

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**METRO HATLARINDA SCADA SİSTEMLERİNİN
ENTEGRASYONU İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ**

Yüksek Lisans Tezi

MUSTAFA ERDEM KIRMIZIGÜL

İSTANBUL, 2014

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ

**METRO HATLARINDA SCADA SİSTEMLERİNİN
ENTEGRASYONU İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ**

Yüksek Lisans Tezi

MUSTAFA ERDEM KIRMIZIGÜL

Tez Danışmanı: PROF. DR. AHMET AKBAŞ

İSTANBUL, 2014

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ

Tezin Adı: Metro Hatlarında SCADA Sistemlerinin Entegrasyonu İçin Bir Model
Önerisi
Öğrencinin Adı Soyadı: Mustafa Erdem KIRMIZIGÜL
Tez Savunma Tarihi: 11.04.2014

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Doç. Dr. Tunç BOZBURA
Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa ILICALI
Program Koordinatörü

Bu Tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

_____ Jüri Üyeleri _____

_____ İmzalar _____

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Ahmet AKBAŞ

Üye
Prof. Dr. Mustafa ILICALI

Üye
Prof. Dr. Tuncer TOPRAK

ÖNSÖZ

Tezimin her aşamasında bana yol gösteren ayrıca ulaşım sistemlerini bütünsel bir yaklaşımla değerlendirme perspektifini kazandıran saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Ahmet AKBAŞ'a, program koordinatörümüz Prof. Dr. Mustafa ILICALI'ya ve Yrd. Doç. Dr. Nilgün CAMKESEN'e, değerlendirmeleri için Arş. Gör. Dr. Ayşegül KAHRAMAN'a yardım ve desteklerinden ötürü Doç. Dr. Muhsin Tunay GENÇOĞLU'na teşekkürlerimi arz ederim.

Araştırma ve geliştirme çalışmalarımızda gerekli imkan ve ortamı sağlayan, çalışmalarımızı takip ve teşvik eden İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Raylı Sistem Daire Başkanlığı, Anadolu Yakası Raylı Sistem Müdürlüğü yöneticilerine şahsım ve mesai arkadaşlarım adına teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarımnda hoşgörü ve yardımları ile daima destek olan eşim Burcu KIRMIZIGÜL'e, verdiği moral ve enerji için kızıma, her an manevi desteklerini hissettiğim sevgili anneme, babama ve tüm yakınlarıma teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Mart 2014

Mustafa Erdem KIRMIZIGÜL
Elektrik Elektronik Mühendisi

ÖZET

METRO HATLARINDA SCADA SİSTEMLERİNİN ENTEGRASYONU İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ

Mustafa Erdem KIRMIZIGÜL

Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet AKBAŞ

Mart 2014, 80 Sayfa

Verimli ve sorunsuz bir ulaştırma yönetimi, kent genelinde kullanılan ulaşım sistemlerinin bir ulaştırma planı çerçevesinde akıllı ulaştırma sistemleri kullanılarak birbirlerine entegre işletilmesini zorunlu kılmaktadır.

Profesyonel ve ekonomik bir teknik işletme için metro hatlarındaki SCADA sistemlerinin tek bir merkezden yönetilmesi gerekmektedir. Merkezi bir yönetim yaklaşımının metro sistemlerinin teknik işletmeleri, acil durum yönetimleri, bakım ve arıza onarım faaliyetleri, teknik personellerin uzmanlaştırılması ve kaynakların verimli kullanılması konularında büyük avantajlar sağlayacağı öngörülmektedir. Bilhassa mimari ve ulaşım bakımlarından birbirleri ile doğrudan bağlantılı metro hatlarındaki SCADA sistemlerinin entegrasyonu oldukça avantajlı ve işlevsel olacağından daha büyük bir önem arz etmektedir.

Bu çalışma, metro hatlarında kullanılan SCADA sistemlerinin spesifik yapılarını incelemek, birbirleri ile entegrasyonları için yapılarına uygun entegrasyon modelini belirlemek, bu modelin gereksinimlerine ve öngörülen problemlere çözüm önerileri sunmak amacıyla yapılmıştır.

Çalışmada İstanbul Anadolu Yakasında bulunan, yapımı devam eden ve planlanan metro hatlarındaki SCADA sistemlerinin entegrasyonu için öncelikle sistemlerin altyapıları daha sonra entegrasyon metotları incelenmiş ve uygun bir entegrasyon modeli önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: SCADA, Entegrasyon, Metro, Ulaşım, EAI, EIM

ABSTRACT

A MODEL SUGGESTION FOR INTEGRATION OF SCADA SYSTEMS AT METRO LINES

Mustafa Erdem KIRMIZIGÜL

March 2014, 80 Pages

Efficient and seamless transportation management requires transport systems which are used throughout the transportation plan in the framework of an intelligent transport system integrated with each other.

SCADA systems in the metro lines need to be managed from one central location for a professional and economical operation technique. Managing from one center provides significant advantages as emergency management, maintenance and fault repair activities, specialization of technical staff and efficient use of resources. Especially in terms of architecture and transportation, the integration of SCADA systems, in the metro lines which are directly connected with each other, have great importance because of their advantageous and functional.

This study were performed with the aim of understanding the structure of SCADA systems used on metro lines, determining the appropriate integration model to integrate each other and offering solutions to requirements of model and projected problems.

In this study; firstly, the substructures of the systems were investigated for the integration of the SCADA systems which are still in building and planned at he Anatolian side of İstanbul and then appropriate integration model was proposed.

Keywords: SCADA, Integration, Metro, Transport, EAI, EIM

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER	x
KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
1.1 ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI	3
1.2 LİTERATÜR TARAMASI	4
2. SCADA SİSTEMİNİN GENEL YAPISI	6
2.1 SCADA’NIN TANIMI.....	6
2.2 SCADA TASARIM PARAMETRELERİ	7
2.3 KONTROL MERKEZİ (MTU).....	8
2.3.1 Kontrol Merkezinin Donanım Yapısı.....	8
2.3.2 Kontrol Merkezinin Yazılım Yapısı	9
2.3.3 Kontrol Merkezinin Haberleşme Yapısı	10
2.4 UZAKTAN BİLGİ TOPLAMA VE DENETLEME BİRİMİ (RTU).....	11
2.4.1 İletişim Ünitesi.....	12
2.4.2 Merkezi İşlem Birimi	14
2.4.3 Giriş Çıkış İzolasyon Ünitesi.....	14
2.4.4 Kullanıcı Arabirim Ünitesi.....	15
2.4.5 Test Ünitesi	15
2.4.6 Güç Kaynağı Ünitesi	16
2.5 RTU’NUN GÖREVLERİ.....	16
2.5.1 Bilgi Toplama ve Depolama	16
2.5.2 Kumanda Etme	17
2.5.3 Denetleme.....	18
2.5.4 Arıza Yeri Tespiti ve İzolasyon	18
3. SCADA SİSTEMİNİN HABERLEŞME ALTYAPISI.....	20
3.1 HABERLEŞMENİN TANIMI.....	20
3.2 HABERLEŞMENİN ŞARTLARI VE ÖĞELERİ	20
3.3 HABERLEŞME ALTYAPISINDAN BEKLENENLER VE TASARIM KRİTERLERİ	22
3.4 VERİ İLETİM TEKNİKLERİ	23
3.4.1 Kodlama.....	23
3.4.2 Modülasyon	24
3.4.3 Karşılıklı Çalışma	25

3.4.4 Paralel İletim	25
3.4.5 Seri İletim	26
3.4.6 Veri İletim Tipler	29
3.5 GERÇEK ZAMANLI İLETİŞİM	30
3.6 DÜĞÜM.....	30
3.7 TOPOLOJİ VE AĞ HARİTASI.....	30
3.7.1 Ortak Yol Topolojisi	31
3.7.2 Halka Topolojisi	31
3.7.3 Yıldız Topolojisi	32
3.7.4 Ağaç (Hiyerarşik) Topolojisi.....	33
3.7.5 Örgü Topolojisi	33
3.8 OSI REFERANS MODELİ MİMARİSİ	34
3.8.1 Fiziksel Katman.....	36
3.8.2 Veri Bağı Katmanı	36
3.8.3 Ağ Katmanı.....	36
3.8.4 Ulaşım Katmanı	37
3.8.5 Oturum Katmanı.....	37
3.8.6 Sunuş Katmanı	37
3.8.7 Uygulama Katmanı.....	37
3.9 TCP/IP REFERANS MODELİ MİMARİSİ	38
3.9.1 Düğümden Ağa Katmanı.....	38
3.9.2 İnternet Katmanı.....	39
3.9.3 Ulaşım-TCP/UDP Katmanı.....	39
3.9.4 Uygulama Katmanı.....	39
3.10 HABERLEŞME AĞLARI	40
3.10.1 Yerel Ağlar (LAN)	40
3.10.2 Geniş Alan Ağları (WAN)	40
3.11 SERİ HABERLEŞME STANDARTLARI	41
3.11.1 RS-232	41
3.11.2 RS-422	41
3.11.3 RS-485	42
3.12 ENDÜSTRİYEL HABERLEŞME ROTOKOLLERİ	43
3.12.1 Modbus Protokolü.....	44
3.12.2 Profibus Protokolü.....	45

3.12.3	Fieldbus Protokolü.....	46
3.12.4	Canbus Protokolü	46
3.13	OPC MİMARİSİ.....	47
3.13.1	OPC'nin Avantajları.....	47
3.13.2	İstemci Sunucu Yapısı	48
3.13.3	OPC Standartları.....	48
4.	ÜSKÜDAR ÇEKMEKÖY METROSU SCADA SİSTEMİ	50
4.1	UUC SCADA SİSTEMİNİN GÖREVLERİ.....	50
4.1.1	Teknik İşletme Görevleri.....	50
4.1.2	Acil Durum Görevleri.....	50
4.2	SCADA SİSTEM MİMARİSİ.....	51
4.3	ALT SİSTEM GURUPLARI	53
4.3.1	Enerji Yönetim Alt Sistemleri.....	53
4.3.2	Elektromekanik Sistemler	54
4.3.3	Haberleşme Sistemleri	54
4.3.4	Çevresel Kontrol Sistemleri	55
5.	SİSTEM ENTEGRASYONU	56
5.1	ENTEGRASYONUN TANIMI.....	56
5.1.1	Metro Hatlarının SCADA Sistemlerinde Entegrasyon Kapsamı	56
5.1.2	Metro Hatlarında SCADA Entegrasyonunun Amacı ve Avantajları	56
5.2	KURUMSAL ENTEGRASYON METODOLOJİSİ (EIM).....	58
5.2.1	Süreç Analizi.....	59
5.2.2	Süreçlerin Bileşenlerle Eşleştirilmesi	59
5.2.3	İhtiyaçların Belirlenmesi	60
5.2.4	Altyapının Hazırlanması	60
5.2.5	Entegrasyon Planlaması	60
5.3	KURUMSAL UYGULAMA ENTEGRASYONU (EAI)	61
5.3.1	EAI Amacı	61
5.3.2	EAI Gereksinimleri.....	61
5.3.3	Entegrasyon Yöntemleri ve Stratejileri	62
5.3.3.1	Kullanım arayüzü üzerinden entegrasyon.....	63
5.3.3.2	Fonksiyon çağrısı üzerinden entegrasyon.....	64
5.3.3.3	Veri tabanları üzerinden entegrasyon.....	65
6.	SCADA SİSTEMLERİNİN ENTEGRASYONU İÇİN MODEL ÖNERİSİ.....	67

6.1 MODELİN TERCİH SEBEPLERİ.....	67
6.2. MODELİN GEREKSİNİMLERİ.....	68
6.2.1 Entegre Sistemin Haberleşme Altyapısı.....	68
6.2.2. Entegre Sistemin Yazılım Altyapısı.....	69
6.2.3 Entegre Sistemin Donanım Altyapısı	70
6.3 Entegre Sistemin Süreç Planlaması.....	71
7. SONUÇ.....	74
KAYNAKÇA	75
ÖZGEÇMİŞ.....	80

ŞEKİLLER

Şekil 3.1 Haberleşme Sistemlerinin Şematik Diyagramı	21
Şekil 3.2 Manchester Kodlama Tekniği	23
Şekil 3.3 Manchester Kodlama Tekniği ile Örnek Kodlama Uygulaması	24
Şekil 3.4 Paralel İletim	26
Şekil 3.5 Seri İletim	26
Şekil 3.6 Asenkron Seri İletim	27
Şekil 3.7 Senkron Seri İletim	28
Şekil 3.8 Ortak Yol Topolojisi	31
Şekil 3.9 Halka Topolojisi	32
Şekil 3.10 Yıldız Topolojisi	32
Şekil 3.11 Ağaç (Hiyerarşik) Topolojisi	33
Şekil 3.12 Örgü Topolojisi	34
Şekil 3.13 OSI Referans Modelinin Katmanları	35
Şekil 3.14 OSI Referans Modeli Katmanlarının Veri Birimleri	35
Şekil 3.15 TCP/IP Referans Modeli Katmanları	38
Şekil 4.1 UUC Metrosu SCADA Mimarisi	52
Şekil 5.1 Kurumsal Entegrasyon Metodolojisi	59
Şekil 5.2 EAI Entegrasyon Yöntemleri	63
Şekil 5.3 Kullanım Arayüzü Üzerinden Entegrasyon	63
Şekil 5.4 Fonksiyon Çağrısı Üzerinden Entegrasyon	64
Şekil 5.5 Birleşik Veri Tabanı Üzerinden Entegrasyon	65
Şekil 5.6 Ortak Veri Tabanı Üzerinden Entegrasyon	66
Şekil 6.1 Önerilen Entegre Sistemin Yazılım Altyapısı	70
Şekil 6.2 Önerilen Entegre Sistemin Donanım Altyapısı	71

