



UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA



Institut za računarstvo i automatiku
Katedra za računarsku tehniku i računarske komunikacije

JEDNO REŠENJE
TEHNOLOŠKOG INFORMACIONOG SISTEMA

MAGISTARSKI RAD

Mentor:
Dr Branislav Atlagić, vanr.prof.

Novi Sad
novembar 2010.

Kandidat:
Zvonimir Kaprocki, dipl.ing.el.



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ • ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, РБР :			
Идентификациони број, ИБР :			
Тип документације, ТД :	Монографска документација		
Тип записа, ТЗ :	Текстуални штампани материјал		
Врста рада, ВР :	Магистарски рад		
Аутор, АУ :	Звонимир Капроцки		
Ментор, МН :	др Бранислав Атлагић		
Наслов рада, НР :	ЈЕДНО РЕШЕЊЕ ТЕХНОЛОШКОГ ИНФОРМАЦИОНОГ СИСТЕМА		
Језик публикације, ЈП :	Српски / латиница		
Језик извода, ЈИ :	Српски / Енглески		
Земља публикавања, ЗП :	Република Србија		
Уже географско подручје, УГП :	Војводина		
Година, ГО :	2010		
Издавач, ИЗ :	Ауторски репринт		
Место и адреса, МА :	Нови Сад, трг Доситеја Обрадовића 6		
Физички опис рада, ФО : (поглавља/страна/ цитата/табела/слика/графика/прилога)	6/57/0/0/13/0/0		
Научна област, НО :	Електротехника и рачунарство		
Научна дисциплина, НД :	Рачунарска техника		
Предметна одредница/Кључне речи, ПО :	SCADA, ТИС, Информациони системи		
УДК			
Чува се, ЧУ :	Библиотека Факултета Техничких Наука, Нови Сад		
Важна напомена, ВН :			
Извод, ИЗ :	Програмски пакет ТИС представља дистрибуирану апликацију за рад у реалном времену. Користи се за приказ корисничких података о елементима транспортног процесног система и за графички приказ тренутног технолошког стања система, који комбинује податке из реалног времена са подацима из пословно технолошког окружења. ТИС обухвата три целине: програмски пакет VisioTIS за графичко окружење, програмски пакет TehTIS за корисничке податке и SysTIS програмски пакет за прикупљање података у реалном времену из дистрибуираних база података и њихово смештање у ТИС базу података.		
Датум прихватања теме, ДП :			
Датум одбране, ДО :			
Чланови комисије, КО :	Председник:	др Драган Кукољ, ред.проф	
	Члан:	др Владимир Ковачевић, проф. емеритус	
	Члан:	др Јован Ђорђевић, ред. Проф	Потпис ментора
	Члан:	др Мирослав Поповић, ред.проф	
	Члан, ментор:	др Бранислав Атлагић, ванр.проф.	



UNIVERSITY OF NOVI SAD • **FACULTY OF TECHNICAL SCIENCES**
21000 NOVI SAD, Trg Dositeja Obradovića 6

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number, ANO :			
Identification number, INO :			
Document type, DT :	Monographic publication		
Type of record, TR :	Textual printed material		
Contents code, CC :	Magisterial dissertation		
Author, AU :	Zvonimir Kaprocki		
Mentor, MN :	Ph.D. Branislav Atlagić		
Title, TI :	A REALIZATION OF TECHNOLOGICAL INFORMATION SYSTEM		
Language of text, LT :	Serbian		
Language of abstract, LA :	English / Serbian		
Country of publication, CP :	Republic of Serbia		
Locality of publication, LP :	Vojvodina		
Publication year, PY :	2010		
Publisher, PB :	Author's reprint		
Publication place, PP :	Novi Sad, Dositeja Obradovića sq 6		
Physical description, PD : (chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)	6/57/0/0/13/0/0		
Scientific field, SF :	Electrical Engineering		
Scientific discipline, SD :	Computer Engineering		
Subject/Key words, S/KW :	SCADA, TIS, Information systems		
UC			
Holding data, HD :	The Library of Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia		
Note, N :			
Abstract, AB :	The TIS Application suite represents the distributed real time application. It is used for displaying the user related data on the transportation system as well as for the graphical representation of the technological state of the system, which combines the real time data with the data obtained from the technological environment. The TIS is composed of three entities: The VisioTIS application suite for the graphical environment, the TehTIS application suite for the user related data and the SysTIS Application suite for the retrieval of the data from the distributed data bases in real time and for their insertion in the TIS data base.		
Accepted by the Scientific Board on, ASB :			
Defended on, DE :			
Defended Board, DB :	President:	Ph.D. Dragan Kukolj, professor	
	Member:	Ph.D. Vladimir Kovačević, professor emeritus	
	Member:	Ph.D. Jovan Đorđević, professor	Mentor's sign
	Member:	Ph.D. Miroslav Popović, professor	
	Member, Mentor:	Ph.D. Branislav Atlagić, professor	

Želeo bih da se najiskrenije zahvalim svima koji su pomogli da ovaj rad bude završen.

Zahvalnost prvenstveno dugujem prof. dr Vladimiru Kovačeviću na iskrenoj i upornoj podršci, kako u toku realizacije rada tako i u svakoj drugoj prilici u toku naše dugogodišnje saradnje.

Najiskrenije se zahvaljujem i svome mentoru i prijatelju prof. dr Branislavu Atlagiću na podršci u toku izrade rada i tokom decenijske saradnje.

Takođe, zahvaljujem se i svim članovima komisije na poklonjenoj pažnji i korisnim sugestijama.

Zahvalnost dugujem i svim kolegama sa Katedre za računarsku tehniku i računarske komunikacije, a posebno onima sa kojima sam radio na problemima iz oblasti akviziciono-upravljačkih sistema. Ovaj rad prezentuje samo deo onoga što smo više godina zajednički veoma uspešno stvarali.

Na kraju, bezgraničnu zahvalnost dugujem svojoj porodici i prijateljima na ljubavi i podršci koju su mi uvek pružali kao i na beskrajnom strpljenju koje su pokazali čekajući na ovaj dan. Njima, mojim najmilijim i posvećujem ovaj rad.

*U Novom Sadu, decembar 2010. godine
Zvonimir Kaprocki*

Sadržaj:

1. UVOD	1
1.1. Opis i postavka problema	2
1.2. Dosadašnje rešenje i potreba za novim pristupom	2
1.3. Metodologija istraživanja	3
1.3.1. Sistemi utemeljeni na računaru	3
1.3.2. Projektovanje sistema zasnovanih na računaru	4
2. INTEGRISANI SISTEMI ZA UPRAVLJANJE PROCESIMA	6
2.1. Arhitektura Akviziciono upravljačkog sistema	6
2.1.1. Udaljena Telemetrijska Stanica	7
2.1.2. Komunikacioni podsistem	8
2.1.3. Nadzorno upravljačka stanica	8
2.2. Arhitektura i realizacija programske podrške u AUS	9
2.2.1. Komunikacioni podsistem	9
2.2.2. Podsistem za rad u realnom vremenu	11
2.2.3. Aplikacije	13
2.2.4. Prikaz stanja sistema i operatorski podsistem	16
2.2.5. Podrška za upravljanje podacima	19
2.2.6. Sistemska programska podrška	21
2.3. Realizacija GAUS u JP Srbijagas Novi Sad	24
3. OSOBINE TEHNOLOŠKOG INFORMACIONOG SISTEMA	26
3.1. Sistemi sa radom u realnom vremenu	26
3.1.1. Definicija i osnovni pojmovi	26
3.1.2. Rad u realnom vremenu	27
3.2. Distribuirani sistemi	29
3.2.1. Osnovni elementi i osobine distribuiranih sistema	29
3.2.2. Distribuirane baze podataka	31
4. MODEL I REALIZACIJA PROGRAMSKOG PAKETA TIS	38
4.1. Globalna struktura programskog paketa TIS	39
4.2. Organizacija TIS baze podataka	40
4.3. Grafičko okruženje i grafički podaci	41
4.4. Korisnički podaci	43
4.5. Realizacija programskog paketa TIS	45
4.5.1. Osnove programskog rešenja	45
4.5.2. TIS baza podataka	46
4.5.3. Grafičko okruženje	48
4.5.4. Sinhronizacija podataka	51
5. ZAKLJUČAK	53
6. LITERATURA	54

Slike

Slika 2-1 Integrisani sistem za upravljanje procesima i podršku u odlučivanju	6
Slika 2-2 Konfiguracija tipičnog Akviziciono upravljačkog sistema	7
Slika 2-3 Arhitektura programske podrške u AUS	10
Slika 2-4 Topologija GAUS u JP Srbijagas Novi Sad	24
Slika 3-1 Klijent-server arhitektura: jedan server – više klijenata.....	37
Slika 4-1 Globalna struktura programskog paketa TIS	39
Slika 4-2 Šematski prikaz implementirane baze podataka	40
Slika 4-3 Šematski prikaz baze podataka u JP Srbijagas Novi Sad	46
Slika 4-4 Tehnološka šema gasne stanice	47
Slika 4-5 Izgled korisničke sprege u režimu Draw	48
Slika 4-6 Simboli gasnih elemenata u režimu Draw	49
Slika 4-7 Izgled odštampane tehnološke šeme gasne stanice iz režima Draw.....	50
Slika 4-8 Izgled korisničke sprege u režimu View.....	51

Skraćenice:

AUB	- Akviziciono upravljački blok
AUP	- Automatska upravljačka procedura
AUS	- Akviziciono upravljački sistem
CBS	- <i>Computer Based System</i>
COM	- <i>Component Object Model</i>
DBMS	- <i>Database Management System</i>
DDB	- <i>Distributed Database</i>
DDBMS	- <i>Distributed Database Management System</i>
ECBS	- <i>Engineering of Computer Based Systems</i>
GAUS	- Generalizovani Akviziciono Upravljački Sistem
GPRS	- <i>General Pocket Radio Service</i>
GTS	- Gasovodni Transportni Sistem
HMI	- <i>Human Machine Interface</i>
HRT	- <i>Hard Real-Time Systems</i>
LAN	- <i>Local Area Network</i>
MDBS	- <i>Multidatabase system</i>
NK	- Nadzorna konzola
NUS	- Nadzorno upravljačka stanica
ODBC	- <i>Opened Database Connectivity</i>
OK	- Operaterska konzola
OLE	- <i>Object Linking and Embedding</i>
OPC	- <i>OLE for Process Control</i>
PK	- Procesni kontroler
RT	- <i>Real Time</i>
RTDB	- <i>Real Time Database</i>
RTDBMS	- <i>Real Time Database Management System</i>
RTOS	- <i>Real Time Operating System</i>
SCADA	- <i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
SSP	- Server SCADA Podataka
TIS	- Tehnološki Informacioni Sistem
UK	- Upravljačka Konzola
UTS	- Udaljena Telemetrijska Stanica

1. UVOD

Cilj rada je da prikaže jedan novi način projektovanja i realizacije programske podrške i organizacije podataka informacionog sistema zasnovanog na računaru, namenjenog da bude podrška u operativnom odlučivanju i upravljanju složenim distribuiranim sistemom sa radom u realnom vremenu. Pored analize teorijskih i praktičnih aspekata ovakvih sistema i mogućnosti njihovog povezivanja uopšte, u radu je opisano sopstveno rešenje - praktična realizacija programskog paketa TIS za alfanumerički i grafički prikaz tehnološkog stanja transportnog procesnog sistema.

Zbog prirode realnih transportnih sistema, rad se bavi informacionim sistemima koji rukuju podacima promenljivim u realnom vremenu, a istovremeno rade sa distribuiranim heterogenim bazama podataka. Suština rada je objedinjavanje i prikaz podataka dobijenih od telemetrijskog sistema u realnom vremenu i podataka iz poslovno-tehnološkog informacionog okruženja. Cilj rada je stvaranje informacionog sistema koji daje kompletnu sliku tehnološkog procesa u realnom vremenu, u cilju pružanja adekvatne podrške u operativnom odlučivanju i vođenju transportnog režima transportnog procesnog sistema.

Rad se u konkretnom slučaju bavi gasovodnom mrežom JP Srbijagasa. U realizaciji rada je korišćen postojeći sistem telemetrije GAUS, izrađen na Fakultetu tehničkih nauka Novi Sad.

Postavljeni model je dograđen elementima koji u najvećoj meri omogućavaju generalizaciju problema. Uz minimalne dorade razvijeni paket može da bude primenljiv u širokom opsegu sličnih transportnih sistema u privredi.

Rad se sastoji iz šest poglavlja.

Prvo poglavlje je uvodno u kome su opisani zadatak i cilj rada kao i opis tehnološkog informacionog sistema i razmatranog akviziciono upravljačkog sistema.

U sledećem, drugom poglavlju izneta je definicija i razmatranje ključnih osobina akviziciono upravljačkih sistema. U ovom poglavlju je opisana arhitektura programske podrške u akviziciono upravljačkom sistemu sa stanovišta funkcionisanja samog sistema.

Zbog prirode realnih transportnih sistema, rad se bavi razvojem informacionih sistema koji rukuju podacima promenljivim u realnom vremenu, i istovremeno rade sa distribuiranim bazama podataka i distribuiranim aplikacijama. U trećem poglavlju su opisane dve osnovne karakteristike ove klase sistema rad u realnom vremenu i distribuiranost.

Četvrto poglavlje se bavi modelom i realizovanim rešenjem Tehnološkog informacionog sistema. U ovom poglavlju su izloženi osnovni koncepti koji se primenjuju u ovom rešenju TIS. Poseban deo ovog poglavlja je odvojen da bi se prikazala praktična realizacija programskog paketa TIS u JP Srbijagas Novi Sad.

U petom poglavlju dat je zaključak rada, dok šesto poglavlje sadrži korišćenu literaturu.

1.1. Opis i postavka problema

Sistemi za transport energenata, bez obzira da li se radi o prirodnom gasu, nafti, električnoj energiji, vodi za grejanje, uvek su složeni i po pravilu geografski distribuirani procesni sistemi [9]. Efikasna isporuka energenta zahteva poznavanje trenutnog tehnološkog stanja ukupnog transportnog sistema, odnosno poznavanje velikog skupa podataka o topologiji sistema, karakteristikama i stanju elemenata sistema, stanju mernih, regulacionih i sigurnosnih elemenata, trenutnim vrednostima procesnih veličina i sl.

Problem kvalitetnog nadzora i upravljanja tehnološkim procesima svodi se na prikupljanje i prikaz podataka o nadziranom sistemu u realnom vremenu. Upravljanje ovakvim procesnim sistemima danas podrazumeva primenu adekvatnog SCADA akviziciono upravljačkog sistema (*System Control And Data Acquisition* – Sistem za upravljanje, nadzor i prikupljanje podataka), ali je u procesu operativnog odlučivanja često potrebna i dodatna podrška, zasnovana na poznavanju stanja i karakteristika elemenata transportnog sistema.

Deo elemenata sistema je pod stalnim nadzorom sistema telemetrije i njihovo procesno stanje predstavlja osnovu dispečerskog upravljanja. Ostatak sistema se prati preko tzv. ručnog nadzora i upravljanja, koje se sprovodi komunikacijom između dispečera i objekata sa ljudskom posadom, ili prikupljanjem podataka putem povremenih obilazaka objekata transportnog sistema. Iako nevidljivi za SCADA sistem, i ovi elementi utiču na tehnologiju transporta, i stoga je potrebno obezbediti što ažurnije poznavanje njihovog stanja. Takođe je potrebno omogućiti operateru transportnog sistema da na jednostavan način vrši pregled šema koje daju uvid u topologiju sistema, pregled tehničkih karakteristika elemenata i trenutnih vrednosti procesnih veličine vezane za posmatrane elemente transportnog sistema.

Upravo je to zadatak Tehnološkog Informacionog Sistema (TIS) čija realizacija je predmet rada. TIS je programski paket za prikaz korisničkih podataka i za grafički prikaz tehnološkog stanja transportnog procesnog sistema. Suština ovog programskog paketa je objedinjavanje i prikaz podataka dobijenih od telemetrijskog sistema u realnom vremenu i podataka smeštenih u poslovno tehnološkom informacionom okruženju kako bi se upotpunila slika o transportnom procesu, a u cilju pružanja adekvatne podrške u operativnom odlučivanju i vođenju transportnog režima transportnog procesnog sistema.

1.2. Dosadašnje rešenje i potreba za novim pristupom

Dosadašnje rešenje Tehnološkog informacionog sistema je realizovano na Katedri za računarsku tehniku Fakulteta Tehničkih Nauka u Novom Sadu, u saradnji sa NIS-GAS-om (danas JP Srbijagas Novi Sad) [15].

Grafičku osnovu ovog programskog rešenja čine AutoCAD R14 crteži gasovodnih instalacija na različitim nivoima detaljnosti povezani sa proširenom programskom podrškom (*Microsoft Visual C/C++*, *ObjectARX* - *Object AutoCAD runtime extension* i ODBC sprega sa bazom podataka *Sybase Adaptive Server Anywhere server 6.0*). Dosadašnje rešenje grafičkog okruženja tehnološkog informacionog sistema je zasnovano na programskim alatima starije generacije, npr. AutoCAD R14 omogućuje grafički prikaz podataka. Sa pojavom novih verzija programa AutoCAD javila se potreba za unapređenjem programa TIS. U JP

Srbijagas Novi Sad, AutoCAD 2005 i novije verzije su već duže vreme standardni alati za crtanje tehnoloških šema i mašinskih crteža. Program TIS bi se morao prilagoditi ovoj promeni, tj. morao bi se preprogramirati da bi podržao nove verzije AutoCAD-a. Kako su u pitanju dva potpuno različita tipa programa, AutoCAD R14 je program tipa *Single Edit Control*, dok je programski paket AutoCAD 2000 i noviji program tipa *Multi Edit Control*, izmene u programu TIS bi bile velike i komplikovane.

Zbog svega navedenog pristupilo se odabiru novog alata za izradu i prikaz tehnoloških šema, koje predstavljaju grafičke elemente programa TIS. Predlog da se kao standardni alat za crtanje tehnoloških šema uzme Microsoft Visio je prihvaćen iz više razloga. Microsoft Visio je grafički editor opšte namene i izabran je za grafičko okruženje pre svega zbog izuzetno jednostavnog načina korišćenja. Vreme neophodno za obuku korisnika je minimalno, a mogućnosti ovog programskog paketa su dovoljne da zadovolje potrebe za grafičkim prikazom podataka. Microsoft Visio ima bolju vezu sa ostalim dokumentima iz Microsoft Office paketa (*Word*, *Excel*), a koji su sastavni deo većine izveštaja. Već nacrtane šeme se mogu relativno jednostavno konvertovati u format za prikaz u paketu Microsoft Visio.

Dosadašnji alfanumerički deo rešenja je realizovan korišćenjem grupe programskih alata proizvođača Sybase (*PowerDesigner*, *PowerBuilder*, *Adaptive Server Anywhere*). Preduslov za funkcionisanje ovog dela dosadašnjeg rešenja TIS je da korisnički podaci budu smešteni u jedinstvenu bazu podataka.

Za smeštanje prikupljenih podataka u novoj verziji TIS koriste se nove verzije programskih alata proizvođača Sybase, tako da bi se već uneti podaci bez većih izmena mogli koristiti i ovoj verziji.

1.3. Metodologija istraživanja

Metodologija istraživanja je bazirana na principima inženjerske discipline poznate pod nazivom Projektovanje sistema zasnovanih na računaru (*ECBS - Engineering of Computer-Based Systems*). Osnovu metodologije čini princip dekompozicije sistema na samostalne komponente koje međusobno komuniciraju, a svaka od njih se ponaša i opisuje kao sekvencijalni automat. Ovo je naučna oblast koja se intenzivno razvija, jer je u praksi sve očiglednija potreba formalizacije metoda sistemskog pristupa pri realizaciji složenih upravljačkih struktura baziranih na računarima.

1.3.1. Sistemi utemeljeni na računaru

Sistem u kojem inkorporirani računar, ili skup računara, ne samo da igra važnu ulogu, nego i određuje njegovo ponašanje, naziva se sistemom utemeljenim na računaru (*Computer Based System - CBS*). U suštini, radi se o složenim sistemima koji objedinjuju mehaničke, električne i druge komponente, ali je upravljanje celinom sistema realizovano računarskim komponentama, tačnije njihovom programskom podrškom. Potpunija definicija sistema utemeljenih na računaru glasi [2][3]:

Sistem utemeljen na računaru je sistem koji kao podsistem za rukovanje informacijama koristi jedan ili više računara. To znači da on obuhvata komponente neophodne za prihvatanje, skladištenje, obradu, prenos i prikaz informacija iz samog sistema, ili iz njegovog okruženja. Sistem utemeljen na računaru obuhvata:

- procesorsko/memorijske jedinice koje se sastoje od fizičkih komponenti (digitalnih i analognih), systemske i aplikativne programske podrške,
- komunikacione komponente i prenosne medije za realizaciju mrežnih usluga,
- operatorske stanice za funkcije komunikacije čovek/računar (*HMI - Human Machine Interface*) uključujući vizualizaciju stanja sistema i prihvatanje operatorskih komandi,
- dokumentaciju i korisnička uputstva.

Interakcija računarskog upravljačkog podsistema i njegovog fizičkog okruženja odvija se preko senzora (pretvarača) i aktuatora (izvršnih elemenata).

Programska realizacija upravljačkih funkcija CBS sistema omogućuje razvoj i eksploataciju sistema visokog stepena složenosti, koji drugačije ne bi bili ostvarivi. Najčešće, programska podrška takvih sistema rešava složene funkcionalne zahteve, te je i najodgovornija za uspešno ispoljavanje složenih ponašanja datog sistema. Zato je kvalitet programske podrške od najvećeg značaja za ispravno i uspešno funkcionisanje CBS sistema.

Poput ostalih, i CBS sistemi se opisuju strukturom i ponašanjem. Osnovni strukturni atributi CBS sistema su:

- *Distribuiran*: obrada podataka unutar sistema podeljena je između nekoliko računarskih čvorova koji mogu biti i geografski međusobno udaljeni,
- *Sa internom komunikacijom*: CBS uključuje podsistem za internu komunikaciju,
- *Heterogen*: sistem sadrži komponente različitog tipa, na primer procesore različite arhitekture ili programsku podršku kodiranu u različitim programskim jezicima,
- *Ugrađen*: računarski deo je u celini ugrađen u sistem koji kontroliše (engl. *embedded*),
- *Kompleksan*: što ukazuje na složenost razvoja i uvođenja ovakvog sistema u rad.

Atributi koji opisuju ponašanje CBS sistema mogli bi biti:

- *Bezbednosno kritičan*: ispad ili neispravno funkcionisanje sistema može ugroziti ljudske živote, imovinu ili životnu sredinu,
- *Vremenski strogo uslovljen*: uslovi vezani za vreme reakcije sistema su zahtevni sa stanovišta inženjerske realizacije,
- *Sa eksternom komunikacijom*: sistem je komunikacijski spregnut sa drugim sistemima u okruženju,
- *Dinamički rekonfigurabilan*: sistem je podložan dinamičkim promenama konfiguracije, te se od njega u toku rada zahteva prihvatanje takvih izmena uz minimalni gubitak funkcija sistema.

1.3.2. Projektovanje sistema zasnovanih na računaru

ECBS je disciplina koja se bavi primenom sistemskog inženjerstva na CBS sisteme. Predmet osnovnog interesa ECBS je ugrađeni računarski podsistem kao jedan od konstitutivnih elemenata celog sistema, veze sa ostalim podsistemima, i konačno, struktura i ponašanje CBS sistema u celini.

Zadaci ECBS vezani su za razvoj i primenu metodologija i tehnika projektovanja, opisa, realizacije i rukovanja CBS sistemima u toku njihovog ukupnog životnog ciklusa. Očigledno kompleksni zadaci bi se mogli klasifikovati na sledeći način:

- Identifikacija, analiza i ograničavanje problema koji se rešava CBS-om.
- Uspostavljanje kriterijuma i izbor između alternativnih tehničkih rešenja.
- Razvoj konceptualnog modela i njegova razrada do nivoa specifikacije.
- Participacija u izboru i realizaciji svih elemenata CBS sistema.
- Integracija računarskog dela sa ostatkom sistema i puštanje u rad.
- Održavanje i unapređivanje instaliranog CBS sistema.

Osnovne oblasti kojima se bavi ECBS su izvedeni iz prethodno navedenih zadataka. Projektovanje sistema i njegov razvoj u toku celog životnog ciklusa je u samom jezgru interesa ECBS kao inženjerske discipline, jer iskazanu potrebu pretvaraju u operativno rešenje. Rukovanje konfiguracijom podrazumeva evidentiranje, kontrolu, verifikaciju i izveštavanje o ovakvim promenama u trenutku njihovog nastanka, u cilju njihove upotrebe u daljem toku procesa. Rukovanje projektom bavi se načinom na koji se inženjerski proces vodi, i odgovorno je za vremenski plan, potrebne resurse i kontrolu rizika. Stoga ono obuhvata procenu, planiranje, kontrolu i koordinaciju svih aktivnosti koje se obavljaju. Kvalitet ukupnog sistema kao proizvoda ECBS procesa je važna karakteristika o kojoj se u svim fazama njegovog životnog ciklusa, a pogotovo u toku razvojnog procesa mora voditi posebna briga.

