

Delo na daljavo v proizvodnem okolju

Peter BUTALA, Ivan VENGUST, Alojzij SLUGA

Izvleček: Z razvojem komunikacij in interneta postaja delo na daljavo na marsikaterem področju resna alternativa klasičnemu načinu dela. Seveda pa se postavlja vprašanje, ali je delo na daljavo ustrezna alternativa tudi pri izvajanju delovnih procesov v materialni proizvodnji. V prispevku so podane nekatere možnosti spremljanja, nadzora, upravljanja in vzdrževanja delovnih sistemov v proizvodnji na daljavo. Predstavljen je kibernetski koncept podpore proizvodnih operacij in procesov, ki je ilustriran z vrsto realiziranih primerov iz raziskovalnega kot tudi industrijskega okolja. Z ozirom na odzive industrijskih uporabnikov je pristop relevanten in prinaša številne potenciale za posodobitev in racionalizacijo dela v industriji ter uvajanje povsem novih pristopov k strukturiranju, vodenju in krmiljenju proizvodnih procesov.

Ključne besede: proizvodni sistem, nadzor, krmiljenje, oddaljen dostop, informacijska podpora,

■ 1 Izhodišča in motivacija

Delo na daljavo postaja resna alternativa klasičnim oblikam dela. Motiv je zelo jasn – z novimi pristopi, metodami in tehnologijami dela postati bolj odziven, fleksibilen, učinkovit in racionalen, skratka bolj konkurenčen.

Danes je delo na daljavo značilno za tiste delovne procese, ki temeljijo na procesiranju informacij. Pri tem kraj in običajno tudi čas izvajanja procesa nista pomembna.

V proizvodnji pa se poleg informacijskih procesov opravlja tudi vrsta procesov transformacije materiala. Ti se izvajajo na ustreznih strojih ali napravah, torej na točno določenem kraju. Ti procesi so dinamični in

potekajo v realnem času. Navedeni značilnosti sta ključni za presojo možnosti in smiselnosti dela na daljavo kot tudi za razvoj in implementacijo tovrstne podpore v materialni proizvodnji.

Pri razvoju rešitev za podporo dela na daljavo igrajo pomembno vlogo sodobne informacijsko-komunikacijske tehnologije (IKT), ki nudijo nove možnosti za podporo razvoju, operacijam in vzdrževanju delovnih sistemov na daljavo.

Članek izhaja iz prispevka, ki je bil predstavljen na posvetu Avtomatizacija strege in montaže 2007 [1], in podaja nekatere konceptualne rešitve in primere izvedbe podpore dela na daljavo za delovne procese v proizvodnji. Nekatere predstavljene rešitve so se uveljavile tudi v industriji.

■ 2 Tehnološke možnosti za podporo delu na daljavo

Delovni procesi v proizvodnji potekajo na dveh nivojih:

- na nivoju t. i. elementarnih delovnih sistemov, kjer se izvajajo delovni procesi (npr. struženje, montaža, testiranje),

- na nivoju proizvodnega sistema kot zaokrožene celote (npr. delavnice, delovne enote obrata), kjer potekajo proizvodni procesi oz. proizvodne operacije kot množica opravil, ki se izvajajo zaporedno in/ali vzporedno na elementarnih delovnih sistemih.

Da se navedeni procesi lahko izvajajo učinkovito in ažurno, je potrebno opravljati še vrsto upravljaljskih procesov (npr. načrtovanje, koordiniranje, krmiljenje, nadzor) in podpornih procesov (npr. oskrba z informacijami, materialom, orodji in energijo, kontrola kakovosti, vzdrževanje). Pri vseh teh procesih ima pomembno vlogo človek, ki potrebuje za kakovostno delo in odločanje zanesljive in ažurne informacije. Informacija je torej eden od najpomembnejših elementov vodenja operacij proizvodnih sistemov.

Ključna problema proizvodnje sta zbiranje in upravljanje velikega volumna podatkov v realnem času ter posredovanje ustrezno pripravljenih informacij ob pravem času na mesta dela in odločanja.

Da bi to dosegli, je potrebno doseči razvidnost proizvodnih in delovnih

Izr. prof. dr. Peter Butala, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo; dr. Ivan Vengust, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo; PS, d. o. o., Logatec; Izr. prof. dr. Alojzij Sluga, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

sistemov, to je možnost dostopanja do informacij o sistemu in njegovem stanju od koderkoli in kadarkoli. Glede na današnjo dosegljivost IKT tehnologij in orodij se odpirajo možnosti dela na daljavo tudi v proizvodnji.

Internet in svetovni splet sta za realizacijo tovrstnih komunikacij ključni tehnologiji. Vedno pomembnejšo vlogo igrajo mobilne tehnologije in tehnologije brezžične komunikacije, tako na nivoju dostopa do sistemov preko interneta (npr. GPRS, Wi-Fi), na nivoju identifikacije med posameznimi sistemi (RFID) in na nivoju povezovanja posameznih elementov sistema, kot npr. brezžičnega povezovanja senzorjev za zbiranje podatkov (npr. Bluetooth, ZigBee).

