

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Основи одржавања

Број индекса: 219/2012

Стефан В. Мијаиловић

Е-одржавање

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Иван Мачужић, ванр.професор
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Крагујевац, 2017

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да детаљно опише и представи концепт е-одржавања. Од студента се захтева да на основу доступне литературе прикаже значај е-одржавања у пословно-производним системима, које су предности оваквог типа одржавања и по чему је овај концепт одржавања специфичан.

Препоручена структура рада:

1. Увод
2. Опис и могућности концепта е-одржавања
3. Организовање и процеси концепта е-одржавања
4. ИЦТ и е-одржавање
5. Приказ студије случаја имплементације концепта е-одржавања
6. Закључак

Литература

Препоручена литература:

- [1]Muller, A., Crespo Marquez, A., lung, B. On the concept of e-maintenance: review and current research, Reliability Engineering and System Safety, Vol. 93, pp. 1165-1187, 2008
- [2]Han, T., Young, B-S., Development of an e-maintenance system integrating advanced techniques. 57(6), 569-80, 2006
- [3] Conceptual framework for e-maintenance: Illustration by e-Maintenance technologies and platforms, Annual Reviews in Control, Vol. 33, pp. 220-229, 2009.

Крагујевац, 11.09. 2017.

ментор:

Изјава о самосталној изради рада

Изјављујем да сам овај завршни рад урадио самостално, служећи се стеченим знањем и искуством, као и наведеном литературом.

Стефан Мијаиловић 219/2012

Резиме

Одржавање је неопходан део сваког производног система, како би се омогућило његово правилно функционисање током целог животног циклуса. У данашње време, производни системи морају пружити максималну могућу производност, како би компаније биле конкурентне на све захтевнијем тржишту. Време застоја мора бити што краће, а сходно томе евентуалне поправке опреме се морају извршити у што краћем року. Имплементацијом е-одржавања, која је спој старих система одржавања и информационих технологија, инжењери имају сталан увид у стање опреме. Ова технологија користи разне сензоре и апликације и тако инжењери могу да управљају одржавањем преко интернета у циљу значајне уштеде на економском нивоу.

Кључне речи: е-одржавање, имплементација, технологија, тржиште

Summary

Maintenance is a necessary part of every manufacturing system, so it can enable its normal function throughout lifecycle. Today, every manufacturing system must provide maximum in terms of productivity, for companies to stay competitive on more demanding market. Malfunction time must be reduced as much as possible, and eventual repairs must be done in shorter time. Implementing e-maintenance, which is combination of old maintenance and new informational technologies, engineers have constant insight in state of equipment. This technology uses diverse sensors and applications so that engineers can manage maintenance over the internet with a goal of significant savings on economical level.

Key words: e-maintenance, implementacion, technology, market

Садржај

1. Увод	1
2. Могућности и изазови е-одржавања	2
2.1 Концепт е-одржавања	2
2.2 Могућности е-одржавања	2
2.2.1 Нови типови одржавања и стратегије е-одржавања	2
2.2.2 Примери потенцијалних побољшања подршке за одржавање и алатке које обезбеђују одржавање	3
2.2.3 Побољшања активности одржавања обезбеђени е-одржавање	4
2.3 Изазови е-одржавања	4
2.3.1 Изазови за е-одржавање везани за тип одржавања и стратегије	4
2.3.2 Изазови за одржавање везани за подршку одржавању и алате	5
2.3.3 Изазови за е-одржавање везани за активности одржавања	5
3. Оквир, организација и процес пословања е-одржавања	6
3.1 Оквир е-одржавања	6
3.2 Организација е-одржавања	9
3.3 Процес пословања е-одржавања	9
4. ICT инфраструктура е-одржавања	11
5. Трендови у е-одржавању	17
5.1 RFID технологија	17
5.2 Сензори	18
5.3 Мобилни и PDA системи	19
5.3.1 Dynamite пројекат	20
5.3.2 MIMOSA	20
6. Веза између индустрије 4.0 и е-одржавања	22
7. Студија случаја. Интегрисање е-одржавања коришћењем iSCADA технологије у интернационални тржни центар Wisma Persecutuan	23

8. Студија случаја, е-одржавање производног погона у домаћој компанији	
Grand Prom AD	27
9. Закључак	29
Литература	30

1. Увод

Термин е-одржавање се први пут јавља почетком 2000. године, а сада је већ општи термин који се налази у литератури везаној за одржавање. Иако се често среће у литератури није доследно дефинисан у данашњој теорији одржавања и пракси. Концепт е-одржавања, који је распрострањен данас у индустрији, односи се на интеграцију информационих и телекомуникационих технологија (ICT) унутар стратегије одржавања [1].

О е-одржавању се говори у једном од четири начина: стратегија одржавања, план одржавања, тип одржавања, подршка одржавању [2]. Е-одржавање као тип одржавања говори о замени традиционалног одржавања технолошким одржавањем, где се где се превентивно одржавање врши помоћу вештачких интелигентних система који пружају само праћење стања и предиктивних функција [2].

Један од разлога коришћења е-одржавања у компанијама је фактор конкурентности. Напредне компаније се морају фокусирати на оптимизацију и иновацију у пољу одржавања зарад потрошача [3]. Е-одржавање се све више развија, заједно са развојем информационих и комуникационих технологија [4]. Коришћењем овог вида одржавања омогућава се да време заустављања процеса има вредност која је скоро једнака нули [4].

2. Могућности и изазови е-одржавања

2.1 Концепт е-одржавања

Све већи захтеви о доступности система, перформансама и квалитету производа допринели су да се нагласи значај функције одржавања на вишим нивоима. Многа питања која се тичу сигурности производње, задовољства купаца и стабилизације профитних маржа постају циљеви за активности одржавања [5].

Е-одржавање је релативно скорашњи развој у области инжењеринга управљања средствима. То је концепт управљања менаџментом одрживог одржавања, при чему се средства могу пратити и управљати преко интернета. Основне идеје е-одржавања су да систем даје могућност надгледања имовине постројења, повезује системе производње и одржавања, прикупља повратне информације од удаљених локација за купце и интегрише их на вишеструке пословне апликације. Концепт управљања одржавањем се у великој мери ослања на интернет како би се надгледало и управљало имовином [5].

Друга важна карактеристика е-одржавања јесте покушај интеграције постојећих принципа одржавања са телекомуникацијама, веб услугама, мобилним, бежичним и преносним уређајима и другим средствима електронске сарадње. Прикупљање и размена динамичних информација о одржавању у реалном времену обезбеђује моћан оквир који омогућава изградњу, обраду и експлоатацију детаљних знања о имовини или производним системима који се прате. Ово пружа велике могућности за доношење одлука о трошковима пошто релевантни подаци могу бити доступни благовремено [5].

2.2 Могућности е-одржавања

Могућности е-одржавања се могу класификовати на следећи начин:

- Могућност за развој нових типова и стратегија одржавања
- Побољшање подршке за одржавање и алата
- Дефинисање нових активности одржавања [6]

2.2.1 Нови типови одржавања и стратегије е-одржавања

Операције даљинског одржавања и стварања одлука. Користећи информације, бежичне (нпр. bluetooth) и интернет технологије, корисници се могу пријавити са било ког места и са било којом врстом уређаја чим добију интернет везу и претраживач. То им омогућава да одвоје акције, као што су подешавање, контрола, конфигурација, дијагноза, перформансе праћења и прикупљања и анализу података [7]. Сходно томе,

радна снага "на корисничком сајту" многих машинских градитеља може се смањити и превентивно одржавање побољшати захваљујући праћењу перформанса машине [8]. Е-одржавање такође нуди прилику повезивања теренских система са стручним центрима који се налазе на удаљеним географским локацијама [9], дозвољавајући могућност даљинског доношења одлука о одржавању [10]. Истовремено, Web омогућеност компјутеризованих система управљања одржавањем (звани е-СММС) и удаљено праћење стања или дијагностиковање (назване као е-СВМ) смањује трошак одржавања софтвера, сигурности и надоградње хардвера [11]. Експерти на рачунарству могу додати нове функције и / или миграције неприметно.

Брзо "он-лине" одржавање. Праћење стања опреме у реалном времену, поред програмабилних упозорења и "управљања изузетком" омогућава оператеру одржавања да одговори на било коју ситуацију брзо и онда оптимално припреми било коју интервенцију. Поред тога, комуникација високе брзине омогућава брзо добијање неколико експертиза [12] и убрзање реакције повратних информација у локалну петљу повезујући производ, надзорног агента и систем подршке одржавању. Има скоро неограничени потенцијал да се смањи сложеност традиционалних смерница за одржавање путем онлајн водича заснованих на резултатима одлучивања и анализа стања производа [13].

Превентивно планско одржавање. Целовит приступ комбиновања алата за превентивно одржавање технике је један од главних потешкоћа е-одржавања [14]. Апликације у овој области укључују прогнозу отказа опреме на основу тренутног стања и пројектоване употребе или предвиђања преосталог животног века делова машина.

Прогностички и здравствени менаџмент система пружају одличну прилику за смањење укупних трошкова животног циклуса оперативних система, као и смањење операција одржавања логистичког отиска [15].