KISALTMALAR

AG	: Alçak Gerilim
ARPANET	: Advanced Research Projects Agency Network
AUS	: Akıllı Ulaşım Sistemleri
CCTV	: Closed Circuit Television
CPU	: Central Processing Unit
COM	: Component Object Model
DA	: Data Access
DC	: Direct Current
DCS	: Distributed Control System
EAI	: Enterprise Application Integration
ECS	: Environment Control Systems
EDI	: Electronical Data Interchange
EIA	: Enterprise Integration Application
EIM	: Enterprise Integration Methodology
EMS	: Electromechanic Systems
ERP	: Enterprise Resource Planning
FM	: Frequency Modulation
FTP	: File Transfer Protocol
HMI	: Human Machine Interface
IP	: Internet Protocol
ISO	: International Organization for Standardization
I/O	: Input/Output
LAN	: Local Area Network
M4	: Kadıköy Kartal Metro Hattı
M5	: Üsküdar Ümraniye Çekmeköy Metro Hattı
MMI	: Man Machine Interface
MRP	: Material Requirement / Resource Planning
OG	: Orta Gerilim
OLE	: Object Linking and Embedding
OPC	: OLE for Process Control
OSI	: Open System Interconnection

PC	: Personel Computer
PCS	: Power Control Systems
PLC	: Programmable Logic Controller
RTU	: Remote Terminal Unit
SCADA	: Supervisory Control And Data Acquisition
SCSI	: Small Computer Systems Interface
SDH	: Synchronous Digital Hierarchy
SMTP	: Simple Mail Transfer Protocol
SNMP	: Simple Network Management Protocol
SOA	: Service Oriented Architecture
TELNET	: Telecommunication Network
TCP	: Transmission Control Protocol
TPDU	: Transport Protocol Data Unit
TV	: Television
UDP	: User Datagram Protocol
UUC Metrosu	: Ümraniye Üsküdar Çekmeköy Metrosu (M5)
WAN	: Wide-Area Network
XML-DA	: Extensible Markup Language- Data Access

1. GİRİŞ

SCADA sistemleri, bir işletmeye veya lokal bir sisteme ait ekipmanların birlikte çalıştırılması, çalışma süreçlerinin ve fonksiyonlarının bütünleşik bir şekilde kumanda edilmesi fikri ile gelişmeye başlamıştır. Öncelikle küçük bir alanda, sistem içerisindeki ekipmanların birlikte kontrol edilmesi ihtiyacına binaen otomatik kontrol sistemleri geliştirilmiş, otomatik kontrol sistemlerinin bilgisayarlar vasıtasıyla bütünleştirilerek, çok daha büyük alanlara yayılması ve farklı teknik uygulamaların kontrol edilmesiyle de otomasyon kontrol sistemleri geliştirilmiştir. SCADA sistemlerinin ileri haberleşme teknikleri, uygulama çeşitliliği, güvenilirlik ve ağır endüstri şartlarına uygunluk özellikleriyle günümüz teknolojisinin en gelişmiş ve yaygın kontrol sistemleri olduğundan bahsetmek mümkündür.

Teknik işletmesi yapılan bir tesiste en önemli yaklaşım kolay, hızlı ve koordineli bir yönetim için, sistemlerin kontrolünün merkezi bir kontrol biriminden veya oturumundan yapılmasıdır. Günümüzde petrol boru hatları, iletim hatları gibi geniş coğrafyalara yayılmış kontrol sistemlerinden, enerji sistemlerinin, elektromekanik sistemlerin, güvenlik sistemlerinin, iklimlendirme sistemlerinin ve haberleşme sistemlerinin birlikte kontrol edildiği uygulama çeşitliliği yüksek kontrol sistemlerine çok farklı yapıda SCADA sistemlerinin kullanıldığını görmek mümkündür. İstanbul genelinde metro hatlarındaki SCADA sistemleri de bu yaklaşımla bir merkezi kontrol platformu rolü üstlenmektedirler. Sinyalizasyon sistemi hariç, diğer tüm enerji, elektromekanik, güvenlik ve çevresel kontrol (iklimlendirme) sistemlerinin kontrolü, arıza alarm yönetimleri ve acil durum senaryolarının işletilmesi görevleri SCADA sistemine aittir.

İstanbul Anadolu Yakasında halen işletmesi devam etmekte olan Kadıköy Kartal Metrosunun (M4) Kartal Kaynarca uzatmasının inşası devam etmekte ve Kaynarca Çamçeşme uzatması ise planlama aşamasındadır. Ayrıca Üsküdar Ümraniye Çekmeköy Metrosunun (M5) inşası devam etmekte olup, M4 ve M5 hatlarının ulaşım entegrasyonları için iki yeni metro hattının planlama çalışmaları da devam etmektedir.

Böylece bu hatların da tamamlanmasıyla oldukça işlevsel bir metro ağı tesis edilmesi hedeflenmektedir.

Bu metro ağının ulaşım entegrasyonuna dikkat edilecek olursa, entegrasyonun gerçekleştiği istasyonların, iki farklı metro hattı tarafından kullanıldığı görülmektedir. Metro hatlarında tesis edilecek SCADA sistemlerinin gerek teknik altyapı gerekse yönetim olarak farklı sistemler olması sebebiyle, bu istasyonlarda bir yönetim karmaşasının gündeme gelebileceği öngörülmektedir. Bilhassa kurgulanan SCADA sistemlerinin en önemli görevlerinden olan acil durum senaryosu yönetiminin, hangi sistem tarafından, hangi fonksiyonlarla, nasıl bir görev paylaşımı ile yerine getirilecek olmasının farklı senaryolara göre değişiklik arz etmesi, planlamada ve senaryo yönetiminde sebebiyet vereceği güçlükler itibariyle ciddi bir risk teşkil etmektedir.

Ayrıca ulaşım entegrasyonu bulunan bu metro hatlarının, kontrol sistemlerinin tarihsel gelişim sebeplerine binaen bütünsel bir yaklaşımla kontrol edilmesinin getireceği teknik işletme, bakım onarım faaliyetlerinin verimliliği, teknik ekiplerin bütünleştirilmesi ile branşlaştırma ve uzmanlaştırmanın sağlanması açılarından sağlanacak avantajlar, bu hatlarda kullanılacak SCADA sistemlerinin entegrasyonunun önemini ortaya koymaktadır.

Bütün bunların yanı sıra metropollerde ulaşım planlama araştırmaları neticesinde, yaşanan trafik problemlerinin ancak kent genelinde kullanılan ulaşım sistemlerinin birbirleri ve akıllı ulaşım sistemleri ile entegre bir yapıda, kente özel geliştirilecek bir genel ulaşım planı çerçevesinde işletilmesi suretiyle engellenebileceği ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı nezdinde yürütülen Ulusal AUS Strateji Planı, ve Ulusal AUS Sistem Mimarisi çalışmaları devam etmektedir. Bu çalışmalar neticesinde öncelikle ülkemizin büyük kentleri için genel ulaşım planları hazırlanacak ve ulaşım sistemlerinin entegrasyonları için fonksiyon tanımlamaları, görev paylaşımları ve standardizasyon açıklamaları yapılacaktır. Böylece ulaşım sistemlerinin bir plan çerçevesinde öncelikle kendi içlerinde, daha sonra birbirleri ile entegrasyonları tamamlanacaktır. Bu entegrasyonun planlanan fonksiyonlarla işlevsel bir şekilde yapılabilmesi için, bu günden sistemlerin kolay

entegre olabilir halde kurgulanması, sistemlerin spesifik yapılarına uygun entegrasyon modellerinin incelenmesi ve altyapı geliştirilmesi ise oldukça stratejik bir önem taşımaktadır.

1.1 ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI

Bu tez çalışmasının amacı, metro hatlarında kullanılan SCADA sistemlerinin entegrasyonu için uygun bir entegrasyon modeli belirlemek, bu modelle kurgulanan entegre sistemin gereksinimlerini tespit etmek ve çözüm önerileri sunmaktır.

- i. 2. bölümde SCADA sisteminin yapısı, bileşenleri ve bu bileşenlerin görevleri kısaca izah edilmiştir.
- ii. 3. bölümde sistemin haberleşme altyapısında kullanılan teknikler ve standartlar açıklanmıştır.
- iii. 4. bölümde metro hatlarında kullanılan SCADA sisteminin spesifik yapısının incelenmesi için örnek olarak Üsküdar Ümraniye Çekmeköy Metrosunun SCADA sisteminin sistem mimarisi açıklanmıştır.
- iv. 5. bölümde sistem entegrasyonuna ait bilgi verilerek, sistemlerin uygulama katmanında entegrasyonu için geliştirilen EAI (Enterprise Application Integration) metotları ve bu metotların uygulama sürecini açıklayan EIM (Enterprise Integration Methodology) yaklaşımı kısaca izah edilmiştir.
- v. 6. bölümde metro hatlarındaki SCADA sistemlerinin yapısı ve tasarım kriterlerine uygun olarak bir entegrasyon modeli belirlenmiş, bu tercihin sebepleri açıklanmış, modele uygun olarak entegre sistemin gereksinimleri tespit edilmiş ve çözüm önerileri sunulmuştur.

1.2 LİTERATÜR TARAMASI

Sistem entegrasyonu konusunda gözetilen temel tasarım kriterleri; fonksiyon kaybı olmaması, düşük işlem süresinin sağlanması, sistemler arasında haberleşmede veri kaybı yaşanmamasıdır. Tüm bu parametrelerin sağlanması için, entegrasyonun oldukça kapsamlı bir şekilde, farklı boyutlarda ele alınması gerekmektedir. Bu anlamda ele alınması gereken öncelikli konular ise; haberleşme, yazılım ve donanım teknikleri ile standardizasyon konularıdır. Yüksek fonksiyon ve gelişmiş haberleşme altyapı gereksinimleri bulunan entegrasyonlara ilişkin çalışmaların OSI'nin uygulama katmanında yoğunlaştığı görülmektedir.

Uygulama katmanında entegrasyon konusunda yapılan araştırmaların 20. YY'ın ikinci yarısında enformasyon teknolojilerinin gelişimi ile başladığı görülmektedir (Edin, 2009, s.31). EDI (Electronical Data Interchange) ve MRP (Meterial Requirement / Respurce Planning) kavramlarının gelişmesi, entegrasyon yaklaşımının uygulanabilirliğini ortaya koymuştur. Bu çalışmalarda esas yaklaşım, üretim sistemlerinde kaynak yönetim sürecinin, üretim sürecine adapte edilmesi ile üretimde kalite ve koordinasyonun artırılmasıdır. Özellikle ERP (Enterprise Resource Planning) kavramının geliştirilmesi sistem entegrasyonunun uygulama alanının genişlemesi ve kullanımının yaygınlaşması açısından önemli bir adım olmuştur. ERP, işletmedeki entegrasyon isteğini üretimden çıkartıp diğer fonksiyonlara da yöneltmiştir. ERP ile işletme içerisindeki tüm süreçlerin (stok kontrolü, kaynak planlaması, üretim süreçleri, müşteri ilişkileri yönetimi, satış ve pazarlama süreçleri, İK, muhasebe, finansman ve lojistik destek süreçleri vs.) birlikte yönetimi sağlayan bir uygulamalar bütünü olarak tanımlanmıştır (Al-Mashari, Al-Mudimigh ve Zairi, 2003, s.352)

ERP uygulamalarının başarısı için sıkça dile getirilen konulardan bir tanesi ERP uygulamalarının küçük adımlarla modüler olarak gerçekleştirilmesidir (Puschmann ve Alt, 2004, s.110). ERP projelerinde bu metodoloji kullanılmaya başlamışken yeni bir yaklaşım bu noktada devreye girmiştir. Kurumsal uygulama entegrasyonu; EAI

(Enterprise Application Integration). Bu metod entegrasyonun istenilen hızda gerçekleşmesini sağlamaktadır (Edin, 2009, s.33).

