

**Dragan Mrdaković, Primož Krajnik
Institut »Jožef Stefan«, Ljubljana**

UDK 681.3:62

POVZETEK - V članku je predstavljena zasnova rahlo-sklopljenega porazdeljenega sistema z različnimi verzijami osebnih računalnikov za opravljanje posameznih nalog pri vodenju industrijskih procesov. Osnovne zahteve pri konstrukciji takšnega sistema so bile: - uporaba že obstoječe materialne in programske opreme, - primeren za vodenje v realnem času, enostavna instalacija, vzdrževanje in rekonfiguracija. Za povezavo postaj v sistem smo izbrali mrežo tipa ARCNET, kot najbolj primerno za industrijsko okolje.

BASICS OF LOOSELY COUPLED DISTRIBUTED SYSTEM FOR INDUSTRY PROCES CONTROL - This paper presents basics for loosely coupled distributed system for manufacturing automation based on various types of personal computers and input/output digital and analog extension boards. Basic needs in constructing such a system were: - use of existing hardware and software, simple implementation, maintenance, reconfiguration and flexibility. We choose ARCNET as an appropriate industry standard for factory floor communications between personal computers.

1. UVOD

Vse večja popularnost osebnih računalnikov pri raziskovalnem in inženirskem delu je vplivala na proizvajalce materialne opreme. Na svetovnem trgu je možno kupiti široko paleto zelo kvalitetnih vhodno/izhodnih modulov. Skupaj z ustreznim ohišjem in filterskimi hladilnimi napravami lahko uporabljamo osebni računalnik v industrijskem okolju za nadzor in vodenje procesov. Pomanjkljivosti PC vodila (vodilo osebnih računalnikov) so znane: - precej zaprta arhitektura v primerjavi s konkurenti (STD, VME, Multibus) in - omejena hitrost. Ne glede na to, izredno pestra že izdelana programska oprema za pisarniško okolje in nizka cena vpliva na izbiro osebnih računalnikov za vodenje industrijskih procesov. (npr. programi za tabelarično poslovanje lahko direktno sprejemajo podatke iz procesov za obdelavo, kot je LOTUS MEASURE). Glavna prednost osebnih računalnikov je njihova nezahtevnost programiranja, saj za konfiguriranje in aplikativno delo uporabniku ni potrebno podrobnejše znanje programiranja - včasih sploh nič. Uporabniki in programerji imajo danes na razpolago vrsto kvalitetnih programskih jezikov, z ustreznimi knjižnicami in pripomočki za testiranje svojih programov. Ponujajo se operacijski sistemi za vodenje v realnem času, kot so QNX, C-DOS, ... S pojavom novega več-opravnega operacijskega sistema OS/2 firme MICROSOFT pričakujemo, da se bodo na široko odprla vrata za uporabo osebnih računalnikov pri vodenju industrijskih procesov. Zelo pomembna je tudi možnost povezovanja osebnih računalnikov v lokalno mrežo, kjer lahko računalniki med seboj izmenjujejo informacije za čim bolj racionalno in učinkovito vodenje procesov. Na IJS imamo že izkušnje s porazdeljenim sistemom DMS-860 glede povezave PC/XT/AT osebnih računalnikov v mrežo, primerno za vodenje procesov.

2. ZASNOVA RAHLO-SKLOPLJENEGA SISTEMA PRIMERNEGA ZA VODENJE INDUSTRIJSKIH PROCESOV

Pri zasnovi takšnega sistema za vodenje industrijskih procesov smo si zastavili naslednja izhodišča: /lit. 1,3,4,5/

- 1.) Uporabiti že izdelano standardno aparaturno opremo, ki je lahko dostopna in zamenljiva,
- 2.) Možnost uporabe že izdelane programske opreme, ki za izvedbo aplikacij ne zahteva preveč dodatnega dela - v čim večji meri izkoristiti obstoječo programsko opremo, ki dopušča enostavne in učinkovite spremembe za aplikacije,
- 3.) Povezati aparaturno opremo s standardno lokalno mrežo, ki je primerna za delo v realnem času v okolju z motnjami,
- 4.) Preprosta instalacija in vzdrževanje,
- 5.) Možnost enostavnega dodajanja novih postaj in funkcij v sistem,
- 6.) Vse to doseči s čim manjšimi potrebnimi vlaganji.

