pte Ltd: Ethernet in Process Control.
- (4) Manrique Brenes: Industrial Ethernet Gaining Factory Floor Strength; InTech-September 2002.
- (5) Karl Glas and Bill King: Ethernet Switching and Network Management; InTech-Junij 2002.
- (6) Dave Harrold: Ethernet Everywhere; Control Engineering – Junij 1999.