S temi tehnologijami se odpirajo možnosti za razvoj t. i. ambientalne inteligence za prodorne (pervasive) in vsepovsod (ubiquitous) prisotne e-storitve, neodvisne od lokacij v proizvodnem okolju!

■ 3 Delo na daljavo v proizvodnji

Človek kot subjekt je element vsakega delovnega sistema v proizvodnji [2]. Z višanjem stopnje avtomatizacije se vloga subjekta v sistemu spreminja in njegova stalna fizična prisotnost ob napravi pri izvajanju procesa ni več nujna. S tem pa se odpira možnost, da subjekt opravlja svoje delo na daljavo.

Preglednica 1 podaja pregled tipičnih aktivnosti v proizvodnji, ki jih lahko ob ustrezni podpori opravljamo od koderkoli.

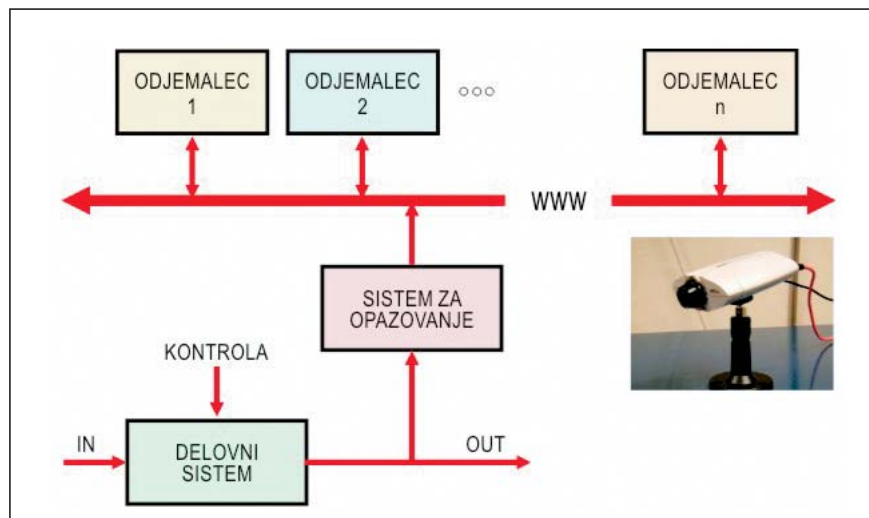
Opazovanje. Osnova za odločanje je opazovanje. Človek pri svojem delu opazuje proces in delovno napravo ter se na osnovi tega odloča. Stanje procesa/naprave zaznava s svojimi čutili: vidom in sluhom, včasih tudi vonjem in tipom. Za delo na daljavo je torej potrebno zajeti in prenesti vsaj del teh informacij. Zajem in prenos slike in zvoka v realnem času danes ne predstavljata večjega problema. Rešitev nudijo spletne kamere, ki vključujejo vso infrastrukturo za direkten priklop na internet.

Preglednica 1. Aktivnosti v proizvodnji, ki se lahko izvajajo na daljavo

Aktivnost	Opis	Tip informacije
Opazovanje	Opazovanje delovnega procesa/naprave v realnem času	Video/avdio signal – slika/zvok v živo
Spremljanje/nadzor	Spremljanje stanja procesa, naprave v določenem časovnem obdobju	Zajemanje podatkov procesa statusov naprave, interpretacija podatkov
Upravljanje/krmiljenje	Interakcija med krmilnikom in uporabnikom, aktiviranje in spremljanje funkcij v realnem času	Prenos informacij uporabniškega vmesnika, generiranje krmilnih informacij
Vzdrževanje/zagon	Dostop do SW-krmilnika, odpravljanje napak, spreminjanje, nadgrajevanje ipd.	Izvorna koda krmilnika, prevajanje, testiranje SW
Izobraževanje	Dostop do opreme in njeno upravljanje na daljavo – virtualni laboratorij	Uporaba navedenih funkcionalnosti za potrebe učenja in treninga

Slika 1 prikazuje sistem za opazovanje s spletno kamero. Poleg slike se lahko na daljavo posredujejo tudi zvok in haptične informacije (npr. vibracije), ki dopolnijo sliko zaznavanja. Sisteme za opazovanje lahko danes srečamo v prometu, turizmu ipd.

daljavo je potrebno zajemati podatke o delovnem sistemu ter omogočiti dostop do le-teh preko interneta/intraneta. Slika 2 prikazuje sistem za spremljanje in nadzor avtonomnega delovnega sistema preko interneta [4]. Za obvladovanje tega sistema je potrebno zajemati podatke v proizvo-