2. INTEGRISANI SISTEMI ZA UPRAVLJANJE PROCESIMA

U modernom poslovnom okruženju neophodno je izvršiti objedinjavanje naizgled raznorodnih funkcija jednog poslovnog sistema u jedinstvenu celinu, gde se podaci neometano razmenjuju i koriste. Tako su i nastali Integrisani sistemi koji omogućuju neometanu razmenu podataka i obuhvataju Akviziciono upravljačke sisteme, Tehnološke informacione sisteme i Poslovne informacione sisteme, kao što je prikazano na slici (Slika 2-1).



Slika 2-1 Integrisani sistem za upravljanje procesima i podršku u odlučivanju

Pod akviziciono upravljačkim sistemom (AUS) podrazumeva se skup namenskih, prostorno distribuiranih, međusobno povezanih računarskih i programskih modula, čiji je zajednički cilj ostvarenje funkcija nadzora i upravljanja nad proizvoljnim fizičkim procesom u realnom vremenu. Ovakvi sistemi, specifične namene i strukture, u literaturi se najčešće označavaju terminom SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*).

Tehnološki informacioni sistem (TIS) je realizovan kao programski paket za prikaz korisničkih podataka o elementima procesnog sistema i za grafički prikaz trenutnog tehničko-tehnološkog stanja sistema, koji kombinuje podatke iz realnog vremena sa podacima iz poslovnog tehnološkog okruženja. TIS funkcioniše kao spona između akviziciono upravljačkog sistema i poslovnog informacionog sistema.

Poslovni informacioni sistem (PIS) predstavlja skup aplikacija koje ostvaruju vezu između tehnološkog procesa i poslovnog okruženja.

U ovom poglavlju je prikazan generalizovani model akviziciono upravljačkog sistema opšte namene. Ovaj model omogućuje da se definišu i formalno opišu programske celine SCADA sistema. Na toj osnovi, realizovan je SCADA sistem opšte namene, nazvan GAUS - Generalizovani Akviziciono Upravljački Sistem.

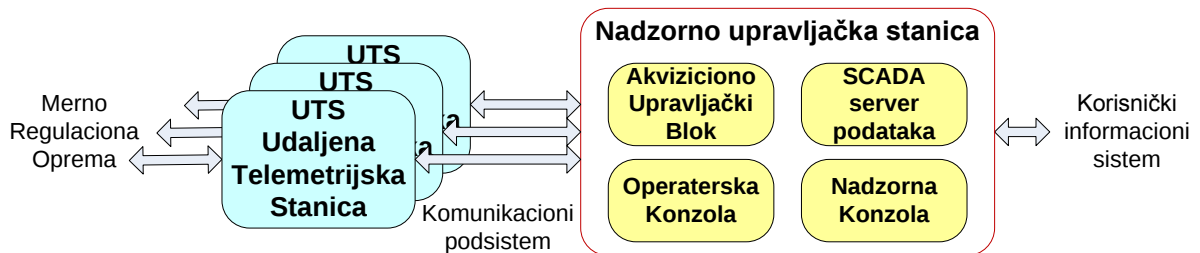
U nastavku je dat opis osnovnih karakteristika akviziciono upravljačkih sistema (AUS) koji je od značaja za razumevanje strukturne i funkcionalne arhitekture ovih sistema, a koji je preuzet delom iz [4][7].

2.1. Arhitektura Akviziciono upravljačkog sistema

Osnovna funkcija AUS sistema je ciklična akvizicija digitalizovanih odmeraka različitih fizičkih veličina koje određuju stanje proizvoljnog tehnološkog (fizičkog) procesa. Formiranjem baze merenih podataka u računaru, stvara se osnova za proveru i prikaz trenutnog stanja fizičkog procesa, odnosno za obavljanje efikasnog nadzora nad njim. Istovremeno, izvršenjem aplikativne upravljačke podrške moguće

je odrediti i zahtevati korektivne (kontrolne) aktivnosti, tj. izvršiti upravljanje nad fizičkim sistemom.

Standardna arhitektura odgovarajućeg akviziciono upravljačkog sistema podrazumeva procesne kontrolere instalisane na nadziranom sistemu, tzv. Udaljene Telemetrijske Stanice (UTS), i Nadzorno Upravljačku Stanicu (NUS) lociranu u korisnikovom nadzornom centru, međusobno povezane komunikacionim sistemom. Ova struktura je prikazana na slici (Slika 2-2). Dodatne veze stanice NUS, prikazane na slici, su u funkciji razmene podataka sa okruženjem proizvodnog segmenta u kome je akviziciono upravljački sistem implementiran, odnosno sa korisničkim informacionim sistemom.



Slika 2-2 Konfiguracija tipičnog Akviziciono upravljačkog sistema

2.1.1. Udaljena Telemetrijska Stanica

Udaljena telemetrijska stanica je komponenta zadužena za prenos vrednosti merenja i komandi između merno regulacione opreme i Nadzorno upravljačke stanice. UTS je mikroprocesorska stanica koja služi prvenstveno za prijem mernih signala sa senzora, kao i za generisanje pobude izvršnih elemenata. Procesni U/I moduli prikupljaju signale koji dolaze sa senzora, skladište ih u memoriju u digitalnom obliku, i proizvode električne izlazne signale proporcionalne digitalnim veličinama izlaznih promenljivih uskladištenih u memoriji UTS.

Minimalne funkcije koje se na UTS iniciraju prijemom poruke sa NUS su slanje prikupljenih podataka ka NUS, kao i izvršavanje primljenih komandi. Deo obrade merenih podataka i upravljačkih funkcija se izvršavaju lokalno, na samom UTS. Na UTS se vrši i arhiviranje podataka za unapred zadati period. Ova statistika sistema predstavlja skup vrednosti koji se periodično generišu za svaku od konfigurisanih procesnih veličina i zapisuju se lokalno.

Autonoman rad, u odnosu na NUS, je posledica takve organizacije gde se obrada procesnih podataka vrši lokalno. Ovakav način rada obezbeđuje funkcionisanje UTS i u slučaju komunikacionih ispada, što je izuzetno važna osobina u realnim uslovima eksploatacije SCADA sistema. U takvoj situaciji UTS može nastaviti normalan rad u zadatom režimu, uz memorisanje događaja i istorijata promena u periodu ispada. Po uspostavljanju komunikacije, memorisani podaci se predaju centralnoj stanici. Ovim se smanjuje uticaj komunikacionih grešaka i otkaza komunikacione mreže, postiže se povećanje raspoloživosti ukupnog AUS sistema, a pogotovo konzistentnost merenih podataka.

2.1.2. Komunikacioni podsistem

Komunikacioni podsistem u okviru Akviziciono upravljačkog sistema čine dve osnovne komponente, komunikacioni prenosni kanali i komunikacioni kontroler (server) stanice NUS [13].

Komunikacioni kanali povezuju stanicu NUS sa mrežom podređenih UTS ili drugim spregnutim komponentama ukupnog AUS sistema. Komunikacioni kanal obuhvata svu opremu potrebnu za kvalitetnu razmenu poruka.

Komunikacioni kontroler je posvećen obavljanju i kontroli svih komunikacionih aktivnosti stanice NUS. Na ovaj način se centralni računar oslobađa procesa vezanih za komunikaciju koji opterećuju izvršavanje primarnih funkcija NUS. U principu, komunikacioni kontroler može se smatrati komponentom NUS. Osnovni zahtevi koje mora zadovoljiti vezani su za visok stepen efikasnosti i pouzdanost u radu.

2.1.3. Nadzorno upravljačka stanica

Nadzorno upravljačka stanica je centralni čvor akviziciono upravljačkog sistema, sa primarnim funkcijama objedinjavanja i obrade svih procesnih podataka, i komunikacije sa operaterima. Objedinjavanje procesnih podataka ostvaruje se komunikacijom sa mrežom instaliranih Udaljenih telemetrijskih stanica. Obrada prikupljenih podataka podrazumeva proveru ispravnosti i vrednosti merenja, uz eksplicitno izveštavanje operatera o otkrivenim neregularnostima. Svi podaci se pretvaraju u oblik pogodan za prikaz, kao i za generisanje upravljačkih akcija. Operatorska sprega ostvaruje se posredstvom dinamički osvežavanih, posebno definisanih grafičkih i alfanumeričkih prikaza. Operatorski podsistem mora obezbediti pregledno i kvalitetno izveštavanje o promenama u sistemu, kao i brzo i tačno prihvatanje operatorskih komandi. Važan deo aktivnosti NUS vezan je za formiranje istorijata akviziciono upravljačkog sistema, trajnog zapisa stanja i događaja u fizičkom sistemu, kao i praćenje operatorskih upravljačkih akcija.

Jedna od osnovnih karakteristika AUS sistema je centralizacija najprioritetnijih upravljačkih funkcija na stanici NUS. Izvršenje upravljačkog algoritma podeljeno je po nivoima sistema, i odvija se prvenstveno na nivou udaljenih telemetrijskih stanica. Ipak, zbog operatera, iniciranje najznačajnijih kontrolnih funkcija i krajnja verifikacija njihovog izvršenja vrši se isključivo na stanici NUS.

Osnovne komponente, neophodne za izvršenje navedenih zadataka, čine jezgro nadzorno upravljačke stanice, a to su:

- Akviziciono Upravljački Blok (AUB) posvećen je funkcijama akvizicije, obrade podataka, iniciranja i izvršenja upravljačkih akcija. Istovremeno, AUB komunicira i usklađuje rad sa svim ostalim komponentama NUS.
- Server SCADA Podataka (SSP) čuva bazu podataka, koja čuva sve konfiguracione podatke i istorijat akviziciono upravljačkog sistema. Savremena rešenja podrazumevaju upotrebu mrežnog servera i relacije baze podataka. Na taj način, server SSP postaje i spona AUS sa okruženjem.
- Operatorska Konzola (OK) je operatorska radna stanica sa punim pravima nadzora, upravljanja i rukovanja akviziciono upravljačkim sistemom. Zato je operatorska konzola u najtešnjoj vezi sa AUB, najčešće u obliku neprekidne komunikacione sesije u cilju pribavljanja akviziranih podataka o stanju procesnog sistema kao i u cilju izdavanja izvršnih komandi, putem nadležnih

UTS. Važan deo operatorske podrške su procedure provere prava pristupa i izdatih komandnih direktiva. Posredstvom OK operater može kontrolisati sistem u potpunosti ili parcijalno (po delovima tehnološkog procesa) u zavisnosti od dodeljenih prava.

- Nadzorna konzola (NK) predstavlja softversku aplikaciju, čija je suština prikaz AUS podataka u formatu sličnom ili identičnom onom na operatorskoj konzoli. Nadzorne konzole se pokreću sa radnih stanica unutar poslovnog segmenta lokalne mreže i koriste se za pristup podacima u realnom vremenu, tačnije za uvid u trenutno stanje kontrolisanog fizičkog sistema. Za razliku od Operatorske konzole, Nadzorna konzola treba da omogući autorizovanim korisnicima uvid u stanje sistema, ali ne i mogućnost upravljanja.

Podaci prikupljeni akviziciono upravljačkim sistemom su često od velikog interesa i u drugim segmentima poslovnog sistema, pa je stoga potrebno obezbediti spregu AUS sistema sa poslovno tehnološkim informacionim sistemom. U osnovi ovog zahteva je prenos AUS podataka do baze podataka dostupne iz poslovnog segmenta korisničkog informacionog sistema, koji se ostvaruje posredstvom lokalne mreže.

2.2. Arhitektura i realizacija programske podrške u AUS

Na slici je prikazana arhitektura programske podrške u Akviziciono upravljačkom sistemu (Slika 2-3). Kao što je prikazano AUS se sastoji od međusobno povezanih funkcionalnih komponenti koje rade sa zajedničkom infrastrukturnom podrškom za upravljanje podacima i sistemskom programskom podrškom. Postoje dva glavna nivoa – nivo infrastrukture i aplikativni nivo. Nivo infrastrukture čine komunikacioni podsistem i podsistem za rad u realnom vremenu. Aplikativni nivo arhitekture čine klijentske aplikacije, podsistem za prikaz stanja i operatorski podsistem. Ovaj nivoa pruža krajnjim korisnicima vidljivu funkcionalnost, a programi su organizovani u programske pakete. Komponente u nivou infrastrukture su nezavisne od komponentata u aplikativnom nivou. Aplikacije mogu biti modifikovane i nove aplikacije mogu biti ugrađene bez modifikovanja programske podrške za infrastrukturne komponente. Ovakva organizacija programske podrške omogućuje veliki stepen fleksibilnosti pri integraciji novih komponenti i restrukturiranju programske podrške u toku životnog ciklusa sistema.

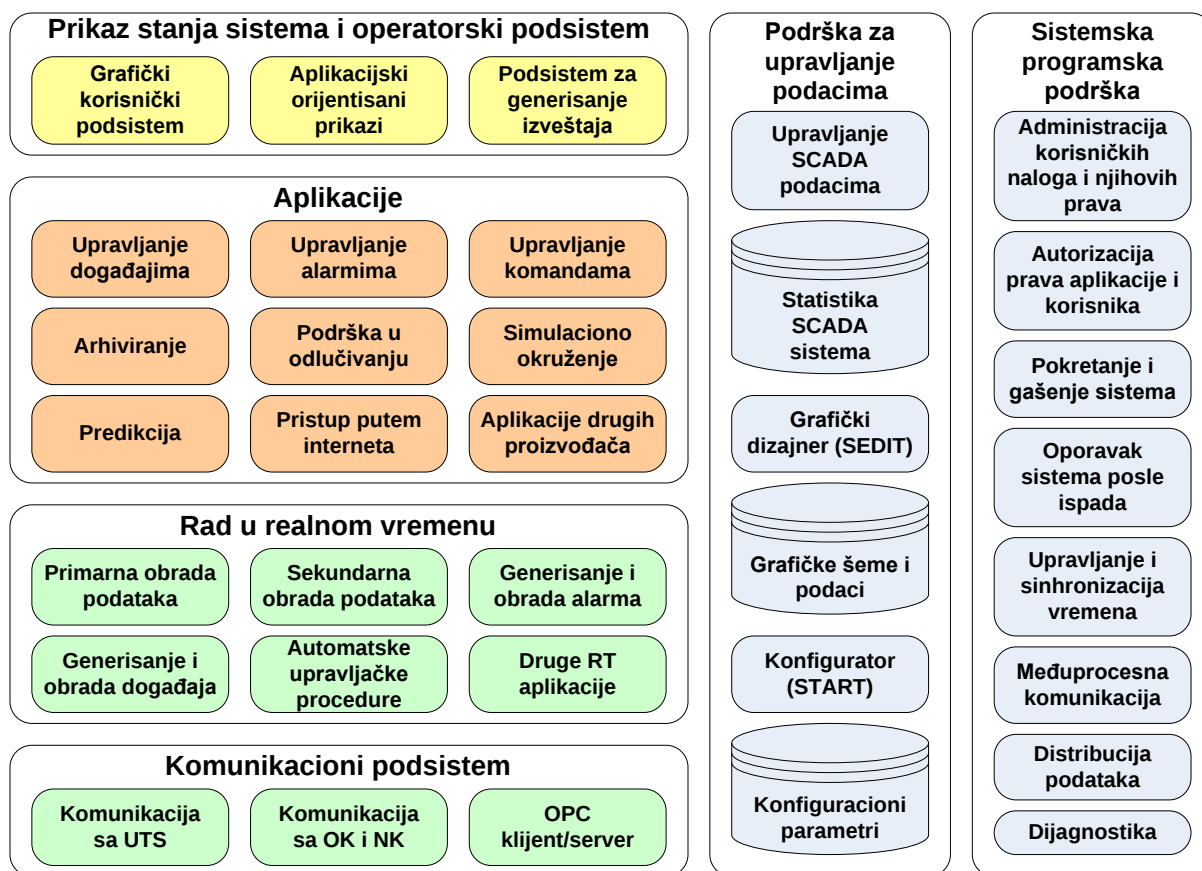
2.2.1. Komunikacioni podsistem

Komunikacioni podsistem ima dva osnovna zadatka, da ostvari komunikaciju sa mrežom Udaljenih telemetrijskih stanica i komunikaciju sa Operatorskim i Nadzornim konzolama. Ovaj podsistem mora da obezbedi efikasnu i pouzdanu razmenu informacija između Nadzorno upravljačka stanice i ostatka sistema.

2.2.1.1. Komunikacija sa mrežom UTS

Nadzorno upravljačka stanica, tačnije Akviziciono upravljački blok komunicira sa mrežom UTS radi prikupljanja informacija o vrednostima i statusu procesnih veličina, slanja komandi ka izvršnim elementima, prikupljanja informacija o događajima na

delu sistema pod nadzorom UTS, sakupljanje podataka o istorijatu vrednosti i stanja procesnih veličina i brojnih drugih razloga



Slika 2-3 Arhitektura programske podrške u AUS

Komunikacija NUS sa UTS se ostvaruje na više načina i to periodičnim pozivanjem po prethodno definisanom redosledu i ciklusu radi preuzimanja informacija o promenama stanja i vrednosti procesnih veličina, zatim slanjem komandi ka izvršnim elementima MRO i računarskoj opremi UTS, iniciranim od strane operatora sistema ili aktivne automatske procedure i poslednji način je spontanim preuzimanjem informacija koje UTS uređaj šalje kao događaje.

2.2.1.2. Komunikacija sa Operatorskim i Nadzornim Konzolama

Komunikacija AUB sa mrežom Operatorskih i Nadzornih konzola realizuje se u cilju obezbeđenja pristupa sistemu od strane operatera i drugih korisnika sistema. Akviziciono upravljački blok sa mrežom OK i NK komunicira zbog inicijalizacija rada konzole, autorizacije operatera, slanje informacija o vrednostima i statusu procesnih veličina od AUB ka OK i NK, preuzimanje komandi za slanje ka izvršnim elementima, kao posledica zahteva operatera koji radi na OK, distribucija informacija o događajima na delu sistema pod nadzorom AUB.

Sastavni deo komunikacionog protokola je kao što je napred već navedeno i procedura inicijalizacije konzole. U cilju očuvanja integriteta i konzistentnosti konfiguracije neophodno da svi korisnici sistema koriste istu konfiguraciju, realizovana je centralizovanoj konfiguraciji. AUB prosleđuju konzoli podatke o konfiguraciji sistema u fazi inicijalizacije sistema.

2.2.1.3. OPC klijent-server

OPC (*OLE for Process Control*) predstavlja komunikacioni standard koji se u nadzorno upravljačkim sistemima pojavljuje sredinom devedesetih godina. Standard je nastao kao pokušaj da se odgovori na probleme koji su nastali na tržištu procesne opreme usled postojanja velikog broja međusobno nekompatibilnih protokola. OPC se zasniva na Microsoft-ovoj OLE/COM (*Object Linking and Embedding/Component Object Model*) tehnologiji. Primenom OPC protokola moguće je kombinovati protokole različitih proizvođača u jedinstven sistem.

OPC tehnologija omogućava primenu raznovrsnih softverskih alata koje odlikuje skalabilnost, nezavisnost od hardverske platforme i distribuirana klijent/server arhitektura. U OPC komunikaciji postoje dva tipa učesnika. OPC server predstavlja implementaciju OPC standarda koja korisnicima obezbeđuje određeni skup usluga. OPC je otvoren standard te skup usluga koje treba podržati nije strogo definisan. To mogu biti usluge kao što su prikupljanje procesnih podataka, preuzimanje statističkih podataka, izdavanje upravljačkih komandi i slično. Aplikacije koje koriste usluge OPC servera predstavljaju OPC klijente. OPC klijent takođe predstavlja implementaciju jednog dela OPC standarda.

U GAUS aplikaciji implementiran je OPC server kao sastavni deo programske podrške AUB. Server obezbeđuje isključivo usluge preuzimanja vrednosti procesnih veličina prikupljenih od strane AUB. Njegova namena je da obezbedi raspoloživost akviziranih i izvedenih podataka različitim OPC klijentima i time omogući integraciju sistema u druge nadzorne sisteme ili poslovne segmente preduzeća. OPC server omogućuje konekciju i preuzimanje, u realnom vremenu, vrednosti i statusa procesnih veličina preko imena procesne veličine. Realizovani OPC server ne dozvoljava izmenu podataka već samo njihov pregled [13].

2.2.2. Podsistem za rad u realnom vremenu

Podsistem za rad u realnom vremenu obuhvata veći broj međusobno zavisnih modula, realizovanih u vidu podsistema za primarnu i sekundarnu obradu podataka, za generisanje i obradu događaja i alarma, za automatske upravljačke procedure, a uključene su procedure i aplikacije drugih proizvođača koje se obavljaju u realnom vremenu.

2.2.2.1. Podsistemi za primarnu i sekundarnu obradu podataka

Pod pojmom primarne obrade podrazumevaju se sve operacije koje AUS ponavlja periodično ili na zahtev, a koje za rezultat imaju ažuriranu sliku vrednosti i stanja procesnih veličina nakon jednog ciklusa akvizicije. Primarna obrada obuhvata rukovanje procesnim U/I i formiranje lokalne baze sirovih podataka kao digitalnog reprezentata stanja fizičkog procesa.

Sekundarna obrada predstavlja konverziju sirovih (binarnih) podataka u format tzv. inženjerskih jedinica, na osnovu konfiguracionih parametara vezanih za konkretnu procesnu veličinu. Ovakvi podaci formiraju bazu procesnih veličina, vernalu sliku stanja fizičkog procesa. U toku sekundarne obrade utvrđuje se validnost merenja i proveravaju uslovi alarma (granične vrednosti, nedozvoljena stanja, itd.).

Osnovne procesne veličine se definišu kao deo konfiguracije udaljene telemetrijske stanice i za njihovu akviziciju i sekundarnu obradu zadužen je softver

koji se izvršava na UTS. U izuzetnim slučajevima sekundarna obrada procesnih veličina se može obavljati i na akviziciono-upravljačkom bloku, kada se vrednosti akviziranih merenja šalju od UTS ka AUB u formi digitalnih odmeraka.

Na bazi osnovnih procesnih veličina mogu se vršiti sekundarni proračuni, koji se modeluju pomoću izvedenih procesnih veličina. Izvedene procesne veličine se definišu odgovarajućim algoritmom, koji određuje način izračunavanja vrednosti i statusa veličine. One ne preslikavaju direktno procesne ulaze i izlaze, već kao ulazne parametre koriste osnovne procesne veličine ili druge izvedene procesne veličine.

Sekundarna obrada obuhvata i operacije postavljanja statusa procesne veličine i generisanje odgovarajućih događaja usled promena u sistemu nastalih kao rezultat sekundarne obrade.

2.2.2.2. Podsystemi za generisanje i obradu događaja i alarma

Svaka značajnija promena u sistemu eksplicitno se označava događajem, porukom koja se šalje operateru sistema radi potvrde. Događaji predstavljaju osnovni mehanizam putem kojeg se operater obaveštava o značajnim promenama u sistemu. Zbog velikog broja elemenata konfiguracije sistema i velikog broja posmatranih procesnih veličina, broj događaja može biti izuzetno veliki pa je za efikasno upravljanje sistemom, osim korektnog podešavanja parametara konfiguracije neophodno obezbediti i različite načine obrade događaja u zavisnosti od njihovog prioriteta.

Za sve događaje koji se obrađuju, osnovni i najniži nivo obrade događaja predstavlja ispis događaja u odgovarajućem prozoru aplikacije. Svi događaji koji se obrađuju prikazuju se u ovom prozoru.

Podsystem za generisanje i obradu događaja obezbeđuje sledeće funkcije:

- programske rutine za generisanje događaja
- vezivanje za događaje određenih parametara koji bliže opisuju nastali događaj, kao što su vreme nastanka događaja, procesna veličina na koju se događaj odnosi, tekstualni opis događaja, deo sistema u kome se desio događaj, tip događaja (npr. prelazak granice alarma, izdata komanda, i sl.)
- distribuciju generisanih događaja do odabranih korisnika sistema
- arhiviranje događaja u istorijatu sistema
- definisanje prioriteta za događaja u zavisnosti od tipa i procesne veličine na koju se događaj odnosi
- definisanje metode obaveštavanja o događaju i zahtevane obrade događaja u zavisnosti od prioriteta koji je dodeljen događaju, kao što su tekstualno obaveštenje o događaju na konzoli, audio vizuelnu uzbunjivanje u slučaju nastanka događaja, zahtev za potvrdom događaja i slično.

Kao što je ranije navedeno u toku sekundarne obrade se proveravaju granični uslovi definisani za svaku procesnu veličinu i u slučaju da su uslovi prekoračeni generiše se alarm. U slučaju alarma operater se eksplicitno obaveštava preko dijalog prozora koji zahteva potvrdu.

2.2.2.3. Podsystem za automatske upravljačke procedure

Automatska upravljačka procedura (AUP) predstavlja programsku realizaciju upravljačkog algoritma koji se primenjuje nad fizičkim procesom. Poziva se automatski iz podsystema vremenskih funkcija SCADA sistema. AUP je definisan

skupom upravljačkih akcija koje se izvršavaju sekvencijalno, kroz programske korake. Upravljačke akcije su direktne izvršne procedure kojima se komanduje uređajima u sistemu. U okviru jednog programskog koraka, može se izvršavati više upravljačkih akcija. Pre svog završetka, programski korak proverava rezultat pokrenutih akcija, kontrolom novog stanja u sistemu. U skladu sa novim stanjem, prelazi se na izvršenje sledećeg koraka. Period prozivanja AUP, odnosno izvršenja pojedinih njegovih koraka može se menjati i on je parametar konfiguracije sistema.

2.2.3. Aplikacije

Na aplikativnom nivou su smeštene aplikacije realizovane u toku projektovanja AUS, ili aplikacije drugih proizvođača koje su povezane sa bazom SCADA sistema.

