

# Proizvodni informacijski sistemi naslednje generacije

Saša Muhič Pureber, Stanislav Nosirev  
Inea d.o.o., Stegne 11, 1000 Ljubljana  
sasa.muhic@ineas.si, stanislav.nosirev@ineas.si

## *The next generation MES systems*

Industry 4.0 guidelines and associated smart factory principles normally discuss smart devices, connectivity, adaptability, analytics and predictive actions, artificial intelligence, data mining, cloud storage, smart services, smart products, smart supply chain and so on. These paradigms include production resources, entities, products and their connectivity, but do not often touch production or control systems themselves.

This article talks about just those – some MES / MOM and SCADA system building blocks to which the »Smart« adjective does not do justice anymore. We are talking about holistic, sustainable (production) information systems / solutions, to the point where the interaction with (IT) maintenance teams is virtually not needed. Described systems will predict the possibility of failures, act on them within the allowed predefined parameters or notify a predefined forum, maintain their own life cycle and document themselves.

Some of the mentioned tools are being developed in Inea within the framework of the GOSTOP programme, which is partially financed by the Republic of Slovenia – Ministry of Education, Science and Sport, and the European Union – European Regional Development Fund.

## *Kratek pregled prispevka*

Smernice Industrije 4.0 in povezani principi pametnih tovarn govorijo o pametnih napravah, povezljivosti, prilagodljivosti, analitiki in prediktivnem ukrepanju, umetni inteligenci, podatkovnem rudarjenju, podatkih v oblaku, pametnih storitvah, izdelkih, oskrbnih verigah itn. Te paradigme zaobjemajo proizvodne entitete, proizvode, proizvodne procese in povezljivost le-teh, le redko pa se dotikajo proizvodnih ter nadzornih sistemov samih.

Članek se loteva prav slednjega – nekaterih gradnikov MES / MOM ter SCADA sistemov prihodnosti, katerih oznaka »Pametni« več ne opiše zadovoljivo. Govorimo o trajnostnih, celostnih (proizvodnih) informacijskih sistemih / rešitvah, ko interakcija (IT) vzdrževalcev praktično ni več potrebna. Takšni sistemi bodo sami odkrivali (možnost) napak, jih odpravljali znotraj dovoljenih parametrov ali obveščali odgovoren forum, sami skrbeli za svoj življenjski cikel in se sami dokumentirali.

V podjetju Inea nekatera opisanih orodij razvijamo sklopu programa GOSTOP, ki ga delno financirata Republika Slovenija – Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport ter Evropska Unija – Evropski sklad za regionalni razvoj.

## 1 Uvod

Paradigma »Industrijska revolucija 4.0« je rezultat nedavnega napredka na področju informacijskih in komunikacijskih tehnologij ter biotehnologij, robotike in umetne inteligence. Osnove te ideje so interoperabilnost (združljivost), virtualizacija, decentralizacija in delovanje v realnem času. Kiber-fizični sistemi, računalništvo v oblaku in tehnologije velikih podatkov, internet stvari itn. postajajo vse bolj priljubljene v poslovanju, skupaj z vertikalno in horizontalno integracijo, virtualizacijo in digitalizacijo celotnega procesa ustvarjanja vrednostne verige. [1]

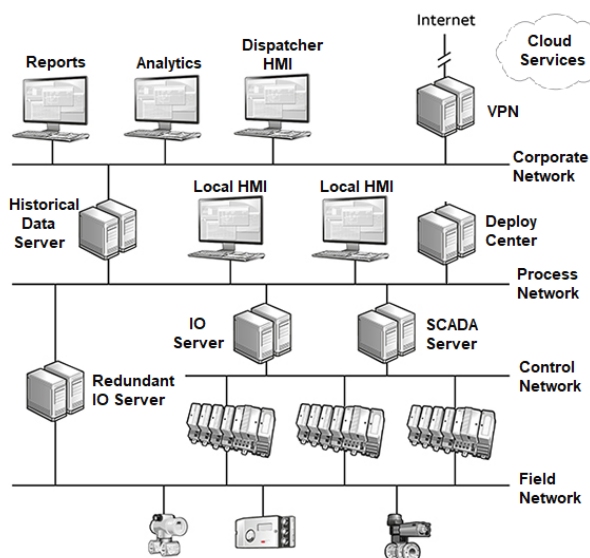
V tem članku bomo poizkusili razširiti pogled v nekatere tehnične aspekte industrijske revolucije in kako lahko pristopamo k boljšemu načinu uvajanja, integracije in prilagoditve revolucionarnih tehnologij ali platform v obstoječa podjetja, tudi z uvidom v vzdrževanje obstoječih starejših sistemov ali komponent oz. kako lahko speljemo bolj "mehko integracijo" le-teh in jih pripravimo za gladek prehod v novo ero.