2.2.2 Примери потенцијалних побољшања подршке за одржавање и алатке које обезбеђују одржавање

Анализа грешака/отказа. Развој у сензорским технологијама, обрада сигнала и других технологија везаних за мониторинг стања и дијагностику омогућују подручју одржавања побољшано разумевање узрока неуспеха и поремећаја система, бољи надзор и методе анализе сигнала [16].

Документација за одржавање. На пример, информација као што је форма решеног задатка, сада се може попунити само једном од стране корисника, а затим отпремити на неколико слушаоца (софтвера или људи) регистрованих за такве догађаје [17].

2.2.3 Побољшања активности одржавања обезбеђени е-одржавањем

Дијагноза грешака/локализација. Јасан пример је "е-дијагностика" која нуди стручњацима способност обављања он-лине дијагнозе грешака, дељење њихових вредних искустава једних са другима, и предлагање поправке оператерима ако се дешавају аномалије у прегледаној машини [18]. Потенцијално пружање експертских решења може се смањити, квалитет информације може бити побољшан и тиме, време смањено [19]. Сви ови фактори доприносе повећању доступности опреме постројења, повећању производње и смањењу средњег времена за поправку.

Поправка/реконструкција. На пример, отказ је могуће смањити директном интеракцијом са дизајнерима и специјалистима [9]. Дијагноза, радови одржавања и замењиви делови документовани су на лицу места кроз структуриране одговоре на радне кораке.

2.3 Изазови е-одржавања

Примери технолошких, информативних или организационих потреба за одржавањем према врсти и стратегији одржавања, подршци за одржавањем алата и активности одржавања.

2.3.1 Изазови за е-одржавање везани за тип одржавања и стратегије

Даљинско одржавање. Нека посла и људска питања се морају решити пре стварне примене даљинског управљања одржавањем. На пример, сигурност и поузданост трансакција преко интернета [9]. Такође, потребно је концентрисати се на људско реконструисање ресурса, уговор о одржавању и тренинг [8]. Сваки учесник у одржавању (техничар, инжењер или лидер) мора постати способан за рад са брзином тока информација и мора разумети структуру у целини.

Превентивно планско одржавање. Ефективна и ефикасна прогноза стања на основу превентивног одржавања је неопходна за модерне фабрике [20]. Такође је

неопходно пронаћи свеобухватне приступе и методологију за интеграцију у различите технике [16]. Да би се подржали ови циљеви, потребно је увести предиктивну интелигенцију (алгоритми, софтвер и агенти) и мапирање односа између варијације квалитета производа и деградације машина и процеса [21].

2.3.2 Изазови за е-одржавање везани за подршку одржавању и алате

Документација за одржавање. Важно је да платформа одржавања подржава инвентар и вођење рада (нпр. помоћу читача бар кодова, лаптопови, скенери...) поред обезбеђивања приступне могућности спољним каталозима [17]. Постоји важан изазов који се тиче потребе за прикупљањем, снимањем и чувањем информација у вези деградационих режима, деградационе секције машина, фреквенција деградације итд. [14]. Успех ове заједничке платформе одржавања зависи од постојања мулти-таскинг и вишекорисничког оперативног окружења и брзе и једноставне базе података за међународне стручњаке да их користите за преузимање или чување њихових збирних знања и искустава [22].

2.3.3 Изазови за е-одржавање везани за активности одржавања

Инспекција/Мониторинг. Још увек је јасна потреба за генеричким системима, који могу понудити интегрисана решења за праћење омогућавајући обраду информација при различитим апстракцијама и нивоима репрезентације и да буду прилагођени различитим корисницима [23]. Дистрибуирани, аутономни мониторинг је фундаменталан за продор е-одржавања до капитала високо производних фабрика. Прво би се требао увести високо напредни сензор мрежа [24]. Развој интелигентних агената за непрекидни, у реалном времену, удаљени и дистрибуиран мониторинг и анализе уређаја, машина и система је неопходан.

3. Оквир, организација и процес пословања е-одржавања

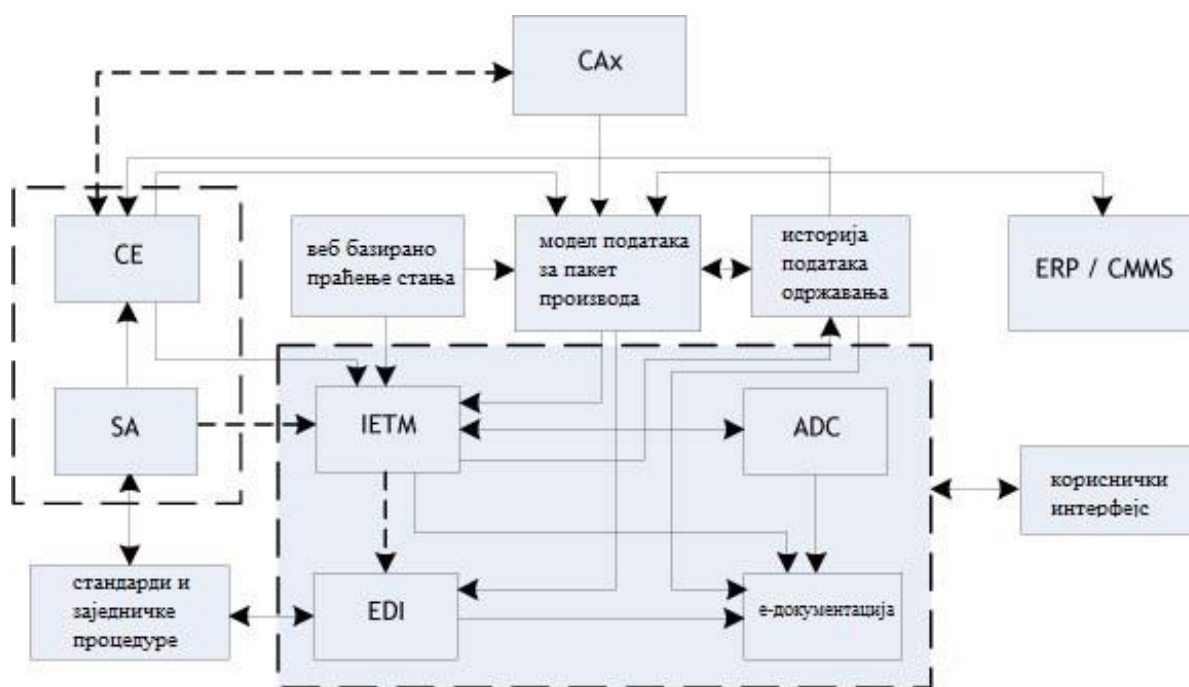
3.1 Оквир е-одржавања

Модел података дефинише заједнички скуп дефиниција података и структура које подржавају е-одржавање током читавог животног циклуса система. Одговорност за планирање, генерисање и прикупљање података о одржавању не би требало да припадају само одељењу за одржавање. То би требало да буде интерфункционалан задатак са лидерима из инжењеринга за одржавање и особља информационог дела. Обзиром на то да инжењерске апликације - као што је рачунарски дизајн, инжењеринг помоћу рачунара, производња помоћу рачунара, планирање помоћу рачунара итд. (Широко назване "компјутерска помоћ" или CAx) - манипулишу симулацијама стварног света, семантички и структурно су врло сложени информативни модели. У неинтегрисаним оперативним системима, свака примарна промена података примене, обично помоћу рачунарског дизајна (CAD) система, изазива додатне активности за друга ажурирања апликација. Сходно томе, дизајнери, произвођачи и одржавачи немају контролу над базама података о производима. Да би превазишли ове проблеме, потребно је интегрисати инжењерске процесе унутар интегрисане базе података производа [25].

Значајан део базе података је информација о производу која је прикупљена током читавог животног циклуса производа. Ово обухвата фазе пројектовања, развоја, производње, одржавања, модернизације и одлагања производа. База података треба да буде тродимензионална и да укључује информације о типу производа (произвођач, материјал, услови рада, стандардни поступци одржавања); производу (име, историја одржавања); и локацији [25].

Нови оквир за е-одржавање заснован на приступу хибридног система (видети слику 1) развијен је да координира одржавање и логистичке податке, подељене између различитих актера током читавог животног циклуса система. Главни стубови овог оквира су:

- Аутоматско прикупљање података (ADC);
- Анализа подршке (SA);
- Истовремени инжењеринг (CE);
- Електронска размена података (EDI); и
- Интерактивни електронски технички приручник (IETM)[25].



Слика 1. Структура оквира е-одржавања

Рачунари аутоматизују многе аспекте операција одржавања, обично се ослањају на улаз тастатуре и излаз папира. Међутим, постоје ситуације у којима се унос и извештавање података о одржавању може аутоматизовати. Аутоматско прикупљање података (ADC) је процес аутоматизације уношења и дисеминације дигиталних информација. То је асортиман технологија које пружају алтернативу уносу тастатуром. ADC укључује радиофреквентну идентификацију (RFID), меморију на додир, мониторе засноване на оловкама, препознавање гласа и сл. Широм света RFID означавање расте за 3% годишње, према истраживању Allied Business Intelligence [26]. ADC се може сматрати средством за управљање производњом, чувањем, ажурирањем и репродукцијом техничких и пословних података. Модели података који се могу делити под ADC су цртежи и дизајн, планирање и ресурси, управљање пројектом, логистичка подршка и финансијски и комерцијални подаци[25].