2.2.3.1. Podsystemi za upravljanje događajima, alarmima i komandama

Sve značajne promene u ponašanju sistema su praćene odgovarajućim događajima – porukama koje se distribuiraju kroz nadzorno upravljački sistem do ovlašćenih i zainteresovanih korisnika.

Pored ispisa svih događaja u odgovarajućem prozoru aplikacije, postoje i viši nivoi obrade događaja koji uključuju reakciju operatera, tzv. Potvrdu događaja. Potvrda događaja predstavlja verifikaciju od strane operatera da je informisan o događaju. O potvrdi događaja se takođe generiše novi događaj, sa vremenom potvrde i imenom operatera koji je potvrdio događaj.

Događaji nižeg prioriteta, sa nižim nivoima obrade koji zahtevaju potvrdu, mogu se potvrđivati iz zasebnog dela aplikacije, na zahtev operatera.

Obrada događaja višeg prioriteta podrazumeva eksplicitno obaveštavanje operatera o nastalom događaju preko dijalog prozora koji se pojavljuje prilikom nastanka događaja (*pop-up* prozor).

U zavisnosti od prioriteta, obrada događaja može uključiti i audio vizuelna upozorenja operateru, kao i slanje e-mail ili SMS poruka nadležnim licima.

Nadzorno upravljački sistem obezbeđuje mogućnost zadavanja komandi uređajima u sistemu, a o tome vodi računa Podsystem za komandovanje uređajima. Komandu izdaje operater sa operatorske konzole. U posebnim slučajevima komandu može izgenerisati i AUB kao deo automatske procedure. AUB prosleđuje komandu ka UTS odakle se ona dalje šalje ka izvršnim elementima merno regulacione opreme u polju. Podsystem za komandovanje uređajima prvo vrši proveru da li je moguće upravljati uređajem, tj. proveru ispravnosti komande za svaki ovakav uređaj, zato što određene komande mogu biti ili zabranjene ili dozvoljene samo pod određenim uslovima. Podrazumevani zadatak ovog podsystema je da obezbedi proveru izvršenja komande u definisanom vremenskom intervalu, i kao rezultat generiše odgovarajući događaj u slučaju izdavanja komande i u slučaju izvršenja ili generiše alarm usled neizvršenja izdate komande.

2.2.3.2. Podsystem za prikupljanje i arhiviranje istorijata sistema

Ovaj podsystem obezbeđuje periodično snimanje svih vitalnih i selektovanih merenja, stanja i događaja u sistemu u bazu podataka sistema, formirajući na taj način istorijat sistema. Zapis istorijata sistema je jednostavna, ali u eksploataciji

izuzetno važna funkcija. Cilj istorijata je da obezbedi pouzdane podataka o stanju procesnog sistema i događajima u njemu, kao i o funkcionisanju samog SCADA sistema. Na ovaj način pripremljen, istorijat sistema je osnovno polazište za brojne aplikacije koje imaju za cilj analizu rada u proteklom periodu, kontrolu tehnoloških parametara, održavanje procesnog sistema i slično. Korišćenjem istih podataka kao polaznih za simulaciju procesnog sistema, formira se osnova za građenje ekspertnog sistema. Stoga je istorijat SCADA sistema osnova za realizaciju podsistema za podršku u odlučivanju.

Podsystem za prikupljanje i arhiviranje istorijata sistema obezbeđuje sledeće funkcije:

- odabir procesnih veličina čiji će se istorijat snimati
- zadavanja perioda snimanja istorijata
- periodični zapis stanja i vrednosti odabranih procesnih veličina u bazu podataka istorijata sistema
- zapis generisanih događaja u sistemu u bazu podataka istorijata sistema

Ovaj podsystem je realizovan kao zasebna celina, u vidu dinamičke biblioteke, što omogućuje jednostavnije održavanje programa u slučaju naknadnih zahteva za promenu formata baze sistema.

2.2.3.3. Podsystem za podršku u odlučivanju

U cilju ostvarenja potpunije kontrole nad kompleksnim tehnološkim procesima, AUS sistem se proširuje stanicom za podršku u odlučivanju. Cilj simulacionog modela ili ekspertnog sistema koji se izvršava na njoj, je predviđanje kritičnih događaja u fizičkom procesu, kao i upućivanje na moguće korektivne akcije. Osnova za ove funkcije su podaci koje obezbeđuje akviziciono upravljački sistem, uključujući i trend kritičnih procesnih veličina. Uvođenjem metoda veštačke inteligencije u okruženje sistema u realnom vremenu, teži se postizanju sledećih prednosti:

- brže rešavanje kritičnih situacija i smanjenje vremena odziva operatera, pa i celog sistema AUS;
- obezbeđivanje mogućnosti da se problemi otkriju bez prisustva eksperata, analitički ili na osnovu baze znanja ekspertnog sistema, pre nego što postanu opasni ili skupi za rešavanje;
- unapređenje u delu održavanja skupe procesne opreme.

2.2.3.4. Simulaciono okruženje

Simulaciono okruženje je namenjeno za obuku operatera, analizu ponašanja sistema u specifičnim situacijama i slično. Simulaciono okruženje je povezano sa bazom podataka realnog sistema, pa je u toku simulacije moguće uporedo posmatrati simulirane vrednosti i stanja sa vrednostima i stanjima u realnom sistemu. Na tehnološkoj šemi se može vršiti izmena stanja aktivnih elemenata i simulacija protoka/struje energenta, odnosno prikaz prisustva pritiska/napona u delovima transportnog sistema, nezavisno od realnog sistema. Odabiranjem proizvoljnog elementa prikazuju se korisnički podaci, iz baze, sa kojima je odabrani element povezan. Takođe moguć je pregled svih unetih podataka za selektovanu tehnološku šemu kao i generisanje unapred definisanih izveštaja.

Takođe je razvijeno i implementirano simulaciono okruženje koje je namenjeno za ispitivanje aplikativne upravljačke podrške u toku njenog razvoja i eksploatacije.

Osnovni problem pri razvoju aplikativne programske podrške AUS jeste nemogućnost njenog ispitivanja na realnom sistemu. Stoga je neophodno obezbediti što realnije simulaciono okruženje, koje se izvršava nad programskim modelom fizičkog sistema. Njegov zadatak je da pre konačne instalacije omogući sve potrebne provere, čime se predupređuju ili minimizuju problemi pri puštanju AUS sistema u rad. Druga značajna uloga ovog simulacionog okruženja je da omogući generisanje slučajnih događaja koji dovode do otkaza pojedinih uređaja u sistemu, i posmatranje ponašanja sistema u tim situacijama.

2.2.3.5. Podsystem za predikciju

Predikcija je realizovana pomoću predikcionog modela u obliku veštačke neuronske mreže. Veštačka neuronska mreža na osnovu zadatih ulaza generiše odgovarajući izlaz odnosno prediktovanu vrednost. Pre bilo kakvog korišćenja neuronske mreže korisnik prvo mora da izvrši njenu obuku. Obuka neuronske mreže vrši se na osnovu poznatih podataka koji opisuju određena stanja sistema, a koji se nalaze u statistici SCADA sistema. Prilikom obuke podaci se preuzimaju iz statistike, zatim se normalizuju i koriste se kao ulazi u mrežu. Na osnovu ovih podataka i algoritma obuke, mreža se obučava da reaguje na određena dešavanja u sistemu. U programu je korisniku omogućeno da po želji menja ulaze u mrežu. Program omogućuje da se ulaz u mrežu proširi sa dodatnim parametara koji se ne nalaze u statistici SCADA sistema, a ukoliko ga zanima predikcija u zavisnosti od tih parametara. Pored predikcije za 12 sati unapred, korisniku je ostavljena mogućnost predikcije za 24 i 36 sati unapred. Analogno sa tim menjaju se i odgovarajući ulazi u mrežu. Pored osnovne funkcije programa da vrši predikciju korisniku je ostavljena mogućnost i da izvrši verifikaciju dobijene neuronske mreže (predikcionog modela). Prilikom verifikacije vrši se predviđanje već poznatih vrednosti koji se zatim upoređuju sa prediktovanim. Verifikacija dobijenih vrednosti pruža korisniku mogućnost analize dobijenih rezultata i tačnosti predikcionog modela.

2.2.3.6. Podsystem za podršku pristupu putem interneta

Podsystem za pristup podacima putem interneta daje mogućnost pristupa podacima iz baze podataka putem WEB tehnologija, na kontrolisan način. Ovaj podsystem omogućuje korisnicima nadzor trenutnog stanja sistema i grafičku i alfanumeričku prezentaciju događaja, stanja i vrednosti procesnih veličina i tehnološkog procesa na prikladan i razumljiv način, putem tabelarnog pregleda stanja i vrednosti procesnih veličina kao i putem interaktivnih tehnoloških šema nadziranih gasovodnih objekata.

Pristup podacima iz baze je omogućen autorizovanim korisnicima sistema putem aplikacije. Aplikacija se sastoji od klijentske i serverske strane ili samo od serverske strane koja koristi standardne WEB tehnologije i programske pakete za prezentaciju sadržaja putem standardnih WEB čitača. Klijentske aplikacije kojima se pristupa bazi podataka putem WEB tehnologija su realizovane kao specijalizovane aplikacije sa većom funkcionalnošću koja nudi ovlašćenom korisniku istu funkcionalnost kao i nadzorni terminal.

U zavisnosti od korisničkih naloga i prava, korisnima je dozvoljen pristup odabranim podacima iz baze. Konfiguracijom sistema su definisani delovi sistema i modula klijentske aplikacije koje stoje na raspolaganju korisniku. Prenos podataka između WEB servera i odgovarajuće klijentske aplikacije je zaštićen, a izmena i zapis podataka putem WEB aplikacija za pristup bazi nije moguć.

2.2.4. Prikaz stanja sistema i operatorski podsistem

2.2.4.1. Grafički korisnički podsistem

Grafička korisnička sprega operatorske i nadzorne konzole obezbeđuje prezentaciju stanja sistema na adekvatan način, a za OK nudi i mehanizme za upravljanje sistemom. Osnovna funkcija koju obezbeđuje grafička korisnička sprega konzole je prikaz dinamičkih grafičkih tehnoloških šema, kreiranih kao deo konfiguracije sistema. Pod dinamičkim šemama podrazumevaju se grafički prikazi tehnoloških šema na kojima se prikazuju vrednosti i statusi relevantnih procesnih veličina, koji se redovno osvežavaju i usklađuju sa trenutnim stanjem procesa.

Prikaz grafičkih elemenata i simbola na dinamičkim šemama može biti animiran, pri čemu animacija može biti određena trenutnom vrednošću i/ili stanjem određene procesne veličine sa kojom je element šeme povezan. Na dinamičkim šemama operater može po potrebi kreirati grafikone za praćenje vrednosti procesnih promenljivih. Dinamičke šeme mogu biti međusobno povezane a operater se može prelaziti sa jedne šeme na drugu klikom na odgovarajući simbol koji je povezan sa novom šemom.

Odgovarajućom selekcijom aktivnih elemenata dinamičke šeme, tj. onih koji su povezani sa procesnim varijablama, operater može pristupiti kartici procesne veličine.

Kartica procesne veličine predstavlja odgovarajući dijalog prozor koji obezbeđuje detaljni uvid u vrednost, status i sve parametre procesne veličine i omogućuje njihovu izmenu autorizovanim korisnicima sistema.

Odgovarajućim izborom aktivnih elementa dinamičke šeme koji su povezani sa komandibilnim procesnim veličinama operateru sistema treba da se ponudi odgovarajući pregledan i jednostavan dijalog za komandovanje uređajem.

Operater može istovremeno koristiti više dinamičkih šema, pri čemu je svaka šema prikazana u zasebnom prozoru.

Osim sa telemetrisanim, aktivni elementi dinamičkih šema mogu biti povezani i sa procesnim varijablama ili podacima koji nisu deo sistema telemetrije i koji se preuzimaju iz baze podataka tehnološkog informacionog sistema preduzeća. Ovakvi aktivni elementi ne mogu biti komandibilni, ali se vrednost podataka može menjati od strane autorizovanih operatera. Mehanizam povezivanja aplikacije operatorske i nadzorne konzole sa bazom podataka tehnološkog informacionog sistema je obezbeđen putem podsistema za spregu sa bazom podataka.

Grafička korisnička sprega obezbeđuje mehanizam za definisanje tabela za prikaz vrednosti procesnih promenljivih od strane operatera. Izbor informacija o procesnim promenljivim koji će se prikazivati u tabelama je konfigurabilan, tako da operater može odabrati podatke koji će se u tabeli prikazivati (izbor kolona tabele), kao što su ime i/ili opis procesne promenljive, pripadnost procesne promenljive UTS, fizička jedinica mere, raspon trenutne vrednosti procesne promenljive, status, vremenski period od poslednje promene ili poslednje akvizicije procesne promenljive i slično.

Sadržaj tabele za prikaz procesnih promenljivih se automatski osvežava u zadatom vremenskom intervalu koji odgovara periodu akvizicije.

Grafička korisnička sprega omogućuje prikaz statusa i svih parametara komunikacione rute, trenutnog stanja udaljenih telemetrijskih stanica.

Zbog velikog broja tabelarnih i grafičkih prikaza, radna površina aplikacije OK i NK može biti veoma složena. Zato je omogućeno snimanje i rekonstrukcija radne površine aplikacije na zahtev, koja obezbeđuje brzo i jednostavno postavljanje uobičajenih radnih uslova za korisnika.

2.2.4.2. Aplikacijski orijentisan prikaz

U cilju da se konkretni fizički proces što vernije prikaže, akviziciono upravljački sistem obezbeđuje podršku za prikaz u proizvoljnom aplikacijski orijentisanom formatu, koji u što je mogućoj većoj meri prikazuje trenutno stanje procesnog sistema u skladu sa fizičkom i tehnološkom strukturom sistema. Grafički prikaz u formi dinamički osvežavane tehnološke šeme sistema je ovde nezamenjiv, jer se tek korišćenjem grafičkih simbola može ostvariti verna vizualizacija toka tehnološkog procesa.

Važan deo programske podrške AUS je aplikacijski orijentisan prikaz realizovan u sklopu operatorskog podsistema (*HMI – Human Machine Interface*), koji se izvršava u okviru NUS, i koji omogućuje komunikaciju sa operaterima sistema. Osnovni zadatak ovog podsistema je efikasan prikaz trenutnog stanja i događaja u nadziranom procesnom sistemu, kao i prihvatanje operatorskih upravljačkih direktiva (komandi).

Posmatrano kroz programsku realizaciju, operatorski podsistem obuhvata vizuelni pregled i ručno ažuriranje baze procesnih podataka AUS sistema. Funkcije ovog podsistema uključuju prikaz i izmenu sadržaja baze podataka, a ostvaruju se putem izveštaja na ekranu ili štampanih, ili izvozom podataka iz AUS sistema u klasičan poslovni informacioni sistem. Većina prikaza i izveštaja daje se u formatu koji je definisan konkretnom realizacijom programske podrške AUS. Njihov cilj je da omoguće detaljan prikaz trenutnog stanja svih procesnih veličina i njihovih parametara, kao i kontrolisano izvršenje različitih operatorskih akcija.

Dve najznačajnije komponente operatorskog podsistema su aplikacije Operatorska konzola i Nadzorna konzola. Kao što je ranije navedeno, OK je operatorska radna stanica sa punim pravima nadzora, upravljanja i rukovanja AUS, a NK predstavlja aplikaciju, čija je suština prikaz AUS podataka u formatu sličnom ili identičnom onom na operatorskoj konzoli samo bez mogućnost upravljanja.

Grafički prikaz je primarni i najpopularniji vid vizualizacije trenutnog stanja procesnog sistema kojim se upravlja. Dinamičko osvežavanje grafičkih šema procesa. Period osvežavanja je usklađen sa ciklusom akvizicije merenih podataka. Pored prikaza, grafički operatorski podsistem omogućuje i ručno upravljanje tehnološkim procesom, tačnije izdavanje operatorskih direktiva za komandovanje izvršnim uređajima u postrojenju. Poziv maske za unos ručnih direktiva vrši se izborom simbola koji je povezan sa određenim procesnim uređajem.

Tabelarni prikaz podrazumeva alfanumerički prikaz trenutnog stanja procesnih promenljivih u zadatom formatu. Pored identifikacije procesne veličine i njene trenutne vrednosti, prikazuje se i njen statusni atribut. Status procesne promenljive definiše da li je procesna veličina u normalnom režimu ili u nekom od alarmnih opsega (ili stanja), da li je njena vrednost odmerena ili ručno uneta, i sl. Format prikaza je zavisao od tipa procesne promenljive. Tabelarni prikaz se organizuje po tehnološkoj pripadnosti ili po tipu procesnih veličina.

Kartice procesnih veličina obezbeđuju detaljan prikaz stanja i svih relevantnih parametara jedne procesne veličine. Istovremeno, preko njih se u toku rada vrši

promena parametara koji utiču na tok sekundarne obrade merenih podataka, kao i izdavanje izvršnih komandi.

Prijava dežurnog operatera je važan elemenat u postupku upravljanja tehnološkim procesom, kojim se određuje odgovorno lice, njegove obaveze (dužnosti) i skup dozvoljenih akcija. Stoga je u okviru AUS sistema neophodno obezbediti proceduru prijavljivanja dežurnog operatera, kojom se na nedvosmislen način definišu i njegova prava pristupa pojedinim operatorskim funkcijama. Pri tome, zahteva se unos lozinke, čime se sprečava neautorizovan pristup pojedinim operatorskim funkcijama NUS. Prijavljivanje operatera praćeno je odgovarajućim događajem, čime se preko istorijata obezbeđuje praćenje rada.

Prikaz i kontrola komunikacije sa UTS je izuzetno korisna operatorska opcija u svakodnevnoj praksi, zato što je komunikacija sa UTS vitalna funkcija akviziciono upravljačkog sistema.

Podsistem za obradu događaja, koji je ranije prezentovan, u okviru operatorskog podsistema je još jedna jako važna komponenta ovog podsistema. Svi događaji se prikazuju u osnovnom prozoru konzole, gde se vrši i potvrda događaja.

2.2.4.3. Podsistem za analizu podataka, pripremu i generisanje izveštaja

Programski alati za analizu telemetrisanih i izvedenih podataka postoje u AUS sistemu, i njihov rad je zasnovan na statistici SCADA sistema tj. istorijatu sistema iz baze podataka. Ovi alati imaju sledeće karakteristike:

- Mogućnost rekonstrukcije stanja sistema u proizvoljnom vremenskom trenutku, što podrazumeva mogućnost uvida u parametre, stanje i vrednosti svih procesnih veličina čiji je istorijat praćen.
- Mogućnost uporednog prikaza minimalno do osam istorijskih trendova procesnih veličina na jednom linijskom grafikonu, po izboru korisnika, uz mogućnost definisanja vremenskog perioda za koji se vrednosti prikazuju i boja linija grafika koje odgovaraju svakoj od prikazanih veličina. Korisnik će sa grafikona na jednostavan, brz i podesan način moći da očitava vrednost prikazanih procesnih veličina u proizvoljnom vremenskom trenutku prikazanog vremenskog intervala.
- Uporedo sa očitavanjem vrednosti procesnih veličina sa grafikona, korisniku će se prezentovati relevantni događaji iz istorijata sistema koji su se desili u bliskom vremenskom intervalu, posmatrano u odnosu na trenutak za koji se posmatra vrednost procesne veličine.

Jedan od programa za analizu je program Barovi za pregled istorijskog zapisa o vrednostima telemetrisanih veličina i stanju SCADA sistema u grafičkom radnom okruženju. Prilikom učitavanja istorijskih podataka u memoriji računara se formira niz minutnih vrednosti odabranih procesnih veličina u odabranom intervalu. Za vrednost procesne veličine u trenucima kada nema merenih vrednosti uzima se prva prethodna merena vrednost ili nula ukoliko od početka odabranog intervala nema merene vrednosti. Prilikom iscrtavanja učitanih vrednosti na osnovu zadate širine vremenskog intervala za iscrtavanje i širine dela ekrana za iscrtavanje izračunava se vremenska konstanta (vreme koje pripada svakoj nacrtanoj tački). Zatim se za svaku tačku izračunava srednja vrednost procesne veličine kao srednja vrednost za vremenski interval od te tačke do sledeće. Na grafikonu se iscrtavaju te srednje vrednosti čime je dobijeni grafikon korektan bez obzira na veličinu prikazanog intervala. Pored mogućnosti prikaza različitih vremenskih intervala u okviru programa moguće je odabirati i željenu rezoluciju prikaza (minuta po nacrtanoj tački). Parametri

okruženja i prikaza se mogu zapisivati u datoteku čime je omogućeno formiranje karakterističnih pregleda i njihovo kasnije učitavanje radi bržeg rada.

Set alata za analizu rada sistema obuhvata i program za pripremu i generisanje izveštaja. Priprema izveštaja se odnosi na mogućnost dizajniranja izveštaja. Ovo obuhvata mogućnost probnog pogleda na završen izveštaj u obliku WYSIWYG (eng. *what you see is what you get*). Ovaj podsistem podržava izveštaje na jednoj ili više strana i sa odgovarajućim kontrolama za formatiranje tj. za poravnavanje, za gornju, donju, levu i desnu marginu i mogućnost preskakanja perforacije na beskonačnom papiru.

Podaci koje je moguće definisati kao sadržaj izveštaja su sledeći:

- naslovi, zaglavlja, zaglavlja kolona, datuma i vremena
- Trenutne vrednosti procesnih promenljivih koje će se preuzimati iz baze podataka u realnom vremenu, podaci iz istorijata sistema, iz konfiguracije sistema,
- rezultat izračunavanja računate veličine, zasnovane na rezultatu predefinisano SQL upita kao ulaza u formulu
- grafikoni istorijata vrednosti procesnih veličina

Pripremljeni šabloni za generisanje izveštaja su smešteni u bazu podataka odakle će ih moći koristiti ovlašćeni korisnici sistema, i na osnovu njih generisati izveštaje na zahtev. Postoji mogućnost usmeravanja izveštaja u datoteku na disku, objavljivanja na web stranici (snimanja u HTML formatu) ili štampanja na štampaču, a moguć je i izvoz tabelarnih izveštaja u XLS formatu.

AUB poseduje mogućnost generisanja izveštaja na zahtev, a može pokrenuti i u unapred određeno vreme, bilo na zahtev operatera bilo sistemskim događajem, na primer snimanje stanja sistema u trenutku nastanka događaja. Program za pravljenje rasporeda (*time scheduler*) poseduje opcije za podešavanje časa/minuta u danu, dana u nedelji ili dana u mesecu kada će se izveštaji automatski generisati.

2.2.5. Podrška za upravljanje podacima

2.2.5.1. Baza podataka AUS sistema

Baza podataka sistema telemetrije sadrži sledeće informacije:

- Kompletnu konfiguraciju sistema telemetrije, istorijat promena na konfiguraciji od momenta nastanka uz mogućnost izvoza/rekonstrukcije bilo koje od prethodnih verzija konfiguracije,
- Korisnički nalozi i prava korisnika
- Grafičke šeme i podatke vezane za grafički prikaz
- Istorijat stanja i vrednosti svih telemetrisanih i kontrolisanih veličina u sistemu, zapisivanih u skladu sa zadatim vremenskim periodom
- Istorijat svih događaja u sistemu
- Trenutnu, najsvežiju sliku sistema, dobijenu putem telemetrije
- U širem smislu, bazu podataka sistema čine i podaci koji predstavljaju deo tehnološkog informacionog sistema. Iako nisu deo telemetrije, ovi podaci mogu biti prezentovani korisnicima aplikacija sistema telemetrije, te su zbog toga ova dva sistema spregnuti.

Format baze je standardan, ali je moguće koristiti i druge formate ukoliko zahtevi realnog vremena to nameću, ili korisnik sistema to zahteva. Takođe, moguće je da

različite komponente baze koriste različite formate, u smislu da se specijalizovani formati koriste samo u slučajevima gde je to neophodno.

Bez obzira na format baze, u sistemu telemetrije baza sistema funkcioniše sa strane sistema kao jedinstvena celina. Rukovaoc baze podataka obezbeđuje upotrebu SQL izraza za pristup sadržaju baze.

Baza podataka omogućuje spregu za sledeće vrste klijenata:

- Konfiguracioni alati i AUB sa pravom čitanja i zapisa podataka u bazu,
- Nadzorna i operatorske konzole, WEB server,
- Opštenamenski i specijalizovani programski alati za analizu podataka sa pravom čitanja podataka iz baze.

Iz baze je moguće rekonstruisati kompletno stanje sistema telemetrije u proizvoljnom trenutku, sa vremenskom rezolucijom koja odgovara periodu zapisa istorijata sistema.

Sprega sa bazom podataka obezbeđuje čitanje podataka iz baze, i pisanje u bazu podataka pod ograničenim i kontrolisanim uslovima. Sprega sa bazom podataka je realizovana kroz zasebnu dinamičku biblioteku koja obezbeđuje usluge pristupa bazi podataka. Na ovaj način je omogućeno da se u slučaju promene formata baze podataka ili pri zameni servera baze neophodne izmene izvrše samo u biblioteci.

