

Razvoj gradnikov spletnega, daljinskega in porazdeljenega vodenja in njihova uporaba v sodobnih sistemih vodenja

Marjan GOLOB, Bojan LIKAR, Igor STEINER, Leon KRALJ, Aleš BREZOVAR

Izvleček: Cilj prispevka je predstavitev rezultatov razvojno-raziskovalnega (RR) projekta razvoja tehnologij in gradnikov spletnega, daljinskega in distribuiranega vodenja, ki poteka v okviru Kompetenčnega centra za sodobne tehnologije vodenja (KC STV). Rezultati projekta bodo z uporabo spletnih tehnologij, sodobnih komunikacijskih omrežij in možnostjo integracije spletnih storitev s socialnimi omrežji omogočali postavljanje naprednih sistemov daljinskega in distribuiranega vodenja z ekspertnimi storitvenimi funkcionalnostmi, izvajanje demonstracijskih razvojno-raziskovalnih projektov in funkcionalno izobraževanje na področju daljinskega in distribuiranega vodenja.

Ključne besede: spletno daljinsko vodenje, porazdeljeno vodenje, internet objektov, oddaljena terminalna enota, ekspertni storitveni portali

■ 1 Uvod

Za porazdeljene sisteme vodenja je značilna geografska porazdeljenost senzorjev, aktuatorjev in kontrolnih modulov. Za njihovo učinkovito delovanje so ključnega pomena komunikacijske in spletne tehnologije, na primer v komunalnih objektih, čistilnih napravah, POS-terminalih ali pri kontroli porabe električne energije v domačem stanovanju [1]. Trendi na

trgu so usmerjeni v razvoj opreme in spletnih storitev, ki omogočajo enostaven in cenen nadzor naprav in merilnikov (pametni merilniki [2], [3]). Hitremu razvoju komunikacijske tehnologije, žične in brezžične (xDSL, WiMAX, 3G in 4G, RFID, NFC itd.), se prilagajajo tako razvijalci gradnikov, sistemski načrtovalci in uporabniki sistemov vodenja. Opazno je povečano povpraševanje po novih storitvah in servisih na področju spletnega, daljinskega in distribuiranega vodenja [4], [5].

Aktualna vprašanja, ki terjajo nadaljnje raziskave in razvoj, so povezana predvsem z izboljšanjem varnosti pri prenosu podatkov, zagotavljanjem kvalitete in s povečanjem učinkovitosti prenosa podatkov z upravljanjem sistemov daljinskega in distribuiranega vodenja. Če so omenjene funkcije bile še do nedavnega vgra-

jene v drage in kompleksne naprave (predvsem v industriji in energetiki), bodo v prihodnosti takšne rešitve dostopne tudi v cenejših napravah.

RR-projekt sestavlja konzorcij izkušenih partnerjev s področja izvajanja projektov procesne avtomatizacije, ki po posameznih področjih spadajo med vodilna razvojno-integracijska podjetja na slovenskem trgu. S sodelovanjem v omenjenem projektu imajo partnerji skupen cilj: izboljšati obstoječe oziroma razviti nove tehnologije in gradnike spletnega, daljinskega in distribuiranega sistema vodenja, kot so na primer OPCUA, WEB-servisi, HTML5, Windows Mobile, Android itn. Prav tako je potrebno razviti nove metode povezovanja različnih sistemov, ki bodo temeljile na sodobnih komunikacijskih tehnologijah (UMTS, HSDPA, LTE in podobno).

Izr. prof. dr. Marjan Golob, univ. dipl. inž., Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor; Bojan Likar, univ. dipl. inž., Kolektor Sunabit, d. o. o., Radomlje; Mag. Igor Steiner, univ. dipl. inž., Inea, d. o. o., Ljubljana; Leon Kralj, univ. dipl. inž., Goap, d. o. o., Solkan; dr. Aleš Brezovar, univ. dipl. inž., Metronik, d. o. o., Ljubljana

Cilji projekta so:

- podati pregled stanja in ocena razvoja novih tehnologij in storitev spletnega, daljinskega in distribuiranega vodenja, načrtovanje konceptov in razvoj visokorazpoložljivih in zanesljivih rešitev za nadzor nad distribuiranimi sistemi z uporabo najsodobnejših komunikacijskih protokolov;
- podati pregled tehnologij, zahtev in rešitev za razvoj spletno podprtega učnega in testnega okolja za upravljavce in integratorje sistemov spletnega, daljinskega in distribuiranega vodenja;
- razviti nov koncept storitev spletnega, daljinskega in distribuiranega vodenja, kot so portali za shranjevanje, analizo in optimiranje podatkov, portali za daljinski dostop, on-line programiranje in vzdrževanje sistemov in vmesnikov za dostop in razvoj storitev v socialnih omrežjih;
- načrtovanje in razvoj novih gradnikov (strojnih in programskih) sistemov spletnega, daljinskega in distribuiranega vodenja.