Poudarek tega članka bo osredotočen na IT infrastrukturo, ki v celoti ali delno zagotavlja okolje avtomatizirane proizvodnje, ki imajo ali uvajajo nove tehnologije / rešitve / standarde za povečanje učinkovitosti proizvodnje, izboljšanje kakovosti proizvodov, zmanjšanje stroškov tehnične podpore in tudi izboljšanje kvalifikacije kadrov, vključenih v proizvodni proces.

## 2 Pregled in analiza IT rešitev

V večini primerov se avtomatizirana proizvodnja gradi na osnovi kompleksnejših IT arhitektur, razporejenih med različna omrežja, distribuiranih po strežnikih na različnih platformah in virtualnih napravah, kjer lahko vsak namenski strežnik ali delovna postaja vsebuje več programskih komponent in / ali fizične opreme na posameznih omrežjih spodnjega nivoja.

Tipična mrežna topologija avtomatizirane proizvodnje vključuje različna omrežja, programske komponente, različno opremo, podatkovne baze in razne informacijske sisteme zgornjega nivoja, in tudi možne zunanje servise, ki so lahko v oblaku ali lokalno (slika 1).



Slika 1: Tipična topologija avtomatizirane proizvodnje.

V takšnem, bolj kompleksnem okolju, hitro prihaja do naslednjih težav:

- Manjša interoperabilnost
- Težje upravljanje sistemskih virov
- Zmanjšana vidljivost in podaljšan reakcijski čas nadzornih sistemov
- Kompleksnejše vzdrževanje produkcijskega okolja in posameznih komponent
- Če produkcijsko okolje ne temelji na pametnih in prilagodljivih platformah znanih večjih ekosistemov, širitev produkcije z dodajanjem novih komponent ali linij postane skoraj nemogoče
- Učinkovitost proizvodnje se lahko bistveno zmanjša

Po analizi ter pregledu stanja pri nekaterih strankah ter na osnovi zbranih znanj in izkušenj, pa tudi možnih pametnih rešitev, ki jih ponujajo večji ekosistemi ter smo jih preizkusili, je nastala ideja razvoja trajnostne systemske platforme. Le-ta bo omogočala združitev znanih

dobrih praks in konsolidacijo pridobljenih znanj in izkušenj ter z neskončno možnostjo nadgrajevanja, fleksibilno integracijo z različnimi ekosistemi in priključitev komponent na različnih nivojih. Podpirala bo standardne komunikacijske protokole ter vključevala možnost samodejnega učenja in pravočasnih samostojnih ukrepov ter tako preprečevanje potencialnih nevarnosti in posledično neželenih zastojev.

### 3 Kaj že ponuja trg

Kot že omenjeno, vse bolj avtomatizirani in hitrejši proizvodni procesi ter vse večja količina dostopnih podatkov porajajo tudi vse večje potrebe po optimizaciji prikazov in potrebnih interakcij operaterjev in vzdrževalcev. V nadaljevanju navajamo nekatere že podprte rešitve, ki izboljšujejo človeški odziv, zmanjšujejo možnost napak ter krajšajo krivuljo učenja na uporabniških rešitvah.

#### 3.1 Študija operaterskega odziva (angl. *Situational Awareness*)

S principi študije operaterskega odziva (angl. *Situational Awareness*) nadgrajujemo uporabniške vmesnike z načelom prave informacije na pravem mestu, prikazane na pravi način.