Skup programskih alata za formiranje i održavanje konfiguracije AUS obezbeđuje sledeće funkcije:

- Konfigurisanje tehnološke i telekomunikacione topologije i arhitekture sistema, što podrazumeva:
 - definisanje telekomunikacionih linija u sistemu i njihovih karakteristika
 - definisanje udaljenih telemetrijskih stanica i njihovo pridruživanje definisanim telekomunikacionim linijama
 - definisanje protokola i komunikacionih parametara za razmenu podataka sa drugim elementima sistema (UTS, OK, NK, ...)
 - mogućnost grupisanja više udaljenih telemetrijskih stanica u tehnološku celinu koja odgovara jednom gasnom objektu.
 - definisanje procesnih veličina koje se preslikavaju na odgovarajuće fizičke ulaze i izlaze,
 - definisanje složenih procesnih veličina čija se vrednost dobija na osnovu proračuna koji kao ulaz koristi zadate računске algoritme, parametre i vrednosti-stanja drugih procesnih veličina.
 - definisanje parametara procesnih veličina, kao što su granice alarma, inženjerske jedinice mere, električni opseg mernog uređaja i slično.
- Administracija korisnika sistema i njihovih prava, što podrazumeva:
 - dodavanje novih i brisanje postojećih korisnika sistema,
 - dodelu i izmenu nivoa privilegije korisnika sistema, čime se određuju skup funkcija sistema koje korisnik može da upotrebljava,
 - definisanje dela sistema u čiji rad korisnik može da ima uvid.
- Kreiranje i ažuriranje grafičkog prikaza sistema:
 - Kreiranje i ažuriranje tehnoloških šema gasnih objekata koje se koriste za interaktivni grafički prikaz stanja sistema (HMI).
 - Kreiranje i ažuriranje biblioteke grafičkih simbola koji se koriste za predstavljanje merno regulacione opreme i aktivnih, animiranih elemenata na interaktivnim grafičkim šemama.

Program koji se koristi kao konfigurator SCADA sistema (START) je namenjen za konfigurisanje topologije i arhitekture sistema i administraciju korisnika sistema. Konfiguracija sistema poseduje definisane kataloge određenih konfiguracionih parametara, potrebnih za definisanje procesnih veličina. Rezultat programa su konfiguracione datoteke koje su neophodne za rad SCADA sistema.

Program za crtanje i povezivanje grafičkih šema za SCADA sistem (SEdit) se koristi za kreiranje i ažuriranje grafičkog prikaza sistema.

Grafički prikaz je primarni i najpopularniji vid vizualizacije trenutnog stanja procesnog sistema kojim se upravlja. Vizuelno, grafički prikazi se formiraju na osnovu tehnoloških šema procesnog sistema. Korišćenjem namenskog grafičkog editora, formiraju se datoteke prikaza koje sadrže pasivne i aktivne elemente. To znači da je forma grafičkog prikaza slobodna i da se može izmeniti u skladu sa promenama u nadziranom sistemu, ili sa dodatnim zahtevima krajnjih korisnika. Elementi šeme su grafički elementi koji mogu biti osnovni (linija, krug, luk, tekst, i sl.) ili izvedeni (simbol, tekstualni prikaz procesne veličine, *scroll-graph*, *bar-chart*). Atributi grafičkih elemenata su oblik, veličina, boja, i smer prikaza. Atributi pasivnih elemenata su fiksni i ne menjaju se sa promenom stanja procesnog sistema. Pomoću njih se formira osnova grafičke šeme, koja služi kao podloga za prikaz aktivnih elemenata. Prikaz aktivnog elementa zavisi od stanja procesne veličine kojoj je pridružen.

Realizovani program je namenjen crtanju grafičkih šema i njihovom povezivanju sa procesnim veličinama. Na tako formiranim šemama u okviru SCADA sistema se vrši vizuelizacija trenutnog tehnološkog stanja posmatranog sistema u grafičkom radnom okruženju. Datoteka sa grafičkim šemama je u obliku binarnih datoteka i formira se ovim programom. Program je nastao iz potrebe da se postojeći SCADA program unapredi novim mogućnostima iz čega je proizišla potreba i za novim editorom grafičkih šema. Grafičke šeme su u vektorskom formatu. Ovim programom se crtaju i simboli za grafičke šeme i fontovi za ispis teksta na grafičkim šemama. Format datoteke sa simbolima i datoteke sa fontovima je takođe vektorski.

Grafička šema se sastoji iz objekata. Svaki objekat može biti povezan sa nekom procesnom veličinom što se odražava na način iscrtavanja objekta ili sa novom šemom.

Proizvoljan nacrtan objekat sa šeme se može povezati sa drugom šemom u okviru iste datoteke. Time je omogućena promena tekuće šeme po dubini u okviru SCADA programa. Povezivanje se vrši odabiranjem objekta i izborom nove šeme iz liste imena sa svim šemama iz tekuće datoteke.

Proizvoljan nacrtan objekat sa šeme se može povezati sa proizvoljnom procesnom veličinom. Povezivanje se vrši odabiranjem objekta, izborom polja i izborom procesne veličine. Zatim se u okviru dijalog prozora zadaje vreme osvežavanja objekta i komandibilnost objektom. Vremenom osvežavanja određen je period u kojem će se proveravati promena vrednosti procesne veličine i u skladu sa tim eventualno ponovo iscrtati objekat. Ukoliko se objekat označi kao komandibilan omogućava se direktno upravljanje tim objektom odnosno zadavanje vrednosti vezane procesne veličine iz SCADA programa.

2.2.6. Sistemska programska podrška

Sistemska programska podrška obuhvata funkcije niskog nivoa programske podrške koje omogućuju nezavisnost viših nivoa od osnovnih platforminih

implementacija. Ovaj sloj omogućuje doslednu upotrebu osnovne platforme i istovremeno izoluje više nivoe od budućih promena u platformi.

Lista servisa koji pripadaju sistemskoj programskoj podršci, kao što je prikazano na slici (Slika 2-3), su:

- Administracija korisničkih naloga i njihovih prava
- Autorizacija prava aplikacije i korisnika
- Pokretanje i gašenje sistema
- Oporavak sistema posle ispada
- Upravljanje i sinhronizacija vremena
- Međuprocena komunikacija
- Distribucija podataka
- Dijagnostika

Svaki od ovih servisa će biti u nastavku ukratko opisan.

2.2.6.1. Administracija korisničkih naloga i njihovih prava, autorizacija prava aplikacije i korisnika

Administracija korisničkih naloga i njihovih prava je deo sistemske programske podrške koji omogućuje definisanje i ažuriranje konfiguracionih podataka vezanih za korisnika sistema, sa sledećim mogućnostima: definisanje i ažuriranje korisničkog naloga i lozinke, definisanje korisničkih grupa, unos osnovnih podataka o korisniku (ime i prezime, e-mail, broj mobilnog telefona i slično), definisanje prava i privilegija korisnika sistema i korisničkih grupa i definisanje dela sistema u čiji rad korisnik ili korisnička grupa može da ima uvid, čime se određuju i skup funkcija sistema koje korisnik ili korisnička grupa može da upotrebljava, pridruživanje korisnika korisničkim grupama.

U sistemu je moguće razlikovati privilegije i nadležnosti koje su dodeljene samoj aplikaciji i onih koje su dodeljeni korisniku sistema.

Slično korisničkim nalogima, deo konfiguracije sistema predstavljaju nalozi koji su dodeljeni operatorskim konzolama. Broj konzola u sistemu, njihovi nazivi i nadležnosti čine sastavni deo konfiguracije sistema. Za operatorsku konzolu se vezuju sledeća prava:

- Nadležnost nad grupom telemetrisanih objekata
- Mogućnost izdavanja komandi

Podela nadležnosti nad sistemom između različitih operatorskih konzola ima pored bezbednosne uloge, za cilj pojednostavljenja rukovanja sistemom, kako bi se omogućila redukcija broja UTS, a samim tim i broj telemetrisanih objekata koje jedan operater treba da nadzire.

Autorizacija operatorske konzole vrši se prilikom inicijalizacije same aplikacije koja se obavlja na Akviziciono upravljačkom bloku, gde se nalaze najsvežiji konfiguracioni podaci. U zavisnosti od nadležnosti autorizovane operatorske konzole AUB će obaviti odgovarajuću inicijalizaciju aplikacije.

Privilegije operatera definišu se kao deo korisničkih naloga. Autorizacija korisnika se vrši na AUB strani prilikom svake prijave operatera u sistem. Privilegije operatera su definisane na osnovu pojedinačnih privilegija korisničkog naloga, kao i definisanih privilegija korisničke grupe kojoj korisnički nalog pripada. U sistemu se razlikuju sledeći osnovni nivoi privilegija:

- Supervizorski nivo – ima apsolutna prava kreiranja i izmene korisničkih naloga, izmene konfiguracije, izmene parametara konfiguracije, izdavanja komandi, uvida u podatke.
- Administratorski nivo – ima apsolutna prava kreiranja i izmene korisničkih naloga osim supervizorskih, izmene konfiguracije, izmene parametara konfiguracije, izdavanja komandi, uvida u podatke.
- Operatorski nivo – ima prava uvida u podatke, izdavanja komandi i da vrši izmene parametara konfiguracije.
- Posmatrački nivo – ima prava uvida u podatke.

Aplikacija operatorske konzole omogućuje promenu korisnika u toku rada aplikacije, bez potrebe za gašenjem i ponovnim pokretanjem aplikacije.

2.2.6.2. Pokretanje, gašenje sistema i oporavak sistema posle ispada

Uslužne komponente za sistemsko pokretanje, gašenje i oporavak sistema posle ispada pružaju AUS funkcionalnost sistemskog upravljanja. One su odgovorne za pokretanje, isključivanje i oporavak celog sistema, i aplikativnog i infrastrukturnog nivoa. Takođe obavljaju i zadatke upravljanja mrežom. Glavni zadaci ovih usluga su sprovođenje pokretanja i zaustavljanja aplikacija unutar AUS sistema, zatim oporavak sistema u zavisnosti od konfiguracionih parametara koji su od značaja za upravljanje sistemom. Istom uslužnom komponentom je obuhvaćeno i upravljanje oporavkom servera i same relacije baze podataka.

2.2.6.3. Međuprocesna komunikacija i distribucija podataka

Funkcionalnost programske usluge za komunikaciju između procesa je zasnovana na razmeni poruka. Ona pruža opšti mehanizam za prenos poruka koji omogućava komunikaciju između procesa u okviru AUS sistema, od tačke do tačke. Komunikacija može biti između procesa u okviru jedne aplikacije, ili između procesa različitih aplikacija.

Dok prethodna usluga omogućuje razmenu poruka između dve aplikacije od tačke do tačke, usluga za distribuciju podataka to omogućuje pružajući mehanizme za slanje i prijem poruka o događajima između aplikacija u realnom vremenu. Promene vrednosti podatka u realnom vremenu je jedna vrsta događaja. Poruka o događaju sadrži sve potrebne podatke koji se prenose kada se događaj pojavi.

2.2.6.4. Upravljanje i sinhronizacija vremena

Usluga za sinhronizaciju vremena osigurava da sva vremena na svim računarima, stanicama i opremi u celokupnom AUS sistemu budu sinhronizovana. Vreme se obično sinhronizuje sa tačnim vremenom na nekom spoljnom uređaju koji predstavlja izvor tačnog vremena.

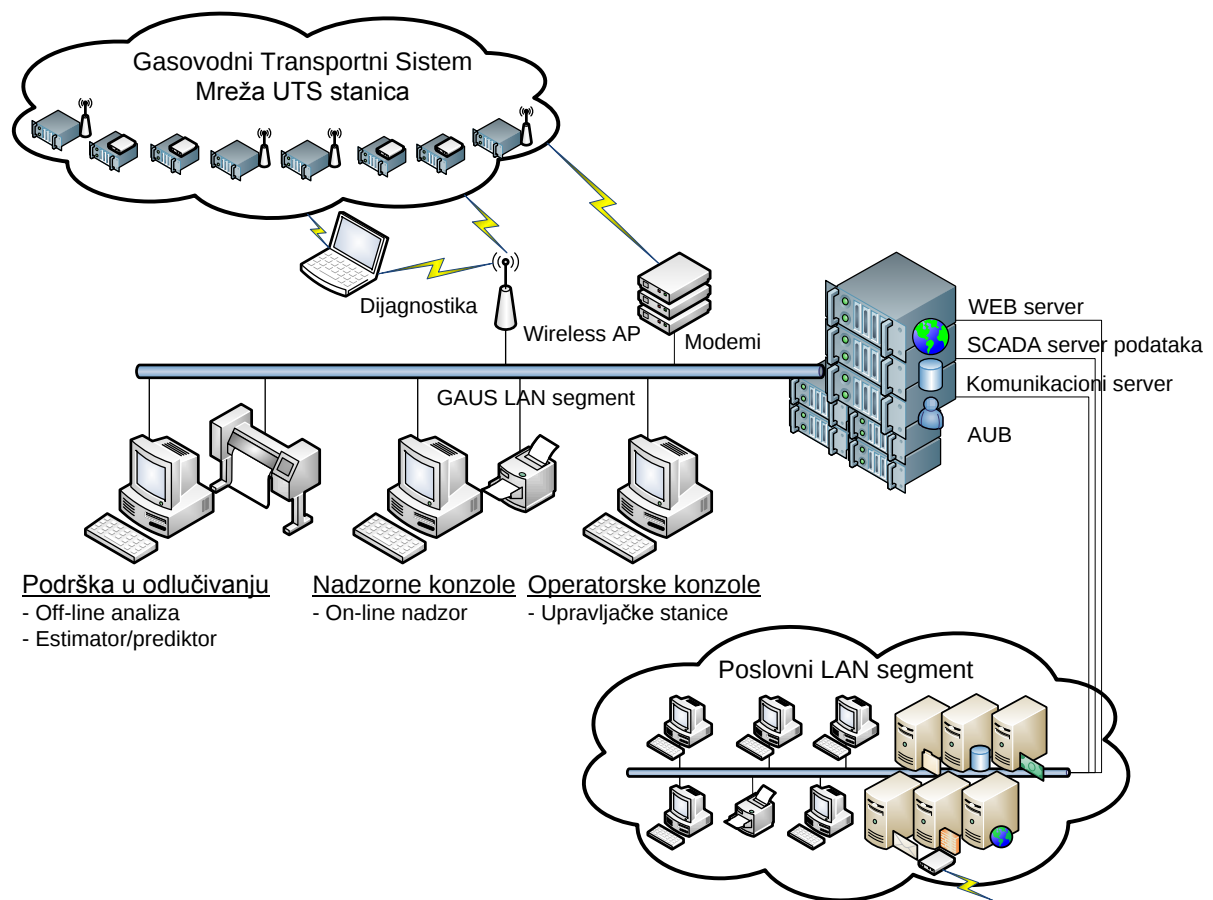
Usluga za upravljanje vremenom je odgovorna za održavanje opažajnog vremena iz perspektive aplikacija i krajnjih korisnika u sistemu. To vreme može da se razlikuje od stvarnog vremena sistema u nekim slučajevima, kao u toku izvođenja različitih simulacija sistema. Za razliku od vremena sistema, opažajno vreme može biti zaustavljeno, ponovo pokrenuto unapred ili unazad, realno, ubrzano ili usporeno, a sve u zavisnosti od radnje koju je potrebno izvršiti.

2.2.6.5. Dijagnostika

Funkcija za prijavljivanje dijagnostičkih poruka omogućava aplikacijama objavljivanje poruka u toku testiranja i održavanja aplikacija. To omogućava korisničkim aplikacijama generisanje „*debug*“ i „*trace*“ poruka tako da budu zabeležene u izveštaju o događajima. Programeri analitičari koriste ove poruke da bi pratili određene aplikacije ili uslužne komponente tokom operacija koje se izvršavaju u realnom vremenu, a radi uklanjanja grešaka ili poboljšanja realizovane programske podrške. Objavljivanje poruke se može uključiti ili isključiti što se definiše u toku konfigurisanja sistema, a takođe se može navesti i nivoi detaljnosti poruke. Gašenje i ponovno pokretanje programa, tj. *restart* programa nije potreban za aktiviranje i deaktiviranje dijagnostičkih poruka.

2.3. Realizacija GAUS u JP Srbijagas Novi Sad

GAUS (Generalizovani Akviziciono Upravljački Sistem) je integralni SCADA sistem opšte namene, razvijen na Katedri za računarsku tehniku i računarske komunikacije, Fakulteta Tehničkih Nauka u Novom Sadu. GAUS je od 1991. godine u neprekidnoj upotrebi u preduzeću NIS-GAS (danas JP Srbijagas Novi Sad), gde upravlja Gasovodnom Transportnim Sistemom (GTS).



Slika 2-4 Topologija GAUS u JP Srbijagas Novi Sad

Na slici (Slika 2-4) je prikazana topologija sistema GAUS realizovanog u JP Srbijagas Novi Sad. Osnovne komponente sistema su nadzorno upravljačka stanica (NUS) koja se nalazi u dispečerskom centru i mreža Udaljenih telemetrijskih stanica (UTS), prostorno i geografski dislociranih. Osnovni zadatak UTS je obuhvat mernih signala i generisanje pobude izvršnih elemenata. Sakupljene podatke UTS šalju nadzorno upravljačkoj stanici. Nadzorno upravljačka stanica se sastoji od više namenskih računarskih komponenti povezanih u lokalnu računarsku mrežu i predstavlja mesto gde se sakupljaju svi podaci o nadziranom procesu i odakle se mogu slati komande ka procesnim kontrolerima koje dalje dovode do generisanja pobude izvršnih elemenata. Jedna od osnovnih karakteristika sistema GAUS je centralizacija najprioritetnijih upravljačkih funkcija na NUS. UTS stanice mogu izvršiti značajan deo upravljačkog algoritma, ali inicijalizacija i finalna verifikacija kontrolnih akcija može se izvršiti samo na nivou NUS.

Komunikacija sa mrežom podređenih udaljenih telemetrijskih stanica se obavlja putem digitalnog telekomunikacionog podsistema. Telekomunikacione veze između NUS i mreže UTS su dimenzionisane tako da se u zadatim uslovima obezbedi nesmetano funkcionisanje sistema.

3. OSOBINE TEHNOLOŠKOG INFORMACIONOG SISTEMA

Tehnološki informacijski sistem kao sastavni deo Akviziciono upravljačkog sistema karakterišu dve bitne osobine koje diktiraju specifičnu arhitekturu programske podrške: rad u realnom vremenu i distribuiranost sistema. Zbog prirode realnih proizvodno tehnoloških sistema, opisani tehnološki informacijski sistem se bavi informacionim sistemima koji rukuju podacima promenljivim u realnom vremenu, a istovremeno rade sa distribuiranim heterogenim bazama podataka.

Iako se ne može tvrditi da celokupan AUS predstavlja sistem sa radom u realnom vremenu, to važi za veliki broj njegovih komponenti. Osnovni zahtev nadzorno upravljačkog sistema je da obezbedi adekvatno reagovanje na poremećaje u tehnološkom procesu kojim se upravlja. Adekvatno reagovanje podrazumeva prihvatanje spoljnog događaja i generisanje upravljačke akcije u zadatom vremenskom periodu koji je određen dinamikom fizičkog procesa. Pored eventualnih automatskih akviziciono upravljačkih funkcija, koje se izvršavaju pod strogim vremenskim ograničenjima, i funkcije alarmiranja i izveštavanja moraju biti vrlo efikasne. Operater sistema mora steći utisak o trenutnoj reakciji na spoljne događaje ili izdate komande. Od pravovremene reakcije na događaje zavisi kvalitet upravljanja sistemom. Zakasnele reakcije mogu izazvati veliku materijalnu štetu.

Svojom konfiguracijom Akviziciono upravljački sistem se mora prilagoditi strukturi tehnološkog procesa kojeg prati. Sami po sebi, proizvodno tehnološki sistemi su često prostorno, pa i geografski dislocirani. Nadzorno upravljački sistem mora obezbediti uspešan rad i u uslovima distribucije svojih komponenti, imajući sve vreme u vidu i zahtev za radom u realnom vremenu. Svojom prirodom SCADA sistemi se svrstavaju u kategoriju distribuiranih sistema. Zbog toga je u nastavku rada poseban odeljak posvećen definiciji i osnovnim karakteristikama sistema u realnom vremenu i distribuiranih računarskih sistema.

3.1. Sistemi sa radom u realnom vremenu

3.1.1. Definicija i osnovni pojmovi

Postoji više definicija koje određuju pojam sistema sa radom u realnom vremenu (eng. *Real-Time System*) [12]. Sve one bi se mogle sažeti u sledećoj:

- Sistem sa radom u realnom vremenu je sistem koji reaguje na (vremenski) predvidiv način na spoljne događaje čije je pojavljivanje nepredvidivo (Martin Timmerman).

Prisutne su i druge definicije:

- Standard DIN44300 definiše režim rada u realnom vremenu kao radni režim računarskog sistema u kome su programi za obradu spoljno pristiglih podataka stalno nalaze u pripravnosti, tako da su rezultati njihove obrade raspoloživi u predodređenom vremenskom periodu. Vreme pristizanja podataka za obradu može biti slučajno raspoređeno ili može biti unapred određeno zavisno od tipova aplikacija.

- Sistem sa radom u realnom vremenu je sistem koji neprekidno održava odnos sa asinhronim okruženjem sa kojim međusobno reaguje (Koymans, Kuiper, Zijlstra – 1988).
- Sistem sa obradom u realnom vremenu (eng. *Real-Time Computing*) je sistem kod koga ispravnost funkcionisanja sistema zavisi ne samo od logičke ispravnosti rezultata obrade već i od vremenskog perioda u kome se dolazi do rezultata.

Iz navedenih definicija je jasno da sistem sa radom u realnom vremenu karakterišu dva fundamentalna zahteva. Naime, osim logičke ispravnosti rada koja je karakteristična i za ostale sisteme zasnovane na računaru, od sistema se zahteva i pravovremena obrada događaja koji utiču na njegov rad. Ovaj zahtev očigledno nalaže da se sistem sa radom u realnom vremenu mora ponašati na predvidiv način.

U literaturi se često sreće podela sistema za rad u realnom vremenu u zavisnosti od strogosti vremenskih zahteva, po kojoj se oni dele na sledeći način:

- Nefleksibilni sistemi sa radom u realnom vremenu (eng. *Hard Real-Time Systems*, u daljem tekstu HRT sistemi). U ovu kategoriju spadaju sistemi sa strogim vremenskim zahtevima kod kojih prekoračenje vremenskih zahteva po pravilu dovodi do katastrofalnih posledica po rad sistema.
- Polufleksibilni sistemi sa radom u realnom vremenu (eng. *Firm Real-Time Systems*). Prekoračenje vremenskih zahteva za posledicu ima neprihvatljivo smanjenje kvaliteta funkcionisanja sistema.
- Fleksibilni sistemi sa radom u realnom vremenu (eng. *Soft Real-Time Systems*). Može doći do prekoračenja vremenskih zahteva, a sistem se kasnije može oporaviti, pri čemu je smanjenje kvaliteta funkcionisanja sistema prihvatljivo.

3.1.2. Rad u realnom vremenu

Tipični primeri sistema sa radom u realnom vremenu su sistemi za nadzor, kontrolu i prikupljanje podataka – SCADA sistemi. SCADA sistem sakuplja ulazne podatke sa mernih uređaja i skladišti ih u bazu podataka. Sistem takođe vrši obradu i distribuciju prikupljenih podataka. Da ne bi došlo do gubitka podataka koji se nadziru od sistema se očekuje da pravovremenu reaguje i registruje promene merenih podataka. Pravovremena reakcija sistema ima još veći značaj ukoliko SCADA sistem istovremeno obavlja kontrolu i upravlja nadziranim procesom.

Osnovni zadatak akviziciono upravljačkog sistema je da obezbedi adekvatno reagovanje na poremećaje u fizičkom procesu kojim se upravlja. Adekvatno reagovanje podrazumeva prihvatanje spoljnog događaja i generisanje upravljačke akcije u fiksnom vremenskom periodu određenom dinamikom fizičkog procesa. U opštem slučaju, ulazni događaji se generišu od strane procesnog kontrolera i vezani su za periodično očitavanje procesnih ulaza. Ipak, određeni događaji zahtevaju reakciju u vrlo kratkom vremenskom roku, tako da se programska reakcija obezbeđuje mehanizmom prekida (npr. brzi digitalni ulazi).

Razmak između vremena promene na ulazu i izlazu upravljačkog sistema mora biti dovoljno kratak da bi se postigla pravovremenost reakcije. Pri tome, kriterijum pravovremenosti je uslovljen karakteristikama realnog kontrolisanog sistema. Uobičajena je predstava da su sistemi u realnom vremenu oni u kojima se vreme

meri delovima sekunde. Znatno preciznija i stroža definicija je ona koja izražava tačnost upravljačkog algoritma logičkim i vremenskom uslovima:

- Logička tačnost - Algoritam je logički tačan ako su njegovi rezultati saglasni onima koji se očekuju za date vrednosti ulaza.
- Vremenska tačnost - Algoritam je tačan sa stanovišta vremena ako proizvede očekivane rezultate u okviru zadatog intervala vremena. Ako se do rezultata nije došlo na vreme, znači da algoritam nije tačan, čak i u slučaju da su sami rezultati logički korektni.

Stoga programer sistema u realnom vremenu mora uvek da uzme u obzir dva različita aspekta: izbegavanje grešaka i vreme izvršenja koda.

Zbog složenosti programskih funkcija, primarni zahtev koji sistemski programski podrška AUS sistema mora obezbediti je mogućnost konkurentnog izvršenja programskih procesa, tj. obezbeđenje višeprocesnog (*multi-tasking*) programskog okruženja.