V nadaljevanju članka so opisani rezultati projekta, razdeljeni v tri sklope: spletno podprto učno okolje, gradniki sistemov daljinskega in distribuiranega vodenja in ekspertni storitveni portali.

■ 2 Spletno podprto učno okolje

Na področju izobraževanja sistemov vodenja in avtomatizacije procesov je pomembno dvoja:

- slediti novim trendom razvoja tehnologij, njihovo vključevanje v izobraževalni proces in
- pridobiti praktične izkušnje s področja načrtovanja in uporabe sistemov vodenja.

Pomembno je, da se učni načrti in izo-

braževalne vsebine nenehno posodablajo, hkrati pa je potrebno posodabljeni eksperimente, laboratorijske objekte, programsko opremo in učno gradivo za pridobivanje praktičnih znanj. To je povezano z velikimi stroški in naporji izvajalcev izobraževanja, ki pogosto ne morejo slediti hitremu razvoju tehnologij. Tehnologije daljinskega vodenja omogočajo daljinski dostop do sistemov vodenja realnih industrijskih objektov in procesov in jih danes že uporabljamo za potrebe učinkovitega inženirskega izobraževanja.

Prednosti uporabe tehnologij daljinskega vodenja procesov v izobraževalne namene so:

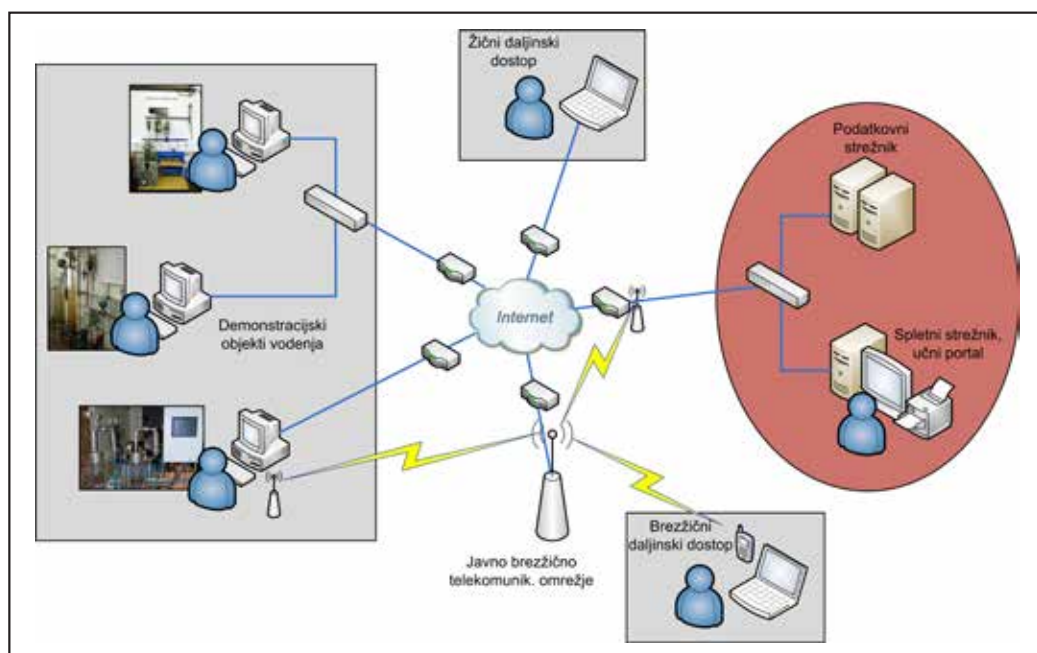
- daljinski dostop do eksperimentov z dislociranih enot,
- manjši stroški izvedbe izobraževalnega procesa,
- dostop do eksperimentov tudi hendikepiranim skupinam oseb,
- časovno neomejen dostop do eksperimentov in druge.