Slika 2: Študija operaterskega odziva (angl. *Situational Awareness*) AVEVA.

Nekateri večji ponudniki SCADA in MES sistemov (npr. Wonderware by AVEVA) so se teh principov lotili skozi gradnjo knjižnic objektov z grafikami, grajenimi po omenjenih standardih, ki vključujejo predpis barvne sheme, logike alarmiranja ter gnezdenje grafik, vse z gledišča ter glavnim ciljem hitrega doseganja željenega rezultata.

#### 3.2 Procesno osnovan MES (angl. *Model Driven MES*)

Obilica podatkov ter vse večja dinamika proizvodnih procesov posledično pomeni tudi vse bolj zahtevno vodenje ter upravljanje SCADA in MES sistemov. Poleg prej omenjenih principov za izboljšanje operaterskega odziva se lahko poslužujemo tudi optimizacije obvladovanja velike količine procesov, naprav in situacij skozi procesno zasnovano MES, SCADA in šaržnih sistemov. Takšni uporabniški vmesniki vodijo operaterja skozi proces v odvisnosti od njegove funkcije, pozicije, trenutka v procesu, delovnega naloga, pojavitve napak itn. Takšni vmesniki bistveno skrajšajo čas učenja novih operaterjev, omogočajo sistematizacijo postopkov ter znižujejo možnost napak.

#### 3.3 Manager vitkih klientov

Predvsem v večjih tovarnah, toliko bolj ko gre za več lokacij hkrati, nadzorni sistem pa je skupen, je zelo dobrodošlo orodje za obvladovanje posameznih aplikacij, sej, vmesnikov. Uporabniku tablice lahko glede na njegovo vlogo, izmeno, mikropozicijo in / ali lokacijo servira pravilno aplikacijo oz. grafiko. Tudi v tem primeru gre za preprečevanje napak, podporo strmejši krivulji učenja in vsesplošno optimizacijo proizvodnih procesov.

#### 3.4 Redundanca in neslišni preklap

Nivo podprtosti proizvodnih procesov v posameznem proizvodnem obratu je seveda premo sorazmerna z nujnostjo zanesljivega delovanja strojne in programske informacijske opreme. Glede na dovoljeno trajanje prekinitve sodobni proizvodni informacijski sistemi

ponujajo redundanco na različnih nivojih, od neslišnega preklopa do nekajurnih prekinitev.

### 3.5 Nadzorni sistem sistema samega

Skupaj s kompleksnejšimi informacijskimi rešitvami v proizvodnji, ki so idealno na skupni platformi, se pojavlja možnost in potreba tudi po centraliziranem nadzoru in upravljanju takšnih rešitev. Nekateri proizvodni sistemi že vsebujejo orodja za nadzor nad sistemskimi parametri strojne in programske opreme, na trgu pa nismo našli orodja / rešitve, ki bi na osnovi rezultatov preverb sistemskih parametrov ponujala tudi izvajanje korektivnih ukrepov. Razvoj gradnikov našega sistema predstavljamo v nadaljevanju članka.

## 4 Trajnostna Sistemsko Platforma (SSP)

Trajnostna sistemsko platforma je programska oprema namenjena predvsem tovarnam, kjer kot podporni servis kontinuirano spremlja delovanje nameščenih aplikacij in strojno opremo, ugotavlja neobičajne situacije ter preko sistema alarmov opozarja na potencialne težave še predno utegnejo prerasti v kritične situacije; npr. nepravilno delovanje aplikacij ali zastoje pri delovanju strojev.

### 4.1 Osnovne funkcionalnosti

Trajnostna sistemsko platforma je zasnovana tako, da se jo lahko umesti v različna okolja ter omogoča proaktivno vidljivost potencialnih težav, ki se lahko pojavijo pri delovanju aplikacij v tem okolju. Platforma vsebuje:

- **Inteligentna programska orodja**

Nadzor delovanja aplikacij in zdravja sistema za pomoč pri vzdrževanju, ki ga izvaja IT služba.