Osnovu sistemski programske podrške akviziciono upravljačkog sistema čini operativni sistem za rad u realnom vremenu. U osnovi koncepta operativnih sistema za rad u realnom vremenu (*RTOS - Real Time Operating System*) je dodela procesora, sinhronizacija i upravljanje nad konkurentnim programskim procesima. S obzirom na vremenska ograničenja, u cilju efikasnog izvršenja prethodno navedenih funkcija, pri razvoju RTOS posebnu pažnju treba posvetiti organizaciji internih struktura podataka i funkcija samog jezgra operativnog sistema. Bazi koncept konkurentnog izvršenja zahteva sistemski funkcije operativnog sistema za sinhronizaciju i komunikaciju između asinhronih procesa.

Tehnike za rukovanje konkurentnim događajima oslanjaju se na dva osnovna pristupa:

- Reakcija po vremenu. Kontrolna akcija se određuje na osnovu globalnog stanja sistema, formiranog cikličnom akvizicijom procesnih ulaza, a ne na osnovu pojedinačnih događaja. Očigledno je da se pri tome gubi redosled (sekvenca) nastalih događaja, kao i eventualna višestruka promena neke procesne veličine unutar perioda između dva uzastopna očitavanja procesnih ulaza. Osnovna prednost ovakvog pristupa je jednostavnost operativnog sistema i predvidivost vremena reakcije. Manu predstavlja već izneta cikličnost rada, u vremenskom periodu uslovljenim učestanošću najfrekventnijeg događaja u sistemu.
- Reakcija na događaj. U ovom slučaju, reakcija se generiše po pojavi svakog od događaja. U praksi, svi događaji se smeštaju u red, odakle se adekvatnim algoritmom (po prioritetu npr.) bira onaj koji se šalje na obradu. Uobičajenu podršku ovakvom funkcionisanju predstavlja višeprocesno programsko okruženje, koje obezbeđuje neophodni virtuelni paralelizam kontrolnih akcija. Prednosti pristupa „reakcija na događaj“ leže u fleksibilnosti koja omogućuje ugradnju poboljšanih upravljačkih algoritama neophodnih za minimizaciju vremena odziva upravljačkog sistema. Istovremeno, osnovna mana ove tehnike je kompleksnost potrebne programske podrške i operativnog sistema, koja otvara prostor za greške u modeliranju i teškoće pri programiranju.

Pored automatskih akviziciono upravljačkih funkcija, koje se izvršavaju pod strogim vremenskim ograničenjima, i funkcije alarmiranja i izveštavanja moraju biti vrlo efikasne. Operater AUS sistema mora steći utisak o takoreći trenutnoj reakciji na spoljne događaje ili njegove komande. Stoga se može reći da ukupna programska

podrška sistema AUS radi u režimu bliskom radu u realnom vremenu (*nearly real time system*).

Navedeni zahtevi nameću potrebu optimalnog korišćenja centralnog procesora i memorije, kao najvažnijih resursa računarskih stanica u akviziciono upravljačkom sistemu. Stoga se trajno prisustvo programskih procesa u memoriji računara nameće kao imperativ. Ključne računarske stanice u okviru AUS su u svakom trenutku u celosti posvećene svom zadatku, tj. na njoj se izvršava samo jedan poznat program. Drugim rečima, primena klasičnog višekorisničkog (*multi-user*) okruženja na njima u svakoj formi je isključena.

U cilju zadovoljenja različitih vremenskih zahteva, programska podrška akviziciono upravljačkog sistema se deli na procese koji se izvršavaju kvazi paralelno. Svakom procesu se dodeljuje nivo prioriteta primeren aplikativnoj funkciji koju izvršava. U osnovi višeprocenog okruženja je časovnik realnog vremena i sistem prekida koji vrši smenu aktivnih procesa. Smena se vrši na osnovu vremenskih ograničenja i/ili nivoa prioriteta procesa. U okviru sistemskog dela programske podrške, posebnu pažnju treba posvetiti razvoju efikasnih mehanizama smene procesa, kao i komunikacije i sinhronizacije između njih. Fizička arhitektura svih elemenata AUS mora obezbediti časovnik realnog vremena koji omogućuje precizno merenje malih vremenskih perioda (reda ms).

Za sisteme koji rade u realnom vremenu su vezane i baze podataka za rad u realnom vremenu. Sistem za upravljanje bazom podataka (*DBMS Database Management System*) je skup međuzavisnih podataka i programa za pristup podacima, koji organizuju sve zahteve za pristup bazi podataka. On obezbeđuje korisnicima apstraktni pogled na podatke, sakrivajući detalje o načinu memorisanja i ažuriranja. RTDBMS (*Real-Time DBMS*) sistemi su specifični jer transakcije moraju podržavati ne samo ograničenja u bazi već i zadovoljiti vremenska ograničenja. Pored konzistentnosti podataka kao osnovne osobine baze podataka, zahteva se isporuka podataka tačnih u vremenu, pošto baza odslikava trenutno stanje spoljnog sveta. Takođe, predviđeno je i pretraživanje i ažuriranje u realnom vremenu, neophodno za praćenje stanja celog procesa u realnom vremenu.

3.2. Distribuirani sistemi

Pojmom distribuiranog sistema se označava integracija autonomnih računarskih sistema u skup kooperativnih računarskih komponenti, koje kao celina nastoje da ostvare zajednički cilj. Koordinacija aktivnosti pojedinih procesora se ostvaruje razmenom informacija (poruka) preko komunikacione mreže. Važna karakteristika distribuiranih sistema je podložnost međusobne razmene poruka promenljivom kašnjenju i greškama. Često nije moguće odrediti potpuno i konzistentno stanje ukupnog sistema, tako da se odluke moraju donositi na osnovu parcijalnih i/ili nekonzistentnih informacija [1].

3.2.1. Osnovni elementi i osobine distribuiranih sistema

Svojom konfiguracijom AUS se mora prilagoditi strukturi proizvodnog procesa kojeg prati. Sami po sebi, proizvodni sistemi su prostorno, pa i geografski dislocirani. Stoga akviziciono upravljački sistem mora obezbediti uspešan rad i u uslovima

distribucije svojih komponenti. Svojom prirodom AUS sistemi se svrstavaju u kategoriju distribuiranih sistema [7].

Pod pojmom distribuiranog računarskog sistema podrazumeva se čitav spektar raznovrsnih računarskih sistema različitog stepena dislociranosti i autonomnosti pojedinih njegovih komponenti [12]. U ovom radu pod pojmom distribuirani računarski sistem označava se jedinstveni skup kooperativnih autonomnih računarskih komponenti koje kao celina nastoje da ostvare zajednički cilj. Koordinacija aktivnosti unutar ovakvog sistema obavlja se razmenom informacija putem komunikacionog podsistema.

Kao što je poznato, osnovne komponente računarskog sistema su fizička arhitektura, systemska i aplikativna programska podrška. Ipak, u nekim sistemima granica između aplikativne i systemske programske podrške nije uvek jasna. To je posebno slučaj u ugrađenim (*embedded*) računarskim sistemima sa radom u realnom vremenu kod kojih zbog povećanja efikasnosti aplikativna programska podrška često direktno kontroliše ulazno/izlazne uređaje ili raspoređuje procese, što uobičajeno spada u poslove systemske programske podrške. Zbog toga, umesto aplikativne i systemske programske podrške računarski sistem možemo razmatrati razdvajajući programsku podršku na izvršni program i podatke. U tom smislu distribuirani računarski sistem čine distribuirani fizički resursi, distribuirani izvršni programi i distribuirani podaci.

3.2.1.1. Distribucija fizičkih resursa u akviziciono-upravljačkom sistemu

Distribuirani sistem se sastoji od bar dva nezavisna računarska modula, pri čemu svaki poseduje svoju memoriju i procesor. Oni moraju biti međusobno povezani nekim oblikom komunikacione mreže. Distribucija računara odražava distribuciju aplikativnih funkcija, ili funkcionalnu dekompoziciju sistema gde svaki od procesora obavlja neku specifičnu funkciju. Da bi se obezbedila fleksibilnost i proširivost distribuiranog sistema, on mora omogućiti podršku promenljivom broju sistemskih ili aplikativnih procesa u određenim granicama. Modularnom fizičkom arhitekturom omogućuje se nastavak rada ukupnog sistema u slučaju otkaza ili proširenja.

U okviru prethodno opisane arhitekture AUS sistema, lako je prepoznati Udaljenu telemetrijsku stanicu kao osnovni elemenat distribucije. U okviru geografski distribuiranih procesnih sistema, dislokacija Udaljenih telemetrijskih stanica je neizbežna. Jedna od očiglednih prednosti umnožavanja i distribucije Udaljenih telemetrijskih stanica je povećanje raspoloživosti ukupnog sistema, jer ispad jednog modula ne uzrokuje gubitak kontrole nad celim nadziranim procesom.

3.2.1.2. Distribucija upravljanja u akviziciono upravljачkom sistemu

Upravljanje u okviru distribuiranog sistema se odnosi na rukovanje fizičkim ili logičkim resursima. Upravljanje određenim resursima može biti centralizovano, hijerarhijski organizovano ili potpuno autonomno. U svakom slučaju neophodno je izvršiti koordinaciju aktivnosti između pojedinih radnih stanica u mreži.

Jedno od osnovnih pitanja na koje projektant programske podrške distribuiranog AUS sistema mora odgovoriti je alokacija izvršenja dela programskih funkcija vezanih za obradu merenih podataka i upravljanje.

Centralizacija glavnine programskih funkcija na Nadzorno upravljачkoj stanici obezbeđuje jednostavniju strukturu programske podrške, naročito na Udaljenoj

telemetrijskoj stanici, manju zavisnost NUS od tipa UTS, skraćuje vreme implementacije upravljačkog algoritma, pojednostavljuje problem održavanja programske podrške u fazi eksploatacije AUS sistema, itd. S druge strane, otkaz komunikacionog podsistema ili stanice NUS ostavlja fizički proces u celini bez nadzora i upravljanja. Opasnosti koje sobom nosi ovakva situacija je očigledna.

Distribucijom dela upravljačkih funkcija na UTS, bliže procesu, smanjuje se vreme reakcije, a povećava autonomija pojedinih elemenata i raspoloživost ukupnog akviziciono upravljačkog sistema. S druge strane, povećanje kompleksnosti programske podrške uslovljene potrebom konkurentnog izvršenja, komunikacije i sinhronizacije između distribuiranih programskih procesa, može poništiti prethodno navedene prednosti.

Optimalna mera distribucije podataka i upravljanja u akviziciono upravljačkom sistemu mora biti određena u svakom konkretnom slučaju, uvažavanjem ograničenja koja su uvek prisutna.

3.2.1.3. Distribucija podataka u akviziciono upravljačkom sistemu

Podaci se distribuiraju umnožavanjem što se realizuje putem višestrukih kopija na različitim lokacijama ili podelom - smeštanjem delova podataka na različitim lokacijama. Očigledno je da se distribucijom podataka može povećati otpornost na greške ili obezbediti povećanje performanse lociranjem podataka što bliže mestu gde su nastali ili gde se koriste.

Tok podataka u AUS sistemu je dvosmeran. Centralna baza podataka na stanici NUS nastaje superpozicijom pojedinačnih baza koje se formiraju na UTS. Promene podataka nastale na NUS usled akcije operatera ili upravljačkog algoritma, prenose se odgovarajućim UTS. Udvajanje podataka se primenjuje u slučaju tandem konfiguracije, a delimične kopije su trajno raspoložive u pratećim terminalskim stanicama. Umnožavanje podataka na međusobno vrlo udaljenim lokacijama ima za cilj obezbeđenje podataka od uticaja prirodnih katastrofa. U slučaju ispada primarnog kontrolnog centra, iz rezervnog centra se može na bazi zadnjeg stanja nastaviti rad. Ovaj postupak se primenjuje u slučaju izuzetno opasnih, složenih i skupih procesnih sistema (gasovodi i sl.) u geografskim regionima podložnim zemljotresima i vremenskim nepogodama.

Pri građenju distribuirane baze procesnih podataka u okviru AUS sistema, izuzetna pažnja je posvećena obezbeđenju pouzdanosti postupka ažuriranja podataka između dve stanice (pre svega između UTS i NUS). Sigurnost i pouzdanost ne smeju biti narušeni komunikacionim greškama. Stoga su mehanizmi kontrole grešaka i međusobne sinhronizacije od primarnog značaja. Osim toga, mesto kontrole svakog od pojedinih podataka mora biti jednoznačno određeno. Sistemom lozinki rešava se problem neautorizovanog, a pre svega nestručnog pristupa podacima i upravljačkim funkcijama akviziciono upravljačkog sistema.

3.2.2. Distribuirane baze podataka

Podaci o elementima procesnog sistema se prikupljaju i većim delom skladište na mestima njihovog nastanka, koristeći pri tom baze podataka kojima rukuju DBMS sistemi različitih proizvođača. Potrebno je na uniforman način obezbediti pristup svim ovim podacima. Ovaj problem obrađuje DDBMS (*Distributed Database Management System*) sistem za upravljanje bazama podataka koji može da upravlja distribuiranim

bazama, tj. bazom implementiranom na nekoj vrsti mreže u kojoj se podaci i procesi mogu distribuirati na različite lokacije. U ovom poglavlju dat je opis i osnovni pojmovi vezani za distribuirane baze podataka, a koji su preuzeti iz [6].

3.2.2.1. Sistem distribuiranih baza podataka

Sistem za upravljanje distribuiranim bazama podataka je i sam distribuiran, pa se označava sa DDBMS – distribuirani DBMS. Distribuirane baze podataka i DDBMS zajedno obrazuju sistem distribuiranih baza podataka. Za obe vrste sistema koristi se i kraći termin distribuirani sistem, kada je iz konteksta jasno na koju vrstu sistema se termin odnosi.

Osnovna karakteristika distribuiranih sistema je velika količina poruka i podataka koji se prenose preko komunikacione mreže. Zato je glavni cilj u postizanju efikasnosti distribuiranih sistema, smanjenje mrežne komunikacije. Ovaj cilj se projektuje na sve ključne funkcije DBMS; one moraju da se razmatraju iz novog ugla, a problemi u njihovoj realizaciji zahtevaju nova rešenja.

Neformalno govoreći, distribuirana baza podataka je baza podataka koja se ne nalazi u celosti na jednoj fizičkoj lokaciji (na jednom računaru), već je razdeljena na više lokacija koje su povezane komunikacionom mrežom. Svaka lokacija, koja se zove i čvor komunikacione mreže, poseduje svoj sopstveni, autonomni sistem za upravljanje bazama podataka, sa sopstvenom kontrolom, sistemom za upravljanjem transakcijama i oporavkom od pada, i ostalim značajnim funkcijama, a ima i svoj centralni procesor i ulazno/izlazne uređaje.

Osnovna pretpostavka za uspešnost sistema za upravljanje distribuiranim bazama podataka je nevidljivost lokacije. Naime, ovaj sistem treba da obezbedi još jedan nivo fizičke nezavisnosti podataka: korisnik i njegov program ne treba da znaju na kojoj se lokaciji u distribuiranom sistemu nalaze podaci koji su im potrebni. Za korisnika, distribuirani sistem treba da izgleda identično sa nedistribuiranim (centralizovanim), tj. pristup podacima treba da je isti kao da su svi podaci smešteni u lokalnom čvoru korisnika. Sistem odlučuje, ne uključujući korisnika, o tome da li će potrebne podatke, ukoliko su na udaljenoj lokaciji, doneti na lokalni čvor za obradu, ili će obradu preneti na udaljenu lokaciju.

Prednosti koje donosi distribuirani koncept baze podataka su:

- Lokalna autonomija podataka, upravljanja i kontrole. Okruženje u kome se distribuirane baze primenjuju, obično je i samo logički i fizički distribuirano. Distribuiranje baza podataka kao i sistema za upravljanje njima, omogućuje pojedinim grupama da lokalno kontrolišu sopstvene podatke, uz mogućnost pristupa podacima na drugim lokacijama kada je to potrebno.
- Veći kapacitet i postupni rast. Čest razlog za instaliranje distribuiranog sistema je nemogućnost jednog računara da primi i obrađuje sve potrebne podatke. U slučaju da potrebe nadmaše postojeće kapacitete, dodavanje novog čvora distribuiranom sistemu je znatno jednostavnije nego zamena centralizovanog sistema većim.
- Pouzdanost i raspoloživost. Distribuirani sistemi mogu da nastave svoje funkcionisanje i kada neki od čvorova privremeno izgube funkcionalnost.
- Efikasnost i fleksibilnost. Podaci su fizički blizu onome ko ih stvara i koristi, pa je znatno smanjena potreba za udaljenom komunikacijom.

Jedan jednostavan specijalni slučaj distribuiranog sistema je klijent/server sistem. To je distribuirani sistem u kome su neki čvorovi klijenti a neki serveri, pri čemu su na serverima smešteni podaci i sistemi za upravljanje podacima, a na klijentima se izvršavaju aplikacije. Korisnik, odnosno aplikacija vodi računa o tome na kom serveru su smešteni relevantni podaci, što znači da u ovim sistemima nije ostvarena nevidljivost lokacije.

Dok se kod centralizovanih sistema baza podataka efikasnost sistema postizala pre svega smanjenjem broja obraćanja disku, jer je komunikacija sa diskom bila najsporija, kod distribuiranih sistema efikasnost se postiže pre svega smanjenjem količine podataka i poruka koje se prenose preko mreže. Naime, komunikacione veze kroz mrežu su obično znatno sporije (i do 40 puta) od komunikacije sa lokalnim diskom, i obično imaju vreme kašnjenja koje se ne može zanemariti.

Da bi se postigla efikasnost DDBMS, sve njegove komponente treba realizovati na način koji smanjuje mrežnu komunikaciju. Najznačajniji problemi koje tom prilikom treba rešiti su:

- fragmentacija podataka
- distribuirana obrada upita
- distribuirano (preneto) ažuriranje
- upravljanje katalogom
- distribuirano izvršenje skupa transakcija, što uključuje konkurentnost, integritet, oporavak i protokole kompletiranja transakcija.

Problem fragmentacije podataka se realizuje na dva osnovna načina: ponavljanjem ili particionisanjem podataka u distribuiranom sistemu.

U slučaju ponavljanja (engl. *replicated*) podataka, jedan logički objekat može imati više fizičkih reprezentacija tj. veći broj kopija na većem broju lokacija. Ponovljenost podataka povećava raspoloživost podataka i efikasnost pristupa podacima, ali u značajnoj meri usložnjava ažuriranje podataka, koji moraju biti konzistentni u svim svojim kopijama. Složenost koju nosi sobom strategija ponavljanja podataka mora biti sakrivena od korisnika, tj. mora biti obezbeđena nevidljivost ponavljanja podataka.

U slučaju particionisanja (engl. *partitioned*) podataka, logički skup podataka treba na neki način podeliti, a zatim delove – fragmente, eventualno sa ponovljenim kopijama, razdeliti po raznim lokacijama. Logički skup podataka u relacionom sistemu je relacija, a prirodni fragment relacije, koji je opet relacija, jeste neki njen podskup definisan uslovom projekcije i restrikcije. Fragmentacija mora biti izvedena tako da se spajanjem fragmenata može dobiti polazna relacija.

Distribuirana obrada upita podrazumeva distribuiranu optimizaciju kao i distribuirano izvršavanje upita. Strategije optimizacije upita nad distribuiranom bazom podataka imaju za cilj da minimizuju cenu obrade i vreme za koje će korisnik dobiti odgovor. U troškovima obrade najveću stavku čine troškovi mrežne komunikacije, tj. prenosa podataka kroz mrežu, dok su troškovi komunikacije sa ulazno/izlaznim uređajima i korišćenja procesora niži za nekoliko redova veličine. Zbog toga je veoma značajno, u zavisnosti od propusnosti mreže, odnosno od količine podataka koje može da primi u sekundi, i vremena kašnjenja, pravilno odabrati relacije i njihove fragmente koji će biti prenošeni sa jedne lokacije na drugu u cilju obrade upita (globalna optimizacija). Razlog za prenošenje podataka može biti to što su podaci na lokaciji različitoj od one na kojoj se postavlja upit, ili što u upitu učestvuje veći broj relacija sa različitih lokacija. Izbor strategije za izvršenje operacija na jednoj lokaciji poznat je kao lokalna optimizacija.

Osnovna strategija distribuirane obrade upita sastoji se od sledeća dva koraka:

1. maksimalna redukcija svake relacije na njenoj lokaciji, lokalna restrikcija i projekcija na attribute spajanja i izlazne attribute,
2. prenošenje dobijenih relacija na jednu lokaciju, ili na više lokacija, redom, na kojima je moguće izvršiti pojedinačna spajanja i projekciju na izlazne attribute.

Za drugi korak osnovne strategije vezana je odluka o tome koje se relacije prenose i na koje lokacije. Ta odluka se donosi na osnovu procene količine podataka koji se prenose između lokacija u svakom pojedinačnom slučaju; izbor relacija i lokacija vrši se tako da minimizuje protok podataka kroz mrežu.

Preneto ažuriranje je direktno vezano za fragmentaciju podataka. Ponavljanje podataka podrazumeva da jedan logički objekat, npr. relacija ili jedan njen fragment, može imati više fizičkih reprezentacija tj. kopija na većem broju lokacija. Posledica ove ideje je da se, s obzirom na potrebu za konzistentnošću podataka u svim kopijama, ažuriranje jednog logičkog objekta mora preneti i na sve fizičke kopije tog objekta.

Međutim, momentalno prenošenje ažuriranja na sve kopije može da onemogući ili da nedopustivo dugo odloži, uspešno izvršenje ažuriranja u slučaju da je bilo koja od lokacija u ispadu, a time ponavljanje podataka smanjuje umesto da povećava raspoloživost podataka.

Jedan široko prihvaćeni pristup prenošenju ažuriranja oslanja se na koncept primarne kopije, i sastoji se u sledećem postupku:

- jedna kopija svakog ponovljenog objekta proglašava se za primarnu kopiju tog objekta, pri čemu primarne kopije različitih objekata mogu biti na različitim lokacijama;
- operacija ažuriranja objekta smatra se logički izvršenom čim se izvrši ažuriranje primarne kopije tog objekta; ažuriranje ostalih kopija je sada u nadležnosti lokacije na kojoj je primarna kopija, ali se mora izvršiti pre kompletiranja transakcije. Ovaj postupak zahteva primenu protokola dvofaznog kompletiranja transakcije, koji se ne može uspešno sprovesti ako je bar jedna relevantna lokacija u padu, što nije zanemarljivo redak slučaj. Ali ako se dopusti ažuriranje kopija i posle kompletiranja transakcije, ne može se garantovati konzistentnost podataka u svim njihovim kopijama. Ipak, neki komercijalni distribuirani sistemi pribegavaju tom rešenju jer puno poštovanje ažuriranja svih kopija pre kompletiranja transakcije može bitno da poveća vreme obrade.

3.2.2.2. Heterogeni distribuirani sistemi

Pretpostavka o homogenosti DDBMS, tj. pretpostavka da sve lokacije u DDBMS poseduju isti DBMS pokazuje se kao prejako ograničenje u današnjim uslovima, kada značajne količine podataka i aplikacija postoje na raznim računarima, pod različitim operativnim sistemima i pod kontrolom različitih DBMS. Potreba za istovremenim pristupom ovakvim podacima unutar jedne aplikacije, ili čak i jedne transakcije, postavlja zahtev pred proizvođače DDBMS da obezbede podršku heterogenim DDBMS. To znači da, pored nezavisnosti pristupa podacima i obrade podataka od lokacije, fragmentacije, ponavljanja podataka, mašine, operativnog sistema i mrežnog protokola, heterogeni distribuirani sistem mora da obezbedi i nezavisnost od DBMS na pojedinim lokacijama.

Postoje dva bitno različita pristupa rešavanju ovog problema. Jedan je izgradnja tzv. sistema multibaza podataka, MDBS (*multidatabase system*). DBMS je programski sistem koji se sastoji od niza komponenti. Jedna od tih komponenti je jedinstveni jezik za kreiranje podataka i manipulisanje podacima koji su pod kontrolom heterogenih DBMS. MDBS je, pre svega, jedinstvena sprega, kroz koju korisnici i aplikacije mogu da komuniciraju sa raznorodnim sistemima.

Druga komponenta MDBS je globalni upravljač transakcija. MDBS obezbeđuje, pored lokalnih transakcija (nad jednim DBMS), i upravljanje globalnim transakcijama. Globalne transakcije se sastoje od većeg broja podtransakcija koje se izvršavaju nad pojedinačnim, najčešće različitim DBMS, i sa njihovog aspekta se ponašaju kao lokalne transakcije.

MDBS uključuje i skup servera, po jedan za svaki lokalni DBMS, koji se ponašaju kao veza između globalnog upravljača transakcija i lokalnog DBMS. Svaka globalna transakcija predaje globalnom upravljaču transakcija operacije čitanja i upisa, a ovaj može da ih preda na obradu lokalnim DBMS preko odgovarajućih servera, da odloži ili da prekine transakciju. Kada globalni upravljač transakcija odluči da kompletira globalnu transakciju, on upućuje komandu za kompletiranje lokalnim DBMS. Globalni upravljač transakcija je odgovoran i za funkcionalnost i održavanje svojstava globalnih transakcija (ACID svojstva, globalna linearizovanost izvršenja skupa transakcija, izbegavanje ili razrešavanje uzajamnog blokiranja, oporavak od sistemskih padova). Oblast sistema multibaza je još uvek otvorena istraživačka oblast. Osnovni cilj ovih sistema je da kroz upravljanje globalnim transakcijama održavaju konzistentnost multibaze.