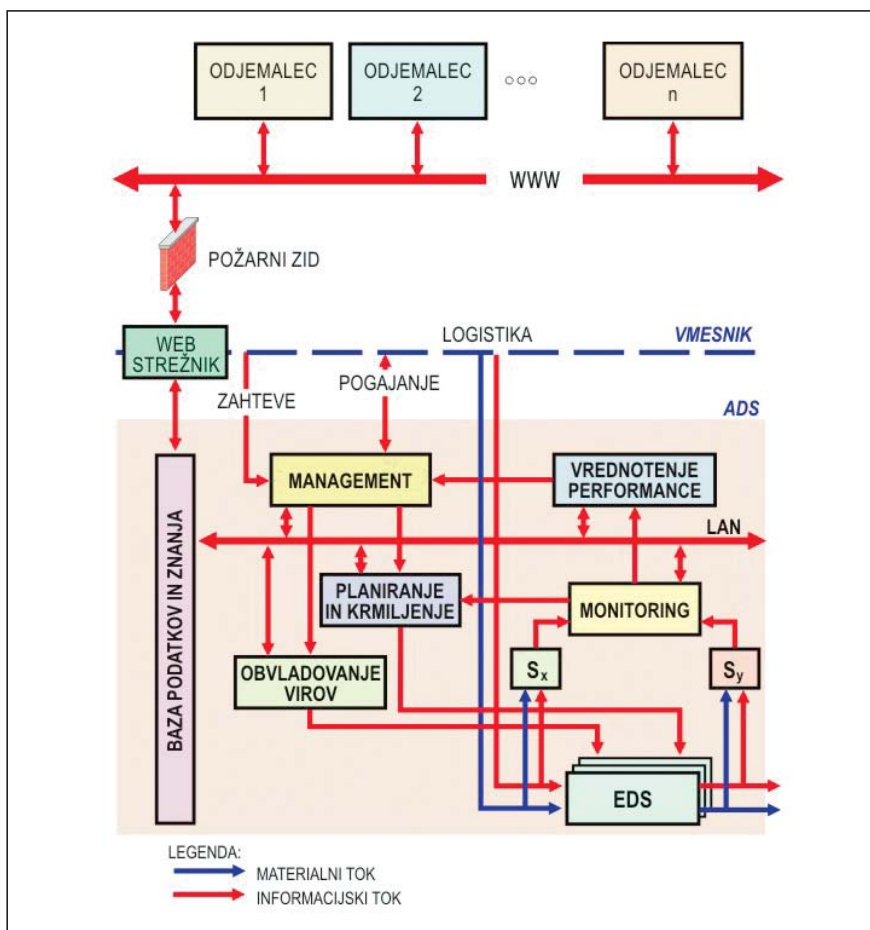


Slika 1. Sistem za opazovanje

Zgolj opazovanje preko kamere ni dovolj za delo na daljavo, nudi pa koristno podporo pri izvajanju vseh drugih aktivnosti. So pa že prve študije pokazale velik potencial strojnega vida v sledenju in avtomatski identifikaciji stanj obdelovalnih delovnih sistemov v proizvodnji [3].

Spremljanje in nadzor. Pri spremljanju oz. nadziranju delovnega sistema na

dnji on-line. Zajemanje podatkov v proizvodnji poteka v realnem času, in sicer (1) podatke o dogodkih (začetek dela, zastoj ipd.) vnašajo operaterji preko terminala; (2) podatki o stanju strojev in (3) podatki o procesu pa se zajemajo avtomatsko preko t. i. sistema SCADA (supervisory control and data acquisition) na osnovi informacije s senzorjev oz. iz CNC-krmilnika.



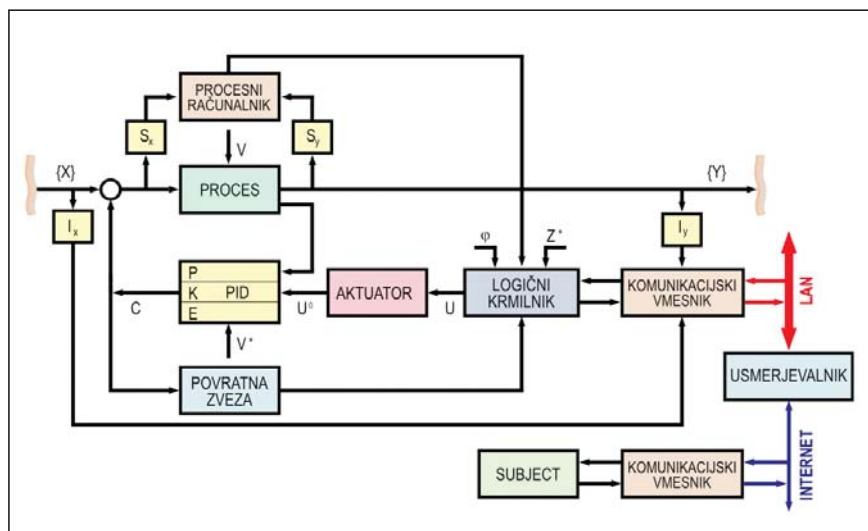
Slika 2. Spremljanje delovnega sistema na daljavo

Zajeti podatki se shranijo v lokalni bazi podatkov in znanja in služijo za on-line krmiljenje in za evalvacijo performance. Dostop do podatkov je možen tudi od zunaj, kar omogoča razvidnost sistema navzven.