Naloge sistema so razdeljene v dve skupini:

- naloge, ki jih opravlja centralna mikroračunalniška postaja in
- naloge, ki jih opravljajo periferne postaje neposredno ob procesu.

Funkcije centralne mikroračunalniške postaje so:

- operaterju omogoča dostop do sistema in možnost izvajanja akcij v sistemu,
- prikaz stanja in izpis informacij o sistemu,
- alarmiranje, beleženje in arhiviranje alarmnih situacij in drugih važnejših podatkov o sistemu,
- komuniciranje z ostalimi mikroračunalniškimi postajami v sistemu - postaja ima lahko nekakšno monitorsko funkcijo nad sistemom.

Naloge perifernih mikroračunalniških postaj so:

- zbiranje podatkov o proizvodnem procesu preko digitalnih in analognih vhodov (podatki iz senzorjev, števcov, merilnih pretvornikov, časovnikov, itd.),
- vključevanje posameznih izvršilnih členov (releji, ventili,...) z digitalnimi izhodi,
- start naprav z analognimi in sekvenčnimi izhodi,
- komunicira s centralnim mikroračunalniškim sistemom,
- obdeluje podatke o procesu in na osnovi algoritmov izvaja regulacijo in vodenje procesa.

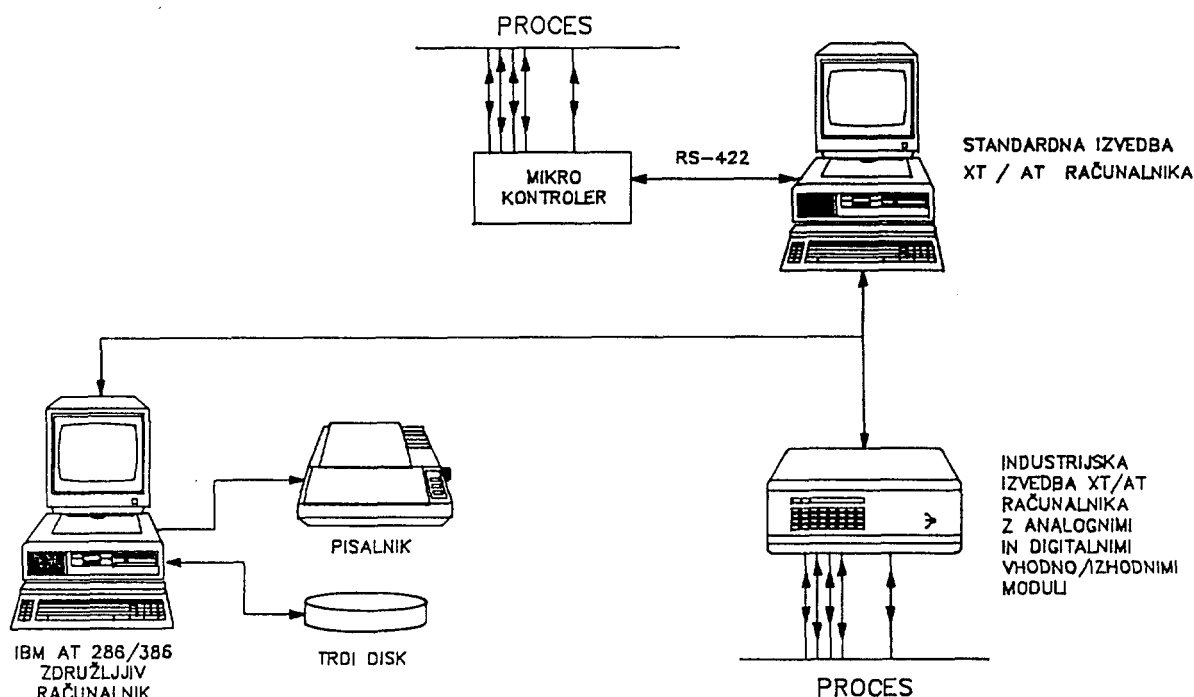
Centralna mikroračunalniška postaja naj bo visoko zmogljiv IBM kompatibilni osebni računalnik tipa AT-386 ali AT-286 (na osnovi mikroprocesorja INTEL 80386 ali 80286). Na njem bo tekel več-opravilni operacijski sistem. Vgrajen bo pomnilnik - trdi disk večje kapacitete minimalno 40 Mbytov (običajno 80 Mbytov). Imel bi vgrajeno 5.25 ali 3.5 colsko disketno enoto ali vsaj možnost priključitve teh zunanjih enot za nalaganje programov in konfiguriranje. V določenih primerih bi lahko služila tudi za arhiviranje manjših datotek (arhiviranje alarmov, posegov v proces, oz. drugih važnejših podatkov o proizvodnji). Pri procesih z večjim številom podatkov oz. parametrov, bi lahko zaradi večje zanesljivosti in arhiviranja datotek večjega obsega dodali tračno "BACK-UP" enoto (streamer-tape) za občasno shranjevanje vsebine trdega diska. Za izpis podatkov o sistemu bo poleg pisalnik. Za prikaz aktivnosti in spremljanje določenih procesov in nazornejšega predstavljanja parametrov in rezultatov analiz bi poleg navadnega monitorja dodali še večji grafični barvni monitor (z 19-20 colsko diagonalo zaslonu).