EAI yaklaşımı ile, uygulama katmanında farklı yapıya sahip sistemlerin entegrasyonu için modeller geliştirilmiş ve açıklanmıştır. SCADA sistemlerinin planlanan fonksiyonlarının entegrasyonu EAI modellerinin kullanılması ile mümkün olabilmektedir. EAI daha çok merkezi olmayan bir yapıda, ancak merkezi denetçi ile sistemler arası iletişim ve enformasyon paylaşımını sağlayan bir yaklaşımdır (Brown, 2006, s.17)

Lam ve Shankararaman'ın geliştirdiği EIM (Enterprise Integration Methodology) ise EAI'ın uygulama aşamalarındaki yönetsel fonksiyonlara odaklanmış kurumsal entegrasyonu süreç, çıktılar ve riskler açısından değerlendirmiştir (Edin, 2009, s.40). EAI modelleri vasıtasıyla konfigüre edilmiş olan entegre SCADA sistemi için uygulama sürecinin EIM yaklaşımı ile analiz edilmesi ve sistemin verimi ile gerçekleştirilebilirlik oranlarının tespiti bu tez çalışmasının ardından bilimsel çalışmalarla yayımlanacaktır.

2. SCADA SİSTEMİNİN GENEL YAPISI

2.1 SCADA’NIN TANIMI

SCADA kelimesi Supervisory Control and Data Acquisition kelimelerinin ilk harflerinin birleşmesinden meydana gelmektedir. Türkçe karşılığı “Denetlemeli Kontrol ve Veri Toplama” veya “Haberleşme Tabanlı Kontrol ve Kumanda” sistemi olarak çevrilebilir. Kısaca bilgisayardan, kontrol ünitelerinden, sensorlardan ve saha ekipmanlarından oluşan teknik işletmesi yapılan sistemin denetleme ve kontrol görevlerini yerine getiren sistemin genel adıdır.

SCADA sistemleri işletilen sistemin genel yapısı ve işlevine göre çeşitlilik arz etmektedir. Bu sistemlerden bazıları; genellikle fabrikalarda kullanılan endüstriyel otomasyon, petrol boru hatları veya enerji nakil hatları gibi çok büyük alanlara yayılmış olan dağıtık kontrol sistemleri (DCS), trafo merkezi veya gsm baz istasyonları kontrolünde kullanılan alt sistem otomasyonları, metro, tramvay sistemleri veya otoyol tünelleri, köprüleri gibi çeşitli denetleme ve kontrol tekniklerinin kullanıldığı alt sistemlerin mevcut olduğu SCADA sistemleri gibi örneklendirilebilir.

Genel olarak SCADA sistemleri enerji SCADA (elektrik, su, doğal gaz) ve süreç SCADA sistemleri olarak sınıflandırılabilir (Avşaroğulları, 2009). Bu sınıflandırmada esas değişiklik arz eden hususlar ise, farklı teknik uygulama ve ihtiyaçların gerektirdiği tasarım parametreleridir.

SCADA sistemi endüstriyel kontrol, bina otomasyon veya akıllı ulaşım sistemlerinde kullanılan programlanabilir lojik kontrolörler (PLC), uzak kontrol üniteleri (RTU), döngü kontrolörleri, dağıtık kontrol sistemi (DCS) kontrolörleri, I/O modülleri ve saha ekipmanları gibi çeşitli cihazlardan işletilen sistemin güncel durumuna ilişkin verileri sürekli ve gerçek zamanlı olarak toplar, değerlendirir ve önceden belirlenmiş işletme politikalarına göre mevcut işletme senaryolarını güncelleyerek saha ekipmanlarını kumanda etmektedir. Ayrıca bu bilgileri değerlendirmeye tabi tutarak gerektiğinde

kullanıcıya erken uyarı mesajları üretir, işletmeyi etkileyen çeşitli parametrelerin birlikte denetlenmesine imkan vermek üzere grafiksel ve trend olarak gözetlenmesini sağlar.

SCADA sistemlerinin en önemli işlevlerinden biri ise acil durum yönetimidir. Buna göre sistem, saha ekipmanlarından aldığı veriler doğrultusunda sistemde bir acil durum algılandığında önceden belirlenmiş acil durum senaryolarını uygulamak üzere işletmeyi meydana getiren tüm elektrik elektronik ve elektromekanik ekipmanları yönetmekle görevlidir.

2.2 SCADA TASARIM PARAMETRELERİ

Bir SCADA sisteminin tasarımı yapılırken, öncelikle işletilecek sistemin işleyişi, yapısı ve ihtiyaçlarına göre tasarım parametreleri belirlenir. Örneğin ulaşım sistemlerinde en önemli ihtiyaç, sistemin arıza riskinin en aza indirilerek, işletmede sürekliliğin sağlanmasıdır. Bu durumda temel tasarım parametresinin yedeklik olması gerektiği ortaya çıkar. Dağıtık kontrol sistemlerinde ise kontrol edilen sistem çok büyük bir alana yayıldığından veri iletimi ve anlık haberleşme ciddi bir problemdir. Böyle bir sistemde temel önceliğin etkin veri yönetimi ve haberleşmenin en aza indirgenmesi olduğunu söylemek mümkündür. Endüstriyel bir fabrika otomasyonunda ise, üretimin durmadan devam etmesinin yanında, esas amaç olan kar etme de dikkate alınması gereken bir konudur. Dolayısı ile ekonomi ve yedeklik parametrelerini birlikte değerlendirmek doğru olacaktır.

SCADA sistemlerinin tasarımında dikkat edilmesi gereken genel hususlar ise, entegrasyon kabiliyetleri, kolay genişleyebilirlik, denenmiş teknik uygulama, denenmiş ekipmanların tercihi ve kolay yedek parça teminidir¹.

¹ Gönül, S., 2010. <http://www.otomasyonhaber.net/haber/1420-roportaj-SCADA-ve-otomasyon-uzerine.html>, [ziyaret tarihi: 12.10.2013]

SCADA sistemini oluşturan tüm elektrik, elektronik donanım ve yazılım üreticileri farklı ihtiyaçlara yönelik farklı ekipmanlar ve yazılımlar üretmektedirler. Tasarlanan sistemin gerek mimari yapısı, gerek kullanılan haberleşme ortamları ve protokolleri, gerekse kullanılan ekipmanların çalışma yapıları ve özellikleri, bu tasarım ilkelerinden yola çıkılarak seçilmektedir.

2.3 KONTROL MERKEZİ (MTU)

Kontrol Merkezi; işletilen sistemlerin çalışmasının denetlendiği, gerektiğinde müdahale edilerek sistemlerin çalışmasında gerekli değişikliklerin yapıldığı, kontrol sistemi ile kullanıcının arayüzünün gerçekteştirildiği bölümdür Ayrıca SCADA sisteminin yönetim bileşenini teşkil etmektedir.

Kontrol merkezini teşkil eden en temel bileşenler, bilgisayarlar, SCADA yazılımı ve operatörlerdir. Kontrol merkezi, bilgisayar ve SCADA yazılımları vasıtası ile sahadan alınan verilerin değerlendirildiği ve yeni kumanda sinyallerinin üretilerek kontrol ünitelerine iletildiği yerdir. Aynı zamanda operatörler de gerektiğinde sisteme bu merkezden müdahalede bulunurlar.

2.3.1 Kontrol Merkezinin Donanım Yapısı

SCADA kontrol merkezinin donanım yapısı işletilen sistemlerin niteliklerine ve yönetimin idari yapılanmasına göre değerlik göstermektedir. Kontrol merkezinin tasarımında göz önünde bulundurulması gereken kriterler, sistemin sürekli takip edilecek kritik bölümlerinin tespit edilmesi ve bu bölümlerin sürekli denetlenmelerinin kolaylaştırılması, kumandalarının hızlı bir şekilde yapılabilmesinin sağlanmasıdır. Bu kriterler doğrultusunda yapılan tasarım neticesinde, sistemin kaç operatör tarafından, hangi donanımlarla yönetileceği belirlenmiş olur.

Metro hatlarında kullanılan SCADA sistemlerinin standart donanım yapıları ise; operatör bilgisayarları, barkovizyon sistemleri (video wall), sıcak yedekli konfigüre edilmiş sistem sunucuları ve arşiv sunucularıdır.

Operatör bilgisayarları, sistemin kullanıcı denetimini sağlamaktadırlar. Barkovizyon sistemi; her oturumun sistemdeki yönetim alanı (PCS; Power Control System, ECS Environment Control System ve EMS; Electromechanic Control System) ayrı olmak üzere, tüm operatörlerin, sistemin tümünün işleyişini görerek değerlendirmelerini sağlamaktadır. Sistem sunucuları; sistemin esas değerlendirme merkezini teşkil etmekle birlikte kontrol merkezinin yazılım yapısını işletmektedirler. Arşiv sunucusu ise; sistemin işleyişinde geçmişe dönük hata, alarm ve kumanda bilgilerini arşivlemektedir.

2.3.2 Kontrol Merkezinin Yazılım Yapısı

SCADA'nın yazılım yapısı, sistemin yönetim kademesindeki tüm donanım bileşenlerini kapsamaktadır. SCADA yazılımı sistem sunucuları içerisinde ortak çalışan sahadan toplanan verilerin ve operatörlerin sisteme verdiği komut girişlerinin değerlendirildiği ve işletildiği bölümdür.

SCADA yazılımı dahilinde bulunan Kullanıcı Arabirimi (Human Machine Interface - HMI) sistemin operatörün kullanımına sunulduğu; sistemin anlık çalışma parametrelerinin grafik ve sayısal tablolarda ifade edilerek sistemin çalışma şartlarında değişiklik yapılabilmesi için gerekli sanal girişlerin bulunduğu sayfalarıdır.

Yazılım yapısının temel işlevleri;

- a. Görüntüleme ve SCADA kapsamındaki kontrol edilen ve bilgi toplanan cihazların ekranda izlenmesi,
- b. Alarm üretme, alarm seviyelerinin ayarlanması ve analog değerlerin çeşitli seviyelerinde ayarlanabilmesi,
- c. SCADA sisteminde kullanılan elemanlar hakkında operatörlere detaylı bilgilendirme yapılması,

- d. Bağlantı bilgilerinin görüntülenmesi ve yük analizi sonuçlarının ekrana işlenmesi,
- e. Alarmları ve bilgileri oluş sırasına göre kaydetme ve listeleme, kullanıcının gerçekleştirdiği işlemleri kayıt etme ve raporlama,
- f. SCADA kartları ve programları ile ilgili raporların oluşturulması,
- g. Başka analiz programları ile entegre olması ve bu programlarla kapsamlı raporlar üretilmesi amacıyla kolay, yeterli ve hızlı bilgi alışverişinde bulunulması,
- h. Güvenlik kontrolünün çeşitli şifreleme yöntemleri ile sağlanması, yetkili olmayanların kullanımına izin verilmemesi,
- i. Operatör vasıtası ile veri girilmesi ve böylece sisteme bağlı olmayan nesnelere için kullanıcının telefon veya başka yollarla aldığı bilgileri işlemesine olanak tanınması².

2.3.3 Kontrol Merkezinin Haberleşme Yapısı

Kontrol merkezinde bilgisayar ve sunucular arasında aynı zamanda sunucularla sahada bulunan kontrol ekipmanları arasında veri iletişimini 1-100 Mbyte/saniye gibi yüksek hızlarda sağlamak için Yerel İletişim Ağları oluşturulur (KARANFİL, 2010, s.44)

Bu yerel iletişim ağları (Lokal Area Network-LAN) aynı zamanda SCADA sisteminin, sinyalizasyon, merkezi saat, kamera, anons, yangın algılama ve yangından koruma sistemleri gibi arayüz oluşturduğu diğer sistemlerle de arayüz altyapısını sağlamaktadırlar.

² Çetin, E., *Enerjinin Otomasyonu*, <http://www.ogu.edu.tr/files/birimduyuru/43a50bd9-c737-46eb-9671-f676dd30f0d1/2010101915490.doc>, [ziyaret tarihi:12.10.2013]

2.4 UZAKTAN BİLGİ TOPLAMA VE DENETLEME BİRİMİ (RTU)

Remote Terminal Unit Türkçeye tam kelime anlamı ile “Uzak Bağlantı Birimi” olarak çevrilebilir. Uzak bağlantı biriminin yaptığı işlevler göz önüne alındığında Türkçeye çevrinin Uzaktan Bilgi Toplama ve Denetleme Birimi” olarak yapılması daha doğrudur. Bir SCADA Sisteminde RTU işletilen sistemde kontrolü ile görevli olduğu bölümün SCADA ile entegrasyonunu sağlar.

RTU’lar, denetleme ve kumanda ekipmanının programlanabilme yeteneklerine göre iki guruba ayrılırlar. Programlanamayan RTU’ların görevleri Kontrol Merkezinden almış olduğu kumanda verilerini saha ekipmanlarına göndermektir ve saha ekipmanlarından aldıkları denetleme verilerini Kumanda Merkezine iletmektir. Programlanabilir RTU’lar ise, işletilen sistemin rutin görevlerine ilişkin işletme senaryoları ile programlanmışlardır. Bu RTU’lar, programlanamayan RTU’ların işlevlerine ek olarak sahadan topladıkları denetleme verilerini değerlendirirler. Programlandıkları senaryolar kapsamında kumanda verileri üretmeye uygun durumlar hasıl olduğunda bu verileri üretir ve saha ekipmanlarına iletirler. Aynı zamanda saha ekipmanlarının çalışma durumlarına ilişkin değişiklikleri de Kumanda Merkezine iletirler. Programlandıkları senaryolara göre kumanda verileri üretilmesi mümkün olmayan durumları ise, doğrudan Kumanda Merkezine iletirler.