Анализа подршке (SA) је интеграциони процес пројектовања, имплементације, праћења, процене и подешавања система подршке у циљу постизања правовремене доступности елемената подршке у интегрисаном моду. Циљ SA је да омогући

оптималне перформансе система уз минималне трошкове животног циклуса. SA укључује цео животни циклус система, док је интеграција подршке остварена уз помоћ савремене информационе и телекомуникационе технологије [25].

Истовремени инжењеринг (СЕ), познат и као "интегрисани развој производа", представља приступ дизајнирању пакета производних услуга базираног на интеграцији информација. То подразумева извршавање пројектних задатака паралелно тамо где су раније извршавани у низу. Потребни су координирани рад тимова од стране пројектантских инжењера и континуирани проток информација између свих функционалних одељења који утичу на животни циклус производа пакета производа. Ово је подржано од стране САх система и помаже у смањењу времена дизајна и времена потребног за достизање тржишта. Дизајн одржавања и логистичке подршке треба да се одвија истовремено са дизајном производа, тако да се промене могу направити у производу како би се олакшао производни процес пре завршне фазе дизајнирања производа [25].

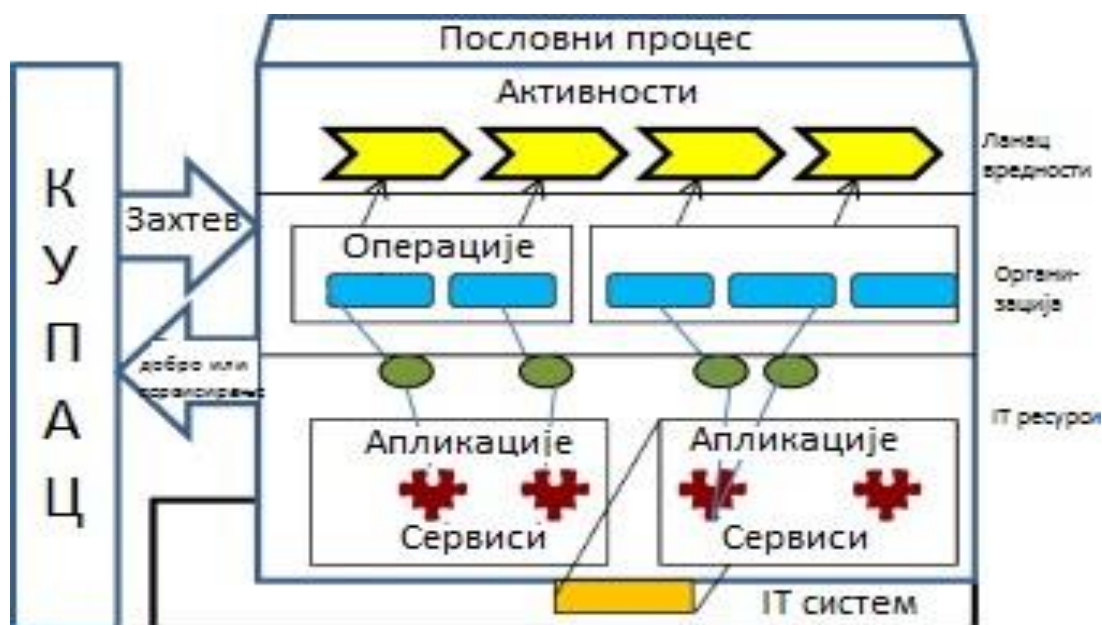
Електронска размена података (EDI) се већ неколико година користи. Укратко, EDI је елемент е-одржавања и е-трговине заснован на скупу стандардизованих порука за пренос структурираних података из једне рачунарске апликације у другу. EDI користи структуриране дигиталне трансакције за замену папирних или вербалних размена података. То доноси бројне предности компанијама које га користе, као што су краће време наручивања, прецизније фактурисање и смањење залиха [25].

Интерактивни електронски технички приручник (IETM) је кључна компонента предложеног оквира за е-одржавање. IETM је бесплатни функционални еквивалент традиционалних техничких приручника. Уз помоћ IETM-а, инжењери одржавања и техничари имају приступ свим документима за одржавање (технички приручници, радни налози за одржавање, испоручивање билтена) путем радних или преносних рачунара. IETM прикупља податке из оперативних система и враћа податке како би побољшао одржавање и смањио трошкове животног циклуса [25].

3.2 Организација е-одржавања

Организација е-одржавања мора дати потпору процесу пословне интеграције. Састоји се од пројектовања пословног процеса на једну или више организација е-одржавања, а затим треба да процени организацију према очекиваним стратешким и пословним нивоима. Дефинисање организације се састоји од додељивања задатака организационим јединицама који ће те задатке извршавати на датом месту (слика 2) [51].

Организација очекивана за е-одржавање мора бити блиска парадигми интелигентних производних процеса (IMS) [27] која говори о томе да понашање система произилази кроз динамику интеракције основних агената одржавања у окружењу одржавања [51].



Слика 2. Дефинисање организације е-одржавања

3.3 Процес пословања е-одржавања

Пословни процеси се сматрају кључним елементима који учествују у креирању вредности одржавања за потрошаче. Ови процеси су организовани пословним функцијама. Како вредносни ланац глобалног е-одржавања подржава једну, или више фаза у животном циклусу производа, тако се пословна функција може описати као доста активности пословно распоређених. Пословни процес грубо одговара свим активностима једног конвенционалног процеса одржавања [51].

Сваки пословни процес (и активност) носи операциони циљ е-одржавања који су контролисани индикаторима перформанси који дозвољавају модификовање ових циљева како би се е.одржавање стално побољшавало [28].

Да би модели добили форму унутар оквира одржавања морају да ослове: идентификацију пословног процеса, идентификацију унутрашњу и спољашњу околину сваког пословног процеса, начин на који се процењује процес и његове активности како би се развило непрекидно побољшавање [51].

4. ICT инфраструктура е-одржавања

Инфраструктура е-одржавања се састоји од неколико информационих сектора:[29][30]

- Контролни системи и планери производње (MPC)
- Инжењерски системи за управљање подацима о производима (PDM)
- Системи планирања ресурса предузећа (ERP)
- Системи за праћење стања (CM)
- Системи за планирање одржавања (CMMS/EAM)
- Системи управљања имовином постројења (PAM)

Систем планирања производње и контроле (MPC) се бави планирањем и контролом свих аспеката производње, укључујући управљање материјалима, машинама и координацијом добављача и кључних купаца [31].

Заиста ефикасан MPC систем, координира ланце снабдевања. Дизајн MPC система није једнократни напор. MPC системи се морају континуирано прилагођавати како би одговарали на промене у окружењу компаније, стратегију, захтеве купаца, посебне проблеме и нове могућности ланца снабдевања [31].

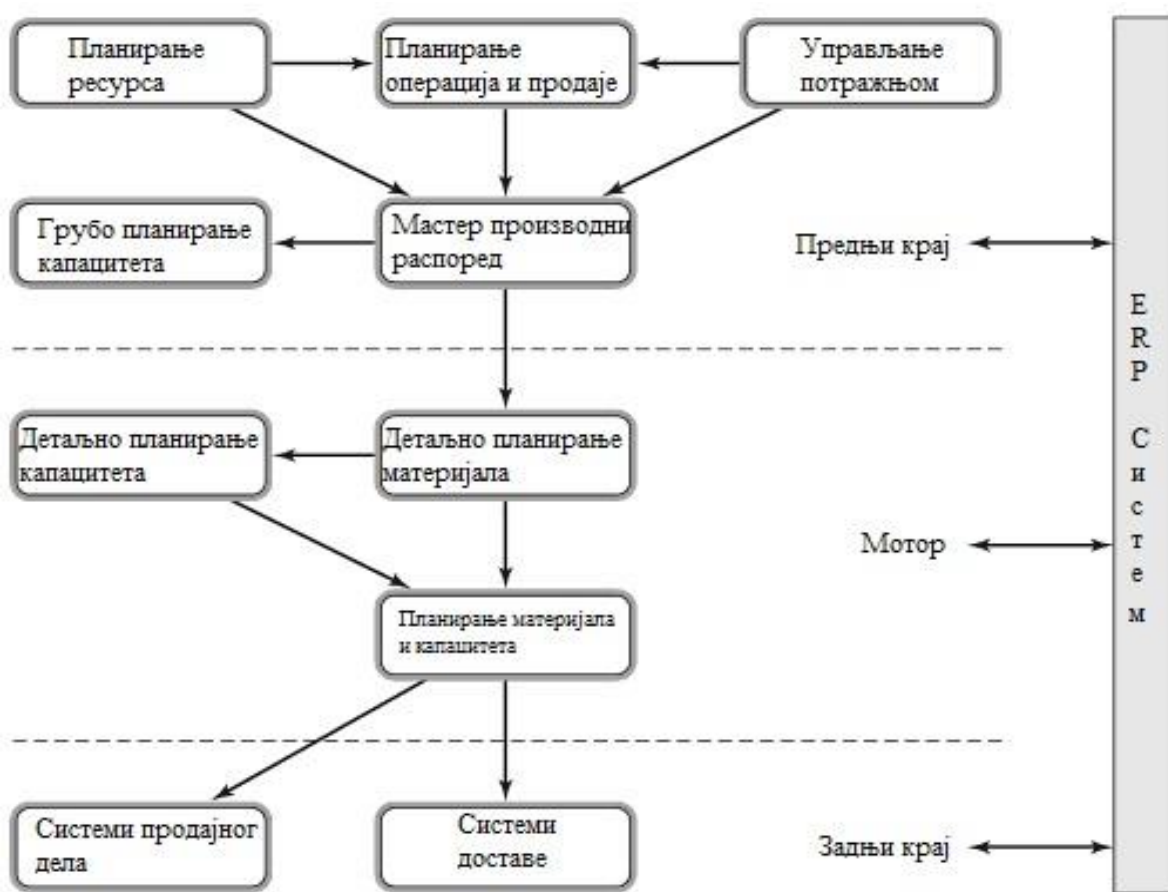
Основни задатак система MPC је ефикасно управљање протоком материјала, управљање искоришћења људи и опреме, као и да се одговори на захтеве купаца коришћењем капацитета добављача и унутрашњих објеката. Важне помоћне активности укључују стицање информација од потрошача о потребама производа и пружање корисницима информације о датумима испоруке и статусу производа. Важна разлика овде је да MPC систем пружа информације о томе, а менаџери доносе делотворне одлуке. MPC систем не доноси одлуке нити управља операцијама [31].