Z uporabo dovolj zmogljivega računalnika in uporabo več-opravilnega operacijskega sistema bi dosegli večjo uporabnost in izkoriščenost centralne postaje. Na njem bi lahko vodili podatke o materialnem poslovanju delovne organizacije - nabava surovin, stanje zalog, trend porabe surovin in zahteve po nabavi novih, podatki o proizvodnji polizdelkov,

gotovih izdelkov, sprotno izračunavanje dejanske vrednosti izdelka in s tem donosnosti proizvodnje, ... S tem bi lažje optimirali tokove proizvodnih sredstev. Uporabili bi ga lahko tudi za računovodsko-administrativne naloge. Če bi en sam centralni računalnik ne zmožal vsega tega, bi za pisarniška opravila lahko dodali še dodatne računalnike, lahko šibkejše (vnos podatkov in lokalni izračuni) in jih povezali z glavnim v mrežo, da bodo med seboj izmenjevali potrebne podatke. Vseeno je priporočljivo, da računalnike za vodenje procesov ne obremenjujemo s temi dodatnimi administrativnimi izračuni in v ta namen raje že takoj povežemo v mrežo računalnike za te namene, oz. tedaj, ko se pojavi potreba. Zaradi tega smo izbrali zelo fleksibilno mrežo za povezovanje računalnikov, da lahko spreminjamo konfiguracijo - dodajamo in odvijemo računalniške postaje.

Za periferne postaje bomo glede na potrebe uporabili dve osnovni konfiguraciji IBM kompatibilnih PC/XT/AT računalnikov:

A.) Industrijska verzija PC/AT računalnika z vhodno/izhodnimi digitalnimi in analognimi moduli za neposredno povezavo s procesom. Takšen računalnik mora biti odporen proti agresivnemu industrijskemu okolju (prah, vibracije, električne motnje EMI/RFI), zato ne bi imel trdega ali gibkega diska. V primeru pomanjkanja pomnilnika bi dodali ploščo z delavnim pomnilnikom (RAM kartica z 2-16 Mbytov).



SLIKA 1. prikazuje zasnovo rahlo-sklopljenega sistema za vodenje industrijskih procesov, kot smo si ga zamislili na Odseku za energetiko in vodenje procesov na Institutu "Jožef Stefan" v Ljubljani.

B.) Standardna verzija IBM PC/XT/AT kompatibilnega računalnika, ki bo imel trdi disk manjše kapacitete - 30 ali 40 Mbytov in po potrebi še disketno enoto. Preko RS422 komunikacijskega vmesnika (do 10 Mb/s, diferencialni napetostni prenos) bi nanj priključili mikrokontroler (npr. na osnovi INTEL 8051 ali 8096 serije), ki bi krmilil svoj proces. Standard RS422 smo že uporabili na porazdeljenem sistemu DMS-860.

Izkušnje so pokazale, da je potrebno uporabiti čim bolj inteligenten kontroler za mrežni vmesnik, da bi razbremenili procesor in povečali hitrost prenosa na podatkovnem komunikacijskem vodilu mreže. /lit. 2/.

Za povezavo vseh teh postaj med seboj v enoten in celovit sistem pa potrebujemo lokalno mrežo. Tu smo postavljeni pred zahteve:

- mreža mora biti dovolj hitra - propustnost skupnega komunikacijskega kanala mora biti ustrezno velika,
- ker bo speljana v industrijskem okolju, mora biti prenos imun na elektromagnetne in radijske motnje (RFI/EMI). Izbrati moramo ustrezno kodiranje in fizični prenosni medij - kabel,
- delovanje v realnem času (zakasnitev med podano zahtevo in odgovorom druge postaje nanjo mora biti čim krajša in deterministično določljiva),
- omogočati mora enostavno priključevanje in rekonfiguriranje mreže (dodajanje novih postaj oz. opuščanje že obstoječih),
- mreža mora biti standardna (IEEE 802.X standard),
- sposobna mora biti povezovati postaje na večjih medsebojnih razdaljah.