RTU’ların denetleme ve kumanda ekipmanlarının programlanabilmesi için mikroişlemcili olması gerekmektedir. Bir RTU’nun mikroişlemcisi ve yerel depolama birimi ne kadar gelişmiş ise, denetleme ve kumanda etme görevlerini o denli kendi başına, bilgisayarlara ihtiyaç duymadan yapabilmektedir. Bu durumun avantajları ise;

- a. Bilgisayarlarla iletişim gereksinimi azalmakta
- b. Sistemin iletişim trafiği hafiflemektedir
- c. Veri iletim sürelerinden kaynaklanan gecikme ortadan kalkmaktadır
- d. Bilgisayarların işlem yükü hafiflemektedir
- e. SCADA sistemi veri iletim sisteminde doğabilecek problemlere karşı bağımsızlık kazanmaktadır.

SCADA sistemi içerisinde bulunan RTU'lar, işletilen sistemin özelliklerine veya yapısına göre farklılık da arz edebilirler. İşletilen sistemin farklı bölümleri için farklı donanımlara sahip RTU'lar tasarlamak ve kullanmak maliyetleri düşüren bir yaklaşım olmakla birlikte, işletmeci açısından bakım yükü ve yedek parça depolaması açısından yük getirmektedir. Bu nedenle özellikle çok farklı uygulamaların bir arada bulunmadığı sistemlerde RTU tasarımında standartlaşmak, işletme açısından avantaj arz etmektedir.

Bir SCADA Sisteminde bulunan RTU'lar, sistemin ciddi özelliklerini doğrudan etkileyen bileşenlerdir. Bu özelliklere maliyet, işlem hızı, güvenilirlik, modülerlik ve esnek yapı gibi örnekler verilebilir. Bu nedenle RTU tasarımı yapılırken bu kriterler göz önünde bulundurulmalı ve en efektif tasarım ortaya konulmalıdır. RTU tasarımında öne çıkan parametreler; ekipman seçimi, iletişim ortamları ve haberleşme protokollerinin seçimidir. Tüm bu parametreler, işletilen sistemin gereksinimlerine göre şekillenmelidir.

RTU'nun 6 ana bölümü bulunmaktadır. Bu bölümler:

- a. İletişim Ünitesi
- b. Ana İşlem Ünitesi
- c. Giriş Çıkış İzolasyon Ünitesi
- d. Kullanıcı Arabirim Ünitesi
- e. Test Ünitesi
- f. Güç Kaynağı Ünitesi

2.4.1 İletişim Ünitesi

İletişim ünitesi RTU'nun SCADA sistemine ve yönetilen sistemlere açılan bir penceresidir. İletişim sistemi bir yandan RTU'nun Kontrol Merkezi ile iletişimini sağlarken, bir yandan da RTU ile algılayıcıların, yönetilen sistemlerin ve ekipmanların iletişimini sağlar. Bu kadar farklı özelliklerdeki ekipmanların haberleşmesi de çok farklı tekniklerle gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle iletişim ünitesi farklı iletişim tekniklerine uygun olarak kendi içinde farklı haberleşme modülleriyle donatılmıştır.

İletişim ünitesi genel olarak sahadan veya kumanda merkezinden aldığı verileri merkezi işlem birimine sunmakla görevlidir. Bu görevi ifa etmek için farklı iletişim ortamlarından farklı haberleşme protokolleri ile aldığı verilerin kodlarını açar ve merkezi işlem biriminin kullandığı haberleşme formuna çevirir. Aynı şekilde merkezi işlem biriminden aldığı veriyi de iletilmesi gereken birimin kullandığı haberleşme protokolleri ile yeniden kodlayarak, kullandığı haberleşme ortamına iletir.

Güvenilir bir iletişim ünitesinde olması gereken temel özellikler:

- a. Ünitenin kullanıldığı ortam şartlarına göre gürültülere karşı (elektromanyetik alanlar vs.) yeterli şekilde izole edilmiş olması gerekmektedir
- b. Haberleşme ortamlarında kullanılan toprak hatlarının birbirlerinden etkilenmemeleri için mümkün olduğunca ayrı ayrı ve gene RTU kabininin topraklamasından da ayrı olarak tesis edilmelidir
- c. SCADA sisteminde ve işletilen sistemde bulunan haberleşme ortamlarına uygun yeterli ve yedekli kanal sayısına sahip olmakla birlikte, uygulama genişliliğine imkan vermesi için endüstride yaygınca kullanılan farklı haberleşme ortamlarına ait kanalların da bulunması gerekmektedir
- d. SCADA sisteminde ve işletilen sistemde bulunan tüm haberleşme protokollerinin yanında, uygulama genişliliğine imkan vermesi için endüstride yaygınca kullanılan farklı haberleşme protokollerini de desteklemesi gerekmektedir.
- e. Hata tespit edici ve düzeltici donanım ve yazılım yapılarına sahip olması gerekmektedir
- f. Kanalların gürültü seviyelerini devamlı kontrol eden bir yapıya sahip olması gerekmektedir
- g. RTU “Mesajı Yolla (Transmit)” konumundan belli bir süre sonra “Mesajı Al (Receive)” konumuna geçmez ise RTU’nun kendini otomatikman kanaldan ayırma özelliğini (Anti-streaming) desteklemesi

2.4.2 Merkezi İşlem Birimi

Merkezi işlem birimi, RTU'nun değerlendirme merkezidir. Gerek SCADA yazılımından aldığı verileri gerekse sahadan topladığı verileri bu birim değerlendirir ve gereğini yerine getirir. Bu değerlendirme, sahip olduğu depolama biriminde kayıtlı bulunan işletme senaryolarının kullanımı ile gerçekleşir. Merkezi işlem birimi topladığı tüm verileri de o verinin konusu olan durum değişinceye kadar gene bu depolama biriminde saklamaktadır.

Merkezi işlem biriminin görevleri aşağıdaki gibidir:

- a. Sahadan toplanan her türlü verileri iletişim ünitesinden almak, ayıklayıp süzmek ve gereksizleri elemek
- b. Aldığı bu verileri programlandığı senaryolar çerçevesinde değerlendirerek gerekiyorsa yeni kumanda verileri üretmek
- c. Kumanda verilerini giriş-çıkış-izolasyon ünitesine göndermek
- d. Kontrol merkezinden gelen iletişim ünitesinin aldığı ve tercüme ettiği sorgulamalara cevap vermek ve komutların gereklerini yerine getirmek
- e. Veri tabanında sakladığı verilerin güncellenmesi gerektiği durumlarda güncel verileri Kontrol merkezine sunmak

2.4.3 Giriş Çıkış İzolasyon Ünitesi

Birçok RTU'da giriş, çıkış ve izolasyon birimleri iç içe bulunmaktadır. RTU'nun tüm haberleşme işlevlerini yerine getirirler. Bununla birlikte gürültü önleme, düzeltme ve izolasyon işlevleri de gene bu birim tarafından yerine getirilmektedir.

İletişim ünitesi RTU'nun bulunduğu SCADA sisteminin ve yönetilen sistemin haberleşme tekniklerine göre ihtiyaç duyulan her türlü iletişime imkan verecek yapıda gerekli donanımlara sahiptir.

2.4.4 Kullanıcı Arabirim Ünitesi

Kullanıcı arabirim ünitesinin görevi RTU'nun işletilen sistemde görevli olduğu bölümdeki işlemleri endüstriyel bilgisayarlar veya paneller vasıtasıyla denetlemek ve kontrol etmektir. Bir anlamda Kontrol merkezinin küçük bir uygulamasının yapılabilmesine imkan vermektedir. SCADA sisteminin ilk kullanıldığı dönemlerde sistemin yalnızca Kontrol merkezinden yönetilmesinin yeterli olduğu düşünülmesine karşın zaman içerisinde büyük alanlara yayılmış olarak işletilen sistemlerde ayrı RTU'larla yönetilen bölümlerde bulunan operatörlerin de süreci yerinden denetlemesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu uygulamaya imkan verilebilmesi için RTU'larda Kullanıcı Arabirim Üniteleri geliştirilmiştir ve hala günümüzde kullanılmaktadır.

2.4.5 Test Ünitesi

SCADA sistemi, RTU'nun görevlerini yerine getirip getiremediğini veya olası bir yerel arızanın varlığını bu ünite vasıtasıyla sürekli kontrol etmektedir.

Test ünitesinin temel görevleri;

- a. RTU'nun fonksiyonlarını yerine getirip getiremediğini denetleme
- b. Olası bir fonksiyon eksikliği algıladığında arızanın yerini belirleme
- c. RTU yedekli donanımlara sahip ise arızayı telafi etmek üzere yedek donanımların işlev kazanmasını sağlama
- d. Arızalı donanımları diğer donanımlara zarar vermeyecek şekilde iletişim kanalında izole etmek (Anti-sreaming)

2.4.6 Güç Kaynağı Ünitesi

Güç kaynağı ünitesi RTU'nun tüm donanımlarını besleyen bileşenidir. Aynı zamanda bazı fiziksel kontrol teknikleri için de enerji ihtiyacını karşılar. Bu teknikler dijital giriş ve çıkış teknikleridir. 48V, 125V veya 24V olan tipleri mevcuttur. Güç kaynağı ünitelerinde aranması gereken en önemli özellikler yedekli yapıda olması, ürettiği gerilim sinyalinin stabil olması ve topraklamalarının bulunduğu merkezin topraklamalarından ayrı yapılmasıdır.

2.5 RTU'NUN GÖREVLERİ

Bilgi Toplama ve Denetleme Biriminin en önemli görevleri;

- a. Bilgi toplamak ve depolamak
- b. Kumanda etme
- c. Denetleme
- d. Arıza yeri tespiti ve izolasyon

2.5.1 Bilgi Toplama ve Depolama

SCADA sistemi veri toplama işlemini değişik tekniklerle yapabilir. Bu tekniklerden en yaygın kullanılanlar RTU kademesinde entegrasyonla veri toplama ve yazılım kademesinde entegrasyonla veri toplama dır.

Yönetilen sistemlerin RTU kademesinde SCADA sistemine entegrasyonları iki şekilde olur. Bunlardan ilki fiziksel tekniklerdir. Bu teknik ile veriler dijital ve analog giriş kartları kullanılarak alınır. Tekniğin temel metodolojisi saha ekipmanlarının veriyi elektriksel sinyaller ile değerlendirilebilir formatta RTU'nun giriş ekipmanlarına iletilmesidir. Diğer bir teknik ise, RTU'nun yönetilen sistemlerden seri haberleşme yolu ile veri toplamasıdır. Bu tekniğin kullanılabilmesi için temel şart yönetilen sistemin en

basit seviyede kodlama, kod açma ve değerlendirme işlemlerini yapabilmesidir. Yani akıllı bir sistem olması gerektiğidir. Bu teknikte, yönetilen sistem, SCADA'ya vermesi gereken verileri Manchester Kodlama yöntemi ile 2'lik tabanda kodlanmış (binary) verilere dönüştürerek RTU'ya iletir. RTU bu verileri, seri haberleşme giriş kartlarını kullanarak alır.

Yazılım kademesinde entegrasyon tekniği ile yapılan veri toplama işleminde, SCADA sistemi doğrudan doğruya yazılımı ile yönetilen sistem arasında haberleşir. Haberleşmede Ethernet protokolleri kullanılır. Bu tekniğin kullanılabilmesi için yönetilen sistemin akıllı ve Ethernet haberleşmesini kullanabilen bir sistem olması şarttır.

SCADA'nın veri depolama fonksiyonları ise hem RTU kademesinde hem de yazılım kademesinde arşivleme yazılımları ile yapılabilmektedir. Genellikle kullanılan yöntem, RTU bir veri aldığı anda bunu SCADA yazılımına iletir. Yazılım ise bu veriyi işler ve arşivleme modülüne iletir. Veri burada depolanır. Aynı veri RTU'nun da belleğinde depolanmış durumdadır. Fakat, bu verinin konusu olan şartlar değiştiğinde, RTU yeni veriyi SCADA yazılımına göndererek, kendi hafızasında sakladığı eski veriyi siler ve yerine güncel veriyi kaydeder. Yeni veri, eski veri ile birlikte depolanmak üzere Kontrol Merkezinde arşiv modülüne iletilmiştir. Bu nedenle RTU'nun belleğinde geçmişe dönük sorgulama yapmak mümkün olmazken, bu sorgulama yazılım kademesinde arşivleme modülünde yapılabilir.

