

## **ODPRTI SISTEMI AVTOMATIZACIJE**

### **OPEN SYSTEMS OF AUTOMATION**

Marjan Robič, Jože Torkar\*, Miha Erklavec\*\*

JEKO-IN d.o.o., Jesenice  
\*EL-TEC MULEJ d.o.o., Bled  
\*\*SILON, d.o.o., Ljubljana

#### **POVZETEK:**

**V prispevku je predstavljen sodoben pristop k načrtovanju, izgradnji, inštalaciji in vzdrževanju procesnih podatkovnih mrež.**

**Predstavljene so rešitve za prenos podatkov preko vse dostopne globalne, javne in lokalne infrastrukture. Obravnavana je problematika s področja daljinskega nadzora in upravljanja toplotnih postaj, rešitve za celostno optimizacijo omrežja daljinskega ogrevanja ter možnosti avtomatizacije zgradb. Podane so tudi razvojne smernice.**

**Obravnavani sistem omogoča razširitev ali nadgradnjo z opremo poljubnega proizvajalca elementov odprtih sistemov brez predhodnega poznavanja obstoječe topologije.**

**Ključne besede: daljinski nadzor in vodenje, daljinsko ogrevanje, avtomatizacija zgradb, LONWORKS®, TCP/IP,...**

#### **ABSTRACT:**

**The article discloses a contemporary approach to planning, building, installing and maintaining of processing data networks.**

**The solutions for the data conveyance through all global, public and local infrastructure means available are given. The article deals with the complex question of remote controlling and governing of heating systems and gives solutions for the overall optimal utilization of the remote control heating and the possibility of automation of buildings. The development directions are given as well.**

**The system discussed enables widening or upgrading using the equipment of any open system elements producer with no need of previous acquaintance with the extant topology.**

**Key words: remote control and regulation, remote heating, automation of buildings, LONWORKS®, TCP/IP, ...**

## 1. LONWORKS TEHNOLOGIJA

### 1.1. Nov pristop k prenosu procesnih podatkov

Vsakdo, ki se je ukvarjal s problemi nadzora in upravljanja procesa v proizvodnji ali bivalnih prostorih, si je želel povezati vse funkcije (od nadzora proizvodnje, varnosti in varovanja, do racionalne rabe energije) med seboj z enotnim nadzorno-kontrolnim sistemom. Takšna struktura bi zato delovala zelo učinkovito in v najkrajšem možnem času povrnila vlaganja. Vendar želje dolgo časa niso bile uresničljive. Podjetja oziroma delovne skupine v industriji so neodvisno ena od druge reševale svoje specifične zahteve. Nastale so različne rešitve, kot so: FIELDbus, DEVICEbus, SENSORbus, BACnet in druge. Namesto enotne mrežne povezave se uporabljajo nepovezani otoki različnih mrežnih rešitev.

Rojena je bila ideja, razvit naj bi bil univerzalni komunikacijski sistem, ki bi bil zmožen vse te koščke povezati v eno homogeno celoto. V ta namen naj bi uporabili tako imenovani koncept "Gateway"-ev. Ideja sama nikakor ni nova, vendar pa do nedavnega zaradi visoke cene tehnologije ni bila uporabna. Do veljave je prišla šele zaradi dejstva, da cena mikroprocesorske tehnologije vztrajno pada, ob istočasnem večanju zmogljivosti. Načrtovalcem takšnih sistemov se je ponudila možnost razviti dovolj poceni opremo za učinkovito povezovanje različnih mrež med seboj.

Toda ponujena rešitev še vedno ne poveže vseh delov v celoto. Američani so vpeljali izraz, ki se mu reče "INTEROPERABILNOST". Rešitev, ki jo ponujajo različne mreže in uporaba "GATEWAY" vmesnikov je le prvi korak. Mreže še vedno delujejo samostojno. Elementi ene mreže nimajo direktne komunikacijske poti in s tem logične povezave z elementom druge mreže. Drugi problem so fizične povezave. Vsaka od sedaj znanih mrež predpisuje tudi električne karakteristike. Nekateri uporabljajo vpleteni par, drugi koaksialni kabel, tretji optične kable in podobno. Nobena pa ne ponuja rešitev, kjer bi z enotnim dostopom in pošiljanjem podatkov, lahko uporabili praktično katerokoli fizično povezavo.