Drugi pristup heterogenim DDBMS je manje ambiciozan, ali je komercijalno mnogo zastupljeniji. Njegova suština je u izgradnji aplikativnih programa, tzv. prolaza (engl. *gateway*) sistema DBMS1 prema sistemu DBMS2, koji omogućuju korisniku DBMS1 (na lokaciji 1) da komunicira sa DBMS2 (koji je na lokaciji 2), istom spregom kojom komunicira sa sistemom DBMS1.

Realizacija aplikativnog programa prolaza sistema DBMS1 prema sistemu DBMS2 je u nadležnosti sistema DBMS1, a program se izvršava nad sistemom DBMS2. Na primer, ako je DBMS1– sistem Sybase a DBMS2 – sistem Oracle, onda bi prolaz sistema Sybase prema sistemu Oracle omogućio korisniku sistema Sybase da komunicira sa sistemom Oracle, „lažno“ predstavljajući sistem Oracle kao Sybase.

Aplikativni program Prolaz ostvaruje sledeće komponente i zadatke:

- protokol za razmenu informacija između DBMS1 i DBMS2,
- relacioni server za DBMS2,
- preslikavanja između tipova podataka i upitnih jezika dva sistema,
- preslikavanje strukture kataloga sistema DBMS2 u strukturu kataloga sistema DBMS1,
- učešće u dvofaznom protokolu kompletiranja transakcija,
- doslednu primenu mehanizma zaključavanja, itd.

S obzirom na značaj koji ima realizacija kvalitetnih programa prolaza, postoji razvijena aktivnost standardizacije odgovarajućih protokola. U implementaciji pune funkcionalnosti prolaza javljaju se značajni problemi, pa zato komercijalni proizvodi ovog tipa ne podržavaju sve potrebne funkcije

3.2.2.3. Distribuirano upravljanje transakcijama

Pod transakcijom u distribuiranom sistemu podrazumeva se, kao i u centralizovanom slučaju, vremenski uređen niz radnji koji prevodi jedno konzistentno stanje baze u drugo konzistentno stanje baze. Ipak, pojam transakcije u distribuiranom sistemu je kompleksniji, s obzirom da transakcija može da izvršava radnje svog programa na raznim lokacijama. Zato transakciju, koja predstavlja logičku jedinicu posla, može da izvršava veći broj procesa na većem broju lokacija. Startovanjem jedne transakcije bira se jedan upravljač transakcija, na jednoj lokaciji, koji služi kao koordinator procesa te transakcije. Svakoj transakciji dodeljuje se i njen privatni radni prostor, koji može da bude razdeljen na više lokacija, iz kojeg će transakcija čitati i u koji će upisivati vrednosti objekata.

Pri distribuiranoj obradi transakcija, transakcija koja čita vrednost objekta – čita vrednost samo jednog lokalnog primerka tog objekta, dok ažuriranje jednog objekta sprovodi nad svim primercima tog objekta, na svim lokacijama distribuiranog sistema na kojima primerak tog objekta postoji.

Kod distribuiranih sistema, isto kao kod centralizovanih sistema, mogu se definisati serijska distribuirana izvršenja, ekvivalentna distribuirana i linearizovana distribuirana izvršenja skupa transakcija. Serijsko distribuirano izvršenje skupa transakcija je distribuirano izvršenje za koje se može definisati redosled izvršenja transakcija takvo da sve radnje prve transakcije prethode svim radnjama naredne transakcije u svakom lokalnom izvršenju u kojem se pojavljuju radnje obeju transakcija. Distribuirano izvršenje može da ne bude serijsko bilo zbog toga što neko od lokalnih izvršenja nije serijsko, bilo zbog toga što redosled transakcija u (najčešće serijskim) lokalnim izvršenjima nije isti. Dve radnje skupa transakcija su konfliktne u distribuiranom izvršenju ako su konfliktne, u centralizovanom smislu, u nekom lokalnom izvršenju. Dva distribuirana izvršenja su ekvivalentna ako su, za svaku lokaciju, njihova lokalna izvršenja ekvivalentna, u centralizovanom smislu. Distribuirano izvršenje je linearizovano ako je ekvivalentno nekom serijskom izvršenju.

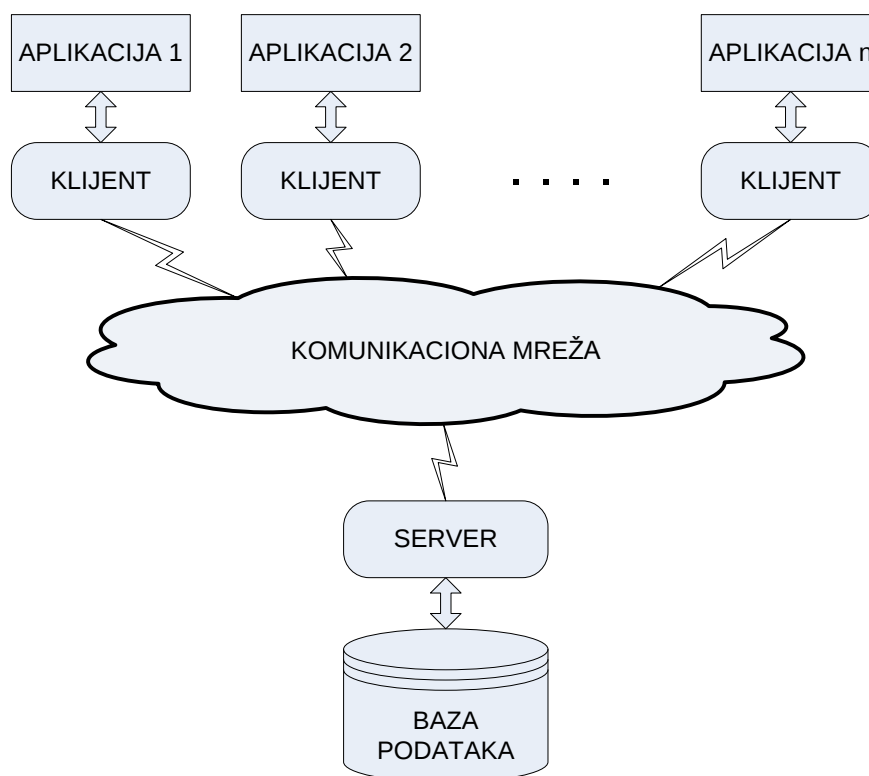
3.2.2.4. Klijent-server sistemi baza podataka

Klijent-server sistemi baza podataka zasnovani su na klijent-server arhitekturi. Ova arhitektura se odnosi na jednostavnu logičku podelu odgovornosti unutar sistema na dva dela. Jedan deo (prvobitno u engleskoj terminologiji *backend*, pozadinski), server, u stvari je DBMS sa bazama podataka, i odgovoran je za definisanje podataka, manipulisanje podacima, bezbednost, integritet, oporavak, itd. Drugi deo (prvobitno je korišćen engleski termin *frontend*, prednji sistem), klijent, odgovoran je za rad aplikacija, kako korisničkih tako i sistemskih, na primer, procesor upitnog jezika, generator aplikacija, generator izveštaja, itd.

Mada se termin "klijent-server" danas najčešće odnosi na slučaj kada su klijent i server na odvojenim računarima, jer se mogućnost izdvajanja funkcija na odvojene računare pokazala veoma privlačnom i korisnom, termin se upotrebljava i za opisivanje okruženja u kome neki programi koje zovemo "serveri" pružaju određene usluge drugim programima koje zovemo "klijentima", bez obzira da li se oni nalaze na različitim računarima ili ne.

Osnovni klijent-server sistemi, dakle, podrazumevaju veći broj klijenata koji dele isti server (Slika 3-1). Moguće je, međutim, da jedan klijent pristupi većem broju

servera, pri čemu je svaki pojedinačni zahtev (ili transakcija) upućen tačno jednom serveru.



Slika 3-1 Klijent-server arhitektura: jedan server – više klijenata

Klijent-server arhitektura podseća na centralizovane (engl. *mainframe*) računarske sisteme sa skupovima terminala. Međutim, kod klijent-server sistema ispunjen je prvi uslov distribuiranih sistema, a to je u ovom slučaju autonomija klijenata. Oni vrše samostalno sve operacije upotrebe podataka, dok se sa serverom komunicira samo zbog potrebe za pretraživanjem ili ažuriranjem podataka. Uloga servera je usko i precizno definisana. Osim sa serverom baza podataka, koji upravlja bazama podataka, klijenti mogu da komuniciraju i sa drugim mrežnim serverima koji im pružaju usluge u obavljanju drugih operacija, nevezanih za bazu, npr. sa Web serverom.

4. MODEL I REALIZACIJA PROGRAMSKOG PAKETA TIS

Efikasno upravljanje procesnim sistemom zahteva poznavanje trenutnog tehnološkog stanja celokupnog sistema, odnosno poznavanje velikog skupa podataka o topologiji sistema, karakteristikama i stanju elemenata sistema, trenutnim vrednostima procesnih veličina i slično. TIS je programski paket za prikaz korisničkih podataka o elementima procesnog sistema i za grafički prikaz trenutnog tehničko tehnološkog stanja sistema, koji, u tu svrhu, kombinuje podatke dobijene od telemetrijskog sistema u realnom vremenu sa podacima prikupljenim iz poslovnog okruženja. Ovaj programski paket funkcioniše kao spona između SCADA sistema, kome su pridodati ručni, prognozni i simulacioni podaci, i poslovnog informacionog sistema. Tehnološki informacioni sistem obuhvata tehnološke, telemetrijske, simulacione, prognozne i poslovne podatke o režimu procesnog sistema, načinu upravljanja i stanju ugrađene opreme [16].

Svi ovi podaci su neophodna osnova za analizu rada procesnog sistema, kao i za ekspertni sistem koji se koristi kao podrška u odlučivanju. Statistički i drugi podaci o stanju sistema su od posebnog značaja za izgradnju simulacionog modela, koji je izveden iz strukture procesnih promenljivih koje formiraju model fizičkog procesa. Osnovni problem pri razvoju i implementaciji akviziciono upravljačkog sistema jeste nemogućnost njenog ispitivanja na realnom sistemu. Zbog toga je neophodno obezbediti simulaciono okruženje koje što je moguće realnije preslikava model fizičkog sistema.

Modeli se uglavnom dele na dve vrste: determinističke i stohastičke. Deterministički modeli su izgrađeni na poznatim odnosima koji proizvode predvidive, ponovljive rezultate. Dok su deterministički modeli zasnovani na preciznim odnosima, stohastički modeli su sačinjeni pomoću teorije verovatnoće koja se koristi pri obradi skupa slučajnih događaja. U principu, stohastički modeli su sačinjeni korišćenjem podataka iz statistički validnih uzoraka sistema koji nam omogućavaju izvođenje zaključaka i procenu rezultata o ponašanju sistema u celini.

Modeli služe kao „kamen temeljac“ reprezentacije ili aproksimacije fizičke realnosti. Integracija oba modela u jedan izvršni okvir omogućuje stimulisanje interakcije i dobijanje odgovora o ponašanju sistema pod kontrolisanim uslovima, odnosno tada možemo da stvaramo simulaciju Sistema od interesa (SOI).

Kao analitički modeli, simulacije omogućuju sprovođenje ŠTA AKO vežbe sa svakim modelom ili sistemom. U tom kontekstu, namera je da korisnik razume funkcionalno ili fizičko ponašanje sistema i interakciju sa njim za dati skup scenarija i uslova radnog okruženja. Inženjer sistema, kao nosioc odgovornosti operativnog odlučivanja, trebao bi da na raspolaganju ima niz alternativa za podršku pri izboru najbolje odluke koja ispunjava niz propisanih scenarija i uslova radnog okruženja. U praktičnom smislu, ne može se priuštiti razvijanje arhitekture za svaku alternativu samo zato da bi se izvršila studija za najbolji izbor. Umesto toga moguće je konstruisati modele i simulacije koje su reprezentanti različitih konfiguracija funkcionalne ili fizičke arhitekture [10].

Formiranjem modela stvaraju se i uslovi za definisanje grafičkih prikaza kontrolisanog tehnološkog sistema. Ovaj korak je vrlo važan za uspostavljanje veze sa krajnjim korisnikom. Tehnološke šeme sistema su prvi izlaz razvojnog procesa koji sintetiše prethodne rezultate u očiglednu formu, razumljivu za sve korisnike sistema. Preko njih se uspostavlja prvi kontakt korisnika sa sistemom.

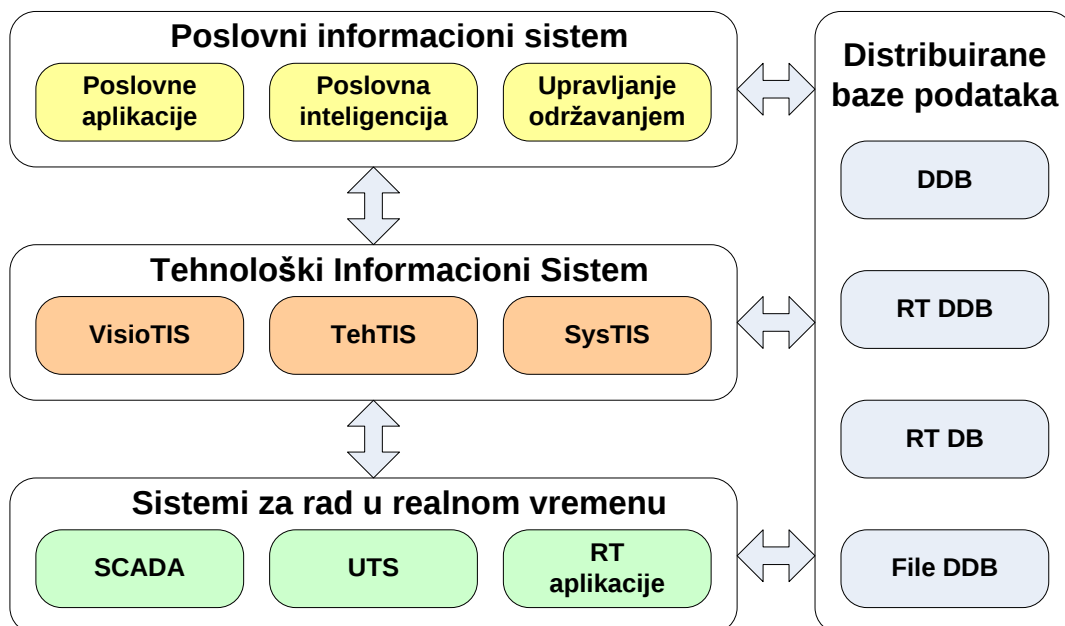
4.1. Globalna struktura programskog paketa TIS

Programski paket TIS obuhvata tri celine: programski paket VisioTIS namenjen za grafičko okruženje, programski paket TehTIS za korisničke podatke i programski paket SysTIS za prikupljanje podataka u realnom vremenu iz distribuiranih baza podataka, objedinjavanje ovih podataka i njihovo smeštanje u TIS bazu [19].

Grafičko okruženje služi za prikaz grafičkih podataka (tehnološke šeme objekata koji su telemetrisani) i za prikaz tehnoloških stanja elemenata procesnog sistema. Programski paket VisioTIS predstavlja grafičko okruženje koji omogućuje crtanje tehnoloških šema, prikaz tehnološkog stanja elemenata procesnog sistema uz mogućnost njihove izmena i za prikaz korisničkih podataka elementa.

Korisnički podaci o elementima procesnog sistema (zaporna, merna i regulaciona oprema, sigurnosna oprema i dr.), predstavljaju tehničke podatke kao što su dimenzije, proizvođač, datumi nabavke i ugradnje i slični, i oni se čuvaju u delu baze podataka namenjenom za korisničke podatke. Programski paket TehTIS omogućuje pregled i ažuriranje ovih podataka, kao i generisanje brojnih izveštaja.

Programski paket SysTIS obavlja funkciju prikupljanja podataka u realnom vremenu iz distribuiranih baza podataka i njihovo smeštanje u TIS bazu podataka. U okviru ovog programskog paketa se definišu intervali prikupljanja podataka za svaku grupu podataka ponaosob, kao i sprege prema bazama podataka koje se nalaze na različitim lokacijama i različitog su tipa. Realizovana je veza sa telemetrijskim (SCADA) sistemom i podacima kao i mogućnost prikazivanja vrednosti procesnih veličina preuzetih iz SCADA sistema, u realnom vremenu, na šemama za prikaz tehnološkog stanja u grafičkom delu programskog paketa TIS. Dakle, programski paket SysTIS se koristi za prikupljanje podataka u realnom vremenu iz heterogenog distribuiranog sistema.



Slika 4-1 Globalna struktura programskog paketa TIS

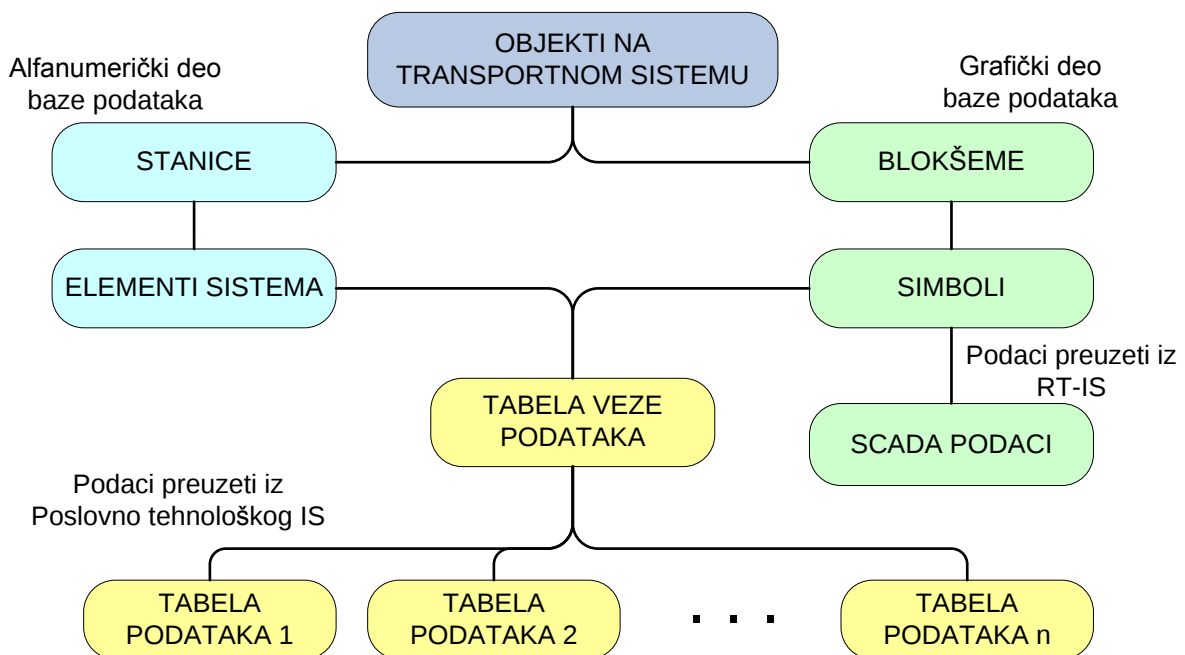
Na slici (Slika 4-1) je prikazana veza programa koji čine programski paket TIS sa ostatkom informacionog sistema. U nastavku rada biće pobjiže objašnjeni pojedini delovi informacionog sistema i njihov uticaj na tehnološki informacioni sistem.

4.2. Organizacija TIS baze podataka

TIS je programski paket koji omogućuje prikaz podataka vezanih za procesni sistem i za njegove elemente. Za tu svrhu neophodna je baza podataka u kojoj su smešteni ažurni podaci o sistemu, i ona predstavlja sastavni deo tehnološkog informacionog sistema. Programsko rešenje je omogućilo objedinjavanje i međusobno povezivanje grafičkih i alfanumeričkih podataka u jedinstveni informacioni sistem, u cilju analize i praćenja tehnološkog stanja transportnog sistema, prezentovanja tehničkih podataka o elementima sistema u grafičkom i alfanumeričkom radnom okruženju.

Baza podataka, kao što je prikazano na slici (Slika 4-2) se sastoji iz sledećih logičkih celina:

- grafički podaci (tehnološke šeme objekata i drugih delova transportnog procesnog sistema),
- konfiguracioni podaci i podaci o tehnološkom stanju transportnog procesnog sistema,
- korisnički podaci (alfanumerički podaci o elementima procesnog sistema).



Slika 4-2 Šematski prikaz implementirane baze podataka

Osnovu grafičkog dela TIS baze podataka čine tehnološke šeme za sve objekte na transportnom procesnog sistemu. Grafički podaci se čuvaju u standardnim Microsoft Visio datotekama, a ostali podaci vezani za tehnološko stanje transportnog sistema su uskladišteni u delu baze podataka namenjenom za tehnološke podatke. Crtanje blok šema i popunjavanje baze podacima o tehnološkom stanju sistema se vrši iz programskog paketa VisioTIS.

Deo TIS baze podataka namenjen korisničkim podacima popunjen je prikupljenim korisničkim podacima za svaki elemenat procesnog sistema. Prikupljanje podataka je vršeno automatski gde god je to bilo moguće, ili ručno u toku redovnih obilazaka procesnog sistema. Programski paket TehTIS je alfanumerički

deo TIS rešenja kojim se obavlja definisanje i održavanje pripadajuće baze korisničkih podataka.

Za popunjavanje dela baze u koji se skladište SCADA podaci koristi se programski paket SysTIS. Ovaj programski paket u bazu upisuje trenutne vrednosti veličina preuzetih od SCADA sistema.

Standardna struktura zapisa omogućava preuzimanje svih prikupljenih podataka i drugim komercijalnim programskim paketima. Postojeće rešenje primenom ODBC veze sa bazom podataka omogućava primenu proizvoljnog formata baze podataka. Korisnički alfanumerički podaci o samim elementima, npr. dimenzije, model, tip, proizvođač, serijski broj, datum zadnjeg pregleda i slično, čuvaju se u pratećoj relacionoj bazi, povezani su sa grafičkim simbolom, i dostupni su na klik mišem.

Da bi se očuvala konzistentnost baze podataka i sačuvali podaci od neautorizovanog pristupa, prilikom pokretanja programa od korisnika se zahteva identifikacija i validacija. Pri tom mu se dodeljuje nivo privilegija na osnovu koje se definišu prava korisnika u pogledu pristupa, izmene i unosa podataka. Definirano je četiri nivoa privilegija od supervizora sistema koji ima prava unosa i brisanja korisnika, preko administratora i operatera sistema do posmatrača koji ima samo pravo pregleda podataka. Podaci u bazi podataka su takođe grupisani u skladu sa organizacijom preduzeća. Organizaciona šema preduzeća je implementirana u bazu podataka po hijerarhijskom principu. Podaci koji se odnose na određeni organizacioni deo su vidljivi i na hijerarhijski višem organizacionom nivou. Svaki korisnik programa pripada određenom organizacionom delu, i po uspešnom prijavljivanju na sistem, omogućeno mu je da pristupa samo onim delovima procesnog sistema, tj. podacima i šemama koji se odnose na taj ili hijerarhijski niži organizacioni deo.

4.3. Grafičko okruženje i grafički podaci

Grafičko okruženje programskog paketa TIS služi za prikaz grafičkih podataka i za prikaz tehnološkog stanja elemenata procesnog sistema. Pod grafičkim prikazom se podrazumeva prikaz tehnoloških šema i podataka uz mogućnost pregleda i izmena podataka o tehnološkom stanju elemenata.

Grafičko okruženje je realizovano u grafičkom razvojnom i korisničkom okruženju Microsoft Office Visio 2007 uz korišćenje Microsoft Visual C++ 2005 programskog paketa. Microsoft Visio je grafički editor opšte namene, koji je izabran za grafičko okruženje prvenstveno zbog izuzetno jednostavnog načina korišćenja. Vreme neophodno za obuku korisnika je minimalno, a mogućnosti ovog programskog paketa su više nego dovoljne da zadovolje potrebe osmišljenog grafičkog okruženja. Formiranjem Microsoft Visio crteža, zapravo se konstruiše model realnog sistema. Svaki od simbola na crtežu predstavlja jedan element u realnom sistemu. U okviru prezentovanog rešenja modelira se transportna mreža, a objekte tog modela predstavljaju elementi mreže [18].

Analizom polaznih tehnoloških šema objekata na sistemu, utvrđeno je da se prisutni elementi mogu klasifikovati kao ulazni, izlazni, aktivni (ventili/prekidači), pasivni i spojni (cevi/vodovi). Definisanjem elemenata sistema na ovaj način (razlikovanjem njihovog tipa), uz poznavanje međusobnih veza između elemenata, definisan je algoritam prikaza tehnološkog stanja na tehnološkoj blok šemi.

U toku eksploatacije programa došlo se do zaključka da je nivo detaljnosti jednog prikaza u nekim slučajevima prevelik. Iz tog razloga je uveden novi element,

multielement. Multielement omogućuje vezu između tehnoloških šema na različitim crtežima, koji na šemi višeg nivoa jednim simbolom odslikava stanje tehnološke šeme koju zamenjuje. Ovim je značajno olakšan rad korisnika sa programskim okruženjem TIS, jer se na ekranu prikazuje samo onaj deo ukupnog sistema koji je korisniku od interesa. Pri tome se u celini zadržava funkcionalnost proračuna atributa prikaza kao da je ceo sistem predstavljen jednim crtežom. Ovakvo rešenje ima i značajnu prednost u kasnijoj migraciji ka prikazu preko http stranica, jer smanjuje količinu podataka i kompleksnost proračuna koje obavlja centralni server [20].