Pri izboru mreže se lahko odločamo med CSMA/CD /lit. 6/ (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection - IEEE 802.3) protokolom, ki omogoča množičen istočasni dostop na skupno komunikacijsko vodilo z zaznavo trkov. Sem spadata najbolj znani mreži Ethernet (10 Mb/s, baseband, odseki v mreži so lahko dolgi do 500 m, če uporabljamo standardni koaksialni kabel) in StarLAN (10 Mb/s, baseband, odseki v mreži so lahko dolgi 250 m, oz. z uporabo vmesnih vozlišč 500 m ob uporabi prepletenih telefonskih paric) ali TOKEN-PASSING protokol - protokol s podajanjem žetona v token-bus (IEEE 802.4) ali token-ring (IEEE 802.5) izvedbi.

Tu sta najbolj znani ARCNET (token-bus 2,5 Mb/s, baseband, odseki z aktivnimi vozlišči do 600 m pri uporabi koaksialnega kabla) in IBM token-ring (4 Mb/s, uporablja oklopljene parice).

Po primerjavi in priporočilih MAP skupine (Manufacturing and Automation Protokol) - skupine, ki se ukvarja z razvojem in izdelavo standardov na področju lokalnih mrež za industrijsko okolje, smo se odločili za ARCNET, ki edina od teh deluje na osnovi token-bus (IEEE 802.4) načina dostopa do skupnega komunikacijskega vodila.

3. OPIS ARCNET LAN /lit. 1,5,7/

Arcnet je baseband (z enopasovnim prenosnim medijem) token-passing (s podajanjem žetona) lokalna mreža, ki se odlikuje z enostavnim povezovanjem, fleksibilno topologijo, zanesljivostjo in ustrezno propustnostjo. Izdelani sta dve vrsti vmesnikov, eni za medsebojno povezovanje IBM PC/XT/AT sistemov in drugi za povezovanje sistemov z VME vodilom.

ARCNET uporabniku zagotavlja naslednje funkcije in možnosti:

- ker temelji na token-passing protokolu je zakasnilni čas lahko deterministično določljiv v nasprotju s CSMA/CD, kjer obstaja le verjetnost dostopa določene postaje na vodilo.
- hitrost prenosa je 2,5 Mbitov/s, prenos je enopasovni - baseband, zaradi česar je vmesnik enostavnejši in cenejši,
- ARCNET ponuja različne možnosti povezovanja. Izbiramo lahko med topologijo zvezde, vodila ali kombinacije obeh. S tem se lahko približamo industrijskemu procesu in zmanjšamo stroške za kabliranje. Standardni prenosni medij je koaksialni kabel (baseband RG-62/U), lahko pa

uporabimo tudi optična vlakna (če hočemo povečati razdaljo med postajami, doseči popolno imunost na motnje iz industrije in zagotoviti večjo zanesljivost prenosa).

- ARCNET je zelo prilagodljiva mreža. S svojo fleksibilno topologijo je možno preprosto izvesti dodajanje, odzemanje ali prestavljanje mikrorazračunalniških postaj. Rekonfiguracija se izvrši avtomatsko kadarkoli odzemo ali dodamo postajo v mrežo, kar naredi ARCNET za eno najbolj zanesljivih mrež na tržišču v tem trenutku. Čas, potreben za rekonfiguracijo, se giblje med 21-61 ms, kar je odvisno od števila postaj in ID števila.
- Vzdrževanje in odpravljanje napak je enostavno. Aparaturno opremo, ki ne deluje, lahko enostavno odklopimo in, ko jo popravimo, vrnemo nazaj,
- z ARCNET lahko v osnovni konfiguraciji povežemo do 255 postaj z razponom do 6,4 km. Večje mreže dosežemo z uporabo mostičkov (bridge) - večje št. postaj ali uporabo optičnih vlaken za premostitev večjih razdalj.
- ARCNET je ena najlažjih mrež, kar se tiče instaliranja. Pravila povezovanja so zelo enostavna z le malo omejitvami.