### 1.2. LonWorks tehnologija

V tem trenutku edina rešitev, ki učinkovito in univerzalno združuje kontrolno-nadzorne funkcije različnih mrežnih protokolov, je **LonWorks** tehnologija. Ta v svojih lastnostih izpolnjuje in prekaša zahteve FIELDbus-a, DEVICEbus-a, SENSORbus-a in drugih.

Tehnologija **LonWorks** ponuja rešitve problemov pri načrtovanju, izgradnji, inštalaciji in vzdrževanju procesnih podatkovnih mrež. Mreže, ki imajo lahko med seboj povezana 2 ali 32000 vozlov so uporabne v veleblagovnicah, rafinerijah, letalih, železnicah, od laserske tehnologije do nadzora igralnih avtomatov, od restavracije do hotela, od stanovanjske hiše do poslovnega nebotičnika. Skoraj v vsaki industrijski panogi gre trend proč od centraliziranih sistemov. Inteligenca se širi na same izvršilne elemente. Razni izdelovalci uporabljajo vsem dostopno odprto tehnologijo z namenom povečati zanesljivost, prilagodljivost ter zmanjšati stroške inštalacije in vzdrževanja. **LonWorks** tehnologija pospešuje odmikanje od znanih načinov **avtomatizacije** z uporabo PLC in centraliziranih sistemov.

### 1.3. Lastnosti LonWorks mrežnih povezav

Kratice LON pomeni "Local Operating Networks". Po slovensko bi to lahko prevedli lokalna mreža nad katero se izvajajo operacije. LON poveže proces med seboj tako, da ga

IV. Strokovno posvetovanje Slovenskega društva za daljinsko energetiko,  
Energetika v našem okolju  
Portorož, 12. – 13. marec 2001

uporabnik vidi kot eno logično celoto. Operacije se izvajajo nad dogodki, ki so lahko mrežni, vhodno/izhodni ali pa interni. Celoten nadzor procesa deluje na mreži in ne v posameznih vozlih. **LonWorks** mreža ne zahteva nikakršne centralne ali "master-slave" arhitekture. Sestavljena je iz inteligentnih elementov, vozlov, ki komunicirajo med seboj preko skupnega protokola. To je tako imenovani LonTalk protokol, ki v vseh elementih ustreza 7-nivojskemu OSI referenčnemu modelu. LonTalk protokol je vgrajen v pomnilnik vsakega od vozlov, ki je poleg komunikacije sposoben izvrševati tudi krmilne funkcije na ravni uporabnika.

OSI (Open Systems Interconnection Reference Model) nivoji protokola 1 - 7 kot jih zagotavlja **LonWorks**:

OSI Nivo	Pomen	LonTalk servis
7 - Application	Združljivost na nivoju aplikacije	Določitev objektov (aktuatorji, senzorji), uporaba standardnih mrežnih spremenljivk, poenoteno programiranje in spuščanje v pogon.
6 - Presentation	Prepoznavanje	Prenos sporočil v standardnih okvirih.
5 - Session	Operacije	Mehanizem podpira tudi delovanje: vprašanje - odgovor.
4 - Transport	Zanesljivost	Prenos s prekinitvami ali brez njih. Naslavljanje posameznega vozla ali skupine. Označena sporočila.
3 - Network	Mrežno naslavljanje	Razširjanje podatkov po mreži, transparentni, konfigurabilni in samoučni routerji. 32385 vozlov po domeni, 2 <sup>48</sup> domen, 48 bitna enolična koda v vsakem vozlu
2 - Link	Prenos sporočil	Preverjanje okvirov. Kodiranje sporočil (diferencialne kode). 16 bitni CRC kot zaščita podatkov. Preprečevanje trkov sporočil na mreži z uporabo časovnih algoritmov. Uporaba sporočil, ki imajo prednost na mreži.
1 - Physical	Električne prenosne poti	Podpira vse komunikacijske medije. RS485, vpleteni par, 230V mrežno napeljavo, radio zvezo IR, koaksialni kabel, optične linke. Hitrost prenosa je od 300 bit/s do 1.25 Mbit/s