Активности подршке MPC система могу бити грубо раздвојене у три временска хоризонта: дугорочно, средњерочно и краткорочно. Дугорочно, систем је одговоран за пружање информација за доношење одлука о одговарајућој количини капацитета (укључујући и опрему, зграде, добављаче и тако даље) како би била задовољена потреба тржишта у будућности. Средњерочно, основно питање које се односи на MPC систем је да се подударају снабдевање и потражња у смислу обима и производа. Иако је ово истина на дужи рок, средњерочно, фокус је више на пружању тачних капацитета материјала и производа потребних за задовољавање потреба купаца. Краткорочно, потребно је детаљно распоређивање ресурса како би се задовољиле потребе

производње. Ово укључује време, људе, материјал, опрему и објекте. Кључ за ову активност су људи који раде на правим стварима [31].

За ефикасно управљање производним процесима, бројни индикатори учинка производње морају бити састављени. Међу њима су излазни резултати; употреба опреме; и трошкови повезани са различитим одељењима, производима, искоришћењем радне снаге и завршетак пројекта [31].

Сада је типичан начин да се MPC систем интегрише у планирање ресурса предузећа (ERP систем). Слика 3 је шематски приказ општег MPC система који би се користио унутар фирме за планирање и контролу својих производних операција. Модел приказан на слици 3 је у суштини оно што ће се наћи као кључни део било ког паковања ERP система. Фигура је подељена на три дела или фазе. Највећи трећи, или предњи крај је скуп активности и система за подешавање целокупног правца. Средњи трећи део, или мотор, на слици 3, обухвата сет MPC система за детаљно планирање материјала и капацитета. Доњи трећи или задњи део слике приказује системе извршења MPC [31].



Слика 3. Шематски приказ MPC система интегрисаног у ERP систем

Управљање подацима о производу (PDM) је коришћење софтвера за управљање производима и информацијама везаним за процес у једном, централном систему. Ове информације укључују податке са рачунарским пројектовањем (CAD), моделе, информације о деловима, упутства за производњу, захтеве, напомене и документе. Идеалан PDM систем, доступан је бројним апликацијама и вишеструким тимовима широм организације и подржава специфичне потребе за пословањем. PDM системи заузимају и управљају информацијама о производу, осигуравајући да се информације достављају корисницима током читавог животног циклуса производа у исправном контексту [32].

Могућности процеса омогућавају интерним тимовима производње и спољним партнерима да учествују у животном циклусу производа. PDM систем може помоћи да се успоставе, управљају и извршавају аутоматизовани процеси усмерени на токове који одражавају најбоље компаније за планирање промена (шта-ако анализа), промену укључивање (извршење) и промену верификације и комуникације. PDM систем може такође подржати друге успостављене процесе. Људи који имају користи од управљачких способности PDM система укључују пројектне менаџере, инжењере, продавце, купце и тимове за осигурање квалитета [32]. Управљање подацима о производу је дато на слици 4.



Слика 4. PDM систем

ERP софтвер интегрише инвентар и управљање налогом, рачуноводство, људске ресурсе, управљање односима са клијентима, у један комплетан систем да поједностави процесе и информације у целој организацији (слика 5). На најосновнијем нивоу, ERP софтвер интегрише ове различите функције у један комплетан систем за поједностављивање процеса и информација у целој организацији [33].

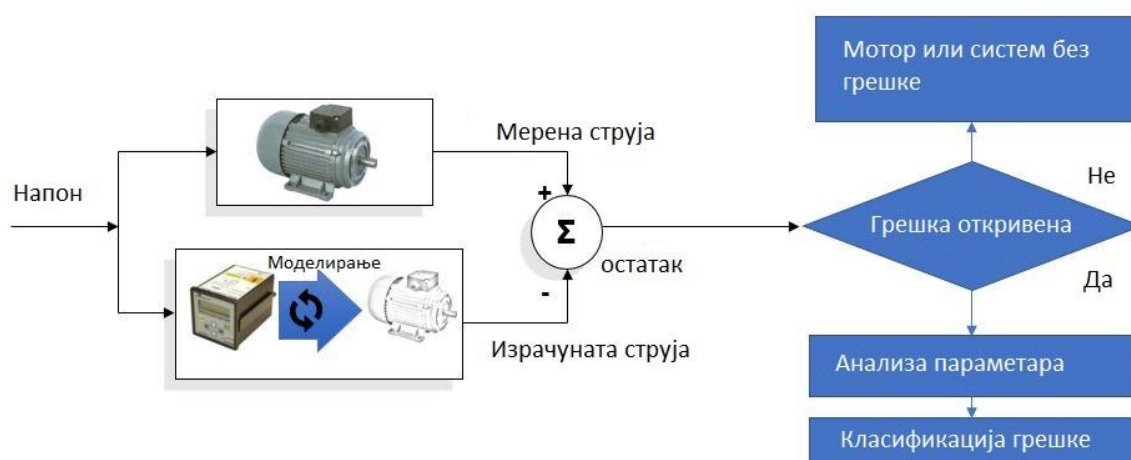
Главна карактеристика свих ERP система је заједничка база података која подржава више функција које користе различите пословне јединице. У пракси ово значи да запослени у различитим деловима - на пример, рачуноводство и продаја - могу се ослањати на исте информације за своје специфичне потребе [33].

ERP софтвер такође нуди одређени степен синхронизованог извештавања и аутоматизације. Уместо да присиљавају запослене да одржавају одвојене базе података и табеле које се морају ручно спојити да генеришу извештаје, нека ERP решења омогућавају особљу извлачење извештаја из једног система [33].



Слика 5. Систем планирања ресурса предузећа (ERP)

Праћење стања (или колоквијално, CM) је процес праћења параметра стања у машинама (вибрација, температура итд.), како би се идентификовала значајна промена која указује на развојну грешку. То је главна компонента превентивног планског одржавања. Употреба праћења стања омогућава заказивање одржавања или друге акције које треба предузети како би се спречио отказ и избегле његове последице. Праћење стања има јединствену предност у условима који би скратили нормални животни век, а пре него што се деси отказ. Технике праћења стања се обично користе на ротирајућој опреми и другим машинама [34].



Слика 6. Систем за праћење стања (CM)

Систем за управљање рачунарским одржавањем (CMMS), познат и под именом предузимљиво управљање имовином (EnterpriseAssetManagement, EAM софтвер), дизајниран је да помогне у распореду, планирању, управљању и праћењу активности одржавања повезане са опремом, возилима или објектима. CMMS решење обезбеђује централну локацију за складиштење већине података и информација за средства, управља и контролише управљање радом и материјалима / деловима процеса коришћења и прати активности одржавања током животног циклуса средстава (слика 7) [35].

CMMS решење функционише тако што складишти податке о имовини, аутоматизује радни налог и процес тражења, прати стање опреме која користи превентивно одржавање, распоређивање радова одржавања и ресурса, снимања нивоа залиха и обезбеђивање управљања извештајем ради доношења одлука усмерених на

податке. CMMS системи се могу испоручивати као Web-оријентисани, софтвер-као-модел-услуге [35].

У данашњем брзом пословном окружењу, ефикасно решење CMMS-а је од виталног значаја за осигурање успешности управљања одржавањем и стварање оперативне извржности [35].



Слика 7. CMMS софтвер

РАМ систем управља и прати фиксну имовину компаније, која се користи у производном процесу. РАМ пружа бољу контролу над производним процесом и повећава ефикасност и продуктивност организације. Такође генерише податке о имовини у реалном времену, који омогућавају службеницима да доносе одлуке. Подаци у реалном времену који се генеришу путем РАМ система могу се такође користити за идентификацију знакова отказа, осигуравајући да продуктивност фабрике није погођена због прекида рада машине [36].

5. Трендови у е-одржавању

Потенцијални раст области е-одржавања представљају RFID ознаке, сензори, анализа сигнала, употреба паметних телефона, интернета и података, дијагнозе и прогнозе и економије одржавања.

5.1 RFID технологија

Радиофреквентна идентификација (RFID) користи електромагнетна поља за аутоматско препознавање и праћење ознака прикачених на објекте. Ознаке садрже електронски сачуване информације. Пасивне ознаке сакупљају енергију из радио таласа RFID читача. Активне ознаке имају локални извор напајања (као што је батерија) и могу радити на стотине метара од RFID читача. За разлику од бар кодова, ознака не мора бити у линији видљивости читача, тако да се може уградити у објекат за праћење.