2.5.2 Kumanda Etme

Kontrol ve kumanda işlemleri de veri toplama gibi farklı tekniklerle yapılabilmesine rağmen en yaygın kullanılan iki teknik, RTU kademesinde entegrasyon ve yazılım kademesinde entegrasyon teknikleri ile yapılanlardır.

RTU kademesinde kumanda işleminin yapılabilmesi için veri toplama ile aynı teknikler kullanılır. Bunlardan ilki fiziksel tekniklerle kumanda ve diğeri ise seri haberleşme yolu

ile kumandadır. Fiziksel tekniklerle kumanda sinyallerinin iletilmesi, dijital ve analog çıkış kartları vasıtasıyla yapılır. Her iki teknikte de veriler, yönetilen ekipmanın değerlendirebileceği, şekilde elektriksel sinyallere dönüştürülerek yönetilen sisteme iletilir. Seri haberleşme ile kumanda verilerinin iletilmesi içinse, yönetilen sistemin öncelikle akıllı bir sistem olması gerekmektedir. Bunun da temel şartı daha önce değinildiği gibi kodlama, kod açma ve değerlendirme fonksiyonlarını yerine getirebilmektir. Bu teknikte kumanda verileri Manchester Kodlama tekniği ile 2'lik tabanda (binary) verilere dönüştürülerek yönetilen sisteme iletilir.

2.5.3 Denetleme

RTU'nun denetleme görevini yerine getirebilmesi için öncelikli şart sahadan aldığı verileri değerlendirebileceği bir mikroişlemci birimine sahip olmasıdır. Bu mikroişlemci, sahadan farklı tekniklerle toplanan verileri, önceden programlandığı işletme senaryolarına göre değerlendirir. Bu değerlendirmeler sonucunda gerekiyorsa, yeni kumanda sinyalleri üreterek yönetilen ekipmana verir. Sistemde vuku bulan değişiklikleri de SCADA yazılımına iletir. Değerlendirme sonucunda ortaya çıkan durum, RTU'nun programlandığı senaryolar kapsamında SCADA yazılımına sunulacak şekilde yapılandırılmışsa veya operatörün karar vermesi gereken bir kumanda yapılması gerekiyorsa yönetilen sistem rutin işletme şartlarının dışına çıkmış demektir. Bu durum bir alarm olarak algılanır ve Kontrol Merkezinde bulunan SCADA yazılımına iletilir.

2.5.4 Arıza Yeri Tespiti ve İzolasyon

Gelişmiş SCADA sistemlerinin işlevlerinden biri de arıza tespiti ve izolasyonudur. SCADA sisteminin bu fonksiyonları diagnostik fonksiyonlar olarak adlandırılır. SCADA sistemi diagnostik fonksiyonları, sistemde kullanılan her bir ekipmanın haiz olduğu kendi diagnostik özelliklerle yerine getirebildiği gibi, sisteme bu fonksiyonlara

sahip olmasını sağlayacak arıza arabirimi modülleri eklenmesi suretiyle de yerine getirebilmektedir.

Arızanın algılanabilmesi için yazılım belli aralıklarla, operatör komutuyla veya olağanüstü bir durumla karşılaşması halinde tüm sistemde tarama yapar. Tarama sonucunda bir arıza tespit edildiğinde, sistem bu arızanın kaynaklandığı ekipmana ve arıza noktasına kadar takip eder. Neticede arıza tam olarak tanımlanarak operatöre sunulur ve arızanın bulunduğu nokta sistemden izole edilir.

Klasik SCADA sistemlerinde arızanın tespiti, sistem oldukça büyük bir alanda dağıtık olarak kullanılabildiğinden oldukça güç ve zaman alan bir işlemdir. Gelişmiş SCADA sistemlerinde yer alan bu fonksiyon sayesinde ise sistemde vuku bulan bir arızanın 1-10 saniye arasında tespiti ve izolasyonu mümkün olmaktadır. Sistemin verimi, bu sürenin kısalmasında etken bir parametredir.

3. SCADA SİSTEMİNİN HABERLEŞME ALTYAPISI

3.1 HABERLEŞMENİN TANIMI

Anlamalı bir bilginin kaynaktan alıcıya iletilme sürecine haberleşme denir. SCADA dahil, tüm kontrol sistemleri için haberleşme en önemli alt yapı bileşenidir. Zira kontrol sistemlerinin temel hedefi tek merkezden daha fazla ekipman veya sistemi kontrol etmektir ve kontrol sistemlerinin geçmişten günümüze bu hedef doğrultusunda geliştikleri görülmektedir. Tek merkezden bir çok ekipman ve sistemi kontrol etmenin temel şartı ise haberleşmedir. Bu nedenle haberleşme teknolojilerinin gelişimi kontrol sistemlerinin işlevlerini genişletmekte, mali külfetlerini azaltmakta ve kullanımlarını yaygınlaştırmaktadır.

3.2 HABERLEŞMENİN ŞARTLARI VE ÖĞELERİ

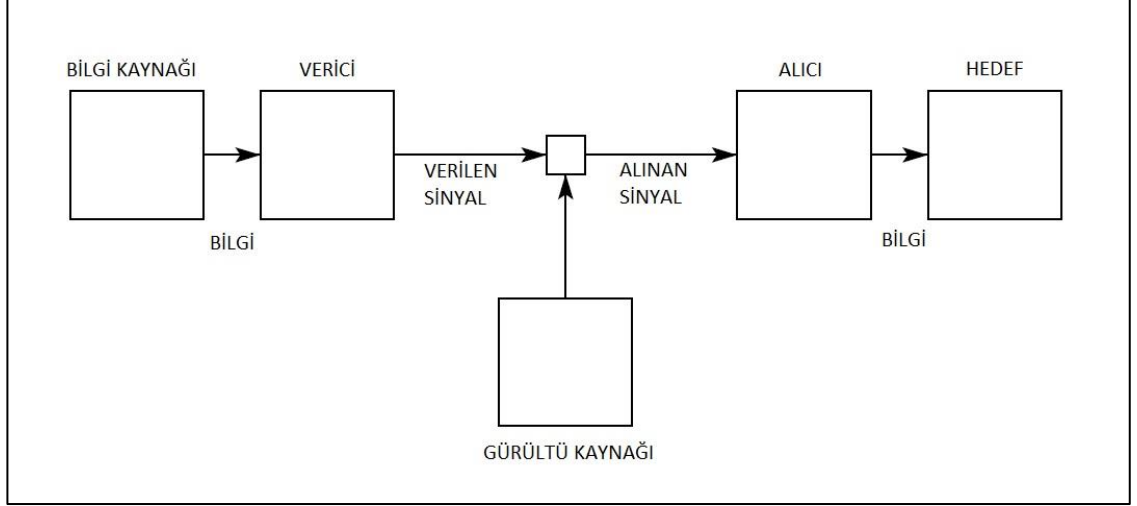
Haberleşme işlemi ortak bir haberleşme ortamını kullanan iki haberleşme biriminin, aynı haberleşme tekniğini kullanarak bir bilgiyi iletmelerinden ibarettir. O halde haberleşme işleminin gerçekleşebilmesi için, aşağıdaki bileşenlerin varlığı şarttır;

- a. Verici haberleşme birimi
- b. Alıcı haberleşme birimi
- c. Ortak haberleşme ortamı
- d. Ortak haberleşme tekniği
- e. İletilen veri

Bu beş bileşen, haberleşmenin olmazsa olmazıdır. Haberleşme teknolojilerinin gelişmesi, haberleşme birimlerinin kabiliyetlerini arttırmakta, alternatif haberleşme ortamları geliştirmekte, daha verimli haberleşme tekniklerini üretmekte ve iletilen verinin içeriğini arttırmaktadır. Dolayısı ile haberleşme teknolojileri bu beş şartın bünyesinde gelişmektedir.

Günümüzde de kabul edildiği gibi 1948 yılında Claude Elwood Shannon haberleşme sistemlerini aşağıdaki gibi modellemiştir.

Şekil 3.1 Haberleşme Sistemlerinin Şematik Diyagramı



Kaynak: Shannon (1948)

C.E.Shannon'un modeline göre bir haberleşme sisteminin bileşenlerini aşağıdaki gibi sıralamamız mümkündür;

1. Verici veri depo birimi
2. Verici iletişim ekipmanı
3. Ortak haberleşme ortamı
4. Alıcı iletişim ekipmanı
5. Alıcı veri depo birimi

Bu modelde veri tabanına ve haberleşme ekipmanına sahip iki haberleşme biriminin ortak bir haberleşme ortamını kullanarak haberleşme işlemini gerçekleştirdiği, bu arada haberleşme ortamına verilen bilginin gürültülerden etkilenerek bazı değişikliklere uğramak suretiyle alıcıya ulaştığı görülmektedir. Haberleşme sistemlerinde gürültülerin haberleşme ortamına etkilerini azaltmak veya ortadan kaldırmak ve gürültüden etkilenerek bozulan sinyalin düzeltilmesini sağlamak üzere tedbirler geliştirilmektedir.

3.3 HABERLEŞME ALTYAPISINDAN BEKLENENLER VE TASARIM KRİTERLERİ

SCADA sisteminin haberleşme altyapısının görevleri ve kullanıcı beklentileri, sistemin tasarım kriterlerini de belirlemektedir. SCADA sisteminin haberleşme altyapısı sistemi meydana getiren tüm bileşenlerin, gerekli seviyelerde haberleŐebilmelerine imkan sağlamalıdır. Bahsedilen tüm bu bileşenler farklı haberleşme ortamlarını ve farklı standartları kullanmaktadırlar. Bu nedenle SCADA sisteminde faaliyet gösteren haberleşme altyapısı oldukça farklı haberleşme tekniklerine haiz olmalıdır. Sistemin kesintisiz çalıŐabilmesi de gene bu haberleşme altyapısının problemsiz ve arızalara karşı gerekli tedbirlerin alınmıŐ olmasına bağlıdır. O halde haberleşme altyapısının güvenilir olması da gerekmektedir. Sistem tasarımında dikkat edilmesi gereken bir başka husus ise, tüm bu haberleşme fonksiyonlarının en düşük maliyetle temin edilmesi gerektiğidir. Bu gereklilik, haberleşme ihtiyacının tespitini ve buna göre ihtiyaca uygun ekipmanların seçilmesini gündeme getirmektedir.

O halde sistemin haberleşme altyapısının tasarım parametrelerinin aşağıdaki gibi sıralanması mümkündür;

- a. Haberleşme kesintisinin yaŐanma ihtimalini en aza indirmek için gerekli yedeklik tedbirlerinin alınmıŐ olması gerekmektedir
- b. Sistemi oluşturan tüm bileşenler planlanan haberleşme tekniklerini kullanabilmeli ve sistemin geniŐlemesiyle ihtiyacı hasıl olabilecek, endüstride yaygın olarak kullanılan haberleşme tekniklerini kullanabilme kabiliyetine sahip olmalıdır
- c. Grltlerden etkilenmeden bilgiyi en doğru Şekilde taŐıyabilmelidir
- d. Sistemin kullanıldığı sahalarda verimli kullanılacak haberleşme tekniklerinin ve ekipmanların kullanılması gerekmektedir
- e. Düşük maliyetli olmalıdır

3.4 VERİ İLETİM TEKNİKLERİ

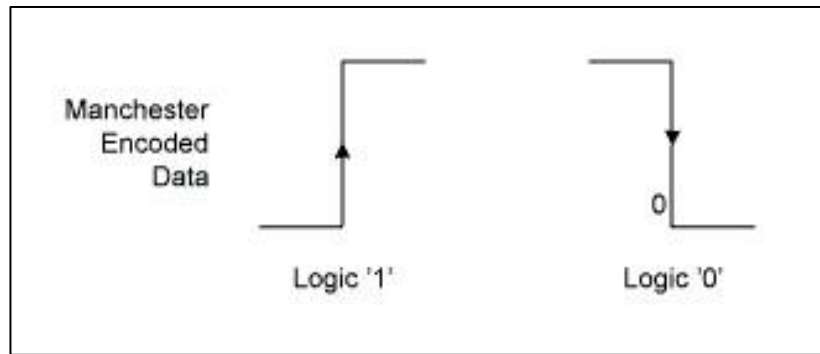
3.4.1 Kodlama

Bilginin her bir parçasının sayısal tabanda gösterilmesi, aktarılması veya saklanması için kullanılan yöntemdir. Kodlama tekniği iki yönlü olmalıdır; yani bilgiden kodlanarak elde edilen veriden, tersi işlemle yeniden asıl bilgi elde edilebilmelidir

Haberleşme açısından kodlamaya iki farklı açıdan bakılır. Birisi önceki paragrafta ifade edildiği gibi bilginin sayısal olarak ifade edilmesi (ki bu daha çok veri yapıları konusudur), diğeri sayısal bilgiye ait 1 ve 0'ların yeniden elde edilebilecek biçimde elektriksel işarete dönüştürülmesidir. Karşı tarafa, üzerine veri bindirilmiş elektriksel işaret aktarılır; orada, ter dönüşümle aktarılan veri aslı gibi geri elde edilir (Çölkesen ve Örencik 2003, s. 31).