- **Kontinuirane inovacije**

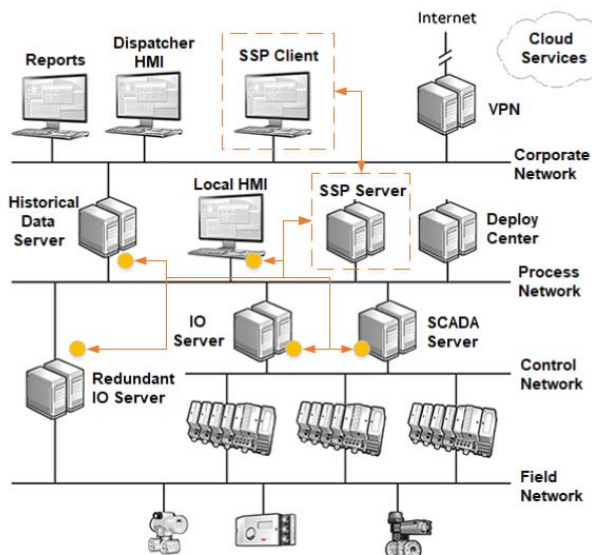
Rešitev omogoča hitrejše odzivanje na spremenjene pogoje za opozarjanje in dejavnike okolja ter izvajanje učinkovitejših korektivnih ukrepov.

- **Integriran dokumentacijski sistem**

Centraliziran dokumentacijski sistem omogoča izdelavo dokumentacije, ki vključuje najnovjše podrobnosti o vključenih integriranih sistemih v vašem produkcijskem okolju na različnih ravneh.

### 4.2 Topologija SSP

V primeru integracije programskega okolja trajnostne systemske platforme se topologija obstoječega sistema ne spremeni. SSP programske komponente se dodajo, povežejo na ključne sisteme in opremo za bolj učinkovito vzdrževanje, monitoring in dokumentiranje, kjer se tudi definirajo vzorci za samodejne ukrepe, če jih povezani sistemi, komponente ali oprema omogočajo (slika 2).



Slika 3: Vzorec topologije z integracijo SSP.

Integracija trajnostne systemske platforme temelji na tehnologiji strežnik - odjemalec in podpora standardnih komunikacijskih protokolov. Strežniško orientirana arhitektura platforme omogoča fleksibilno konfiguriranje in porazdeljeno ali decentralizirano namestitvev.

- **SSP strežnik**

Strežnik za spremljanje podatkov iz različnih sistemov, komponent ali priključene opreme.

- **SSP agent**

Pomožni servis, ki omogoča lokalno zbiranje ključnih podatkov in njihovo posredovanje na SSP Strežnik.

- **SSP odjemalec (Windows, Web)**

Vizualni vmesnik za konfiguriranje, monitoring in namestitvev, ki lahko deluje tudi v načinu obveščanja (npr. mobilna različica lahko poroča o kritičnih prenehanjih delovanja ključnih servisov / opreme ali drugih alarmih, kot tudi samo opozorila / informacije).

Na prikazani topologiji SSP bi lahko bila integracija zasnovana na naslednji način:

- SSP strežnik se namesti na Windows Server napravo
- Na ključnih obstoječih strežnikih ali postajah (npr. IO strežnik, SCADA, strežnik zgodovine podatkov itn.) se namestijo servise SPP agenta za lokalno spremljanje ključnih podatkov ter njihovo posredovanje SSP strežniku v primeru nenadnega izpada komunikacije (ang. Store/Forward)
- Namestitev SSP odjemalca, ki omogoča namestitev informacijske zaslonov za spremljanje stanja v realnem času z možnostjo upravljanja samodejnih ali proženih ukrepov
- Po potrebi se namestijo komunikacijski vmesniki za posamezno opremo ali komponente, parametri samodejnih ukrepov in / ali sistem alarmiranja, notifikacij in eskalacije ipd.