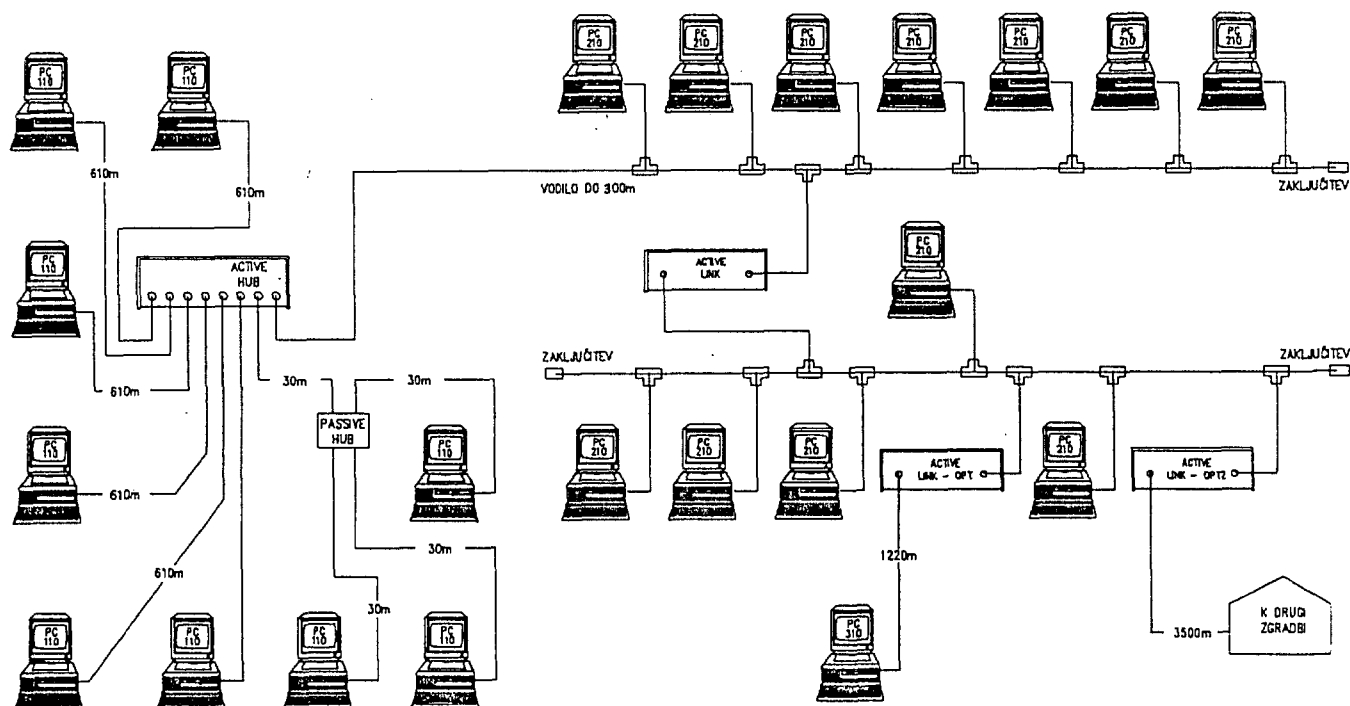
Pri mrežah na splošno je proces konfiguriranja mreže, dodajanja in odzemanja delavnih postaj težka in zapletena naloga. Pri ARCNET mreži pa so vsi ti procesi implementirani hardversko z VLSI tehnologijo integriranih vezij. Ta ARCNET kontroler zato ne potrebuje posredovanja programske opreme, saj te funkcije izvaja avtomatsko. Tako ne obremenjuje procesorja v sami mikrorazračunalniški postaji. Procesor ima opravka samo še s sprejemanjem in oddajanjem sporočil. V starih izvedbah se je pojavljal problem "overhead-a", da so aktivnosti za mrežo vzele preveč časa procesorju, zaradi česar se je zmanjšala dejanska propustnost oz. hitrost prenosa na nivo 100.000 bitov/sek. Poleg tega je procesor imel manj časa za opravljanje svoje primarne vloge, npr. ni mogel skrbeti le za proces, ki ga je krmilil, zaradi česar se algoritem ni izvajal optimalno.

- ARCNET dejansko lahko uporablja skoraj vso operacijsko programsko opremo za mreže.