Trenutne izvedbe daljinskega dostopa in izvajanja eksperimentov s pomočjo sistemov daljinskega vodenja temeljijo na integraciji profesionalnih sistemskih rešitev s področja daljinskega vodenja procesov. Te vključujejo številne gradnike, povezane v distribuirano omrežje, kot so PLK-ji različnih proizvajalcev, SCADA-pro-

grami, MES-aplikacije, OPC- in spletni strežniki, podatkovne baze in aplikacije za dostop do sistemov vodenja z mobilnih platform. Slabost opisanih izvedb je predvsem velika odvisnost od licenčne programske opreme, ki je integrirana v izvedbo sistemov, zlasti eksperimentov. Nadalje: takšna rešitev hitro zastari in postane neprimeren za izobraževalne namene.

Pri zasnovi koncepta spletno podprtega učnega okolja smo zato postavili naslednje zahteve:

- Uporabiti večnivojsko strukturo spletno podprtega učnega okolja, ki omogoča povsem avtonomno delovanje sistema na procesnem nivoju. Regulacijski in krmilni algoritmi, senzorji in aktuatorji, varnostne naprave in upravljalni paneli naj na procesnem nivoju delujejo neodvisno od spletno podprtega učnega okolja. Izvedba se lahko razlikuje od eksperimenta do eksperimenta. Regulacijska oprema in področna vodila so lahko od različnih proizvajalcev.
- Komunikacija med procesnim nivojem in spletno podprtim učnim okoljem naj bo izvedena preko nadzorno-krmilnih sistemov (SCADA), OPC-strežnikov ali WEB-strežnikov na procesnem nivoju (na primer tudi na PLK-jih).



Slika 1. Predlagani koncept hierarhične arhitekture spletno podprtega učnega okolja

- Vsi podatki s procesnega nivoja naj se shranjujejo v relacijsko bazo podatkov.
- Grafični uporabniški vmesniki naj bodo oblikovani kot odprta spletna aplikacija, ki se lahko izvaja na različnih platformah (osebni računalniki, mobilne naprave, tablice), neodvisno od vrste operacijskega sistema in brskalnika.
- Uporabniški vmesnik sistema spletno podprtega učnega okolja naj deluje na principu odjemalec–strežnik. Podatki se na zahtevo uporabnika posredujejo odjemalcu.
- Sistem spletno podprtega učnega okolja izkorišča prednosti številnih aplikacij WEB 2.0 in novjših, kot so socialna omrežja, storitve javnih ali privatnih portalov in naprednih spletnih storitev, kot so Cosm in ThinkSpeak.
- Uporabniški vmesnik naj izkorišča moderne WEB-tehnologije, kot je HTML5.
- Uporabniku naj bosta omogočena lokalno shranjevanje rezultatov in izdelava poročil.

Na *sliki 1* je prikazan koncept hierarhične arhitekture spletno podprtega učnega okolja.

Demonstracijski objekti vodenja so povezani s pomočjo OPC-strežnikov, WEB-strežnikov ali SCADA-nadzorno-krmilnih sistemov s strežnikom sistema spletno podprtega učnega okolja. Podatkovni strežnik skrbi za shranjevanje podatkov posameznih aplikacij. Uporabniki dostopajo do aplikacij preko učnega portala in spletnega (WEB) strežnika.

■ 3 Razvoj novih gradnikov sistemov daljinskega in distribuiranega vodenja

Socialna omrežja, kot so Facebook, Twitter in podobna, je možno izkoristiti tudi v sistemih spletnega, daljinskega in porazdeljenega vodenja. Zato je potrebno razviti nove in prilagoditi obstoječe gradnike sistemov vodenja, kot so na primer oddaljene terminalske enote (ang. remote terminal/telemetry unit – RTU).



Slika 2. RTU-enota s programsko opremo za komunikacijo s spletnimi portali in socialnimi omrežji [vir: dokumentacija podjetja Inea, d. o. o.]

3.1 Vključevanje RTU-enote v spletne portale in socialna omrežja

Socialna omrežja ponujajo odprto platformo, ki jo lahko uporabimo za potrebe distribucije podatkov in obvestil zainteresiranim skupinam uporabnikov. Projektna partnerja Inea in Kolektor Sinabit sta razvila gradnike sistemov daljinskega in distribuiranega vodenja, ki omogočajo integracijo RTU-enot v privatne ali javne spletne portale in socialna omrežja. Izdelan je prototip rešitve RTU-enote na osnovi novih elektronskih vezij, ki omogočajo ra-

znovrstno povezovanje z različnimi komunikacijskimi mediji in storitvami, kot so spletni portali in socialna omrežja preko žičnih ali brezžičnih Ethernet omrežij (LAN in WAN), GSM-omrežij (GPRS/EDGE, UMTS, LTE) in preko serijskih komunikacij z modemi in radijskimi povezavami. Modul RTU, prikazan na *sliki 2*, je bil načrtan in izdelan kot razširitveni modul PLK-enote, lahko pa deluje tudi kot samostojna naprava.