Vozel v **LonWorks** mreži lahko izvršuje preproste ali pa tudi zapletene naloge. Tako so elementi, kot so različni senzorji, stikala, motorni pogoni in inštrumenti, lahko posamezni vozli v mreži, ki lahko vršijo kompleksne nadzorne in izvršilne funkcije. Jedro vozla je integrirano vezje, imenovano "Neuron IC". Na podlagi tega vezja so različni proizvajalci iz celega sveta razvili veliko število **LonWorks** tehnoloških izdelkov, ki jih potem sistemski inženirji lahko uporabljajo kot gradnike. Večina podjetij je registrirana v združenju LonMark Interoperability Association, kjer razvijajo in proizvajajo interoperabilne rešitve z uporabo **LonWorks** tehnologije. Prav tako so na voljo različni Software-ski paketi, kot so: SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), MMI (Man Machine Interface), sistemski programski paketi, inštalacijski software in software namenjen vzdrževanju. V podporo ideji o interoperabilnosti, pa podjetja ponujajo tudi nabor "Gateway"-ev iz **LonWorks** mrež na Ethernet, MODbus, DEVICenet, PROFibus, Seriplex, SDS in druge.

Glede na razmerja med posameznimi deli mreže, podpira **LonWorks** tehnologija tako "peer-to-peer", "master-slave", deterministični, "event driven", kot tudi mešan tip komunikacije. PC v **LonWorks** sistemu lahko uporabimo za nadzor, opazovanje ali pa za upravljanje v realnem času. PC deluje le kot eden od vozlov na mreži. Prenos podatkov med posameznimi vozli ni odvisen od PC ali kateregakoli računalnika z MMI programsko opremo. Najmočnejše orožje **LonWorks** tehnologije pa je v tem, da jo lahko dodamo h



podatkov na mreži (Data Throughput). Pri kontrolni mreži pa višje vrednotimo lastnosti kot so: zanesljivost, odzivnost in predvidljivost.

## 2. PRINCIPI NAČRTOVANJA KRMILNE MREŽE

### 2.1. Zahteve odprtega sistema

Najcenejši in najbolj učinkovit način izrabe **LonWorks** tehnologije je postavitve zelo distribuiranega vozela-vozela (peer-peer) sistema. Slika 2 ilustrira logični koncept. Fizični koncept lahko vsebuje komunikacijsko hrbtenico in routerje za usmerjanje prometa po mreži in povečanje učinkovitosti. Pri načrtovanju teh sistemov je potrebno narediti kvaliteten preskok v mišljenju in razumevanju arhitektur procesnih mrež. Večina projektantov, uporabnikov in tudi ponudnikov še ne razmišlja na tak način. Vendar zahteve trga, cenenost izgradnje in kasneje vzdrževanja močno silijo uporabnike in investitorje k temu preskoku. Trg zahteva in bo zahteval odprte sisteme.



Slika 2: Logični koncept odprtega sistema **avtomatizacije**

Podobno, kot so to že storili sistemi za obdelavo podatkov (osebni računalniki), se sedaj procesni sistemi odpirajo "interoperabilni" vozela-vozela (peer to peer) arhitekturi. Veliko število **LonWorks** in predvsem standardiziranih LonMark elementov različnih proizvajalcev pa dajejo uporabniku sigurnost in preglednost na trgu. Ti elementi že vključujejo močne funkcijske bloke, ki se jih lahko kombinira za izvajanje zahtevnih algoritmov.