Sistem torej spremljamo na osnovi zajetih podatkov. Podatki se shranjujejo in vizualizirajo na zahtevo uporabnika. Na ta način spremljamo proizvodne operacije, stanje stroja/delovne naprave ter stanje delovnega procesa. Primer tovrstnega operativnega sistema v industriji je spletni sistem za spremljanje in krmiljenje delavnice LIMES [5], katerega prototip je bil razvit leta 2003 [6].

Upravljanje in krmiljenje. Pri upravljanju oz. krmiljenju delovnega sistema na daljavo je potrebno omogočiti vpogled operaterja v stanje stroja in interakcijo med operaterjem in krmilnikom naprave na daljavo. Slika 3 prikazuje blokovno shemo rešitve, ki bazira na konceptu elementarnega delovnega sistema [2].

Da bo operater lahko upravljal s sistemom, mora imeti možnost opazovanja delovnega procesa/naprave. Poleg tega mora imeti na razpolago enake možnosti interakcije z napravo kot na njej. To pomeni, da mora biti grafični uporabniški vmesnik pri operaterju strukturno enak kot na krmilniku, informacije na njem pa se morajo osveževati v realnem času.



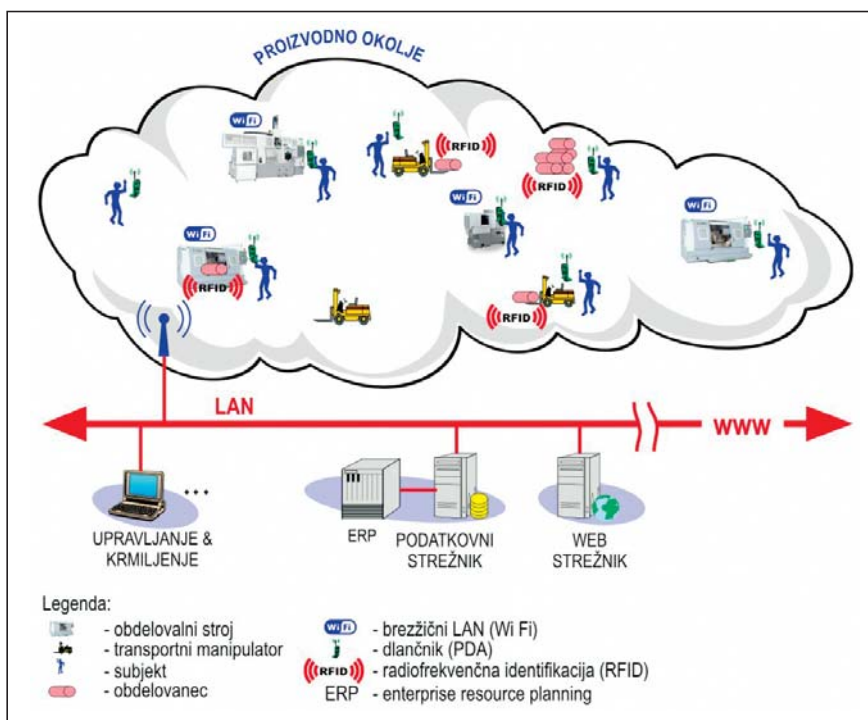
Slika 3. Krmiljenje delovnega sistema na daljavo (prirejeno po [2])

Uporabnik mora imeti možnost generiranja vhodnih krmilnih signalov na standardni periferni opremi računalnika (npr. tipkovnici, miški). Zaradi paketnega prenosa informacij se je potrebno izogibati funkcijam, katerih vrednost ni točno definirana (npr. "jog"). Upoštevati je potrebno naključne zakasnitve pri prenosu podatkov.

Vsepovsodno proizvodno okolje.

Nadaljnji razvoj lahko pričakujemo v smeri t. i. ambientalne inteligence in vsepovsodnega okolja. Ideja vsepovsodnega okolja izhaja iz računalništva in pomeni prisotnost računalnikov vsepovsod v okolju. Vsepovsodno proizvodno okolje (angl.: ubiquitous manufacturing) je eden izmed novih pristopov, ki obetajo boljše obvladovanje proizvodnje, temelječe na integraciji distribuiranih avtonomnih in inteligentnih delovnih enot. O tem, kako te nove trende aplicirati tudi na področje proizvodnje, je l. 2006 v organizaciji Lakosa na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani potekala mednarodna delavnica z naslovom U-Manufacturing: the organizational and technological perspectives. Na delavnici so sodelovali poleg evropskih raziskovalcev tudi predstavniki Južne Koreje.