Programska rešitev deluje z javnimi spletnimi portali Cosm in privatnimi portali, kot je KIBERnet, z uporabo spletnih (internetnih) tehnologij, kot so TCP/IP, HTTP, AJAX, JSON, XML in HTML. Za potrebe preizkusa rešitve povezovanja s socialnimi omrežji smo izdelali prototip za povezovanje s storitvijo Cosm - Twitter in storitev Identica. Uporabili smo postopek identifikacije in izdelavo avtorizacijskih ključev. S storitvijo Identica je možno pošiljati sporočila neposredno z uporabo osnovne avtorizacije v http-zahtevku. Primer portala javnega spletnega strežnika je na *sliki 3*.

Na osnovi testiranj RTU-enote smo zaznali potrebo po uporabi več standardiziranih komunikacijskih tehnologij in protokolov in po zavarovanju komunikacijskih poti pred vdori napadalcev. Zato je bila sprejeta odločitev o razvoju nove zmogljivejše strojne in programske opreme. Nova RTU-enota (*slika 4*)



Slika 3. ThingSpeak je eden od javnih spletnih strežnikov, s katerim lahko komunicira RTU-enota



Slika 4. Nova večfunkcijska RTU-enota za neposredno povezljivost s krmilniki PLC – Mitsubishi Electric Europe [vir: dokumentacija podjetja Inea, d. o. o.]

ima vgrajen modem 2.5G, ki zagotavlja brezžično komunikacijsko povezavo med nadzornim centrom in oddaljenim sistemom. Uporabnik lahko priključi tudi radijski modem preko USB-vhoda. Implementirani protokoli na RTU-enoti so DNP3 in IEC60870 za povezljivost s SCADA-sistemi in množica protokolov in servisov za vključitev v različna IKT-okolja (HTTP, VPN, DDNS, SNMP). Omogoča neposredno povezljivost s krmilniki PLC proizvajalca Mitsubishi Electric Europe in oddaljen nadzor in vodenje popolnoma avtomatiziranih procesov, s čimer se zmanjša število osebja na kraju samem ali celo popolnoma odpravi potreba po prisotnosti lokalnih posluževalcev procesa. Področja uporabe so različni oddaljeni sistemi, kot so: vodovodni, plinovodni in naftovodni, preklonpe postaje, cestni predori in čistilne naprave.

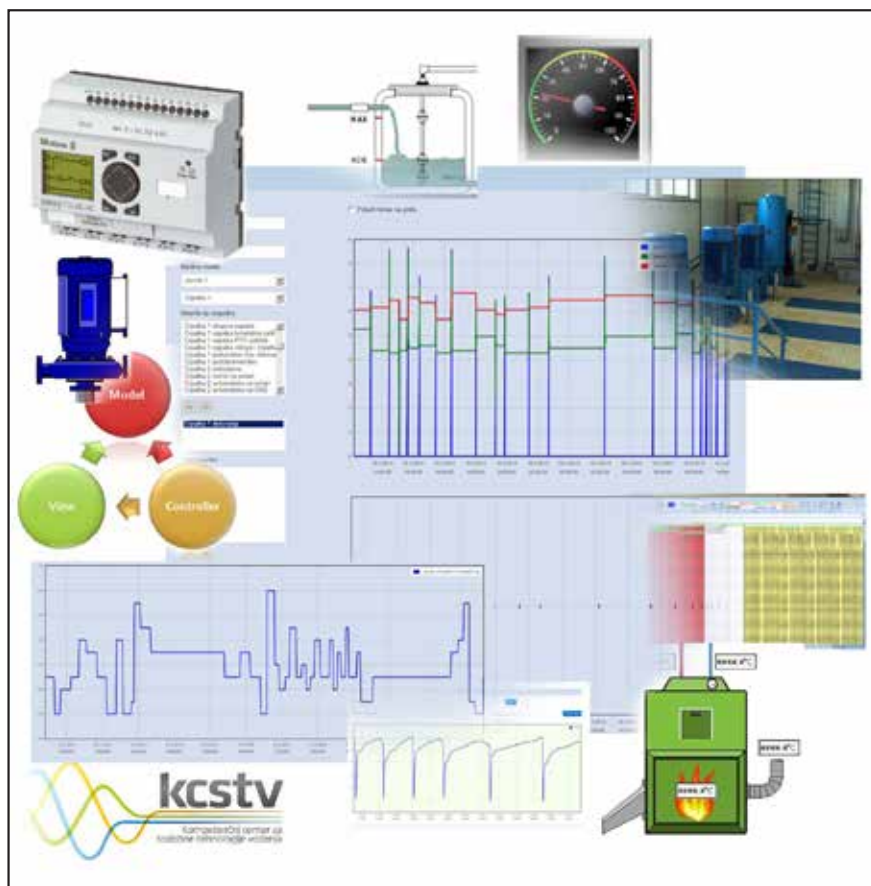
3.2 Univerzalne komunikacijske rešitve s podporo za sodobna javna internetna komunikacijska omrežja