### 2.2. Nov način načrtovanja krmilne mreže

Projektanti, tako strojni kot elektro, morajo narediti preskok pri načrtovanju sistemov in se naučiti razporediti logiko po mreži. Ne smejo razmišljati o dragih krmilnikih in ožičenjih. V pravem odprtem sistemu ni posebnih krmilnikov. **LonWorks** naprave se pogovarjajo med seboj po LonTalk protokolu ne glede na fizični komunikacijski medij (žica, 220V, infrardeči snop, optika, radio zveza). Vsaki vozela ima svojo enostavno aplikacijo, ki je ponavadi standardizirana. Vsak vozela ve in pove, na kakšen način se pogovarja preko mreže, katere podatke pričakuje in katere podatke posreduje. V bistvu bi lahko imel vsak senzor ali vsak izvršilni organ v procesu svoj vozela. Največkrat pa je cenovno učinkoviteje, če združimo nekaj senzorjev v en vozela. S tem ne odvzamemo senzoru inteligence, saj lahko, po LonMark standardu, en vozela obdeluje več objektov.

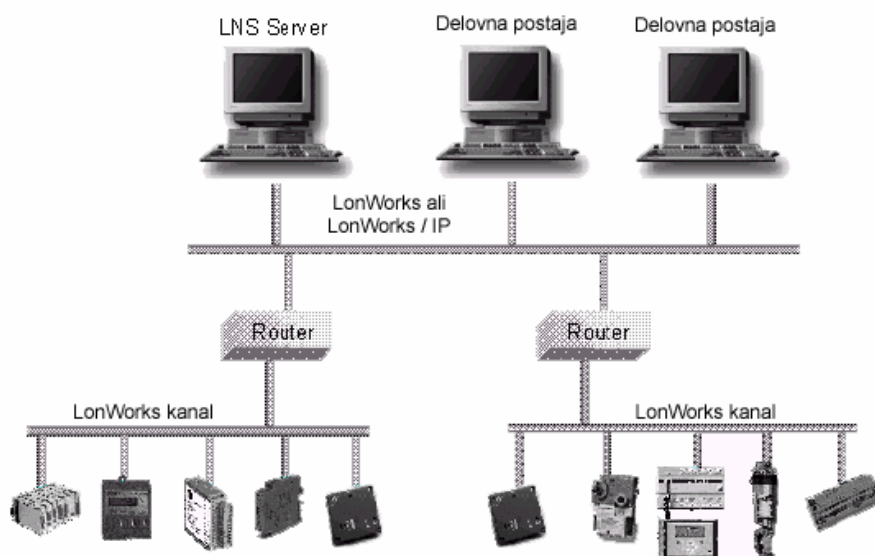
Eden od znanih nasprotnih argumentov proti ravninski arhitekturi je količina podatkov, ki se morajo prenašati in zmogljivosti fizičnih povezav. Ta argument izhaja iz klasične arhitekture. Tam so se zbirali vsi podatki na enem mestu, zato je bila količina podatkov, ki so se lahko prenašali preko mreže omejena. Klasično pomeni to, da se vsi podatki shranjujejo v podatkovni bazi nekega SCADA programa. Pravilno postavljena mreža pa redkokdaj zahteva prenos podatkov večji kot 1Mbit/s, ki jo **LonWorks** z lahkoto obvladuje. Dober mrežni protokol pošilja kratka sporočila takrat, ko je to res potrebno. Sporočila so poslana samo množici vozlov na procesni mreži, kateri jih potrebujejo.

Obstajajo pa tudi razlogi za vključevanje drugih protokolov na procesno omrežja. Uporaba že obstoječe komunikacijske strukture. Veliko je verjetnosti, da se v zgradbi že nahaja optika, koaksialni kabel ali kakšna druga fizična komunikacijska pot. Ponavadi je uporabljen samo mali del podatkovne pasovne širine.

Možnost prenašanja na večje razdalje večjih količin podatkov. TCP/IP omrežje že prepreda cel svet in omogoča prenos podatkov na večje razdalje. Nekdo lahko načrtuje samostojno **LonWorks** omrežje, ki bo prenašalo podatke po celi Sloveniji, ampak ali to ne bi bilo predrago. Zakaj se ne bi uporabilo kar TCP/IP, oziroma internetnih povezav?