Vsepovsodno okolje je mogoče realizirati z agentskimi strukturami. V njih so programski elementi, ki so dodeljeni posameznim elementom proizvodnega sistema. Agent v imenu elementa sistema odloča v skladu



Slika 4. Vsekovsodno proizvodno okolje

z določenimi cilji. Uvedba agentskih struktur prinese v proizvodnjo odločanje, ki se hitreje prilagodi na spremembe v sistemu in je manj občutljivo na naključne motnje. Hkrati lahko agente uporabimo pri avtomatizaciji določenih procesov, pri čemer opravljajo operaterji le še nadzorno vlogo. Vse to lahko prispeva k večji odzivnosti in fleksibilnosti proizvodnje. Slika 4 prikazuje osnovni koncept vsekovsodnega proizvodnega okolja. Elementi sistema (delovni sistemi, transportni sistemi, obdelovanci ipd.) so opremljeni z računalniki in povezani z brezžično komunikacijo. Vsak element ima svojega agenta. Agenti medsebojno komunicirajo in sodelujejo ali si konkurirajo pri izvedbi operativnih nalog v proizvodnji. Ideja vsekovsodnega proizvodnega okolja je podrobneje podana v [7].

■ 4 Primeri implementacije dela na daljavo v proizvodnji

Opazovanje. Slika 5 prikazuje primer opazovanja procesa preko spletne kamere. Ta je povezana v lokalno mrežo in identificirana z IP-naslovom, preko katerega jo lahko dosežejo uporabniki od koderkoli.

Spremljanje proizvodnje – LIMES. Primer sistema za spremljanje proizvo-

dne preko spleta je sistem LIMES, ki je uveden v delavnico podjetja Litostroj E. I. Sistem so uporabniki na vseh nivojih proizvodnje dobro sprejeli predvsem zaradi (1) dostopa do relevantnih podatkov od koderkoli in kadarkoli, (2) povečane razvidnosti dela v delavnici



Slika 5. Opazovanje stanja procesa/naprave preko spletne kamere

in časovne transparentnosti operacij, (3) povečane zanesljivosti razporedov in dobav, (4) izboljšane performance v smislu krajših pretočnih časov in s tem večje produktivnosti, (5) krajšega odzivnega časa v primeru odpovedi,

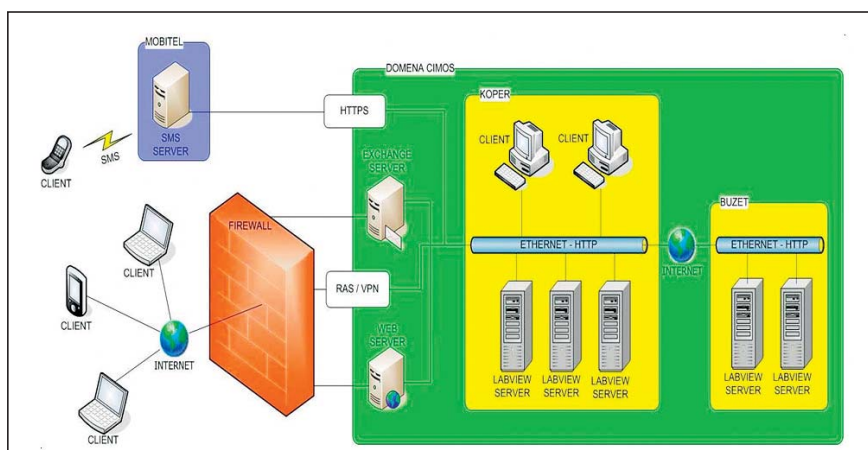
(6) občutno zmanjšane administriranja in informacijskega toka brez papirja (npr. eliminiranje delovnih nalogov in delovnih listov na papirju), (7) boljšega razumevanja problemov in vzrokov in s tem boljšega vodenja in organizacije dela, npr. vzdrževanja ter (8) ustreznejše porazdelitve odgovornosti pri vodenju. Zadnje je po mnenju vodstva najpomembnejši dosežek sistema. Sistem je podrobneje predstavljen v [5].

Upravljanje in krmiljenje testirnih sistemov. Trajnostni testi mehanskih podsklopov se lahko izvajajo ciklično v režimu 24/7, in sicer več tednov, preizkuševališča pa se lahko nahajajo na različnih, geografsko dislociranih mestih. Da je delo v takem okolju čim bolj učinkovito, je smiselno uvesti spremljanje in upravljanje testirnih sistemov na daljavo. S tem se bistveno pripomore k večji izkoriščenosti časa ter boljši učinkovitosti dela in tako izboljša ter skrajša razvojni proces.