En yaygın kullanılan kodlama tekniği Manchester kodlama tekniğidir. Bu teknikte veri aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi elektriksel sinyallere dönüştürülür (Çölkesen ve Örencik 2003, s. 31).

Şekil 3.2 Manchester Kodlama Tekniği

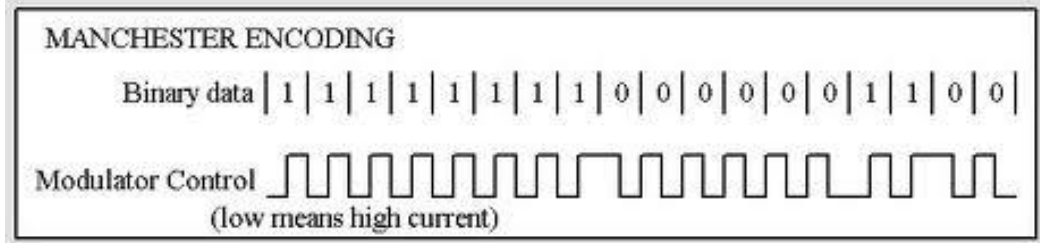


Kaynak: www.maximintegrated.com [ziyaret tarihi 05.12.2013]

Elektriksel sinyalin negatif veya düşük genlikli gerilimden pozitif veya daha yüksek genlikli gerilime dönüşmesi 1 olarak, tam tersi ise 0 olarak tanımlanır. Buna göre bit süresinin ortasında çıkan veya düşen kenar, bitin 1 veya 0 olarak değerlendirilmesini

sağlar. Sayısal bir verinin Manchester kodlamasıyla nasıl elektriksel sinyallere dönüştürüldüğü aşağıdaki şekilde örneklendirilmiştir.

Şekil 3.3 Manchester Kodlama Tekniği ile Örnek Kodlama Uygulaması



Kaynak: www.priority1design.com [ziyaret tarihi 05.12.2013]

Kodlama sayısal veri iletiminde en önemli konulardan birisidir; öyle ki, aynı fiziksel ortam üzerinden sadece kodlama yöntemi değiştirilerek daha yüksek hızlara çıkılabilmektedir. Kablolü veya kablosuz olsun hemen hemen her ağ standardı için farklı bir kodlama yöntemi kullanılmaktadır.

3.4.2 Modülasyon

Modülasyon, bir elektriksel işaretin çok daha yüksek frekansa sahip taşıyıcı işaret üzerine bindirilmesi işlemidir. Amacı, veriye ait elektriksel işaretin doğal halinden çok daha kolay ve daha az enerji harcanarak aktarılmasıdır. Modülasyon işleminde iki işaret vardır; birisi verinin kodlanmasıyla elde edilen işaret, diğeri ise taşıyıcı (carrier) işaretidir. Örneğin Radyo, TV yayıncılığında da ses ve görüntü bilgileri bir taşıyıcı işaret üzerine bindirilerek gönderilir. Böylece düşük frekanslardaki ses ve görüntü bilgileri yüksek frekansa sahip taşıyıcı işaret üzerine bindirilerek çok uzaklara gönderilir (Çölkesen ve Örencik 2003, s. 31).

Modülasyon işleminde taşıyıcı işaretin frekans değeri önemlidir. Frekans spektrumu çeşitli amaçlar için sınıflandırılmıştır. Örneğin bir orta dalga ve FM radyo vericisinin kullanılacağı frekans aralığı bellidir. Benzer şekilde ağ uygulamalarında kullanılacak frekans bölgesi de belirlidir.

Modülasyon yapılarak taşıyıcı işaret üzerine bindirilen veriye ait işaretin yeniden aslı gibi elde edilmesine demodülasyon denilir.

Temelde üç tür modülasyon vardır;

1. Frekans Kaydırmalı Modülasyon
2. Faz Modülasyonu
3. Genlik Modülasyonu

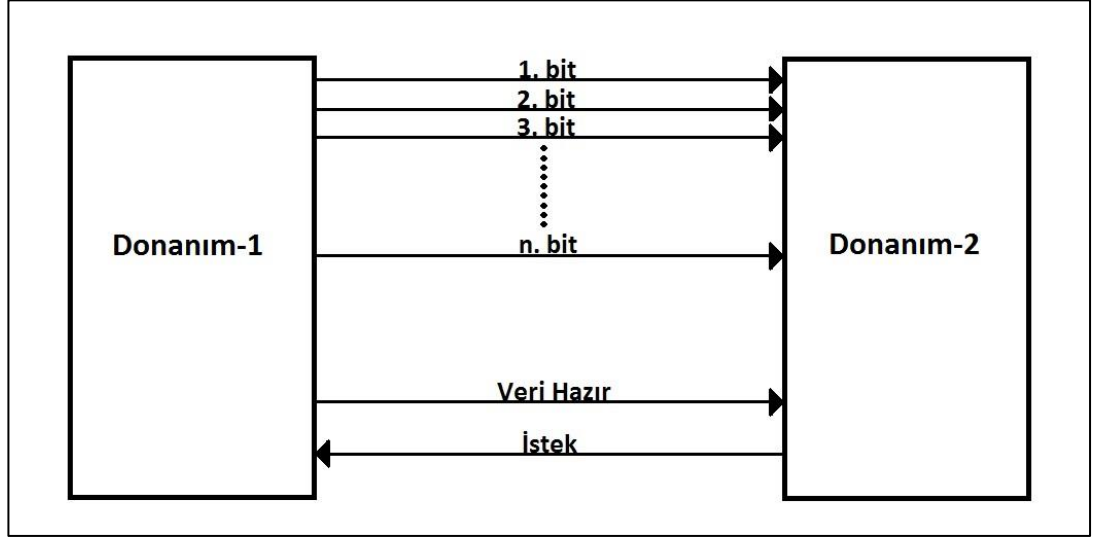
3.4.3 Karşılıklı Çalışma

Aynı veya farklı üreticilerin iki veya daha fazla donanım arasında veri aktarabilmesi, ortak süreçler yürütebilmesi ve karşılıklı işbirliği içerisinde çalışılmanın sağlanabilmesi karşılıklı çalışabilme (interoperability) olarak adlandırılır. Karşılıklı çalışma için alıcı vericinin gönderdiği bilgiyi anlayabilmelidir; alıcı ve verici arasında etkileşim için kullanılacak işaretler, veri yapısı ve temel aktarım birimlerinin değerlendirme yöntemleri üzerinde her iki tarafın anlaşmasıyla mümkün olur (Çölkesen ve Örencik 2003, s. 33).

3.4.4 Paralel İletim

Paralel iletimde aktarılacak n bitlik kod sözcüğündeki herbir bit aşağıdaki şekilde de görüldüğü gibi ayrı bir iletim hattından aktarılır. Ayrıca bu veri hatlarına ek olarak birkaç kontrol hattı kullanılır. Örneğin aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi veri bitlerinin hatta çıktığını belirtmek için “veri hazır” ve alıcının aktarım için hazır olduğunu belirten “istem” gibi hatlar da kullanılır. Bunlar dışında hatlar da olabilir.

Şekil 3.4 Paralel İletim

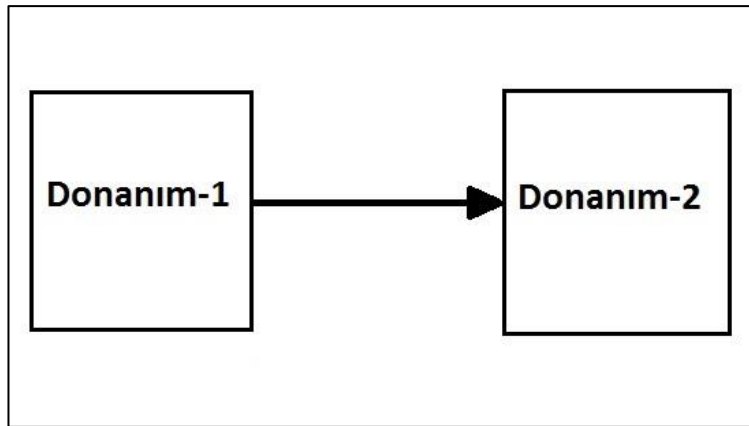


Paralel iletim çoğunlukla donanımın yakın çevresinde bulunan donanımlarla haberleşmesinde kullanılır.

3.4.5 Seri İletim

Seri iletimde aktarılabacak veri tek bir iletim hattı üzerinden verinin anlamlı bitinden veya tersi sırada başlanarak sırayla aktarılır. İşaret hızı baud birimiyle ölçülür. Baud birim zamanda aktarılan ayırık işaretlerin sayısıdır. Bir de bps (bit per second) birimi vardır; bps bir saniyede aktarılan bit sayısı demektir.

Şekil 3.5 Seri İletim



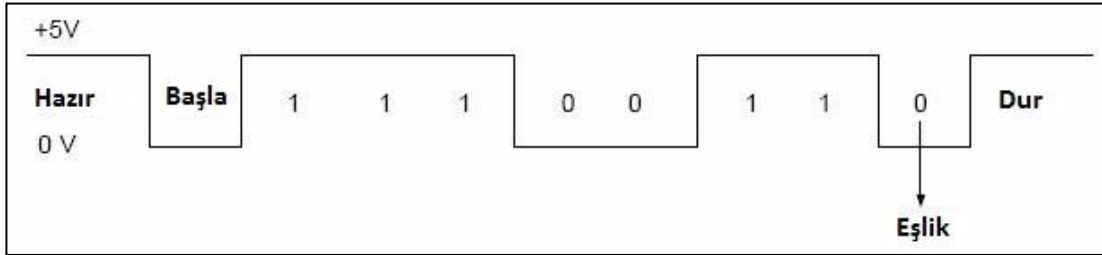
Bir ayrık işaret 1 bitlik veriyi kapsayabildiği gibi n bitlik veriyi de içerebilir; eğer 1 bitlik veriyi içeriyorsa 1 baud 1 bps'e karşılık gelir, aksi durumda 1 baud n bps'e karşılık düşer.

Seri iletim şekli farklı gereksinimleri karşılayabilmek için kendi içerisinde asenkron, senkron ve isokron olarak üçe ayrılır. Her birinin kendine has özellikleri vardır.

3.4.5.1 Asenkron seri iletim

Gönderici ve alıcının ayrı saatler kullandıkları seri iletim şeklidir. Gönderilecek bilgi karakter adı verilen bloklara ayrılır. Bu bloklar örneğin 7 veya 8 bit kapasiteli olabilir. Karakterlerin başına Başla biti (start) eklenir. Karakterin sonuna da Dur biti (stop) eklenir. Başla biti 0 ve Dur biti 1 olur. Hata sezme için kullanılan eşlik biti çift veya tek eşlikten biri seçilebilir; çift eşlikte veri bloğundaki 1'lerin sayısı tekse 1, çiftse 0 seçilir. Tek eşlikte ise bunun tam tersi olur.

Şekil 3.6 Asenkron Seri İletim



Kaynak: www.butunsinavlar.com [ziyaret tarihi 05.12.2013]

Gönderilecek son karakterin Dur biti de yollandıktan sonra gönderici yeni bir karakter gönderene kadar yolu Dur biti (1) düzeyinde tutar. Her karakter Başla biti (0) ile başladığından, alıcı karakterin başını kolayca yakalar. Kendi saatinin periyotlarını sayarak gelen karakterin bitlerini birbirinden ayırır. Eşlik denetimi de yapar. Gönderici ve alıcı saatlerinin frekansları arasında %5'lik bir kayma bile olsa, her karakterin başında alıcı göndericiye yeniden senkronize olduğundan kayıklık hatası hissedilmez.

Asenkron seri iletim göreceli olarak çok daha yavaş olur ve yüksek band genişliği gerektiren bağlantılarda kullanılmaz.

3.4.5.2 Senkron seri iletim

Senkron iletim veri aktarımında bulunacak iki uç sistemin birbirine eş zamanlı çalışmasını gerektirir; senkron iletimde yüksek hızlara çıkılabilir. Senkron iletimde asenkronda olduğu gibi karakterlerin başına Başla ve Dur anlamında bitler konulmaz. İki uç sistem arasında senkronizasyon sağlanır; bu amaçla kullanılan iki farklı yaklaşım vardır. Birisinde gönderici saat işaretini alıcıya veri ile modüle ederek gönderir. Alıcı, vericinin gönderdiği işaret dizisini bir faz kilitleme devresinden geçirerek vericinin bit frekansına eşit frekanslı bir senkronizasyon işareti elde eder. Diğerinde ise gönderen ve alıcı arasında ayrı bir hattan senkronizasyon için saat işareti gönderilmesidir.

Senkron iletimde 64 bit ile 4096 bit olan veri bloğunun/bit dizisinin başına ve sonuna özel desenli Ön Ek ve Son Ek ayırıcı bilgileri yerleştirilir; böylece alıcının o veri bloğunun başlangıç ve sonunu belirlemesi sağlanır.