RFID технологија постоји већ неколико деценија, али само у последњих десет година је почела да се бави утицајем на апликације у стварном свету. Данас се RFID технологија сматра најкориснијим начином повезивања физичког средства са инфраструктуром информационих технологија. Због тога, користи се у ICT решењима за инжењеринг имовине и тако се сматра кључним елементом у е-одржавању [39].

RFID ознаке се користе у многим индустријама, на пример, ознака RFID која се припрема за аутомобил у току производње, може се користити за праћење његовог напретка кроз линију за монтажу. Пошто се RFID ознаке могу ставити на новац, одећу и имање, или имплантовати у животиње и људе, могућност читања лично повезаних информација без сагласности подигла свест о озбиљним проблемима у вези са приватношћу [37]. Систем за идентификацију радио-фреквенција користи ознаке које су повезане са објектима који се идентификују. Двосмерни радио-предајници-пријемници који се зову испитивачи или читаоци шаљу сигнал ознаци и читају њен одговор. RFID ознаке могу бити пасивне, активне или пасивне уз помоћ батерије. Активна ознака има уграђену батерију и периодично преноси свој ID сигнал. Пасивни уређај са батеријом (BAP) има мало батерије на плочи и активира се када је у присуству RFID читача. Пасивна ознака је јефтинија и мања јер нема батерију; Уместо тога, ознака користи радио-енергију коју преноси читач. Међутим, да би се користила

пасивна ознака, она мора бити осветљена нивоом снаге отприлике хиљаду пута јачим него за пренос сигнала.

RFID системи се могу класификовати према типу ознаке и читача. Пасивни читач активних ознака (PRAT) систем има пасивни читач који прима само радио сигнале из активних ознака. Активни читач пасивних ознака (ARPT) има активни читач који преноси сигнале испитивача и такође добија одговоре за аутентификацију из пасивних ознака. Систем активне ознаке и активног читача (ARAT) користи активне ознаке пробуђене сигналом испитивача из активног читача. Варијација овог система такође може да користи ознаку за пасивну помоћ помоћу батерије (BAP) која делује као пасивна ознака, али има малу батерију за напајање сигнала [38].

5.2 Сензори

Инжењери одржавања често користе праћење стања и решења за анализу података, као кључне могућности за имплементацију одржавања заснованог на условима. Сензорска технологија достигла је ниво зрелости у прошлости, али сада се види значајна надоградња ка паметним бежичним сензорима. Кључна предност коју су донели бежични сензори постаје јасна када се мисли на то да чворови сензора сада постају софистициране рачунарске компоненте са улазним подацима и излазним могућностима које користе бежичне мрежне протоколе, као што су WiFi, WirelessHART или Bluetooth индустријског квалитета [39]. Из перспективе е-одржавања, чворови бежичног сенсинга постају паметни надзорни агенси, способни за извођење аутоматизоване рачунарске и операције чувања података, у распону од основног филтрирања узорка до напредног броја операција [49][50]. Визија е-одржавања сматра да такве компоненте бежичног сенсинга могу бити експлоатисане и интегрисане у он-лине управљање одржавањем система, док CMMS може барем покрити део знања домена који се односи на стање надгледања, укључујући моделирање начина хабања и отказа, као и предвиђање животног века компоненте. Њихове кључне предности су: једноставност инсталације и операција, прилагодљивост, флексибилност топологије. Тренутно, бежични сензори имају користи од оштрог пада коришћења меморије, цене CPU-а и RF компоненти, заједно са ефикаснијим перформансама. Осим трајања батерије, примена бежичних сензора и захтева заштити од штете. Остали проблеми се односе на бежичне интерференције са околином или

присутством неколико других уређаја, смањујући поузданост и ефикасну пропусност распоређених мрежа [40].

5.3 Мобилни и PDA системи

Свет одржавања се мења. Техничари више не морају бити везани за своје радне собе - сада могу боље и брже радити помоћу мобилних уређаја на терену. Један такав софтвер, који омогућује рад на одржавању преко мобилних телефона, је eMaint систем за одржавање CMMS-а, преко кога се може приступити подацима у реалном времену и обављати функције у свом објекту и на путу, укључујући захтеве за радом, радне налоге, наручивање делова, читавање бројача, увид у инвентар и средства [43]. Са овим софтвером могуће је: смањити досадан и дуготрајан унос података качењем бар-кода и QR кодова на средства или делове и скенирати их у CMMS мобилним уређајем, омогућава техничарима да једноставно приступе и сниме податке у CMMS даље од својих канцеларија путем eMaint софтвера за мобилне уређаје, елиминишу потребу за штампањем радних налога кроз могућност гледања, отварања и затварања радних налога у покрету путем мобилних уређаја, додељивање радних налога и слање упутстава техничарима путем eMaint мобилног CMMS софтвера брже него што је потребно за телефонирање, праћење и извештавање о раду који се завршава на терену у реалном времену обезбеђујући техничарима приступ затварању радних налога у покрету, прегледање приложених докумената, датотека и фотографија у било ком облику у CMMS-у са мобилног телефона или таблета [43].

PDA (персонални дигитални асистенти) пружају инжењерима средство за повезивање са CMMS-ом, системом за праћење стања и дијагноза, као и са другим могућим системима који подржавају одржавање у коме је увек доступно бежично интернет повезивање. У Dynamite пројекту (доношење динамичних одлука у одржавању) PDA игра централну улогу. PDA се може користити за приступ подацима мерења, проучавање резултата мерења, комуницирање са модулима дијагнозе и прогнозе, руковање радним налогом, проучавање инструкција за одржавање и тако даље. Циљ Dynamite-а је био развити нове методе и алате за подршку одржавању. Мотивисани овим циљевима, два одвојена решења су развијена за PDA. У једном од њих основна претпоставка је била да мора бити могуће користити PDA за подршку одржавању чак и ако не постоји доступна бежична веза. Након ове претпоставке, мала верзија MIMOSA-е се преноси на PDA када год је доступна интернет веза. У исто

време нове дефиниције и резултати мерења се преносе са PDA на заједнички сервер базе података. У другом решењу нагласак је на квалитету информација које се дају инжењеру одржавања тј. јасна упутства за обављање радова на одржавању са добро дизајнираним корисничким интерфејсом. Поред већ два поменута решења, посебна пажња је посвећена распореду одржавања [5].

5.3.1 Dynamite пројекат

Основна идеја у пројекту Dynamite (динамично доношење одлука у одржавању) је да се могу произвести и искористити информације везане за одржавање различите врсте окружења [41]. Dynamite пројекат настоји да изгради знање за подршку прогнозе и неколико модула је пројектовано и развијено за ову сврху. У принципу, е-одржавање се користи за пружање неопходних информација о одржавању кад год и где год је то потребно. Према томе, PDA је добар начин да се добију неопходне информације на терену, а такође и средства за извештавање рачунарског система управљања одржавањем (CMMS) шта је учињено [42]. Кључни елементи у развоју система е-одржавања су коришћење PDA-а као мобилног корисничког интерфејса, изградња потребних услуга као што су Web услуге које се могу позвати преко интернета и коришћење заједничке базе података за интеграцију података великог броја модула развијених у систему.

5.3.2 MIMOSA

MIMOSA (Информације о машинама за машине - агенција OpenSystemsAlliance) је непрофитно трговинско удружење посвећено развоју и подстицању усвајања стандарда отворених информација за операције и одржавање у окружењу производње, флоте и објеката. Отворени стандарди MIMOSA омогућавају заједничко управљање животним циклусом средстава у комерцијалним и војним апликацијама.

Предузећа која су у великој мери зависна од сложених физичких средстава имају историјски фокусиране напоре интеграције на два главна хоризонтална слоја; контрола у реалном времену и пословни информациони системи. Стручњаци у ова два подручја ретко раде директно једни с другима и не фокусирају се на интеграцију између слојева, што је резултирало значајним информационим јазом међу њима. Овај јаз се ствара када О&М (операције и одржавање) процеси, системи и људи нису ефикасно интегрисани једни са другима, што резултира у одговарајућем информацијском јазу. Заједно, ове празнине стварају празан простор у самом центру процеса предузећа и интеграције информација.

MIMOSA помаже у успостављању основе за интегрисанији приступ управљању критичким инфраструктурама, холистички комбинујући инжењеринг животног циклуса са O&M активностима. Ово подржава одрживије приступе како за управљање интегритетом, тако и за управљање ризицима [44].

6. Веза између индустрије 4.0 и е-одржавања

Индустрија је данас суочена са новом генерацијом потпуно дигитализованих фабрика. Индустрија 4.0, као четврта индустријска револуција, већ траје у многим земљама. Тиме обезбеђује опстанак индустрије и њеног конкурентног развоја у савременим условима. Дигиталне технологије: (интернет ствари), роботика, Cloud Computing, сајбер - физички системи и велики подаци су кључни у примени концепта Индустрија 4.0. Индустрија 4.0 подразумева потпуну дигитализацију свих процеса производње и примене поменутих дигиталних технологија при креирању идеје о некој производњи, инжењерингу производа, организацији производње, реализацији производње, контроли процеса и пружању индустријских услуга. У дигитализованој фабрици обезбеђује се интелигентно садејство производног процеса и повезују се физички, дигитални и виртуелни свет. Дигитално предузеће, осим дигитализованих машина, мора имати и индустријски софтвер који обухвата производне процесе, комуникационе инфраструктуре, сигурносне системе и дигитализоване индустријске сервисе [45].