Pri infrastrukturnih, proizvodnih in energetskih procesih sta bistvena učinkovito in sprotno spremljanje ter vodenje procesa. S celovito rešitvijo nove generacije naprav in sistemov na področju nadzora in upravljanja lahko optimiramo delo-

vanje vodenega procesa, na primer racionaliziramo porabo energentov, zmanjšamo stroške vzdrževanja, čas detekcije in odprave napak. Pomemben atribut je tudi uporaba sistema na daljavo, preko že ustaljenih, univerzalnih komunikacijskih

protokolov, pri čemer je dostop do nadzornega sistema neodvisen od lokacije in uporabljene naprave. Na sliki 5 je prikazan primer integracije RTU-enote v sistem napredne strežniške rešitve nadzornega sistema.

Razvita rešitev omogoča uporabniku hiter in enostaven dostop do nadzornega sistema preko spletnega portala, ki služi kot uporabniški vmesnik za pregled vseh grafičnih prikazov sistema, alarmiranje, beleženje podatkov v podatkovne baze in poročilne sisteme. Implementirali smo protokole, ki se uporabljajo na področju distribuiranega vodenja procesov, predvsem energetike in ekologije. To so komunikacijski protokoli, ki delujejo na podlagi komunikacijskih standardov IEC 60870 in DNP3. Prednost teh protokolov je boljše sledenje dogodkov z uporabo časovnih značk. Razvita je bila napredna strežniška storitev za potrebe daljinskega in porazdeljenega vodenja. Razvoj je bil izveden na Microsoftovih razvojnih platformah



Slika 5. Univerzalna komunikacijska rešitev s podporo za sodobna javna komunikacijska omrežja, temelječa na omrežju Ethernet [vir: dokumentacija podjetja Kolektor Sinabit, d. o. o.]

in razvojnih orodjih za strežniške rešitve – Microsoft .NET Framework in MS SQL.

Na strežniku se poleg omenjenega portala izvaja aplikacija (koncentrator) za zajem in shranjevanje podatkov v centralno podatkovno bazo. Aplikacija podatke na oddaljenih lokacijah periodično zajema in shrani v podatkovno bazo SQL, kjer so na razpolago za uporabo različnim aplikacijam uporabnika. Preverja in signalizira se tudi stanje povezav z objekti, v primeru alarmnega stanja na objektu pa se podatki z objekta takoj prenesejo v center. Na krmilnikih na oddaljenih lokacijah poteka lokalno upravljanje z napravami, krmilnik pa izvaja tudi naloge enote RTU. Neposredno komunicira s koncentradorjem na strežniku preko ustaljenih komunikacijskih protokolov. Internetnih/Ethernetnih tehnologij, kot so ADSL, VDSL, GPRS, UMTS, WLAN itd. Postavitev in nastavitve parametrov celotne rešitve korenito pohitri in olajša posebej razvito orodje za modularni razvoj aplikacij. To orodje poskrbi za možnost avtomatskega generiranja delov (modulov) programske kode.

Celovito rešitev je moč aplicirati na širokem spektru področij, zlasti na številčno hitro rastočih distribuiranih inteligentnih sistemih, ki jih je možno še izboljšati s kvalitetnim celovitim sistemom vodenja, s katerim najbolj pridobijo energetska postrojenja, kot so sončne ali vetrne elektrarne, male hidroelektrarne, transformatorske postaje, sistemi ogrevanja s solarnimi kolektorji ali toplotnimi črpalkami, kotlovnice in infrastrukturni sistemi, kot so čistilne naprave, črpališča, vodohrani, vodarne itd.