Postoje dva režima rada VisioTIS programskog paketa: *Draw* (Crtanje) i *View* (Pregled). VisioTIS u režimu *Draw* se koristi za crtanje tehnoloških šema. Režim *View* služi za prikaz tehnološkog stanja transportnog sistema, kao i za pristup i izmenu podataka vezanih za tehnološko stanje elemenata transportnog sistema. Jedan od ciljeva programskog paketa VisioTIS je da omogući prikaz trenutnog stanja elemenata i vrednosti procesnih veličina koje se prate SCADA sistemom. Treba naglasiti da je prikazano stanje aktivnih elemenata zadato u skladu sa transportnim režimom, a da realno stanje može biti drugačije. Naravno, ono se može uporediti sa adekvatnom telemetrijskom veličinom, ukoliko je ona raspoloživa. Ti podaci su predstavljeni bojom samih aktivnih elemenata (simbola) i tekstualnim ispisom vrednosti odnosno stanja na zadatom položaju.

Nakon pokretanja programa VisioTIS u nekom od ova dva režima, na ekranu će se pojaviti korisnička sprega Microsoft Office Visio 2007 prilagođena odabranom režimu.

U odnosu na standardni izgled Microsoft Visio 2007 menija, meniji u režimu *Draw* su njihova redukovana varijanta. Zadržane su samo one funkcije u meniju koje su neophodne korisniku za crtanje šeme, a isto važi i za palete sa alatima.

Prilikom crtanja tehnoloških šema u režimu *Draw* koriste se simboli iz unapred zadate biblioteke simbola. Na ovaj način je postignuta jednoobraznost. Kreiranje novog simbola je moguće i vrši se korišćenjem Microsoft Visio alatki za crtanje. Da bi se ubrzala simulacija uveden je element za povezivanje (*connection point*) preko koga se povezuju ostali elementi. Na ovaj način se izbegava situacija da više od dva elementa budu povezana u jednoj tački, a omogućeno je da se pomoću poziva jednostavnih metoda dobiju informacije o susednim elementima, što je od izuzetne važnosti u toku simulacije. Crtanje u ovom režimu se odvija po unapred definisanim pravilima, a najvažnije je da svi elementi moraju biti međusobno povezani preko tačaka za povezivanje, čime se omogućava prikaz tehnološkog stanja transportnog sistema u režimu *View*.

Koncept rada sa podacima grafičkog okruženja je umnogome unapređen u odnosu na ranije verzije, a time se verovatnoća postojanja nekonzistentnih podataka u bazi svela na minimum. Šeme objekata na transportnom sistemu su često veoma složene. Zato postoji velika verovatnoća da će doći do nekonzistentnosti podataka u bazi i na crtežu ukoliko se rad sa podacima u bazi podataka obavlja u toku crtanja. Tek kad je šema nacrtana vrši se provera i podaci se zapisuju u bazu čime je šema spremna za simulaciju. U ovoj verziji je dodata signalizacija greške. Ako element na šemi nije nacrtan u skladu sa pravilima koji omogućuju ispravnu simulaciju, korisnik se obaveštava u toku samog crtanja da je postoji greška porukom o grešci i izmenom boje pogrešno nacrtanog elementa.

U okviru režima *View* moguća je promena stanja aktivnih elemenata i simulacija protoka/struje energenta, odnosno prikaz prisustva pritiska/napona u delovima transportnog sistema. U režimu *View* je takođe bilo neophodno izmeniti izgled menija i palete sa alatima u odnosu na izgled u standardnom Microsoft Visio programskom

okruženju, ali ovog puta su oni izmenjeni u skladu sa potrebama u režimu *View*. Od standardnih opcija Visio alata korisniku je omogućeno samo da otvori i zatvori šemu, odštampa istu, podesi stranicu za prikaz šeme, uveća je i smanji. Po učitavanju šeme, aktivni elementi koji su otvoreni su predstavljeni zelenom bojom, oni koji su zatvoreni crvenom bojom, a svi ostali elementi (pasivni elementi) predstavljeni su crnom bojom. Spojni elementi kroz koje postoji protok/struja obeleženi su ljubičastom bojom, a spojni elementi u kojima postoji samo pritisak/napon, a ne postoji protok/struja, obeležene su plavom bojom, ostali spojni elementi, u kojima nije prisutan energent, obeležene su crnom bojom.

Svaki elemenat šeme je povezan sa podacima u bazi, čime je omogućena izmena stanja aktivnih elemenata uz automatski zapis stanja u bazu, i sve intervencije koje korisnik izvrši automatski se vide i na ostalim nivoima prikaza.

Prilikom otvaranja šeme omogućeno je jedino otvaranje šema koje se nalaze u bazi podataka. Takođe, ne postoji mogućnost da krajnji korisnik unosi bilo kakve izmene na šemi (briše elemente, prepravljajući ih, grupiše, dodaje nove). Korisnik jedino može da menja stanje aktivnih elemenata (otvoreno/zatvoreno) što se na crtežu prikazuje odgovarajućom bojom (zeleno/crveno) i na taj način utiče na prikaz stanja sistema. U ovom režimu je moguć pregled korisničkih podataka o svakom elementu šeme, sa kojima je odabrani elemenat povezan, ali nije moguća nikakva izmena podataka. Podaci se nalaze u bazi podataka i prikazuju se u posebnom prozoru namenjenom za tu svrhu.

4.4. Korisnički podaci

Suština realizovanog Tehnološkog informacionog sistema je u formiranju realne TIS baze podataka, koja integriše podatke neophodne za održavanje i kao podrška u odlučivanju u toku upravljanja gasovodnim transportnim sistemom.

Korisnički podaci o elementima transportnog sistema, kao što je zaporna, merna i regulaciona oprema, sigurnosna i druga oprema, predstavljaju tehničke podatke kao što su dimenzije, proizvođač, datumi nabavke i ugradnje i druge karakteristike, se čuvaju u delu baze podataka namenjenom za korisničke podatke. Podacima se pristupa iz programskog paketa TehTIS koji omogućuje definiciju, pregled i ažuriranje podataka, kao i generisanje brojnih izveštaja.

Korisnički podaci su specifični za svaki transportni sistem i svaki njegov elemenat. Iz tog razloga korisnički podaci koji se nalaze u većem broju nezavisnih tabela ostvaruju vezu sa ostatkom TIS baze preko samo jedne tabele, kao na slici (Slika 4-2). U toj tabeli se nalaze definisane veze između tabela elemenata transportnog sistema, simbola na šemi i korisničkih podataka. Na ovaj način TIS se može koristiti za svaki transportni sistem uz minimalne izmene u samom programskom paketu TehTIS i nad bazom podataka.

TIS bazom korisničkih podataka obuhvaćeni su podaci potrebni službama za transport i distribuciju, a to su većim delom podaci o opremi instalisanoj u polju, vezano za tip i vrstu, proizvođača opreme, godinu proizvodnje, dimenzije, mehaničke i električne karakteristike opreme i slično, kao i podaci vezani za redovne obilaske objekata i redovne kontrole elemenata procesnog sistema. Izveštaji koji se generišu zahvaljujući prikupljenim podacima su potrebni za pouzdaniju procenu stanja sistema i planiranja rekonstrukcija, nabavki rezervnih delova i planiranja redovnih provera

opreme i sigurnosti sistema, kao i u cilju pružanja što kvalitetnije usluge korisniku transportnog sistema.

Operatoru sistema (dispečerski centar) pregledom podataka i aktivnih tehnoloških šema je omogućeno praćenje transportnog sistema, a prikupljene podatke koristi najviše kao podršku u odlučivanju pri upravljanju, zato što je ova služba odgovorna za efikasno i bezbedno funkcionisanje transportnog sistema. Operatoru sistema brine o ažuriranju podataka o stanju aktivnih elemenata na sistemu, kako bi se dobili tačni podaci o toku energenta kroz sistem i brine o tačnosti tehnoloških šema objekata na transportnom sistemu (stanice) [17]. Službe održavanja u bazu smeštaju, ažuriraju podatke i generišu izveštaje o mernoj, regulacionoj, sigurnosnoj, elektronskoj, telemetrijskoj i komunikacionoj opremi i pasivnim mehaničkim elementima sistema, podatke o vanrednim kontrolama, popravkama i zamenama opreme i elemenata, podatke o redovnim zamenama delova opreme, kao i sve potrebne podatke vezane za mehaničke i električne karakteristike ovih elemenata koji su od značaja pri popravci ili zameni. Služba kvaliteta generiše izveštaje vezane za kvalitet i redovnost isporuke energenta. Služba zaštite od požara u bazu smešta, ažurira podatke i generišu izveštaje vezane za protivpožarnu zaštitu na objektima transportnog sistema, i podatke o redovnim kontrolama opreme i obilascima objekata na transportnom sistemu. Službe za investicije i investiciono održavanje i službe za finansijske i komercijalne poslove iz baze dobijaju podatke o opremi na sistemu vezano za tip i vrstu, proizvođača opreme, električne i mehaničke karakteristike, broj komada na sistemu, godinu proizvodnje, a sve u cilju procene stanja transportnog sistema, planiranja nabavki rezervnih delova, planiranja rekonstrukcija i planiranja izgradnje novih objekata na sistemu. Sve ove radnje dovode do veće uniformnosti opreme, čime se troškovi održavanja drastično smanjuju. Službe za pravne poslove u bazu smeštaju podataka i generišu izveštaje vezane za lokacije objekata sistema, kao i podatke i izveštaje vezane za zemljišne knjige, a u cilju procene najprihvatljivijeg rešenja sa pravnog stanovišta za izgradnju novih objekata ili održavanje postojećih.

Prednosti upotrebe ovog sistema su višestruke i obuhvataju povećanje bezbednosti transportnog sistema kroz redovno praćenje održavanja i mogućnost praćenja radova na održavanju. Omogućena je analiza baze podataka radi izrade liste rezervnih delova koji moraju biti u magacinu za redovno održavanje i praćenje stanja rezervnih delova u magacinu što je dovelo do smanjenja troškova održavanja iz razloga što se unapred zna koja je oprema ugrađena, kada je servisirana, ko je servisirao i koji su eventualni nedostaci na opremi. Na osnovu statistike, koja je sastavni deo baze, moguće je izvršiti analizu ugrađene opreme sa stanovišta pouzdanosti, učestalosti kvarova i troškova održavanja, što dovodi do boljeg izbora u procesu nabavke potrebne opreme.

Većina izveštaja koji se generišu u okviru programskog paketa TehTIS, a koji su vezani za korisničke podatke, su tabelarnog tipa, kako zbog veće preglednosti tako i zbog jednostavnijih naknadnih analiza. Svi tabelarni izveštaji, pored toga što se mogu odštampati, mogu se eksportovati i u neki drugi format, kao što je najčešće prihvaćen Microsoft Excel.

Korisnički podaci se ažuriraju van realnog vremena putem unosa i ispravki podataka od strane odgovornih lica koja su zadužena za tu grupu podataka. Deo podataka o stanju sistema prikupljaju se u realnom vremenu preuzimanjem od SCADA sistema.

Kao što je ranije navedeno postoje dva pristupa pri rešavanju problema rada sa heterogenim distribuiranim sistemom. Jedan je izrada sistema multibaza podataka, a

drugi je manje ambiciozan, ali i komercijalno zastupljeniji i njegova suština je u izradi aplikativnih programa. U skladu sa zahtevom da je potrebno na uniforman način obezbediti pristup svim neophodnim podacima, organizovana je TIS baza podataka prihvatajući drugi pristup. Programski paket SysTIS omogućuje pristup podacima u heterogenom distribuiranog sistema, tako što podatke iz distribuiranih baza različitih proizvođača objedinjuje i smešta u TIS bazu podataka kome ostali programski paketi pristupaju [21]. U realnom vremenu, programski paket SysTIS obavlja sinhronizaciju podataka koji se nalaze u TIS bazi sa originalnim podacima smeštenim u bazama podataka koje se nalaze na različitim lokacijama. U okviru ovog programskog paketa se definišu intervali prikupljanja i uklanjanja podataka za svaku grupu podataka ponaosob, kao i interfejsi prema bazama podataka koje su različitog tipa i nalaze se na lokacijama koje mogu biti veoma udaljene.

4.5. Realizacija programskog paketa TIS

Programski paket TIS je, po napred navedenom konceptu, realizovan na Katedri za računarsku tehniku i računarske komunikacije, Fakulteta Tehničkih Nauka u Novom Sadu, a u saradnji sa službama u JP Srbijagas Novi Sad. Razvijen je u nastojanju da se pruži podrška u proceni i analizi stanja transportnog sistema. U nastavku će detaljnije biti prikazano rešenje koje je implementirano u JP Srbijagas Novi Sad i kao sastavni deo GAUS sistema, učestvuje u upravljanju Gasovodnim Transportnim Sistemom (GTS).

4.5.1. Osnove programskog rešenja

Kao što je već rečeno i kao što se na slici (Slika 4-1) vidi TIS obuhvata tri programska paketa VisioTIS 2007 namenjen za grafičko okruženje, TehTIS 2007 za pregled i ažuriranje korisničkih podataka i SysTIS 2007 za prikupljanje podataka u realnom vremenu iz distribuiranih baza podataka različitih proizvođača i objedinjavanje ovih podataka i njihovo smeštanje u TIS bazu.

Programsko okruženje za realizaciju kompletne potrebne programske podrške čini operativni sistem Microsoft Windows XP ili noviji. Programski paketi Microsoft Office Visio 2007 i Microsoft Visual C++ 2005 .Net su korišćeni za realizaciju grafičkog okruženja VisioTIS 2007. Za projektovanje relacione baze podataka korišćen je programski paket Sybase PowerDesigner 10.0, server baze podataka i sama TIS baza podataka je realizovana primenom programskog paketa Sybase SQL Anywhere 9.0.2 u relacionom klijent-server modelu. Programski paket Sybase PowerBuilder 10.5 je korišćen za izradu programa TehTIS 2007 kao i programa SysTIS 2007.

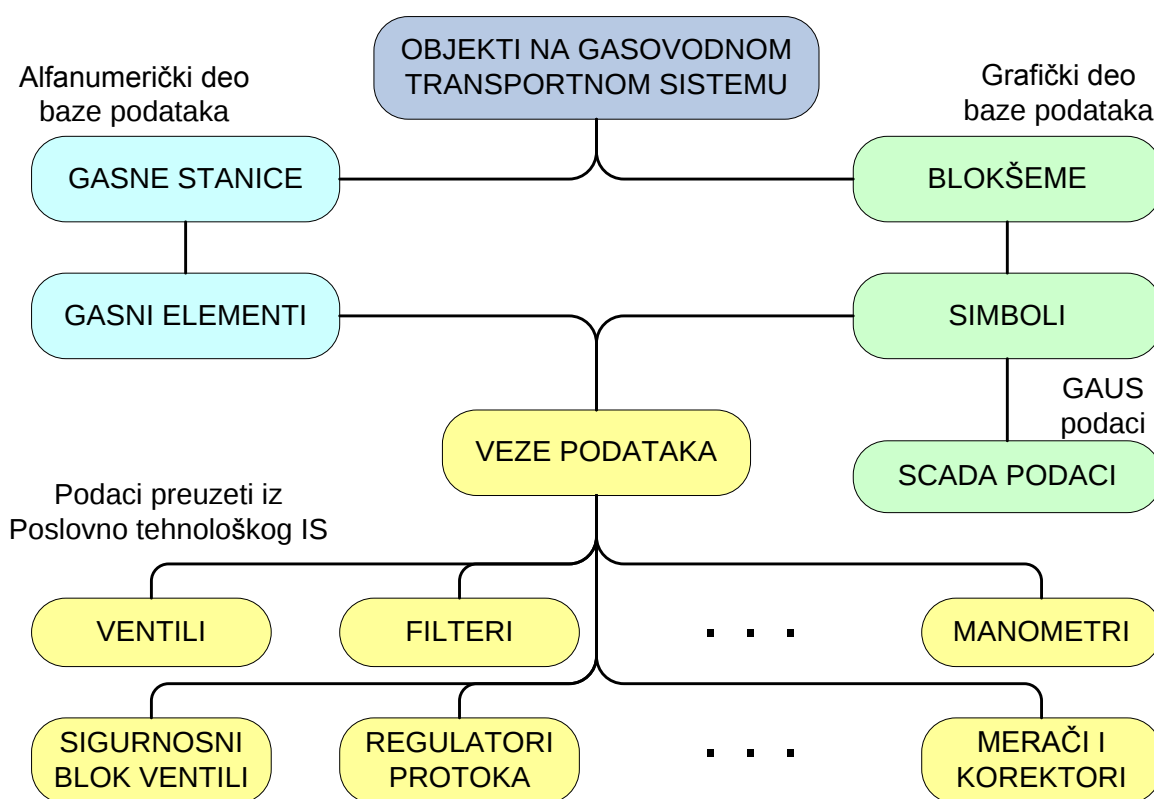
U toku planiranja i razvoja Tehnološkog informacionog sistema korišćeni su principi koji se primenjuju kod alata za poslovnu inteligenciju (*Business Intelligence*) i servera za skladištenje podataka (*Data Warehouse*). Navedeni alati i način organizovanja informacionog sistema postaju trend u svetu i sve je veća potreba za programskim alatima koji omogućavaju pristup distribuiranim podacima. Heterogeni distribuirani sistemi su sve više zastupljeni u informacionim sistemima, a nastali su kao posledica objedinjavanja baza podataka radi detaljnih analiza. Principi i iskustva koja su implementirana u alate za poslovnu inteligenciju, su korišćeni u toku rada na

programskom paketu TIS, a najviše pri projektovanju TIS baze podataka i u toku izrade programskog paketa SysTIS 2007.

4.5.2. TIS baza podataka

Programski paket TIS koji je implementiran u JP Srbijagas Novi Sad omogućuje prikaz podataka vezanih za Gasovodni transportni sistem i njegove elemente. Kao što je napred prikazano, za tu svrhu je neophodna baza podataka u kojoj su smešteni ažurni podaci o GTS. Baza podataka se sastoji iz sledećih logičkih celina:

- grafički podaci (tehnološke šeme gasnih stanica i drugih delova GTS),
- podaci o tehnološkom stanju GTS i konfiguracioni podaci,
- korisnički podaci (alfanumerički podaci o elementima GTS),



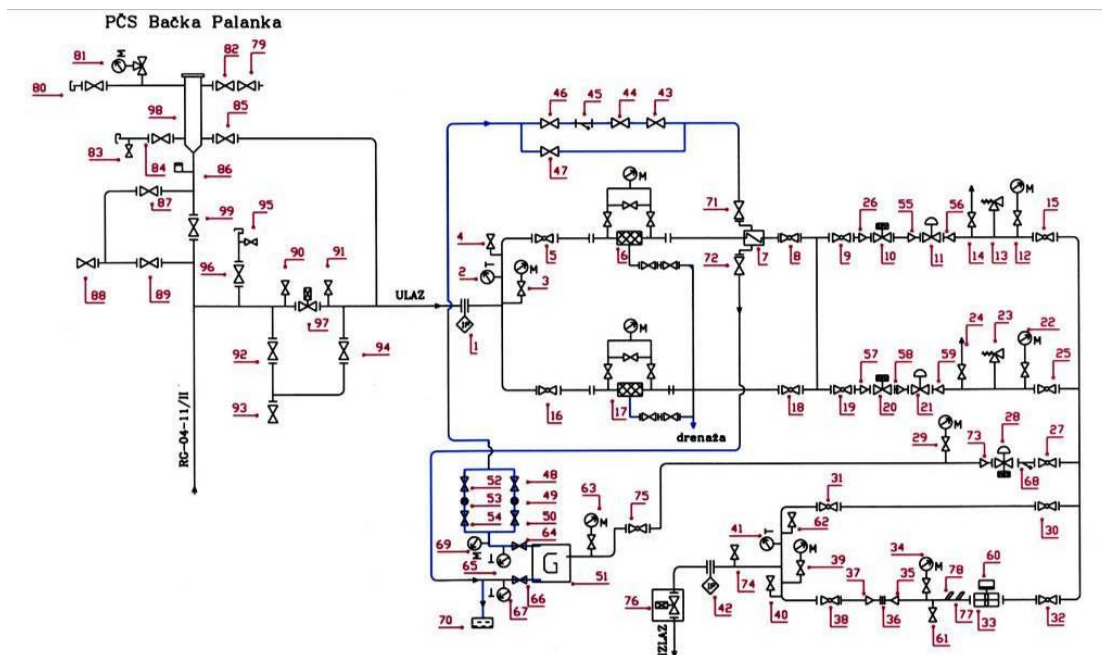
Slika 4-3 Šematski prikaz baze podataka u JP Srbijagas Novi Sad

Kao što je na slici (Slika 4-3) prikazano polazna tabela je tabela Objekata na GTS u kojoj se nalazi spisak svih gasnih stanica u sistemu. Ova tabela je u vezi sa tabelom Gasne stanice u kojoj su smešteni podaci vezani za samu stanicu, kao što su instalisani kapacitet stanice, broj ulaza, izlaza, mernih i regulacionih linija i slično. Druga tabela koja je u vezi sa tabelom Objekata, je tabela Blokšeme u kojoj se nalaze nazivi i putanje do tehnoloških blok šema gasnih stanica u formi Visio crteža. Svaka od ove dve tabele predstavlja početnu tabelu dva logički razdvojena dela baze podataka, alfanumerički deo i grafički deo baze podataka. Gasne stanice čine gasni elementi koji su na tehnološkoj blok šemi jednoznačno određeni svojim brojem. Ostala bitna polja u ovoj tabeli su naziv elementa, namena i napomena. Ova tabela se popunjava iz programskog paketa TehTIS 2007. Tehnološku blok šemu čini skup simbola na crtežu čije reference su smeštene u tabelu Simboli. Naziv i tip simbola,

stanje elementa, tekst koji će da bude štampan u Legendi na crtežu su neki od podataka koji se skladište u ovoj tabeli. Od podataka koji su smešteni u ovu tabelu izdvajamo još i podatke koji omogućuju vezu sa podacima u tabeli SCADA podataka. Zbog specifičnosti novog tipa simbola pod nazivom Multielement, baza podataka je proširena tabelom sa istim imenom, u koju su smešteni podaci o vezama između blok šema na različitim nivoima hijerarhije. U tabeli Multielementi se nalaze polja koja predstavljaju reference na simbol sa šeme nižeg nivoa, zatim šifre ulaza i izlaza elemenata na šemi višeg nivoa. Ova tabela je dodata zbog potrebe preslikavanja stanja ulaza i izlaza sa šeme višeg (nižeg) nivoa, na šemu nižeg (višeg) nivoa. Tabela Simboli se popunjava iz programskog paketa VisioTIS 2007. U tabelama vezanim za SCADA sistem, smešteni su podaci koji se preuzimaju od sistema GAUS u realnom vremenu, zahvaljujući programu SysTIS 2007.

Tabela Veza omogućuje vezu gasnih elemenata i simbola na blok šemi preko tabele Podatak sa korisničkim podacima. Tabela Podatak je vezana sa specifičnim tabelama za gasnu opremu i uređaje, kao što su tabele Zaporni elementi (ventili), Manometri, Termometri, Filteri, Izolacioni elementi, Izmenjivači toplote, Kondenz lonci, Protivpožarne klapne, Čistači, Redukcije, zatim tabele za mernu, regulacionu i sigurnosnu opremu, kao što su tabele Sigurnosni blok ventili, Regulatori protoka, Merači, Korektori i drugo. Svaka od ovih tabela predstavlja skup specifičnih podataka koji opisuju posmatrani gasni element. Sve tabele imaju jedan broj podataka koji su prisutni u svakoj tabeli za svaki element, kao na primer naziv, tip, proizvođač, godina proizvodnje, fabrički broj i slično. Popunjavanje navedenih tabele korisničkim podacima se vrši uz pomoć programskog paketa TehTIS 2007.

Zahvaljujući bazi korisničkih podataka vezanih za maksimalni kapacitet stanice, ugrađenu mernu i regulacionu opremu javila se mogućnost tačnog uvida u instalisani kapacitet potrošača na svakom transportnom pravcu. Na ovaj način se stekao uvid u slobodne kapacitete transportnog sistema što je omogućilo ekonomično planiranje i izdavanje slobodnih kapaciteta.



Slika 4-4 Tehnološka šema gasne stanice

Tehnološke blok šeme gasnih stanica na Gasovodnom transportnom sistemu koje su urađene u Microsoft Visio formatu predstavljaju grafičke podatke TIS baze podataka. Ove šeme su izrađene korišćenjem programa VisioTIS 2007. Na slici (Slika 4-4) je prikazana polazna tehnološka blok šema gasne stanice koja pripada gasovodnom transportnom sistemu JP Srbijagas Novi Sad.