Priključitev na obstoječe baze in zbiranje podatkov. Preko procesne mreže se prenašajo podatki in nič več kot to. V modernih poslovnih odločitvah so najvažnejši podatki. Le-te dobivamo preko poslovnih omrežij in PC računalnikov. Zakaj ne bi prenesli podatke direktno iz procesne na računalniško omrežje in s tem izboljšali poslovne procese?

Pri distribuirani arhitekturi, kot je prikazana na sliki 3 se lahko uporabi hitra komunikacijska hrbtenica za prenos **LonWorks** sporočil. Za poenostavitev se uporabi standardni TCP/IP protokol. Kot je narisano na sliki 3 se uporabi routerje in ne vmesnike "gatewaye". **LonWorks** sporočila so zapakirana v TCP/IP paket in poslana preko TCP/IP omrežja. **LonWorks** sporočilo je vsebina TCP/IP paketa. Router zapakira sporočilo v svoj paket in ga pošlje preko TCP/IP mreže. Drugi router ga odpakira in nespremenjenega pošlje na **LonWorks** omrežje. Teoretično in tudi praktično lahko en dajalec, recimo senzor temperature nekje v Sloveniji pošilja podatke direktno preko **LonWorks** in internet omrežja izvršilnemu organu v Združenih državah.



Slika 3: Distribuirana arhitektura krmilne mreže

Na ta način se ne izgubi, kar je zelo pomembno, možnost pogovora vozela-vozela in tudi orodja za inštalacijo in vzdrževanje, priključeno na katerikoli del omrežja, se lahko pogovarja s vsakim vozlovom na mreži. To poenostavi in poceni inštalacijo, spuščanje v pogon in vzdrževanje pravega odprtega sistema.

### 2.3. Kontrolni sistem temelječ na podatkih

**LonWorks** tehnologija omogoča izgradnjo sistema, ki temelji na podatkih. Klasični sistemi so temeljili na ukazih. To pomeni, da v **LonWorks** omrežjih vsak vozela izvaja svoj algoritem odločanja, ki temelji na prejemanju podatkov in sporočil iz ostalih vozlov. Prednosti, ki jih ima uporabnik in tudi integrator **LonWorks** ravninske arhitekture so naslednje:

- velika količina različnih **LonWorks** elementov različnih dobaviteljev,
- velika količina uporabniških vmesnikov in orodij za integracijo in vzdrževanje,
- veliko zmanjšanje cene ožičenja,
- velika zanesljivost sistema,
- enostavnejše in preglednejše vzdrževanje,
- enostavnejše in cenejše dodajanje in spreminjanje funkcionalnih elementov.

### 2.4. Odprti elementi za avtomatizacijo

**LonWorks** tehnologija brez dvoma igra pomembno vlogo pri odpiranju sistemov **avtomatizacije** v zgradbah in industriji. Končni uporabniki sedaj zahtevajo, da se elementi enega proizvajalca "pogovarjajo" z elementi drugega proizvajalca. Naloga projektantov in izvajalcev je, da se naučijo načrtovati in izvajati odprte "interoperabilne" sisteme. Za postavitev odprtega "interoperabilnega" sistema pa niso dovolj samo odprti elementi, povezani med seboj. Uporabnik potrebuje tudi standardna orodja za inštalacijo in vzdrževanje sistemov. Mrežni operacijski sistemi (NOS – Network Operating Systems) morajo vsebovati programske vmesnike, ki so vsem dostopni. Te mrežne programske vmesnike izrablja večina proizvajalcev odprtih elementov. Mrežni operacijski sistem mora podpirati tudi uporabo specifičnih (plug-in) vmesnikov. Le-ti delujejo kot prijazni vmesniki za parametriziranje aplikacij v odprtih elementih. Zahteve, ki se vedno bolj pojavljajo na trgu:

- inteligenca na vozlu naj omogoča večjo fleksibilnost in zanesljivost,
- vozela-vozela (peer-peer) arhitektura ima velike prednosti pred klasično master/slave arhitekturo,
- odprtost, kot je opisana, daje svobodo uporabniku, da izbere produkte, ki mu najbolj odgovarjajo brez strahu, da bo kasneje omejen,
- popoln dostop do vseh informacij v sistemu od kjerkoli v mreži je najlažji z uporabo standardnih protokolov,
- **LonWorks** tehnologija postaja standard pri izgradnji odprtih sistemov na področju **avtomatizacije** zgradb.