Şekil 3.7 Senkron Seri İletim



Peş peşe veri bloklarının gönderilmesi durumunda aradaki son ekler kullanılmayabilir. Ön ve son ekler bilgi katarı içinde bulunması yasaklanan veya mümkün olmayan özel bir bit dizisi şeklinde olmalıdır.

3.4.5.3 Isokron iletim

Isokron (isochronous) iletim, senkron iletimin bir türevi olarak düşünülebilir. Bu iletimde uç sistemlerin birbirleriyle olan haberleşme gereksinimi periyodik olarak karşılanır; bu periyotlar ile iletim ihtiyacı olan hat kapasitesinin karşılanması garanti altında tutulur. Her periyot için haberleşme gereksinimi anlık olarak güncellenir. Bu tür iletim özellikle ses, video aktarımı ve gerçek zamanlı uygulamalar için gereklidir.

3.4.6 Veri İletim Tipleri

Veri iletim tipleri, iletimin belli periyotlar arasında, hangi yönlerde gerçekleşeceğini ifade etmektedir.

3.4.6.1 Tam-çift yönlü iletim

Tam çift yönlü (full-duplex) iletimde iki uç sistem arasında aynı anda iki yönlü aktarım yapılabilmektedir. Eğer her iki yönün band genişliği eşit ise simetrik, farklı ise asimetrik olarak adlandırılır.

3.4.6.2 Yarı-çift yönlü iletim

Yarı çift yönlü (half-duplex) iletim iki uç sistem arasında “aynı anda yalnızca bir yönde” aktarım yapılabilmesidir; diğer yön bekletilir. Bu yöntemde iki yönlü aktarım yapılabilir ancak aynı anda bir yönde yapılabilir ve diğer yönden de aktarım yapılabilmesi için o anda aktarım yapılan yönün işini bitirmesi gerekir.

3.4.6.3 Tek yönlü iletim

Tek yönlü (simplex) iletim iki uç sistem arasında “yalnızca bir yönde” aktarım yapılabilmesidir. Örneğin TV veya Radyo yayıncılığı tek yönlü ilettime örnek verilebilir.

3.5 GERÇEK ZAMANLI İLETİŞİM

Sayısal iletişim, sistemlerin veya uygulamaların zamana olan bağımlılık ölçüsüne göre birisi gerçek zamanlı (real-time), diğeri gerçek zamanlı olamayan uygulamalar olarak iki guruba ayrılır. Bazı uygulamalar gerçek zamanlı iletişim gerektirmezler; örneğin dosya aktarımı, e-posta, standart Web sayfası aktarımı gibi uygulamalarda zaman ana unsur değildir. Gerçek zamanlı uygulamalara tipik olarak endüstriyel kontrol, elektronik bankacılık, video konferans sistemleri gibi anında etkileşimli sistemler örnek verilebilir.

3.6 DÜĞÜM

Düğüm (node), iletişim sistemi üzerinde karşılıklı çalışma için gerekli protokolün tamamını veya bir kısmını içeren uç veya ara sistemlerdir. Genel olarak kullanıcı durumundaki sistemler uç düğüm, aracılık eden sistemler de ara düğüm olarak adlandırılır.

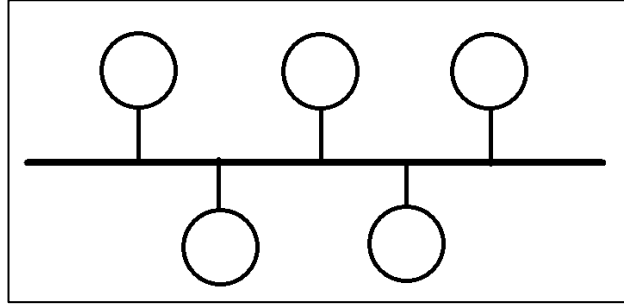
3.7 TOPOLOJİ VE AĞ HARİTASI

Topoloji, haberleşme ağını oluşturan bileşenlerin, uç ve ara düğümlerin birbirlerine bağlanmasını gösteren bir çeşit ağ haritasıdır. Kontrol sisteminin en önemli tasarımı aşamalarından birini teşkil etmektedir. Sistemde kullanılan tüm ekipmanlar, seçilen protokoller ve teknik uygulamalar haberleşme topolojisini oluştururlar.

3.7.1 Ortak Yol Topolojisi

Ortak yol topolojisinde ağıdaki tüm donanımlar gibi düğümler aynı bir iletim ortamı üzerinden haberleşirler. Veri ve denetim işaretleri aynı anda tüm düğümlere birden gönderilir. Her düğümün bir adresi vardır. Düğümler yol üzerindeki her mesajı okurlar ve yalnızca kendilerini adresleyen işlerler. Ortak yola yeni düğüm ekleme kolay olur ancak her yeni eklenen düğüm ortak yolun trafiğini artırır. Ve düğüm başına düşen ortalama band genişliğini azaltır.

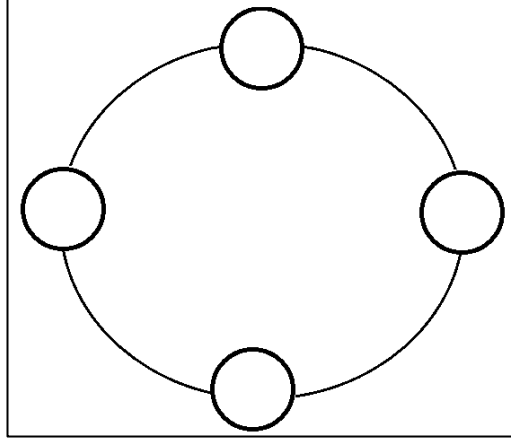
Şekil 3.8 Ortak Yol Topolojisi



3.7.2 Halka Topolojisi

Halka topolojisinde her düğüm komşu iki düğüme bağlıdır; iletim ortamı halka biçimindedir. Yolun ele geçirilmesi/kullanılması için en yaygın kullanılan yöntem jetonlu halka üzerinde dolaşmaktır. Yolu kimin kullanacağını yolda dolaşan jeton belirler; jetonu ele geçiren düğüm onu yoldan alıp yola verisini koyar. Göndereceği verisi bittikten sonra jetonu yeniden yola koyar. Aynı düğüm tekrar veri göndermek isterse jeton kendisine gelene kadar beklemelidir. Halka topolojisinin olumlu yanı yoğun iletişim anında bile başarımını fazla düşürmemesidir.

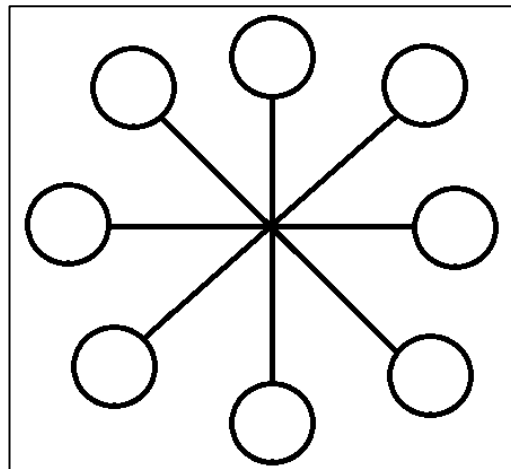
Şekil 3.9 Halka Topolojisi



3.7.3 Yıldız Topolojisi

Yıldız topolojide düğümlerin tamamı merkezi noktadaki bir cihaza bağlıdır. Ağ üzerindeki tüm trafik, bu merkezi noktadan geçer. Günümüzdeki ağ uygulamalarında yoğun olarak yıldız topoloji kullanılmaktadır. Ortak yol ve halka uygulamaları bile, mantıksal olarak ortak yol ve halka biçimde olsa dahi fiziksel bağlantıları yıldız şeklinde olabilmektedir. Yıldız topolojide de ağa yeni düğüm kolayca eklenebilir. Ancak her düğüme ayrı ayrı kablo çekilmesi gerekliliği maliyeti arttıran bir unsurdur. Ayrıca bu işlem esnasında merkezdeki düğüm bozulduğundan iletişim kopar.

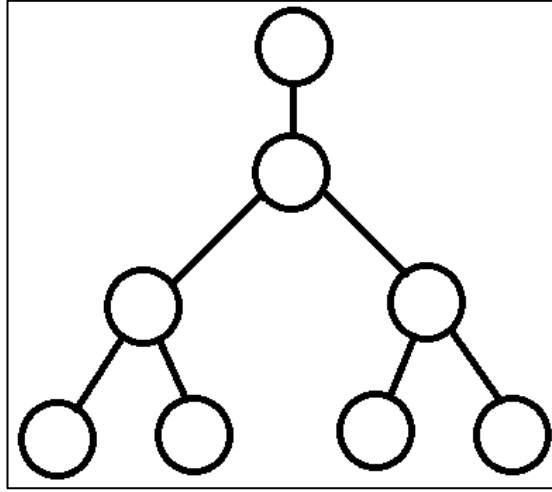
Şekil 3.10 Yıldız Topolojisi



3.7.4 Ağaç (Hiyerarşik) Topolojisi

Ağaç topolojisi hiyerarşik topoloji olarak da anılır. Bu topolojide veri yönetim ve işleme sorumluluğu farklı farklı olan sistemler sorumluluk düzeyine göre sıralanarak bir ağaç yapısında bağlanırlar. Ağacın kökünde sorumluluğu en yüksek olan sistem vardır; aşağılara doğru sistemlerin sorumlulukları azalır.

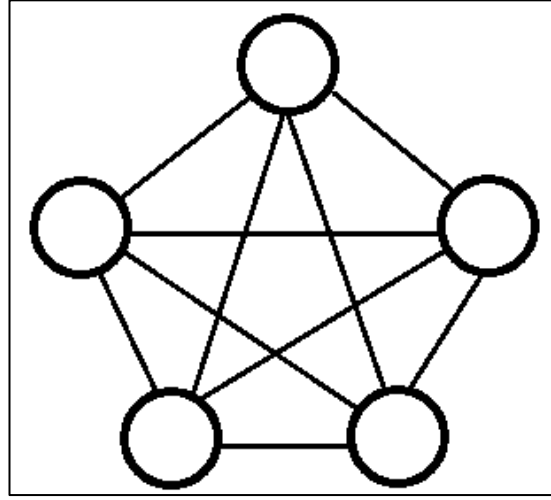
Şekil 3.11 Ağaç (Hiyerarşik) Topolojisi



3.7.5 Örgü Topolojisi

Örgü topolojisinde sistemlerin birbirine bağlanması için çoğunlukla bir düzen veya geometrik bir desen göz önüne alınmaz. Yeni bir sistem, genel olarak kendiisine en yakın mesafede olan veya maliyeti en optimum olan bir düğüme bağlanarak ağa eklenir. Örneğin İnternet'in ağ alt yapısı örgü topolojisindedir. Çoğu genel amaçlı alan ağları (WAN) da örgü topolojisi yapısındadır (Çölkesen ve Örencik 2003, ss. 31-39).

Şekil 3.12 Örgü Topolojisi



3.8 OSI REFERANS MODELİ MİMARİSİ

OSI referans modeli ISO (International Standards Organization) tarafından 1979 yılında önerilmiş, bilgisayar ağ sisteminde yapılması gereken işleri parçalayıp katmanlar düzeyinde tanımlayan referans bir tanımlamadır. Bu modelde ağ üzerinde iletişimde bulunmak isteyen sistemlerde yapılması gereken tüm işler, birbirinden bağımsız parçalara ayrılmış ve her parçaya ait görevler belirtilmiştir. Bilgisayar haberleşmesi ve ağları konusunun anlaşılması ve ağ tasarımında temel alan kavramları içerir.