#### 4.3 *Monitoring in ključni podatki*

Trajnostna sistemska platforma omogoča spremljanje naslednjih ključnih podatkov:

- Sistemska platforma: spremljanje izvajanja, redundanca / samodejni preklopi
- IO povezljivost: stanje povezav, stanja IO strežnikov
- Zbiranje podatkov: stanje strežnikov za zbiranje podatkov, zdravo stanje podatkovnih baz
- MES sistemi: stanje servisov, učinkovitost delovanja podatkovnih baz, dogodki napak in / ali opozoril.

- Strežniki podatkovnih baz SQL: interna učinkovitost strežnikov, zdravo stanje, upravljanje plana za vzdrževanje
- Sistem za poročila: odkrivanje počasnih poizvedb, zbiranje statistik
- Strojna oprema/operacijski sistem: CPU, pomnilnik, dnevniki dogodkov, števci zmogljivosti
- Spremljanje sprememb komponent sistema: Konfiguriranje in spremljanje sprememb različnih sistemov, vključenih v produkcijsko okolje
- Licenciranje: spremljanje stanja licenciranih komponent in izdanih certifikatov, pravočasno opozarjanje pred potekom veljavnosti
- Posamezna oprema: možnost zbiranja podatkov in parametrov posamezne opreme s specifičnimi komunikacijskimi protokoli, npr. brezžični industrijski tiskalniki, čitalci črtne kode, tehtnice (interni TCP/IP ipd.)

#### 4.4 *Inovativni pristop*



Slika 4: Pravočasna odločitev.

Ključne prednostne funkcionalnosti:

- Povečanje razpoložljivosti sistema ter povečanje dohodka in prihodka v podjetju
  - ✓ zgodnje odkrivanje vzrokov za težave, izogibanje negativnim učinkom na poslovanje
  - ✓ hitri odzivni časi pri reševanju težav na podlagi natančno določene napake
- Boljše upravljanje sistemskih virov z namenom izboljšanja učinkovitosti opreme

- ✓ učinkovito upravljanje s človeškimi viri z avtomatiziranim sistemskim upravljanjem
- ✓ zmanjšanje obsega visoko prioritetnih zahtev
- ✓ poenostavitev diagnostičnega procesa z natančnim obveščanjem in podajanjem opozoril v kontekstu
- Samodejno odkrivanje in odpravljanje napak
  - ✓ Fleksibilno konfiguriranje pogojev potencialnih napak in možnih korektivnih ukrepov za njihovo odpravljanje
  - ✓ Možnost prilagajanja in integracije z drugimi sistemi, ki vključujejo specifične servise za sledenje zdravega stanja ter primerne prožene ali samodejne korektivne ukrepe

Po predhodni oceni uvedba SSP zmanjša stroške vzdrževanja in dodatnega izobraževanja, in omogoča pravočasno odkrivanje potencialnih težav in neželenih zastojev ter kritičnih napak. I izboljšano informacijo vzdrževalcem sistema pa pri pojavitvi napake bistveno skrajša čas njene odprave.

## 5 Demonstracijske aplikacije

Predstavitev možnosti trajnostne systemske platforme (SSP) je pripravljena v obliki demonstracijskega okolja in demo aplikacije oz. komponent SSP, razporejenih po različnih nivojih. Demo projekt vključuje naslednje komponente:

- Namenski strežnik (C1), gostitelj in simulator produkcijskega okolja
- Na C1 se izvaja virtualna naprava (C2) z nadzornim sistemom Wonderware SCADA in IO strežnikom Kepware ter strežnikom zgodovine podatkov Wonderware Historian
- Za sprejem in upravljanje podatkov za trajnostno systemsko platformo so uporabljeni 3 vzorčni odjemalci: prenosnik (C3), tablični računalnik (C4) in navadni mobilni telefon z Android OS (C5)

- Simulacija krmiljenja je izvedena z uporabo krmilnika Mitsubishi FX3U (C6) in oddaljene telemetrijske enote ME-RTU (C7), ki sta priključena na navadni Ethernet Switch

Vse aktivne komponente simulirane proizvodnje se nahajajo na ločeni mreži (ang. Subnet) npr. 192.168.0.x (Control/Process Network) ter komunicirajo neposredno. SSP odjemalci dostopajo do podatkov preko WiFi omrežja, ki posnema nivo poslovne mrežo (ang. Corporate Network) in vključuje posamezne komunikacijske kanale preko omogočenega pravila požarnega zidu in domenske avtorizacije (ang. Active Domain - Corporate Domain level) ter X509 certifikatom (testiranje varnosti).