■ 4 Ekspertni storitveni portali

4.1 Portal za programiranje lokalno vgrajenih krmilnih naprav

Avtomatizacija stanovanjskih objektov se v svetu počasi uveljavlja, ker so za uvajanje trenutnih rešitev na



Slika 6. Oddaljeno in lokalno upravljanje preko spletnega brskalnika na osebem računalniku, iOS-napravah (iPhone, iPad) in napravah Android v sistemu e-storitev Netichome [vir: dokumentacija podjetja Goap, d. o. o.]

trgu potrebni strokovnjaki, ki so usposobljeni za izvajanje relativno zaktevnih projektov tehnologije vodenja procesov. To pomeni drago in relativno dolgotrajno izvedbo projekta avtomatizacije stanovanjskih objektov.

Cilj je, da avtomatizacijo stanovanjskih objektov približamo končnim uporabnikom tako, da si bodo lahko sami, brez pomoči strokovnjakov, opremili stanovanje s temi rešitvami. Rešitev bi se prodajala na podoben način kot bela tehnika oziroma računalniška oprema.

Končni uporabnik bo tako kupil potrebno opremo za avtomatizacijo, jo doma priključil na dostop do interneta, ta pa se sama poveže na ustrezen spletni portal. Končnemu uporabniku tako ponudimo možnost programiranja, nastavitve parametrov doma vgrajene opreme brez uporabe dodatne programske opreme ali potrebnega znanja o avtomatizaciji. Po analizi rezultatov raziskav je bila sprejeta poslovna odločitev o razvoju sistema za programiranje in upravljanje naprav za avtomatizacijo poslovnih in stanovanjskih objektov na daljavo z imenom Netichome (www.netichome.com), prikazana na sliki 6.

V omrežju lokalnega območja se z napravami za upravljanje, kot so na-

prave s spletnimi brskalniki, naprave Android in iOS (znan tudi kot iPhone OS prenosni operacijski sistem podjetja Apple), povezujemo v sistem preko lokalne mreže, z oddaljenih lokacij pa preko storitve v oblaku, ki zagotavlja dostop do naprav v domačem okolju brez prilagajanja različnim omrežjem in fiksnim IP-naslovom. Celotno "programiranje" poteka preko spletnega brskalnika in zato inštalaterju niso potrebna nobena programska orodja. Ne glede na komunikacijski protokol inštalater do naprav vedno dostopa na enak in prijazen način. Komunikacijski protokoli, kot so TCP/IP modbus, temeljijo na WEB-servisih, kar pomeni, da je sistem razvit tako, da lahko vsak komunikacijski gradnik posebej tržimo in je zelo enostaven za implementacijo v druge sisteme. Rešitev je najprimernejša za manjše poslovne in stanovanjske objekte, in sicer za upravljanje vseh vrst naprav, kot so razsvetljava, senčila, ogrevanje, klimatizacija ter videodomofoni in objekti z vgrajenimi večenergetskimi sistemi.

V okviru razvoja komunikacijskih gradnikov za prenos podatkov po javnih komunikacijskih omrežjih je bil v celoti razvit TCP/IP-modbus komunikacijski gradnik, gonilnik, z imenom *NETICmodbus driver*. Gonilnik podpira vse razpoložljive uka-

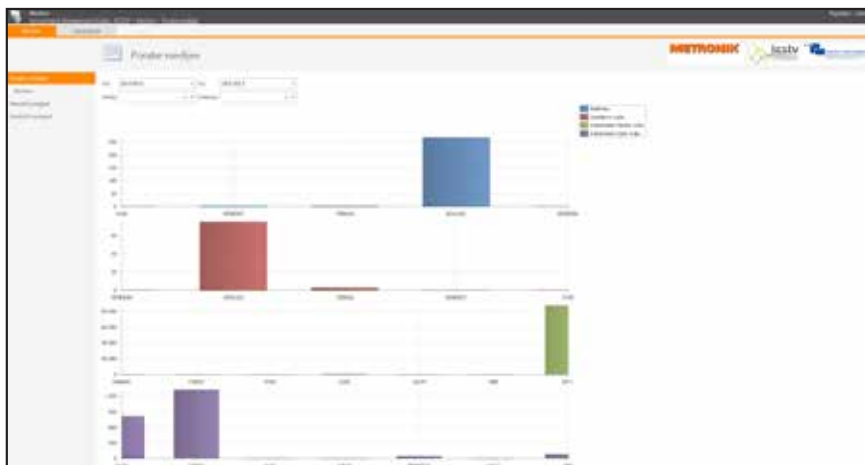
ze Modbus in je zasnovan tako, da zagotavlja popoln pregled aplikacij avtomatizacije. Ni pomembno, ali aplikacija avtomatizacije teče na operacijskem sistemu Microsoft Windows, Linux ali Mac OS, saj gonilnik NETICmodbus ni odvisen od operacijskega sistema. Na voljo je tudi Androidova različica gonilnika.