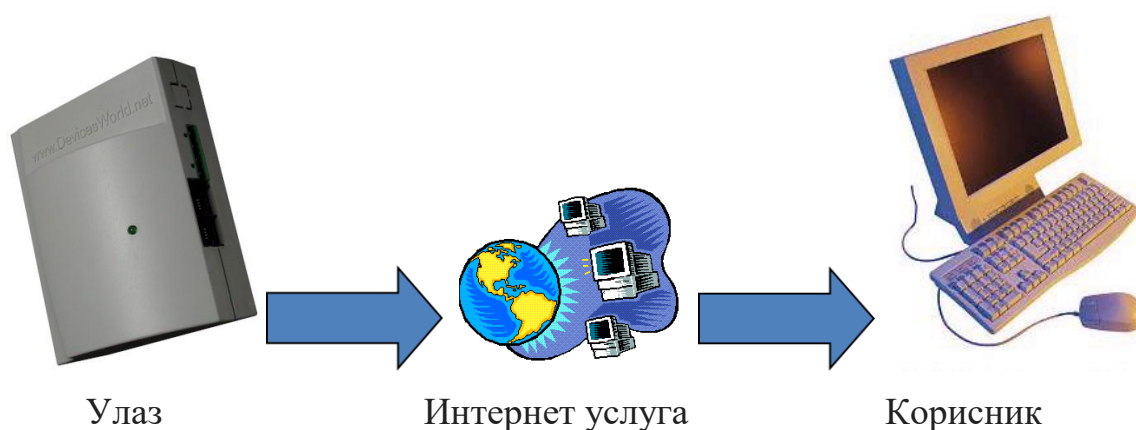
Софтверска решења могу се развијати у сопственој средини, али већина компанија купује их од специјализованих произвођача. Садашњим развојем Индустрије 4.0, још осамдесетих година прошлог века, претходили су CIM, CAM и CAD системи, али они због тог технолошког нивоа нису могли обухватити укупну дигитализацију пословања [45].

У одржавању, индустрија 4.0 налази примену у креирању паметних и само-учећих система који помажу да се предвиди отказ, дијагностикују и покрећу распоред одржавања. Како би се извукле специфичне информације, користе се ови паметни системи који су доста тражени за приступ информацијама, квалитет истих и за коришћење вишеструких извора података [14]. Према коришењу напредне технологије, одржавање 4.0 врши анализу предвиђања и предлаже одговарајуће решење, под утицајем индустрије 4.0 и специјално на оне аспекте одржавања који се баве прикупљањем података, анализом и визуелизацијом [46].

7. Студија случаја. Интегрисање е-одржавања коришћењем iSCADA технологије у интернационални тржни центар Wisma Persekutuan [47]

Систем против пожара у тржном центру је урађен у децембру 2003. године. У исто време, Web-базиран SCADA (iSCADA) систем је инсталиран да би се пратио против пожарни аларм, прскалице, расхладни и системи лифтова, против пожарно цево. Извођачи радова су имплементирали електронско одржавање (е-одржавање) како би побољшали процес управљања одржавањем.

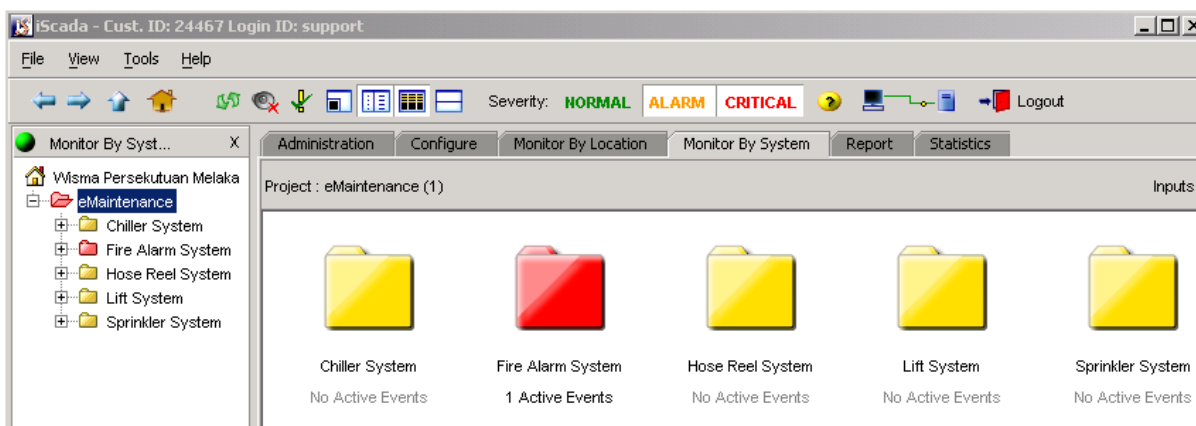
Систем iSCADA ради тако сто прикупља податке о отказу са опреме на улазу у систем и шаље их на сервер на интернету. Када се деси отказ, техничари аутоматски примају SMS и email. Инжењери одржавања могу приступити подацима у реалном времену са било ког рачунара.



Слика 8. Начин рада iSCADA система

Системско праћење се врши на следећи начин (подаци од извођача радова JKR Melaka):

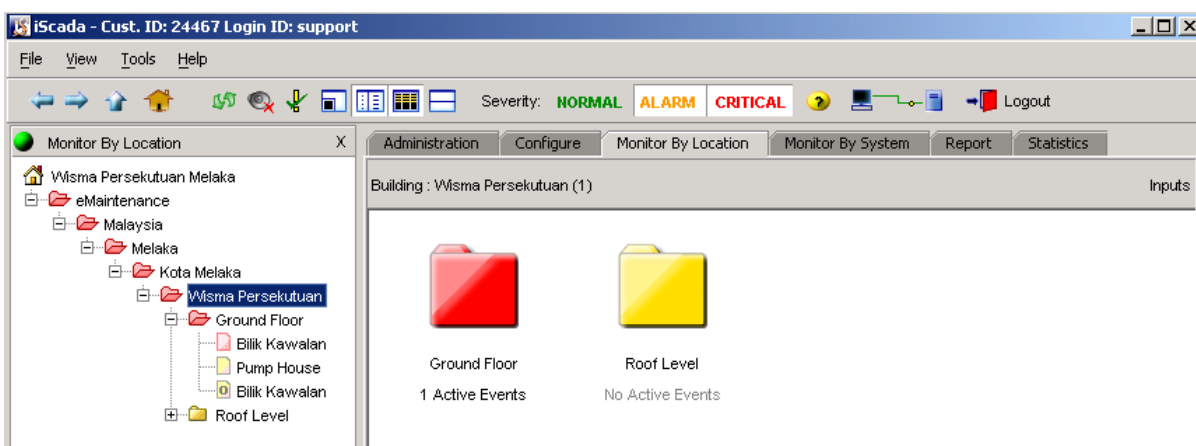
- Статус свих система се види на једном екрану
- Системи у добром стању су обележени жутом бојом
- Системи са отказом су обележени црвеном бојом
- Када се кликне на црвени фолдер, виде се детаљи отказа



Слика 9. Системско праћење стања

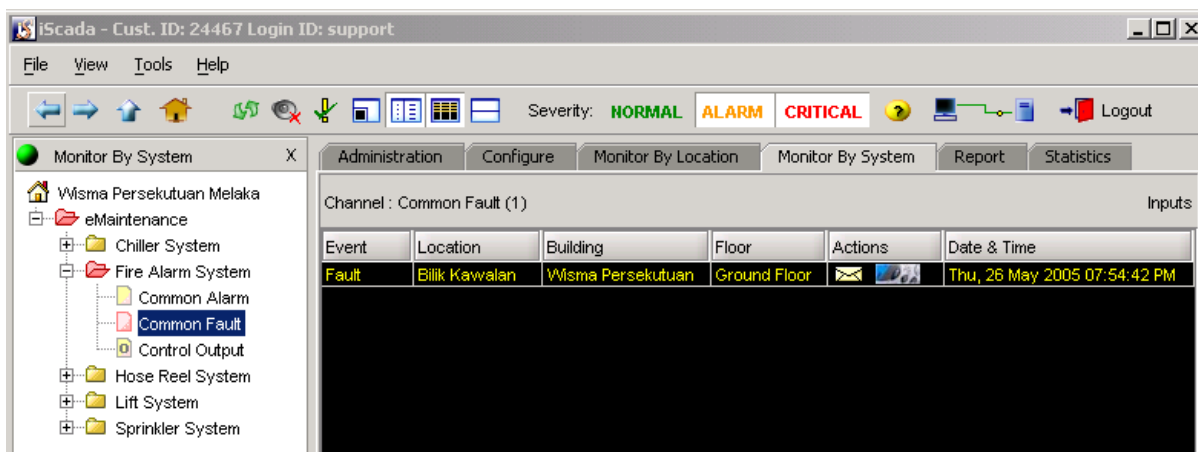
Локацијско праћење стања се врши на следећи начин (подаци од извођача радова JKR Melaka):

- Види се статус свих локација и зграда одједном
- Зграде у добром стању су обележене жутом бојом
- Зграде са отказом су обележене црвеном бојом
- Када се кликне на црвени фолдер виде се детаљи отказа



Слика 10. Локацијско праћење стања

Екран за праћење стања у реалном времену показује да је дошло до отказа у систему против пожарног аларма 26. Маја 2005. у 19:54 h. Чим је дошло до отказа, инжењери су добили упозорење у облику SMS-а и email-а.