## 3. AVTOMATIZACIJA SISTEMOV IN INTERNET

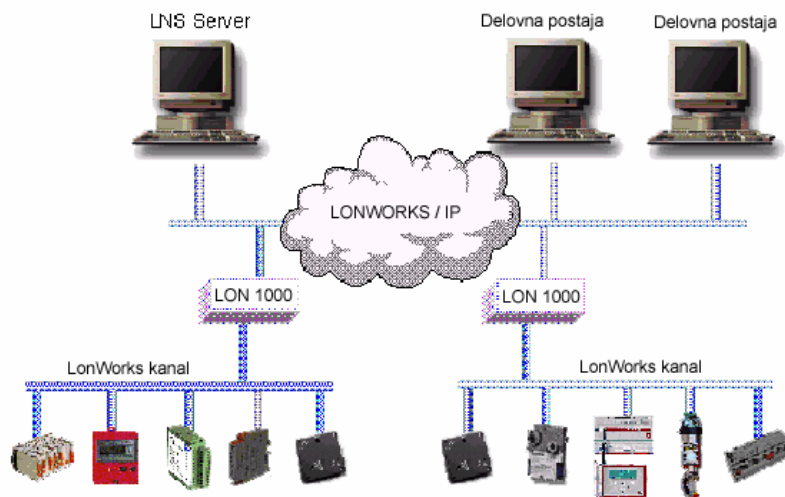
### 3.1. Internet v vsakdanjem življenju

Povezava naprav, ki jih uporabljamo v vsakodnevnem življenju bo spremenila INTERNET. To ne pomeni vključitev spletnega brskalnika v vsak senzor, motor, ventil in stikalo za luč. Obvladovanje procesov v zgradbah, tovarnah in domovih je drugačen izziv, kot samo iskanje po spletu. Echelon prinaša proizvode, partnerje in tehnologije, ki so potrebne za

povezavo obeh svetov informacijske tehnologije. Ko povežemo milijone naprav, ki jih vsakodnevno uporabljamo, v INTERNET, se bo spremenilo na bolje; način življenja, poslovanja in tudi INTERNET. Živimo v svetu omrežij. To ni samo povezava računalnikov, ki je postala INTERNET. Obkrožajo nas nevidna omrežja naprav, za vsakodnevno uporabo, v poslovnih zgradbah, tovarnah, domovih, transportu. Ta zelo zanesljiva, ponavadi nevidna omrežja naprav so v veliki meri podprta z **LonWorks** tehnologijo.

### 3.2. i.LON internet strežnik

Povezovanje naprav vsakodnevne rabe v INTERNET omrežje ni tako preprosto, kot se to zdi na prvi pogled. Rešitev mora najprej zagotoviti nemoteno delovanje vseh teh naprav in šele nato zanesljivo povezavo na INTERNET. Osnovna naloga stikala je, da prižge luč. Črpalke so vgrajene, da lahko nemoteno potekajo kemični procesi. Kontrola dostopa preprečuje nepooblaščenim osebam vstop v prostore. Te naprave morajo v naših domovih opravljati svoje osnovno poslanstvo in to nemoteno in zanesljivo. Načrtovane morajo biti za enostavno priključitev in uporabo. Delovati morajo avtonomno brez nadzornih »master« krmiljenj. Načrtovane morajo biti tako, da dopuščajo medsebojno povezavo v mnogo večjem številu kot je to v svetu poslovnega računalništva. Priključiti jih morajo znati električni inštalaterji, upravniki zgradb, vzdrževalci in ne posebej usposobljeni strokovnjaki. Nuditi morajo možnosti omreženja brez kompleksnosti in problemov, ki so znani pri njihovih IP omreženih bratranjih (PC računalnikih). Delovati morajo brez napak, prekinitev in opravljati enostavne operacije.