Da bi razvijalcu omogočili enostaven in hiter dostop, smo implementirali tudi standardni spletni vmesnik RESTful. To omogoča fleksibilnost uporabe katerega koli sodobnega programskega jezika pri delu z gonilnikom NETICmodbus. V gonilnik NETICmodbus je integriranih nekaj dodatnih funkcij, ki zmanjšujejo stroške razvoja. Te funkcije so vgrajeni proxy server, »črna« lista, omogočeno zapisovanje dogodkov in »razhroščevanje«. Več informacij o gonilniku Modbus je dostopnih na spletni strani www.modbusdriver.net.

V okviru projekta je bila razvita spletna aplikacija, ki deluje na principu odjemalec–strežnik, kar pomeni, da se podatki, ki jih zahteva uporabnik, posredujejo odjemalcu v času zahteve. Koncept uporabniškega vmesnika (UI) je zasnovan tako, da deluje preko spletnega brskalnika, kar pomeni, da je možen dostop preko osebnega računalnika ali mobilne naprave (pametni telefoni, dlančniki). Pri razvoju vsebinskih strani UI-vmesnika smo uporabili predhodno razvite spletne gradnike. Vsebinsko portala smo izdelali na osnovi arhivskih podatkov o meritvah (op. poraba energentov in medijev) na podatkovnem strežniku.

4.2 Portal za upravljanje z okoljem in energijo

Portal za spremljanje in upravljanje z okoljem uvrščamo med informacijske sisteme za spremljanje in upravljanje z okoljem. Naš pristop k razvoju naprednega portala za spremljanje in upravljanje z okoljem izhaja iz zaznanih pomanjkljivosti obstoječih sistemov na področju kompleksnosti in konfigurabilnosti ter zahtevah trga po fleksibilnosti, enostavnosti in uporabnosti takšnih



Slika 7. Skupen prikaz porabe medijev po lokaciji preko portala [vir: dokumentacija podjetja Metronik, d. o. o.]

sistemov [6], [7], [8], [9], [10]. Omejene pomanjkljivosti in potrebe trga so nas vodile v razvoj sodobnega in fleksibilnega portala, ki uporabnikom omogoča centralizirano spremljanje in upravljanje sistemov za nadzor okolja s poljubne lokacije, kjer je možen dostop na svetovni splet, obenem pa nudi široko paleto poročilnih in analitičnih orodij ter možnost enostavne nadgradnje vsebine portala. Druge funkcionalnosti portala so [11]:

- možnost upravljanja sistema in podatkov preko spleta,
- kontrola pristopa, upravljanje uporabnikov in dostopa uporabnikov do vsebine portala,
- možnost dostopa do različnih podatkovnih virov, baz (procesne baze, relacijske baze),
- hitra konfiguracija in modularno nadgradljiva vsebina portala,
- možnost posredovanja informacij preko e-pošte ali kratkih SMS-sporočil (alarmiranje).

Zaradi lahke in hitre implementacije s portalom zlahka dopolnjujemo in nadgrajujemo obstoječo informacijsko infrastrukturo, kar v praksi pomeni, da ni potrebno dodatno prilagajati obstoječih centralnih nadzornih sistemov in nadzorno-krmilnih sistemov SCADA. Implementacija strežniškega dela portala se lahko izvede na obstoječo informacijsko infrastrukturo s pomočjo SQL-vmesnikov, pri čemer lahko v portal vključimo tudi podatke iz obstoječih poslovnih ali proizvodnih sis-

temov. Dostop do aplikacije uporabnik opravlja preko standardnih spletnih brskalnikov z osebnih računalnikov ali sodobnejših mobilnih naprav.

Vsebinsko portal pokriva tehnično-administrativni sklop, kjer so šifranti za konfiguracijo okolja, in uporabniško-energetski sklop, kjer so informacije o porabi medijev (el. energija, voda, plin, ...):

- prikaz skupne porabe medijev po lokaciji (slika 7),
- podroben prikaz porabe medijev po odjemnem mestu,
- kumulativni in diferenčni prikaz podatkov,
- podrobno poročilo po lokaciji/mediju in datumu.

Čeprav je portal v osnovi zasnovan za spremljanje podatkov na nivoju poslovne stavbe, pa enostavna konfigurabilnost omogoča, da se v portal vključijo tudi informacije iz proizvodnje (op. informacije iz računalniško podprtih numerično krmiljenih strojev ali postrojenj – CNC/NC).