Sistem je implementiran v Laboratoriju za preizkušanje podjetja CIMOS Koper, kjer se izvajajo testi prototipov avtomobilskih komponent. Testiranje teh komponent je zelo

nepredvidljivo, ker se prvi testi izvajajo že v zgodnji fazi razvoja in se pomanjkljivosti v konstrukciji in izdelavi šele ugotavljajo. Zaradi tega pogosto prihaja do zastojev. Testiranje je avtomatizirano in stalna prisotnost operaterja ni potrebna. Potreben pa je stalni nadzor nad delovanjem sistemov, tudi v času, ko operaterji niso pri-

sotni. Če namreč pride do zastoja procesa izven delovnega časa, se testiranje ustavi, dokler se ne odpravi motnja. To pa pomeni zastoj do prihoda operaterja, ki odpravi motnjo in ponovno zažene proces.



Slika 6. Arhitektura sistema za upravljanje testirnega sistema na daljavo [8]

Za rešitev navedenega problema je bila razvita spletna aplikacija, ki omogoča spremljanje in upravljanje preizkuševališč preko interneta [8]. Arhitektura sistema je prikazana na sliki 6. V primeru zastoja se sproži sporočilo v obliki SMS, ki opozori operaterja o problemu. Operater se nato lahko poveže s krmilno aplikacijo preko interneta ter odpravi motnjo, če ta ne zahteva fizične intervencije. Testirni sistem pa lahko spremljajo na daljavo tudi razvijalci testiranca, ki na ta način sproti pridobivajo informacije o rezultatih svojega dela, kot je prikazano na sliki 7.

Upravljanje in krmiljenje CNC-obdelovalnega stroja – Telemanufacturing. Izvajanje obdelave na sodobnem CNC-obdelovalnem stroju zahteva prisotnost operaterja, ki upravlja stroj preko krmilnika.

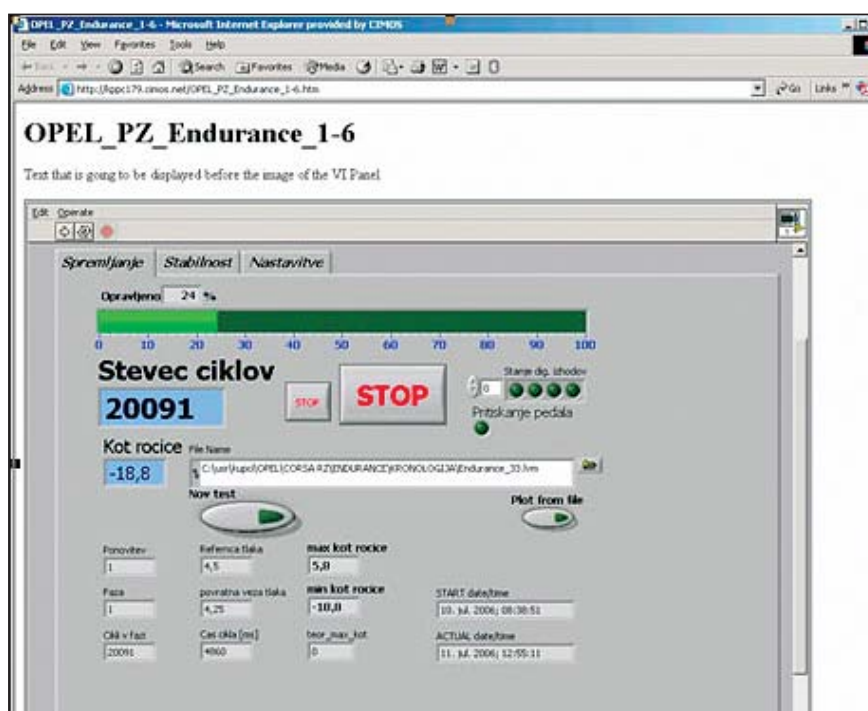
Cilj raziskave je bil raziskati možnost prenosa interakcij med strojem in operaterjem na daljavo, preko lokalne mreže ali interneta. S tem bi bila dana možnost upravljanja večjega števila strojev s centralnega mesta. Prav tako se odpira možnost izvedbe spletnega obdelovalnega servisa.