Slika 4: Uporaba i.LON 1000 mrežnega strežnika

Šele, ko je zagotovljeno delovanje njihove osnovne namembnosti se lahko priključijo na INTERNET, ki pa ne sme posegati v njihovo osnovno poslanstvo. i.LON 1000 mrežni strežnik je prava rešitev Omogoča povezavo na katerokoli **LonWorks** napravo preko INTERNETA. Pravzaprav te naprave postanejo vozli INTERNETA. Ne posega pa v delovanje in zanesljivost naprav.

### 3.3. Uporabnost interneta

Polno zmogljivo lokalno nadzorno omrežje, ki nadzoruje luči, dostop, ogrevanje in hlajenje varčuje z energijo in časom. Priključitev i.LON 1000 mrežnega strežnika pa ne omogoča samo **daljinski** nadzor nad delovanjem lokalnega omrežja ampak odpira povsem nove možnosti. Priključene naprave so velik izvor vsakovrstnih informacij, ki so

nam sedaj dosegljive preko interneta. V povezavi z intranetom znotraj tovarne ali poslovnega sistema se pridobivajo podatki, ki so vitalni za poslovno odločanje in uspeh podjetja. Povezava poslovnega sistema, katerega podatki so potrebni za poslovno odločanje in nadzornega omrežja, nam daje velike prednosti in možnosti za nove agresivnejše prijeme pri poslovanju in trženju.

#### 4. ZAKLJUČEK

Odprti sistemi **avtomatizacije** nudijo končnim uporabnikom največ možnosti pri njihovem izkoriščanju. Šele v tem primeru lahko zgradba zaživi kot celota. Noben proizvajalec ne more dobavljati in zagotavljati ustrezne kvalitete ter cene vseh potrebnih elementov za **avtomatizacijo** zgradb. Uporaba najboljših produktov posameznih proizvajalcev povezanih v odprto "interoperabilno" celoto pa zagotavlja visoko kvaliteto ter zanesljivost sistema globalne **avtomatizacije**.

Danes uporablja **LonWorks** tehnologijo že preko 2000 korporacij v svetu, njihovo število pa se iz dneva v dan povečuje. Že samo dejstvo, da so med njimi tudi največji in najbolj eminentni (ITT, ABB, AEG, AMP, Hewlett-Packard, Toshiba, Nippon Steel, NASA, itd. ), kaže na to, da se je korporacija Echelon, ki je tvorec in glavni dobavitelj te tehnologije, odločila za pravo pot. Poleg tega pa sta na listi glavnih dobaviteljev dva izmed največjih proizvajalcev polprevodnikov na svetu, Motorola in Toshiba, ki izdelujeta in dobavljata Neuron IC.

Omenjene možnosti pomenijo začetek, oziroma tipanje po površini možnosti, ki jih nudi globalna povezava poslovnega in krmilnega omrežja. INTERNET je že sedaj spremenil poslovne navade in tudi življenje uporabnikom. Kaj se bo zgodilo v prihodnosti? Hladilnik bo ugotovil, da je zmanjkalo mleka in ga bo samodejno naročil v mrežni trgovini. Pralni stroj bo ugotovil napako med pranjem in bo ustavil proces ter poklical servisni center. Serviser bo točno vedel, kaj je narobe in bo lahko napako odpravil v najkrajšem času. Imate goste in želite pripraviti večerjo. Poiščete recept po INTERNETU. Poleg količin in navodil je recept opremljen tudi z ukazi za pečico (koliko stopinj, koliko časa). Ko je jed pečena, vam pečica to javi. To niso več le sanje, to je realnost.

#### 5. LITERATURA

- [1] <http://www.echelon.com>
- [2] <http://www.LONMARK.org>
- [3] <http://www.imagecontrol.co.uk>
- [4] <http://www.el-tec-mulej.si>
- [5] <http://www.silon.si>