Uporaba portala za spremljanje in upravljanje z okoljem omogoča centralno spremljanje parametrov okolja in hitro sprejemanje odločitev in ukrepov, ki dolgoročno vplivajo na znižanje operativnih stroškov medijev in energije poslovnega in/ali proizvodnega sistema.

5 Zaključek

V prispevku smo opisali rezultate raziskav in razvoja tehnologij in gradnikov spletnega, daljinskega in

distribuiranega vodenja, ki poteka v okviru Kompetenčnega centra za sodobne tehnologije vodenja (KC STV).

Razviti gradniki, storitveni portali in komunikacijski vmesniki se intenzivno testirajo v laboratorijskih in industrijskih okoljih. Nekatere rešitve, kot na primer sistem Netichome, se že uveljavljajo na domačem in svetovnem tržišču. Uspešno sodelovanje pri raziskovalno-razvojnih aktivnostih je pomembno zmanjšalo stroške partnerjev pri doseganju njihovih poslovnih ciljev. Raziskovalni in razvojni dosežki so pomembni tudi pri posodabljanju izobraževalnih vsebin strokovnih in univerzitetnih študijskih programov Elektrotehnike, smer Avtomatika in robotika na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru.

Viri

- [1] D. Ramírez Muñoz, D. Moro Pérez, J. Sánchez Moreno, S. Casans Berga, E. Castro Montero: Design and experimental verification of a smart sensor to measure the energy and power consumption in a one-phase AC line. *Measurement*, Vol. 42, 3, (2009), 412–419.
- [2] P. Neumann: Communication in industrial automation – What is going on? *Control Engineering Practice* 15 (2007), 1332–1347.
- [3] N. Wang, N. Zhang, M. Wang: Wireless sensors in agriculture and food industry – Recent development and future perspective. *Computers and Electronics in Agriculture* 50 (2006), 1–14.
- [4] P. Phaithoonbuathong, R. Harrison, A. West et al.: Web services-based automation for the control and monitoring of production systems, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 23, No. 2 (2010), 126–145.
- [5] F. Jammes and H. Smit: Service-Oriented Paradigms in Industrial Automation, *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, Vol. 1, No. 1, 2005.
- [6] N. Motegi, M. A. Piette, S. Kinney, K. Herter: *Web-based energy information systems for energy management and demand response in commercial buildings, Final Report*, Lawrence Berkeley National Laboratory, <http://escholarship.org/uc/item/5z796433>, 2003.
- [7] Xenergy, Nexant: *Money and Energy Saving Resources from the Enhanced Automation – Technical Options Guidebook*. California Energy Commission publication #400-02-005F. <http://www.consumerenergycenter.org/enhancedautomation>, 2002.
- [8] Levy Associates: *Advanced Metering Scoping Study*, California Energy Commission, 2001.
- [9] W. R. Friend: *Energy Management – The Last Untamed Resources*. Food CIO Forum. <http://www.siliconenergy.com/newsroom/articles.htm>, 2002.
- [10] O. Thompson: *Enterprise Energy Management Software – The Key to Effective Energy Utilization*. <http://www.technologyevaluation.com>, 2002.
- [11] A. Brezovar, V. Tomažič: *Koncept naprednega portala za spremljanje in upravljanje z okoljem*, Avtomatika 110, str. 37–43, 2012.

Development of Web-based, Remote and Distributed Control Elements and their Application in Modern Control Systems.

Abstract: The purpose of this paper is to present project results of development technologies and components for web-based, remote and distributed control which takes place within the Competence Centre for Advanced Control Technologies (CC ACT). Results of the project will enable implementation of advanced remote and distributed control systems with expert service functionalities, implementation of demonstrations of research and development projects and functional training in the field of remote and distributed control with the use of web technologies, modern communication networks and integration options with social networks.

The Competence Centre for Advanced Control Technologies is partly financed by the Republic of Slovenia, Ministry of Education, Science, Culture and Sport and European Union, European Regional Development Fund

Keywords: distributed control systems, web-based remote control, internet of things, remote terminal unit (RTU), expert services portal

Zahvala

Kompetenčni center za sodobne tehnologije vodenja delno financirata Republika Slovenija, Ministrstvo za izobraževanje, znanost, kulturo in šport ter Evropska unija (EU), in sicer iz Evropskega sklada za regionalni razvoj.

Na povabilo urednika so avtorji nekoliko razširili prispevek, predstavljen na konferenci Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu – AIG'13 aprila 2013 v Mariboru.