4. POVEZOVANJE OSKERNIH RAČUNALNIKOV V ARCNET MREŽO

ARCNET omogoča topologijo zvezde, vodila ali kombinacijo obeh. /lit. 7/ Zvezdasta struktura se priporoča za prostorsko medseboj bolj oddaljene postaje. V osebni računalnik se vgradi ARCNET vmesnik tipa 110. Postaje povezujemo med seboj preko centralnih vozlišč. Obstajata dva tipa vozlišč za povezovanje postaj: - 8-vhodno aktivno in - 4-vhodno pasivno vozlišče. Razdalja med aktivnim vozliščem in postajo lahko z uporabo koaksialnega kabla doseže 620 m, pri pasivnem vozlišču pa le 30 m. Za fizični medij pri povezovanju lahko uporabljamo v isti mreži hkrati koaksialne kable in optična vlakna. Priključevanje je izvedeno z navadnimi BNC konektorji.

Pri topologiji vodila se uporablja koaksialni kabel z BNC T konektorji. Topologija vodila je zelo ekonomska pri povezovanju postaj, ki se nahajajo blizu skupaj. Tu ne potrebujemo vmesnih aktivnih vozlišč in kablo so krajši. Posamezen odsek je dolg 300 m in nanj lahko priključimo do 8 postaj v katere vgradimo ARCNET 210 vmesnik tipa 210. Te vmesnike za večje



SLIKA 2. prikazuje primer ARCNET mreže z vpisanimi tipi vmesnikov instaliranih v osebnih računalnikih, vozlišč, vmesnikov za povezovanje in možne največje razdalje med sestavnimi deli mreže.

konfiguracije povezujemo z aktivnimi dvo-vhodnimi vmesniki, ki jih je več vrst, za povezovanje odsekov s koaksialnim kablom ali optičnimi vlakni (do 3,6 km odsek, ki lahko služi povezovanju različnih stavb ali bližnjih dislociranih obratov).

Osnovna karakteristika predloženega rahlo-sklopljenega sistema je njegova fleksibilnost. Sistem omogoča prilagajanje konkretnim potrebam, enostavno nadgrajevanje in priključitev novih izdelkov. Pričakujemo, da bo zadoščal tudi za vodenje zelo zahtevnih industrijskih procesov.

5. ZAKLJUČEK

Pojava široke palete vhodno/izhodnih modulov in že obstoječa programska oprema opravičujejo uporabo osebnih računalnikov v industrijskem okolju. Z njimi smo dosegli osnovne cilje pri zasnovi rahlo-sklopljenega sistema primerne za vodenje industrijskih procesov kot so: - uporaba že izdelane aparature in programske opreme primerne za delo v realnem času, - enostavna instalacija in vzdrževanje in podobno.

Hrbtenica takšnega sistema je komunikacijsko vodilo. Odločili smo se za mrežo tipa ARCNET (več kot 500 000 vgrajenih vmesnikov v svetu, oz. 25 %-ni delež na tržišču mrež). Omogoča dokaj hiter prenos informacij, deterministični dostop do vodila, različne topološke strukture, uporabo optičnih vlaken in koaksialnih kablov v isti mreži, enostavno rekonfiguriranje. Izkušnje na Institutu "Jožef Stefan" so pokazale, da mora biti vmesnik za mrežo čim bolj samostojen - z inteligentnim kontrolerjem, da razbremeni glavni procesor. Za mrežo tipa ARCNET je razvit niz komponent, ki opravljajo vse naloge vazane na vzdrževanje žetona, konfiguracijo in rekonfiguracijo sistema.

LITERATURA:

- 1./ Colin Bartram: An ARCNET System Links Multivendor Robots, Control Engineering, 2.October 1987, stran 38-39;
- 2./ D. Mrdaković, M. Tomšič, M. Vidmar: Osnovne karakteristike distribuirane višemikroračunarske mreže DMS-860, Tehnika, 10, 1985;
- 3./ Dick Lefkon: A LAN Primer, Byte, July 1987, stran 147-154;
- 4./ Donald A. Dytewski: Planning Remains the Necessary Ingredient to make MAP work, Control Engineering, 2.October 1987, stran 19-20;
- 5./ George Thomas: Arcnet Simplifies Factory Floor Communications, Control Engineering, 2.October 1987, stran 40-41;
- 6./ INTEL: Local Area Networking (LAN) Component User's manual, September 1985;
- 7./ Standard Microsystems Corporation: ARCNET Overview, 1987.