Sistem je bil realiziran na CNC-stroju za lasersko rezanje pločevine. Slika 8 prikazuje koncept sistema v arhitekturi strežnik/odjemalec. Sistem omogoča spremljanje in krmiljenje delovnih parametrov stroja in procesa, iskanje referenčne točke stroja, ročno vodenje stroja v načinu "incremental", nalaganje in izbira načina izvajanja NC-programov,

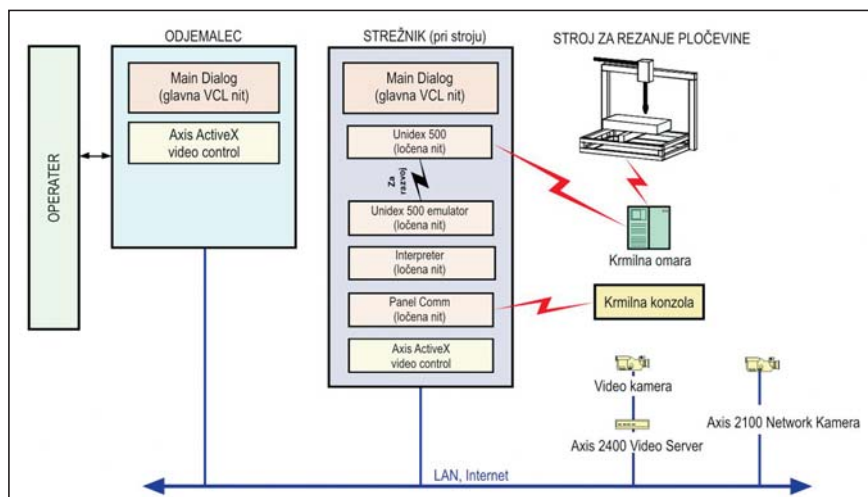
določanje ničelnih zamikov stroja, določanje programskih limit stroja ter diagnostiko stroja. Slika 9 prikazuje uporabniški vmesnik z aktualnimi parametri ter vključeno živo sliko.

Izobraževanje na daljavo. Predstavljeni koncepti in rešitve se lahko s pridomo uporabijo tudi v izobraževalnem procesu. Slika 10 prikazuje eksperiment, ki smo ga poimenovali Teleteaching.

Eksperiment Teleteaching je bil izveden novembra 2005 v sodelovanju z University of Minho iz Portugalske. Sodelovali sta dve skupini študentov, ena iz Ljubljane in ena iz Minha. Tema



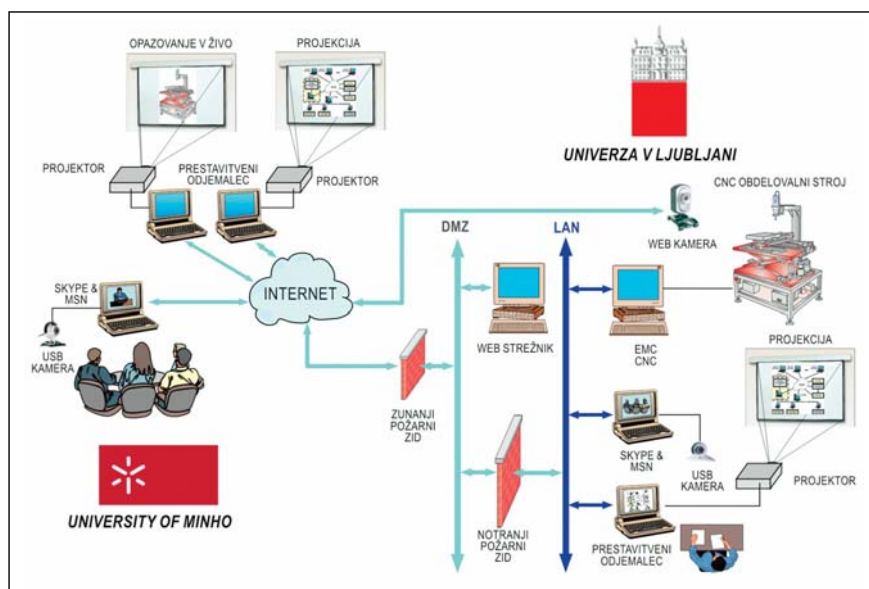
Slika 7. Uporabniški vmesnik spletne aplikacije za spremljanje testirnih sistemov [8]



Slika 8. Arhitektura sistema za upravljanje CNC-obdelovalnega sistema na daljavo [9]



Slika 9. Uporabniški grafični vmesnik sistema Telemanufacturing [9]



Slika 10. Eksperiment učenja na daljavo Teleteaching

je bila NC-programiranje. Pri tem sta obe skupini študentov izdelali svoje NC-programe za obdelavo določenih komponent, samo obdelavo pa so študentje realizirali na daljavo na CNC-stroju v Ljubljani.

5 Zaključek

Prispevek obravnava nekatere konceptualne osnove za podporo dela na daljavo v proizvodnji, kjer imamo opravka z informacijskimi in materialnimi procesi ter z njihovim krmiljenjem v realnem času. To pa predstavlja posebne zahteve in omejitve za delo na

daljavo, ki postaja vedno bolj aktualna opcija tudi v materialni proizvodnji.

Predstavljenih je nekaj rešitev za spremljanje, krmiljenje, vzdrževanje v proizvodnji ter izobraževanje na daljavo. Vsi primeri kažejo na velike potenciale takšnega pristopa. Doseženi so tudi vidni rezultati v industrijskem okolju.