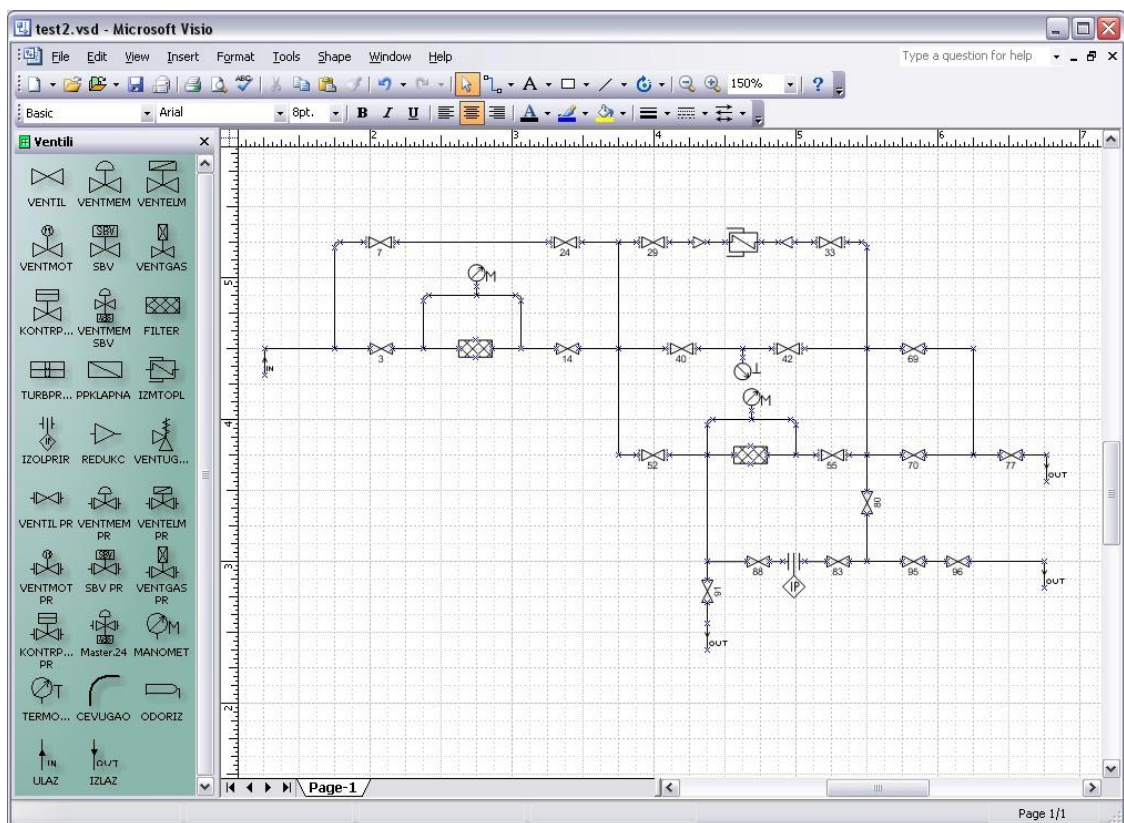
4.5.3. Grafičko okruženje

Grafičko okruženje je realizovano kroz programski paket VisioTIS 2007, kojim se obezbeđuje crtanje tehnoloških šema u skladu sa definisanim pravilima, prikaz stanja toka gasa kroz GTS, pristup i izmena podataka o tehnološkom stanju elemenata GTS i prikaz SCADA i korisničkih podataka o elementu ukoliko se oni nalaze u bazi. Ovim programskim paketom je urađeno objedinjavanje, sistematizacija i unifikacija svih tehnoloških blok šema i elemenata GTS preduzeća JP Srbijagas Novi Sad i njegova prezentacija u grafičkom radnom okruženju Microsoft Visio 2007. Operateru je omogućeno da dok vrši pregled blok šema koje mu daju detaljan uvid u topologiju sistema, vidi i trenutne vrednosti procesnih veličine vezane za posmatrane elemente GTS, a koji su preuzete iz GAUS sistema.

Programski paket VisioTIS 2007 radi u sledeća dva režima: *Draw* (Crtanje) i *View* (Pregled).

4.5.3.1. VisioTIS 2007 u režimu *Draw*

Osnovna mogućnost koju programski paket VisioTIS u režimu *Draw* omogućuje je crtanje tehnoloških blok šema gasnih stanica.



Slika 4-5 Izgled korisničke sprege u režimu *Draw*

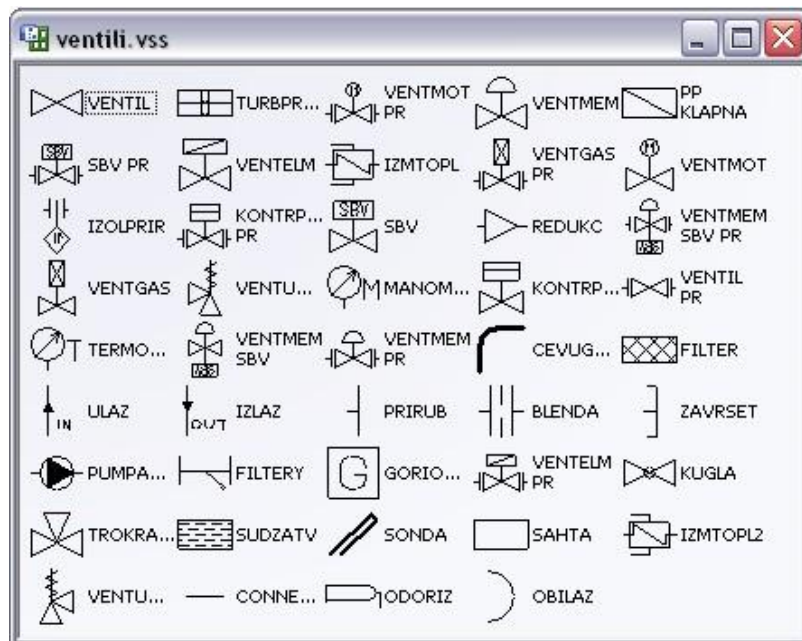
U odnosu na standardni izgled Microsoft Visio 2007 menija, meniji u režimu *Draw* su njihova redukovana varijanta. Naime, zadržani su samo one funkcije koje su neophodne korisniku za crtanje šeme, a isto važi i za palete sa alatima. Na levoj strani ekrana se nalazi prozor koji sadrži simbole, a sa desne je površina za crtanje, kao na slici (Slika 4-5). Elementi šema su simboli i konektori koji ih spajaju. Konektori predstavljaju cevi, a simbolima su predstavljeni svi ostali elementi (ventili, redukcije, filteri, termometri, manometri i drugi pasivni elementi, zatim merna, regulaciona i sigurnosna oprema, ulazi, izlazi i slično).

U okviru programa realizovane su programske procedure za crtanje novih tehnoloških blok šema kao i izmenu već postojećih. Pri crtanju blok šema, kako bi se obezbedila ažurnost grafičkih podataka treba poštovati sledeća pravila:

- Svi elementi su povezani preko tačaka za povezivanje (*connection points*).
- U jednoj tački mogu biti povezana samo dva elementa.
- Tehnološka šema ima najmanje jedan ulaz.
- Tehnološka šema ima najmanje jedan izlaz.
- Brojevi elemenata su jedinstveni na šemi.
- Elementi koji u realnom sistemu imaju broj (npr. ventili, merna oprema, filteri...) imaju broj i na šemi, dok elementi koji u realnom sistemu nemaju broj (npr. cevi, konektori...) nemaju broj ni na šemi.

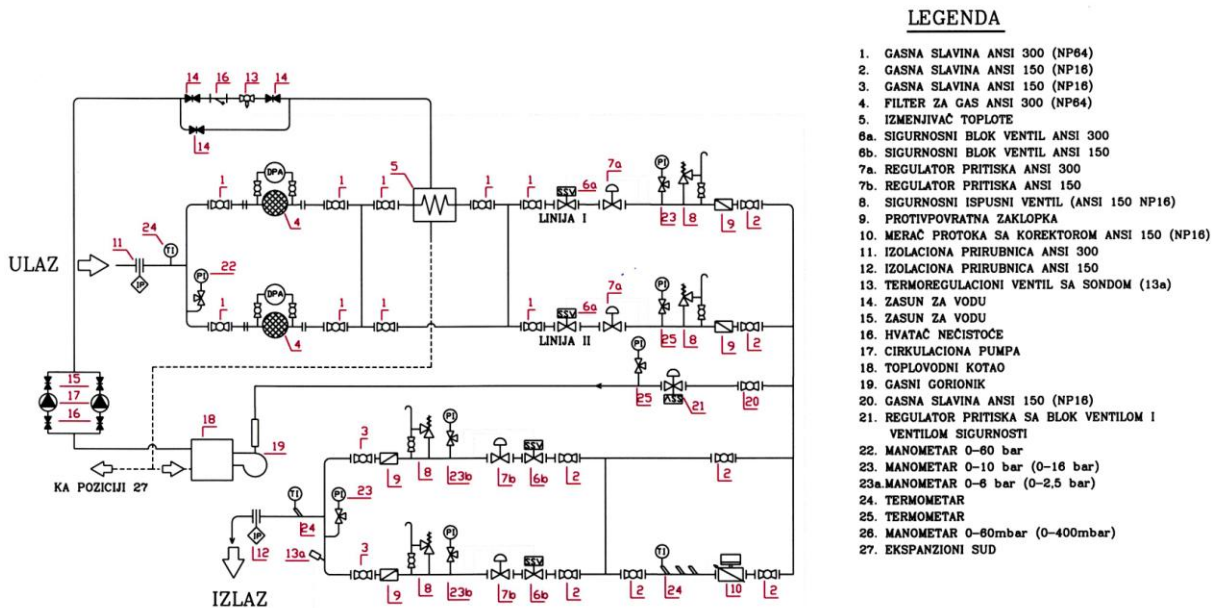
Ako prethodno navedena pravila nisu ispoštovana program javlja grešku, tako što je pogrešan elemenat na šemi predstavljen crvenom bojom. Bez obzira na grešku, šema će biti sačuvana u bazi, a da je šema neispravno nacrtana znaće se na osnovu statusnog polja u bazi.

Pri crtanju korisnik koristi simbole iz zadate biblioteke simbola (Slika 4-6), gde je izgled simbola usaglašen sa važećim standardima. Na taj način je postignuta jednoobraznost. Kreiranje novog simbola je omogućeno i vrši se korišćenjem alatki za crtanje koje su sastavni deo paketa Microsoft Visio 2007.



Slika 4-6 Simboli gasnih elemenata u režimu *Draw*

U režimu *Draw* se definišu veze između SCADA simbola i tabeli SCADA podataka, kako bi se vrednosti dobijene iz GAUS sistema mogle prikazati na blok šemi. U toku ovog postupka određuje se i vreme osvežavanja i način ovog prikaza.



Slika 4-7 Izgled odštampane tehnološke šeme gasne stanice iz režima *Draw*

U ovom režimu je omogućeno i štampanje tehnoloških blok šema gasnih stanica sa pripadajućom listom elemenata (Legenda) kao što je prikazano na slici (Slika 4-7).

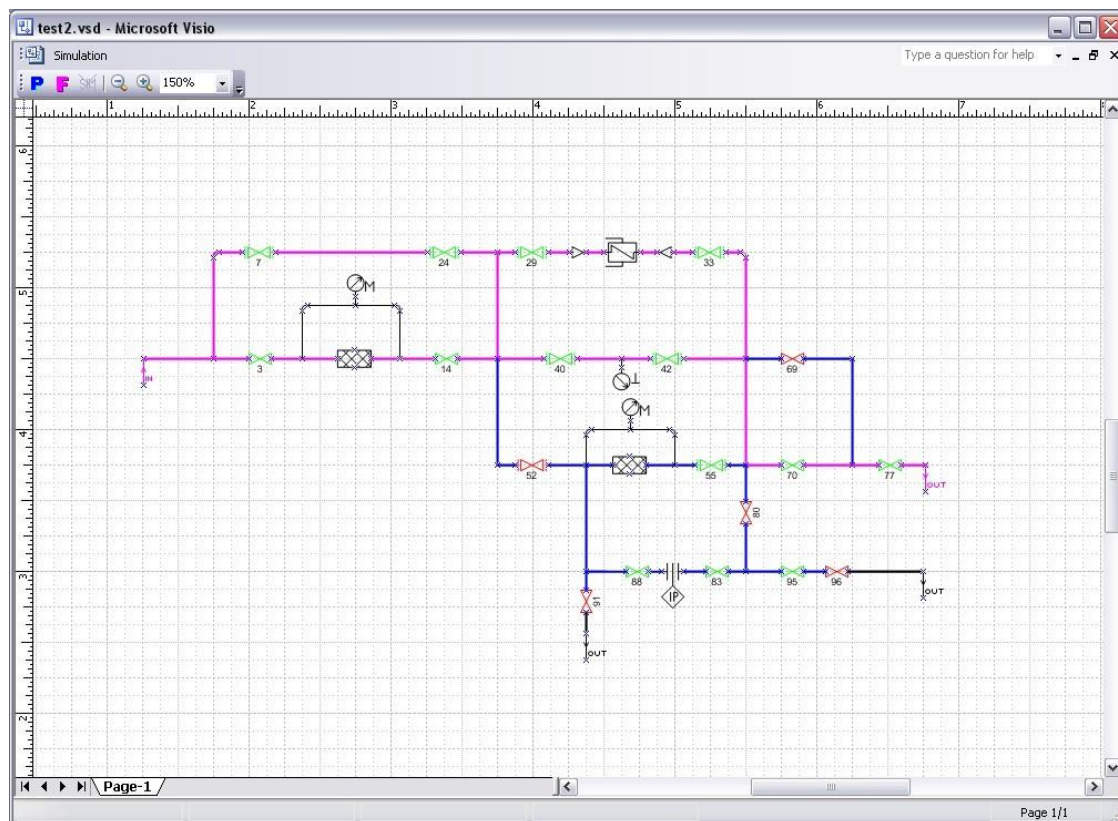
4.5.3.2. VisioTIS 2007 u režimu *View*

Režim *View* se koristi za prikaz stanja toka gasa kroz GTS, pristup i izmenu podataka o tehnološkom stanju elemenata GTS i prikaz vrednosti koje su preuzete iz sistema GAUS. U okviru ovog režima moguća je promena stanja aktivnih elemenata i simulacija protoka gasa, odnosno prikaz prisustva pritiska u delovima GTS.

Nakon pokretanja VisioTIS-a u režimu *View* u okviru startnog dijaloga, na ekranu će se pojaviti korisnička sprega paketa Microsoft Visio 2007 prilagođena ovom režimu kao na slici (Slika 4-8). Po učitavanju šeme, aktivni elementi koji su otvoreni su predstavljeni zelenom bojom, oni koji su zatvoreni crvenom bojom, a svi ostali elementi (pasivni elementi) predstavljeni su crnom bojom. Cevi kroz koje postoji protok gasa obeležene su ljubičastom bojom, a cevi u kojima postoji samo pritisak, a ne postoji protok, obeležene su plavom bojom, ostale cevi, cevi bez gasa, obeležene su crnom bojom.

Na prikazanoj tehnološkoj šemi se može vršiti izmena stanja aktivnih elemenata (nezavisno od realnog sistema) uz automatski zapis stanja u bazu podataka. Treba naglasiti da je prikazano stanje aktivnih elemenata zadato u skladu sa transportnim režimom, a da realno stanje na stanici može biti drugačije. Naravno, ono se može uporediti sa adekvatnom telemetrijskom veličinom dobijenom iz GAUS sistema, ukoliko je ona raspoloživa. Ti podaci su predstavljeni bojom simbola aktivnih elemenata i tekstualnim ispisom vrednosti odnosno stanja na zadatom položaju. Odabiranjem proizvoljnog elementa prikazuju se korisnički podaci, iz baze, sa kojima

je odabrani elemenat povezan. Takođe moguć je pregled svih unetih podataka za prikazanu tehnološku šemu kao i generisanje unapred definisanih izveštaja.



Slika 4-8 Izgled korisničke sprege u režimu View

4.5.4. Sinhronizacija podataka

Sinhronizacija podataka u heterogenom distribuiranom sistemu vrši se posredstvom niza specijalnih procedura koje su implementirane u programski paket SysTIS 2007. Svaka od procedura je namenjena za sinhronizaciju TIS baze sa nekom od baza u kojima su smešteni korisnički, konfiguracioni, SCADA ili neki drugi podaci od značaja za TIS. Programski paket SysTIS 2007 obavlja funkciju prikupljanja podataka u realnom vremenu iz distribuiranih baza podataka i njihovo smeštanje u TIS bazu podataka. U okviru ovog programskog paketa se definišu intervali prikupljanja podataka za svaku grupu podataka ponaosob, kao i sprege prema bazama podataka koje se nalaze na različitim lokacijama i različitog su tipa.

U okviru programa SysTIS 2007 realizovan je protokol preuzimanja podataka sa GAUS sistema. Podaci o vrednostima procesnih veličina se obrađuju u okviru GAUS sistema, a radi preuzimanje podataka ostvarena je veza između GAUS sistema i programskog paketa TIS, izradom specijalnih procedura u okviru programa SysTIS. Prilikom realizacije ove veze poseban problem predstavljala je činjenica da se podaci korišćeni u programskom paketu TIS nalaze na poslovnom segmentu, a podaci iz SCADA sistema na SCADA segmentu računarske mreže u dispečerskom centru, koji predstavljaju dva potpuno nezavisna segmenta računarske mreže. Iz tog je proizišla potreba da radna stanica, sa koje se pokreće program SysTIS 2007, bude priključena na oba navedena mrežna servera [14].

Podaci o SCADA vrednostima procesnih veličina se razmenjuju putem zajedničke datoteke, pod nazivom *tis.dat*. Kako bi se omogućio zapis SCADA vrednosti procesnih veličina u datoteku razmene *tis.dat* izvršena je izmena programa GAUS. Periodično se poziva procedura zapisa vrednosti u datoteku razmene koja se nalazi na direktorijum sa statističkim podacima SCADA sistema. Da bi se izbegao konflikt oko istovremenog pristupa datoteci razmene za vreme ažuriranja datoteka se zaključava. Ova procedura zapisa se poziva u vremenskom intervalu koji je određen konfiguracijom GAUS sistema. Za pravilno preuzimanje SCADA vrednosti procesnih veličina neophodno je u konfiguracionoj datoteci programskog paketa TIS zadati tačnu putanje do datoteke razmene i vremenski interval između dva čitanja. Preuzimanje vrednosti procesnih veličina započinje otvaranjem datoteke razmene *tis.dat*. Da bi se izbegao konflikt oko istovremenog pristupa datoteci razmene i za vreme čitanja datoteka se zaključava. Ukoliko datoteka postoji a ne može se otvoriti znači da je u toku proces ažuriranja datoteke od strane GAUS sistema. Datoteka se zatim sekvencijalno čita i vrši se zapis samo promenjenih podataka u TIS bazu. Postupak zapisa u bazu podataka samo u slučaju promene u proseku je dvostruko povećao brzinu zapisa vrednosti procesnih veličina.

U okviru programskog paketa SysTIS realizovane su i procedure za upoređivanje konfiguracione datoteke koja opisuje SCADA podatke u TIS bazi sa podacima iz konfiguracione datoteke GAUS sistema. Ovo upoređivanje se vrši tako što se učitaju podaci o svim procesnim veličinama iz GAUS baze i uporede sa podacima u TIS bazi. U slučaju da se javi neslaganje podataka ili ukoliko postoje nove procesne veličine obaveštava se administrator sistema da je neophodno da se izvrši ažuriranje TIS baze. Sam postupak ažuriranja TIS baze se svodi na potvrdu željenih izmena.

Podaci o elementima GTS se prikupljaju i većim delom skladište na mestima njihovog nastanka, tačnije u službama i radnim jedinicama preduzeća JP Srbijagas Novi Sad. U cilju pružanja adekvatne podrške za operativno odlučivanje i kvalitetno vođenje GTS neophodno je obezbediti pristup svim ovim podacima, a upravo to omogućuje programski paket SysTIS 2007.

5. ZAKLJUČAK

Suština realizovanog Tehnološkog informacionog sistema je u formiranju realne TIS baze podataka, koja integriše podatke neophodne za upravljanje i održavanje transportnog sistema. Od ove tačke se nad jedinstvenom bazom podataka dalje mogu unapređivati postojeće i razvijati nove poslovne aplikacije, a istovremeno se stvara osnova za kasniju dopunu podacima i dalji razvoj programskog paketa TIS.

Prednosti upotrebe programskog paketa TIS obuhvataju unifikaciju ugrađene opreme, mogućnost praćenja radova na održavanju, jednostavnu izradu liste potrebnih rezervnih delova, smanjenje troškova održavanja, optimizacija poslova pregleda i održavanja, povećanje bezbednosti gasovodnog sistema kroz redovno praćenje održavanja, mogućnost bržeg reagovanja u incidentnim situacijama zbog ažurnih i lako dostupnih tehnoloških šema i podataka, mogućnost uvida u slobodne kapacitete transportnog sistema, planiranje i izdavanje slobodnih kapaciteta.

Na osnovu prethodno iznetog, uštede koje se očekuju su višestruke i obuhvataju pored materijalnih i mnogo potpuniji nadzor stanja sistema i preciznije operativno vođenje transportnog sistema, redovnije i kvalitetnije održavanje opreme i povećana operativna spremnost transportnog sistema.

Realizacijom programskog paketa TIS učinjen je značajan doprinos unapređenju procesa upravljanja, jer se upravljanje oslanja na veći skup podataka, a vrši se i objedinjavanje podataka smeštenih u distribuiranim bazama podataka. Pristup podacima iz jedne aplikacije, znatno ubrzava proces odlučivanja. Ovim je upravljanje sistemom znatno poboljšano što dovodi do značajnog povećanja bezbednosti samog procesnog sistema.

Zahvaljujući bazi korisničkih podataka vezanih za mernu opremu javila se mogućnost tačnog uvida u instalisani kapacitet potrošača na svakom transportnom pravcu. Uvid u slobodne kapacitete transportnog sistema omogućuje ekonomično planiranje eventualnih proširenja i izdavanje postojećih slobodnih kapaciteta. Analizom baze podataka instaliranih trošila kod potrošača može se izvršiti optimizacija poslova pregleda i održavanja transportnog sistema i opreme. Time se povećava bezbednost celog transportnog sistema.

Predloženi koncept, iako je razvijen na primeru gasovodnog transportnog sistema, ima mogućnost primene i u svakom drugom transportnom sistemu, kao što su elektro mreže, vodovod, toplovod i slični transportni sistemi. Postavljeni model je dograđen elementima koji u najvećoj meri omogućavaju generalizaciju problema. Uz minimalne dorade razvijeni programski paket može da bude primenjiv u širokom opsegu sličnih transportnih sistema.

6. LITERATURA

- [1] M.Sloman, J.Kramer, "Distributed Systems and Computer Networks", Prentice-Hall International (UK), 1987. (Morris Sloman, Jeff Kramer)
- [2] B.Thome, "Principles and Practice of Computer-based Systems Engineering", John Wiley & Sons, 1993.
- [3] C.J.Tully, "Definition and Scope of CBSE", ECBS Review, Spring 1994.
- [4] B.Atlagić, "Jedan pristup realizaciji akviziciono-upravljačkog sistema opšte namene", magistarski rad, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad 1996.
- [5] A.Bestavros, "Real-time Database Systems: Issues and Applications", Kluwer 1997.
- [6] G.Pavlović-Lažetić, "Osnove relacionih baza podataka", II izdanje, Matematički fakultet, Beograd, 2000.
- [7] B.Atlagić, "Jedan pristup realizaciji generalizovanog akviziciono-upravljačkog sistema opšte namene", doktorska disertacija, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad 2001.
- [8] K.Y.Lam, T.W.Kuo, "Real-Time Database Systems-Architecture and Techniques", Springer 2003.
- [9] B.Atlagić, "Generalizovani Akviziciono Upravljački Sistem", Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad 2004
- [10] C.S.Wasson, "System Analysis, Design, and Development", John Wiley & Sons, 2005.
- [11] V.Kovačević, B.Atlagić, Z.Kaprocki: Projektna dokumentacija za Nacionalni program energetske efikasnosti - Program energetske efikasnosti u industriji evidencioni broj 232008 - Procena energetske efekata - Razvoj Tehnološkog Informacionog Sistema, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad 2005
- [12] V.Mihić, "Pristup sintezi programske podrške sistema u realnom vremenu na primeru gasovodne mreže Vojvodine", magistarski rad, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad 2005.
- [13] T.Maruna, "Realizacija HTTP sprege sa GAUS SCADA sistemom", magistarski rad, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad 2006.
- [14] Programski paket TIS, korisnička dokumentacija Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad 2006.
- [15] Z.Kaprocki, B.Atlagić, I.Kuprešanin, S.Tikvić, "Unapređenje tehnološkog informacionog sistema u JP Srbijagas", YU Info 2006, Kopaonik 2006.
- [16] Z.Kaprocki, M.Vajagić, B.Atlagić, S.Tikvić, "Tehnološki informacioni sistem u JP Srbijagas Novi Sad - Grafičko okruženje", INFOFEST 2007, Budva 2007

- [17] Z.Kaprocki, B.Atlagić, S.Tikvić, M.Vajagić, V.Pjevalica, R.Slijepčević, J.Vukadin-Kaprocki, S.Crnogorac-Jovanović, "Baza korisničkih podataka tehnološkog informacionog sistema u JP Srbijagas Novi Sad", YU INFO 2008, Kopaonik 2008.
- [18] S.Crnogorac-Jovanović, R.Slijepčević, B.Atlagić, Z.Kaprocki, S.Tikvić, "Grafičko okruženje za prikaz tehnološkog stanja sistema za prenos energenata", ETRAN 2008, Palić 2008
- [19] Z.Kaprocki, B.Atlagić, M.Vajagić, V.Pjevalica, J.Vukadin-Kaprocki, S.Tikvić, S.Crnogorac-Jovanović, R.Slijepčević, "Jedno rešenje tehnološkog informacionog sistema", INFOFEST 2008, Budva 2008.
- [20] Đ.Hornjak, „Razvoj prezentacionog sloja programske podrške tehnološkog informacionog sistema“, diplomski – master rad, 2008
- [21] Z.Kaprocki, B.Atlagić, M.Vajagić, V.Pjevalica, V. Bujas, J.Vukadin-Kaprocki, S.Tikvić, „Teorijske osnove i realizacija tehnološkog informacionog sistema“, GAS 2009, Vrnjačka Banja 2009.