Слика 11. Екран за праћење стања у реалном времену

Слика екрана за извештавање показује да се иста грешка понављала од 13. Маја 2005. год.

Administration	Configure	Monitor By Location	Monitor By System	Report	Statistics
Reporting period: 01-Jan-2003 to 28-May-2005					
Report as at: Sat, 28 May 2005 02:04:35 AM					
Pages (12) 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 > >>					
Project: eMaintenance					
Country: Malaysia State: Melaka City: Kota Melaka Building: Wisma Persekutuan Floor: All Location: All					
System: Fire Alarm System Channel: All Event: All					
Channel	Event	Location	Floor	Date & Time	
Common Fault	Fault	Bilik Kawalan	Ground Floor	Thu, 26 May 2005 07:54:42 PM	
Common Fault	Fault Restored	Bilik Kawalan	Ground Floor	Thu, 26 May 2005 03:02:51 PM	
Common Fault	Fault	Bilik Kawalan	Ground Floor	Thu, 26 May 2005 03:02:17 PM	
Common Fault	Fault Restored	Bilik Kawalan	Ground Floor	Thu, 26 May 2005 02:44:43 PM	
Common Fault	Fault	Bilik Kawalan	Ground Floor	Thu, 26 May 2005 02:44:41 PM	
Common Fault	Fault Restored	Bilik Kawalan	Ground Floor	Thu, 26 May 2005 02:18:35 PM	
Common Fault	Fault	Bilik Kawalan	Ground Floor	Thu, 26 May 2005 02:18:32 PM	
Common Fault	Fault Restored	Bilik Kawalan	Ground Floor	Thu, 26 May 2005 01:54:35 PM	
Common Fault	Fault	Bilik Kawalan	Ground Floor	Thu, 26 May 2005 01:54:28 PM	
Common Fault	Fault Restored	Bilik Kawalan	Ground Floor	Thu, 26 May 2005 10:55:21 AM	
Common Fault	Fault	Bilik Kawalan	Ground Floor	Thu, 26 May 2005 10:55:19 AM	
Common Fault	Fault Restored	Bilik Kawalan	Ground Floor	Fri, 20 May 2005 10:53:31 AM	
Common Fault	Fault	Bilik Kawalan	Ground Floor	Thu, 19 May 2005 07:51:44 AM	
Common Fault	Fault Restored	Bilik Kawalan	Ground Floor	Mon, 16 May 2005 12:38:35 PM	
Common Fault	Fault	Bilik Kawalan	Ground Floor	Fri, 13 May 2005 07:46:43 PM	
Common Fault	Fault Restored	Bilik Kawalan	Ground Floor	Tue, 19 Apr 2005 01:48:20 PM	

Слика 12. Екран за извештавање

Слика екрана за статистику показује укупну доступност система од 1. јануара до 31. децембра 2004. год. Индекс укупне доступности (Up time) = 98.24%. Најниже време доступности против пожарног аларма је било 88.3 %. Укупно време прекида система је било 511.72 часа.

Предности које су имали инжењери који су имплементирали е-одржавање су следећи: све је снимано аутоматски без интервенције људи. Извештаји и статистика су

доступни на интернету за најбоље одржавање у реалном времену. Смањена је потреба радника за откривање отказа и смањена је папирологија. Аутоматска детекција проблема и SMS омогућили су брзе акције. Ово побољшава укупну доступност система.

8. Студија случаја, е-одржавање производног погона у домаћој компанији за паковање кафе Grand Prom AD [48]

Имплементација е-одржавања је лако уочљива: смањују се захтеви за рекламацијом код добављача производне опреме.

Укупни трошкови пословања, производње, сервиса, односно одржавања се смањују. Постизање оваквих циљева је омогућено развојем и применом напредних технологија одржавања.

У случајевима када поузданост опреме није промењена, њена функционалност може бити унапређена у циљу правовремених активности одржавања уз побољшавање перформанси целокупног система.

Развој напредних послепродајних услуга са побољшаним дијагностичким капацитетима, које доприносе повећању вредности производа намењених купцима. На пример, произвођач пакерица за пржену млевену кафу ће у том случају, свом купцу продати машину са гарантованим бројем радних часова, упакованом количином кафе или бројем запакованих кесица кафе.

Производња, прерада и промет кафе је главни процес у компанији Grand Prom AD. Производни погон се заснива на пржионицама кафе у зрну, млиновима за кафу, пакерицама и линијама за транспорт млене и пржене кафе. Пакерице поседују инсталиран софтвер за управљање машином. Софтвер је инсталиран од стране произвођача машине.

Ранији начин отклањања софтверских грешака у производном погону које су узрок неправилног рада машине је трајао минимум 72 сата. Неопходно је било дијагностификовати квар машине, утврдити природу квара, контактирати добављаче, сачекати долазак стручњака, упознати га са проблемом, сачекати да се квар отклони, и након тога машину пустити у рад.

Применом интернета и е-одржавања процес се своди на следеће: дијагностификовати квар, утврдити природу квара, контактирати добављаче. Сервисер се директно, путем интернета прикључује на машину и отклања грешку уколико је настала у софтверу, и након тога је машина спремна за даљи рад. Процес одржавања је сведен са 72 сата на неких 5 сати. Трошкови су многоструко смањени. Трошкови добављача, при поправци, су такође многоструко смањени. У циљу имплементације проактивног одржавања машина, предложена је провера основних параметара

софтвера машина, као и најчешћих грешака. Такав приступ проактивном одржавању се обавља јеном месечно у трајању од 2 сата.

Потреба за е-одржавањем компанија, према примеру Grand Prom AD, се огледа у следећим активностима:

Технологију производње је потребно прилагодити унапређеном производном погону, у циљу интеграције нових технологија.

Обука корисника за руковање новим технологијама. Веома је важно извршити обуку корисника, и упознати их са потребама, вредностима и могућностима које пружа е-одржавање. Неопходно је јасно представити користи и уштеде остварене отклањањем застоја или квара машине.

Дефинисање могућности које пружа е-одржавање менаџменту компанија које представљају потенцијалне купце.

Дефинисање утицаја на пословне процесе и моделе.

9. Закључак

Потреба за повећањем производности и смањења времена застоја, довела је до имплементације е-одржавања у фабрике. Имплементацијом овог типа одржавања, фабрике постају конкурентије на све захтевнијем тржишту. Е-одржавање се све више развија увођењем нових технологија праћења стања производне опреме, унификацијом података, коришћењем мобилних апарата. Једна од главних предности е-одржавања је доступност података у сваком тренутку, као и флексибилност система.

Трендови е-одржавања се највише огледају у коришћењу RFID технологије, сензора и употребом личних мобилних уређаја. Развој ових технологије омогућује одржавање производне опреме бежично и у реалном времену.

Е-одржавање представља корак напред у сигурности рада система, поузданости, брзине отклањања застоја и као такво налази примену у готово свим гранама индустрије.

Литература

- [1] Li Y, Chun L, Nee A, Ching Y. An agent-based platform for web enabled equipment predictive maintenance. In: Proceedings of IAT'05 IEEE/WIC/ACM international conference on intelligent agent technology, Compiègne, France, 2005
- [2] Muller, A., Crespo Marquez, A., Iung, B. On the concept of e-maintenance: review and current research, Reliability Engineering and System Safety, Vol. 93, pp. 1165-1187, 2008
- [3] Lee, J. A framework for next generation e-maintenance system. In: Proceedings of the second international symposium on environmentally conscious design and inverse manufacturing, Tokyo, Japan, 2001.
- [4] Han, T., Young, B-S., Development of an e-maintenance system integrating advanced techniques. 57(6), 569-80, 2006
- [5] Erkki Jantunen, Eduardo Gilabert, Christos Emmanoulidis, Adam Adgar. E-MAINTENANCE, A MEANS TO HIGH OVERALL EFFICIENCY, 4th World Congress on Engineering Asset Management, 28-30 September 2009, Athens, Greece
- [6] Adolfo Crespo-Marquez, Benoît Iung. A review of e-maintenance capabilities and challenges.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.693.9935&rep=rep1&type=pdf>
10.2017
- [7] Hung, M., Chen, K., Ho R. and F. Cheng (2003). Development of an e-Diagnostics/Maintenance framework for semiconductor factories with security considerations. Advanced Engineering Informatics, 17(3-4), pp. 165-178.
- [8] Ong, M.H., Lee, S.M., West, A.A. and R. Harrison (2004). Evaluating the use of multimedia tool in remote maintenance of production machinery in the automotive sector. In: IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics, Vol. 2, pp. 724-728, Singapour.
- [9] Hamel, W. (2000). E-Maintenance Robotics in Hazardous Environments. In: Proceedings of the 2000 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Takamatsu, Japan.
- [10] Crespo-Marquez, A. and J. Gupta (2006). Contemporary maintenance management: process, framework and supporting pillars. Omega, 34(3), pp. 313-326.
- [11] Tsang, A. (2002). Strategic dimensions of maintenance management. Journal of Quality in Maintenance Engineering. 8(1), pp. 7-39.