Nadaljnji razvoj lahko pričakujemo v smeri t. i. ambientalne inteligence in vsepovsodnega okolja, v katerem se bodo izbrisale marsikatero meje in razdalje, kar bo omogočilo povsem

drugačen pristop k organizaciji in vodenju proizvodnih procesov.

Literatura

- [1] Butala, P., Vengust, I., Sluga, A., 2007, Nadzor in krmiljenje delovnih sistemov na daljavo. V: Herakovič, N., Debevec, M., Adrovič, E. (ur.). Avtomatizacija strege in montaže ASM'07, Ljubljana: gradivo posveta. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, str. 23–28.
- [2] Peklenik, J., 1988, Fertigungskybernetik, Eine neue wissenschaftliche Disziplin für die Produktionstechnik. TU-Berlin. Festvortrag anlässlich der Verleihung des Georg-Schlesinger Preises 1988.
- [3] Husejnagić, D., Sluga, A., 2002, Machine vision in manufacturing system surveillance. V: Katalinić, B. (ur.). Annals of DAAAM for 2002 & Proceedings of the 13th International DAAAM Symposium Intelligent Manufacturing & Automation: Learning from nature, Vienna: DAAAM International, str. 219–220.
- [4] Butala, P., Sluga, A., 2006, Autonomous work systems in manufacturing networks. CIRP ann., 55/1: 521–524.
- [5] Butala, P., Sluga, A., Rihtaršič, B., 2006, Sodobne proizvodne strukture v mrežnem okolju, Zbornik posvetovanja Orodjarstvo, str. 43–48.
- [6] Jenkole, J., Sluga, A., 2003, WEB based shop floor monitoring. V: Dašič P. (ur.). RaDMI 2003: Proceedings, str. 1538–1541.
- [7] Husejnagić, D., Rihtaršič, B., Sluga, A., Butala, P., Vrabič, R., 2007, Vodenje delavnice s pomočjo agentskih struktur, CIMOSOV Forum, Koper: 3. Zbornik referatov, str. 476–480.
- [8] Počkar, J., Primožič, U., Butala, P., 2006, Spremljanje in krmiljenje testirnih sistemov preko interneta, Dan raziskav, zbornik 2. posvetovanja, Koper, 325–328.
- [9] Jeras, T., 2000, Razvoj programskega modula za upravljanje CNC-obdelovalnega stroja na daljavo, Diplomsko delo 5075, Fakulteta za strojništvo UL.

Distance Work in the Manufacturing Environment

Abstract: With new developments in information and communication technologies, distance work has become a viable alternative to traditional work in many domains. The question here is whether distance work could be an appropriate alternative also in the manufacturing field, where the realization of products is vital and where one has to deal with processes related to the transformation of materials. The paper reviews some possibilities and solutions for the remote surveillance, monitoring and control of manufacturing work systems as a basis for distance work in manufacturing. Several case studies from the industrial and academic environments illustrate the potential and confirm the relevance of distance work for industrial and educational use. Distance work opens up new perspectives for the structuring, management and control of manufacturing processes.

Keywords: manufacturing system, monitoring, control, remote access, information support,

Zahvala

Delo je sofinancirano s strani Ministrstva za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo, pogodba št. L2-6604. Projekt je povezan tudi z mrežo odličnosti NoE VRL KCiP.



FLUIDNA TEHNIKA - AVTOMATIZACIJA - INDUSTRIJSKA OPREMA



INDUSTRIJSKA PNEVMATIKA
cilindri, enote za vodenje, prijemala, ventili, priprava zraka, fittingi, spojke, cevi in pribor



**MERILNA TEHNIKA
IN SENZORIKA**



senzorji in merilci sile, temperature, tlaka, magnetnega polja ter indukcijski senzorji



PROCESNA TEHNIKA



krogelni in loputasti ventili, ploščati zasuni, pnevmatski in električni pogoni, varnostni ventili



LINEARNA TEHNIKA



tirna vodila, okrogla vodila, kroglična vretena, blažilci sunkov, regulatorji hitrosti



**PROFILNA TEHNIKA
IN STROJEGRADNJA**



konstrukcijski alu profili, delovna oprema, ogrodja strojev



STORITVE



konstrukcija in obdelave na klasičnih in CNC strojih

-TRADICIJA
-KVALITETA
-SVETOVANJE
-PARTNERSTVO
-FLEKSIBILNOST
-VELIKE ZALOGE
-POSEBNE IZVEDBE
-KONKURENČNE CENE
-KRATKI DOBAVNI ROKI

Hypex, Lesce, d.o.o.
 Alpska 43, 4248 Lesce
 Tel.: +386(0)4 53-18-700 Internet: www.hypex.si
 Fax.: +386(0)4 53-18-740 E-Mail: info@hypex.si