Izmenjava podatkov med ME-RTU in nadzornim sistemom poteka preko DNP3 protokola s pomočjo Kepware IO Serverja, naprej pa preko standardnega OPC DA protokola. Shranjevanje podatkov v Wonderware Historian je nastavljeno z opcijo hranjenja v primeru nenadnega izpada komunikaciji z RTU (ang. Store/Forward DNP3 Playback Event).

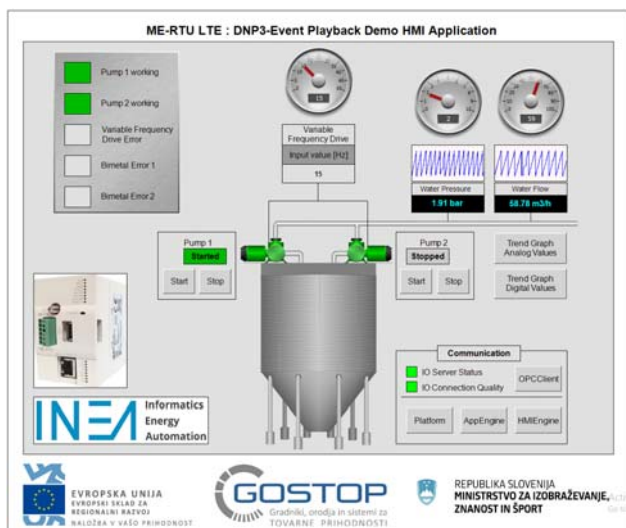
Izmenjava podatkov med omenjenimi komponentami ter SSP poteka po naslednjih standardnih komunikacijskih protokolih:

- SSP Server ⇔ ME-RTU : SNMP [2]
- SSP Server ⇔ PLC-FX3U : SLMP [3]
- SSP Server ⇔ SCADA : LMX/NMX [4]
- SSP Server ⇔ SSP Agents : Net.Tcp
- SSP Server ⇔ Windows OS : WMI [5]
- SSP Server ⇔ SSP Clients : Https, Net.Tcp
- SSP Server ⇔ SQL DB : SQL, ADO.NET
- SSP Server ⇔ IO Servers : OPC DA/UA

Vse vključene komponente so nastavljeni na način, ki omogoča samodejno vzpostavitev po priklopu ali ponovnem zagonu operacijskega sistema ali virtualne naprave (najkasneje v 1 minuti).

Vzorec HMI aplikaciji z vgrajeno več nivojsko diagnostiko:





Slika 5: HMI Demo Aplikacija z vgrajeno več nivojsko diagnostiko, ME-RTU in DNP3 protokolom.

## 6 Zaključek

V prispevku smo predstavili rezultate raziskav in razvoj gradnikov SSP, trajnostne systemske platforme na osnovi Wonderware System Platform. Izvedene testne aplikacije so potrdile uporabnost razvitih orodij.

## 7 Zahvala

Delo je bilo izvedeno v sklopu programa GOSTOP, ki ga delno financirata Republika Slovenija – Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport ter Evropska Unija – Evropski sklad za regionalni razvoj.

## 8 Literatura

- [1] K.Schwab, The Fourth Industrial, World Economic Forum, Geneva, Switzerland 2016
- [2] R. Frye, D. Levi, S. Routhier, B. Wijnen, RFC-3584, Coexistence between Version 1, Version 2, and Version 3 of the Internet-standard Network Management Framework, August 2003
- [3] Mitsubishi Electric Corporation, SLMP Reference Manual, TOKYO, Japan, 2017
- [4] J. Egneblad, Distributed Configuration and Management of Mechatronic Systems at Remote Sites, Master of Science Thesis, Stockholm, Sweden 2012
- [5] C. Huffman, Windows Performance Analysis Field Guide, ISBN-978-0-12-416701-8, USA, 2015