- [12] Garcia, E., Guyennet, H., Lapayre, J-C. and N. Zerhouni (2004). A new industrial cooperative tele-maintenance platform. *Computers & Industrial Engineering*, 46(4), pp. 851-864.
- [13] Goncharenko, I. and F. Kimura (1999). Remote maintenance for IM [inverse manufacturing]. In: *Proceedings of the first International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*, pp. 862-867, Tokyo, Japan.
- [14] Lee, J. (2003). E-manufacturing: fundamental, tools, and transformation. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 19(6), pp. 501-507.
- [15] Roemer, M., Dzakowic, J., Orsagh, R., Byington, C. and G. Vachtsevanos (2005). An Overview of Selected Prognostic Technologies with Reference to an Integrated PHM Architecture. In: *Proceedings of the IEEE Aerospace Conference 2005*, Big Sky, United States.
- [16] Holmberg, K., Helle, A. and J. Halme (2005). Prognostics for Industrial Machinery Availability. In: *POHTO 2005 International Seminar on Maintenance, Condition Monitoring and Diagnostics*, Oulu, Finland.
- [17] Bangemann, T., D. Reboul, J. Scymanski, J-P. Thomesse and N. Zerhouni (2006). PROTEUS - An Integration Platform for Distributed Maintenance Systems. *Computers in Industry*, Special issue on e-maintenance, 57(6), pp. 539- 551
- [18] Wohlwend, H. et al. (2005). E-Diagnostics Guidebook: Revision 2.1. Technology Transfer #01084153D-ENG, SEMATECH Manufacturing Initiative, <http://www.sematech.org>.
- [19] Ramus, W. and J. Neroda (2003). E-Diagnostics: The Value Proposition Story. *Semiconductor International*, 7/1/2003.
- [20] Yam, R., Tse, P., Li L. and P. Tu (2001). Intelligent Predictive Decision Support System for Condition-Based Maintenance. *International Journal of Advanced Manufacturing Technologies*, 17, pp. 383-391.
- [21] Koç, M., J. Ni, J. Lee and P. Bandyopadhyay (2003). Introduction of e-Manufacturing. In: *31st North American Manufacturing Research Conference (NAMRC)*, Hamilton, Canada.
- [22] Wang, J., Tse, P., He, L.S. and R. Yeung (2004). Remote sensing, diagnosis and collaborative maintenance with Web-enabled virtual instruments and mini-servers. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 24(9-10), pp. 764 – 772.

- [23] Emmanouilidis, C., Jantunen E. and J. MacIntyre (2006). Flexible Software for Condition Monitoring, Incorporating Novelty Detection and Diagnostics. *Computers in Industry*, Special issue on e-maintenance, 57(6),pp. 516-527.
- [24] Tao, B., Ding, H. and Y.L Xion (2003). IP Sensor and Its Distributed Networking Application in Emaintenance. In: *Proceedings of the 2003 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 4, pp. 3858-3863, Washington, D.C., USA.
- [25]D. Vasiljevic, B. Cvetic. Towards a new conceptual framework of e-maintenance, *S. Afr. J. Ind. Eng.* vol.23 n.2 Pretoria Jan. 2012,
http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-78902012000200008
- [26] Shoemaker, J. 2003. RFID use limited only by imagination. *Inbound Logistics*, 23(4).
- [27] Yoshikawa, H. (1995). Manufacturing and the 21th Century—Intelligent manufacturing systems and the renaissance of the manufacturing industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 49(2), 165–213.
- [28] Parida, A. (2006). Development of a multi-criteria hierarchical framework for maintenance performance measurement: Concepts, issues and challenges. Ph.D. thesis. Lulea University of Technology, ISSN: 1402-1544.
- [29] Moore, W. J.; A. G. Starr (August 2006). "[An intelligent maintenance system for continuous cost-based prioritisation of maintenance activities](#)". *Computers in Industry*. **57** (6): 596. doi:[10.1016/j.compind.2006.02.008](https://doi.org/10.1016/j.compind.2006.02.008). Retrieved 23 January 2014.
- [30]Baldwin, Robert C (2001). "[Enabling an e-Maintenance infrastructure](#)". *Maintenance Technology*. **12**.
- [31]
https://www.google.rs/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0ahUKEwil7v3stvbWAhUJ1hoKHcE1ChEQFggzMAI&url=http%3A%2F%2Fhighered.mheducation.com%2Fsites%2Fdl%2Ffree%2F0073377821%2F811827%2FSample_Chapter.pdf&usg=AOvVaw2s02PHyBI_RY0Qr7dtxamf 10.2017.
- [32] Siemens PLM software, <https://www.plm.automation.siemens.com/en/plm/pdm.shtml>. 10.2017.
- [33] <http://www.netsuite.com/portal/resource/articles/erp/what-is-erp.shtml> 10.2017.
- [34] https://en.wikipedia.org/wiki/Condition_monitoring , 10.2017.
- [35] www.emaint.com<https://www.emaint.com/cmms-features-benefits/#learn-about-cmms> 10.2017.

- [36] Global Plant Asset Management (PAM) System Market 2017-2021
https://www.researchandmarkets.com/research/rlktk8/global_plant 10.2017.
- [37] Angell, I., Kietzmann, J. (2006). "RFID and the end of cash?" (PDF). *Communications of the ACM*. **49** (12): 90–96. doi:10.1145/1183236.1183237. Retrieved 9 November 2013.
- [38] https://en.wikipedia.org/wiki/Radio-frequency_identification 10.2017.
- [39] Erkki Jantunen, Christos Emmanouilidis, Aitor Arnaiz, Eduardo Gilabert, e-Maintenance: trends, challenges and opportunities for modern industry;
<http://www.ipet.gr/~chrisem/Files/e-Maintenance-Trends.pdf>
- [40] Conant, R. (2006) Wireless sensor networks: Driving the new industrial revolution, *Industrial Embedded Systems*(Spring/Summer 2006), 8-11.
- [41] Adgar A., Addison J.F.D. & Yau, C-Y , Applications of RFID Technology in Maintenance Systems, Proceedings of the second World Congress on Engineering Asset Management (WCEAM) June 2007 Harrogate, UK.
- [42] Bengtsson M. (2003). Standardization issues in condition based maintenance, Department of Innovation, Design and Product Development, Mälardalen University, Sweden.
- [43] <https://www.emaint.com/cmms-features-benefits/mobile-maintenance/> 10.2017.
- [44] <http://www.mimosa.org/what-mimosa> 10.2017.
- [45] <https://pcpress.rs/industrija-4-0-i-buducnost/> 10.2017.
- [46] P.K. Kapur, Quality, IT and Business Operations: Modeling and Optimization. Edited by P.K. Kapur, Uday Kumar, Ajit Kumar Verma ISSN 219-7246
- [47]
https://www.google.rs/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwje4Mmq6frWAhVMaVAKHXchBp0QFggjMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.iscada.technology%2Fdownload%2FPresentation_JKR_Melaka_Web.odp&usg=AOvVaw39eyjVpwf6cp3rUjHrJWx
- [48] doc.dr Danica Lečić-Cvetković, Nikola Atanaskov dipl.ing. (2006) E-ODRŽAVANJE U KOMPANIJI GRAND PROM AD, Stručni rad, <http://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/1451-1975/2006/1451-19750602030L.pdf>
- [49] Monostori, L., Vancza, J., and Kumara, S. R. T. (2006) Agent-based systems for manufacturing, *Annals of the CIRP*, 55, 697-720
- [50] Moyne, J. R., Tilbury, D.M. (2007) The emergence of industrial control networks for manufacturing control, diagnostics and safety data, *Proceedings of the IEEE*, 95(1), 29-47.

[51] Benoit Iung, Eric Levrat, Adolfo Crespo Marquez, Heinz Erbe. Conceptual framework for e-maintenance: Illustration by e-Maintenance technologies and platforms, Annual Reviews in Control, Vol. 33, pp. 220-229, 2009.

Попис слика

Слика 1.

http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S222478902012000200008

Слика 2. Benoit Iung, Eric Levrat, Adolfo Crespo Marquez, Heinz Erbe. Conceptual framework for e-maintenance: Illustration by e-Maintenance technologies and platforms, Annual Reviews in Control, Vol. 33, pp. 220-229, 2009.

Слика 3.

http://www.apicsforum.com/wiki/manufacturing_planning_and_control_%28mpc%29_system

Слика 4. <http://www.npd-solutions.com/pdm.html>

Слика 5. <http://www.mydbsync.com/blogs/benefits-of-automating-erp-system/>

Слика 6.

https://en.wikipedia.org/wiki/Condition_monitoring#/media/File:Model_based_systems.jpg

Слика 7. <https://www.mytechlogy.com/IT-blogs/13556/why-so-many-businesses-are-investing-in-cmms-software/#.WefUp1uCzcs>

Слике 8-12.

https://www.google.rs/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwje4Mmq6frWAhVMaVAKHXchBp0QFggjMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.iscada.technology%2Fdownload%2FPresentation_JKR_Melaka_Web.odp&usg=AOvVaw39eyjVpwf6cp3rUjHrJWx