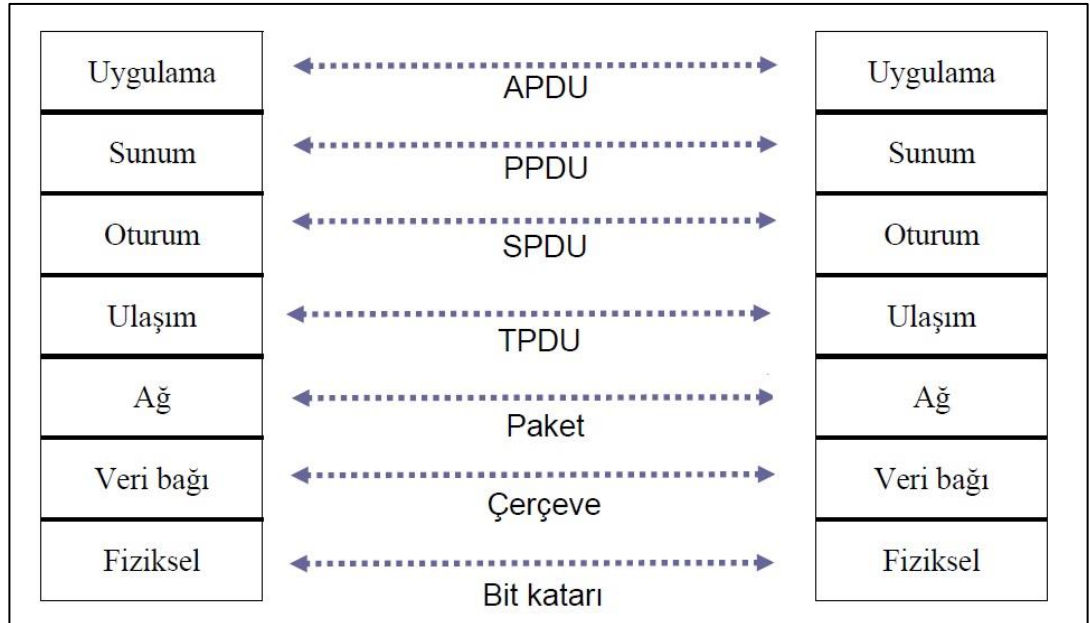
OSI referans modeli yedi katmanlıdır. En altta doğrudan 1 ve 0'larının aktarıldığı fiziksel katman vardır. En üstte ise uygulama programlarının etkileşimde bulunduğu uygulama katmanı vardır. Aralardaki katmanlar verinin şifrelenmesi, sıkıştırılması, hatadan arındırılması, karşı sistemde sanal bağlantı kanalı (oturum) oluşturulması, paketlerin alıcısına doğru bir şekilde ulaştırılması vs gibi işlerin yapılmasını sağlar (Çölkesen ve Örencik 2003, ss. 75-76).

Şekil 3.13 OSI Referans Modelinin Katmanları

7.	<i>Uygulama Katmanı</i>		<i>Servisler (Elektronik Posta, Dosya Transferi, vb..)</i>
6.	<i>Sunum Katmanı</i>		
5.	<i>Oturum Katmanı</i>		
4.	<i>Ulaşım Katmanı</i>		<i>İletişim (Aktarım)</i>
3.	<i>Ağ Katmanı</i>		
2.	<i>Veri Bağı Katmanı</i>		<i>Fiziksel Bağlantı</i>
1.	<i>Fiziksel Katman</i>		

OSI referans modelinin her katmanında, aktarılan veri farklı bir isim alır. Alt katmanlarda bit katarı, çerçeve, paket gibi isimler verilirken, üst katmanlara gidildikçe isimlendirme ulaşım katmanı protokolü veri birimi (Transport Protokol Data Unit – TPDU) gibi katmana özel hale gelir (Oktuğ, s. 2).

Şekil 3.14 OSI Referans Modeli Katmanlarının Veri Birimleri



Kaynak: Oktuğ [tarih yok]

3.8.1 Fiziksel Katman

Verinin fiziksel olarak elektriksel bir iletim ortamı üzerinden aktarılması için gerekli işleri kapsar. Veri bu katman aracılığıyla sıradan bit dizisi olarak algılanır ve aktarılır; bitlerin taşıdığı bilgi bu katmanda yorumlanmaz. Bu katman için tanımlanan standartlar taşıyıcı işaretin şekli, verici ve alıcı konumundaki uç noktaların elektriksel ve mekanik özelliklerini belirler. Örneğin RS-232C ve V.35 fiziksel katman standartlarıdır. Kablo standartları, tanımlamaları, işaret şekilleri, gerilim seviyeleri, işaret hızları ve konektör biçimleri bu katmanda tanımlanır.

3.8.2 Veri Bağı Katmanı

Verinin hatalara bağımsız bir yapıda lojik işaretlere dönüştürülmesi (yani kodlanması), alıcıda bit düzeyinde hataların sezilmesi, düzeltilemiyorsa doğrusunun elde edilmesi için göndericinin uyarılması gibi işlevleri vardır. Veri bağı katmanı yerel alan ağı içerisinde sistemlerin birbirlerine doğrudan bağlanması için kullanılmaktadır.

3.8.3 Ağ Katmanı

Veri paketlerinin bir uçtan diğer uca ağdaki çeşitli ara düğümler üzerinden geçirilip yönlendirilerek alıcısına ulaşmasını sağlayan işleve sahiptir. Veri paketinin alıcısına giderken ağ koşullarına, önceliklere ve diğer parametrelere göre hangi yolun uygun olacağı bu katmanda değerlendirilir. Bu amaçla düğümlere ağ adresi denilen numaralar verilir. Ağ adresi taşıyan bilgi bloklarına paket adı verilmektedir. İnternetin temel protokol kümesi olan TCP/IP'nin IP protokolü bu katmanda yürütülür.

3.8.4 Ulaşım Katmanı

Bilginin son alıcıda her tür hatadan arındırılmış olarak elde edilebilmesini sağlar. Ulaşım katmanının oluşturduğu bilgi bloklarına bölüm (segment) denir. Bunlar alıcıya sırası bozulmuş olarak gelirse, düzgün olarak sıralanmalıdırlar. Bunun için bölümler numaralanır.

3.8.5 Oturum Katmanı

Uç düğümler arasında gerekli oturumun kurulması, yönetilmesi ve sonlandırılması işlerini kapsar. Ayrıca, iletişimin mantıksal sürekliliğinin sağlanması için oturumun bozulması durumunda bir senkronizasyon noktasından başlayarak iletimin kaldığı yerden devam etmesini sağlar. Gönderilecek bilgi senkronizasyon noktaları ile belirlenmiş bloklara ayrılır. Karşı ucun oturum katmanı bir bloğun tamamını doğru olarak elde edip üst katmanına teslim ettikten sonra blokla ilgili işi tamamlamış olduğunu veriyi gönderen tarafa bildirir. Gönderen ise bloğu belleğinden silebilir.

3.8.6 Sunuş Katmanı

Bilginin iletimde kullanılacak biçimin düzenlenmesini sağlar. Sıkıştırma/açma, şifreleme/şifre, karakter dönüşümü vs. gibi işlevlerin yerine getirilmesini kapsar.

3.8.7 Uygulama Katmanı

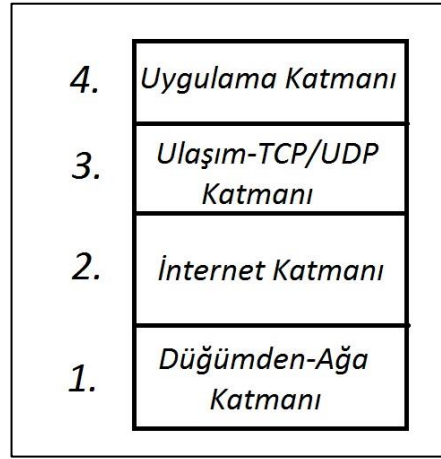
Uygulamaların ağa erişimi için gerekli işlevleri kapsar. Kullanıcının etkileşimde bulunduğu uygulama programları doğrudan bu katmanla iletişim içerisindedir. Bu katmanda dosya aktarımı, e-posta, uzaktan dosya erişimi, ağ yönetimi vs. gibi bir çok protokol tanımlanmıştır (Çölkesen ve Örencik 2003, ss. 77-79).

3.9 TCP/IP REFERANS MODELİ MİMARİSİ

Bir başka referans modeli de TCP/IP'dir. Bu modelin temelini ABD Savunma Bölümü tarafından desteklenerek geliştirilen ARPANET oluşturur. ARPANET'te amaç heterojen (telli, telsiz) alt ağların oluşturduğu bir ortamda kesintisiz bir bağlantı oluşturmaktır. Önem verilen bir diğer nokta ise bazı hatların kopması ya da düğümlerin bozulması sonrasında bile alternatif yolların bulunarak bağlantıların devam ettirilmesini sağlamaktır. TCP/IP referans modelinin yapısı aşağıdaki şekilde gibidir.

Şekil 3.15 TCP/IP Referans Modeli

Katmanları



TCP/IP referans modeli OSI referans modeli gibi sunuş ve oturum katmanlarına sahip değildir. OSI referans modelindeki veri bağı katmanı ve fiziksel katlamanın işlevleri TCP'IP referans modelinde düğümden-ağa katmanında gerçekleşmiştir.

3.9.1 Düğümden Ağa Katmanı

Düğümden ağa katmanının amacı düğüm ile ağ arasında IP paketlerini gönderecek bir bağlantı kurulmasıdır. LAN ortamında hangi kurallar dahilinde erişileceğini belirler. OSI modelinde fiziksel ve veri bağı katmanlarının her ikisine birden karşılık gelir.

3.9.2 İnternet Katmanı

İnternet katmanı bir paket yapısı ve IP (Internet Protocol) adı verilen protokol tanımlar. Paketlerin oluşturulması, yönlendirilmesi, ortamdaki tıkanıklıkların giderilmesi bu protokolün görevidir. İnternet katmanı bir veri dağıtım servisi sağlar. OSI modelinde ağ katmanına karşılık gelir.

3.9.3 Ulaşım-TCP/UDP Katmanı

İnternet katmanının üzerinde ulaşım katmanı çalışır. Ulaşım katmanı güvenli iletişim, hata düzeltme, gecikme kontrolü vb. fonksiyonlarla ilgilenir. Ulaşım katmanında kullanılmak üzere iki uçtan-uca protokol tanımlanmıştır. Bu protokoller: TCP (Transmission Control Protokol) ve UDP'dir (User Datagram Protocol). TCP bağlantılı, UDP ise bağlantısız servis sağlar.

3.9.4 Uygulama Katmanı

TCP/IP referans modelinin en üst katmanıdır. TELNET, FTP, SMTP ve SNMP gibi TCP/IP protokolleri bu katmanda çalışır. OSI referans modelindeki uygulama, sunum ve oturum katmanlarının bütününe karşılık gelir. FTP (File Transfer Protokol); bir hostan diğerine kolay dosya transferi yapmak için kullanılır. TELNET; uzak terminal erişim protokolüdür. SMTP (Simple Mail Transfer Protokol); elektronik posta hizmet sunar. DNS (Domain Name System); internet üzerinde hostların isimlerini ve bunlara karşılık gelen IP adreslerini veri tabanı halinde tutmayı sağlayan protokoldür. SNMP (Simple Network Management Protokol); TCP/IP hostlarını standart bir takım ağ yönetim fonksiyonlarını kullanarak yönetme işleminde kullanılır (Bilgisayar Ağları Ders Notları s. 66)

3.10 HABERLEŞME AĞLARI

Haberleşme ağı, her tŸrlŸ sayısal sistemin birbirleriyle haberleşmesi iin altyapı sağlayan bir ortamdır. Kullanıldıkları alanın bŸyŸklŸgŸne, sistemlerin yayılma Őekline ve haberleşme ihtiyacının niteliklerine gŸre değişik sınıflara ayrılırlar.

3.10.1 Yerel Ağlar (LAN)

Bu tŸr ağlarda temel Ÿzellik sistemlerin aynı ortamda veya yakın mesafede olmalarıdır. Dolayısıyla sistemler arasında doğrudan kablo bağlantısı yapılabilir. Kullanılacak kablo seiminde bŸyŸk bir esneklik vardır ve kablolama altyapısı bir kez kurulduktan sonra hızlı ve minimum maliyette iletim ortamı sağlanır. (Ÿlkesen ve Ŗrencik 2003, s. 128).

Metro SCADA sistemlerinde gŸvenilir ve gŸvenli olarak değerlendirildiğinden SDH teknolojisi ile fiberoptik kablolu ethernet altyapısı kullanılmaktadır. UUC Metrosunda da gene bu iletim sistemi kurulacaktır. SCADA sistemini oluşturan kontrol merkezi bilgisayarları, RTU kabinleri veya diğer kontrol birimleri bir LAN ağını oluştururlar.

3.10.2 Geniş Alan Ağları (WAN)

Bu tŸr ağlar birbirinden ok uzakta olan kampŸs ağları ve yerel alan ağlarını (LAN) birbirine bağlamak iin kullanılır. Temel Ÿzellikleri mesafenin ok uzak olmasıdır (Ÿlkesen ve Ŗrencik 2003, s. 129).

SCADA sisteminde Kontrol merkezi ile RTU kabinleri veya kontrol edilen sistemler arasındaki mesafenin uzak olduğu uygulamalarda geniş alan (WAN) ağları kullanılmaktadır.

3.11 SERİ HABERLEŞME STANDARTLARI

Bir çok firma seri veri iletişim cihazları üretmektedir. Bu cihazların birbirleri ile elektriksel olarak bağlanabilmesi için endüstriyel ölçüde standartlarda uyumlu olması gerekir. Bu standartlar lojik “1” ve “0” gerilim seviyeleri, maksimum bit hızları, maksimum kablo uzunluğu ve kullanılacak bağlayıcının fiziksel özelliklerini belirler. 1969 yılında Standartlar Komitesi bugünkü adıyla Elektronik Endüstrisi Birliği (EIA), veri iletim cihazları için genel bir standart üzerinde çalışmaları yapmıştır. Böylece iletişimin doğruluğunu sağlamak, iletişim cihazları üreten çeşitli firmaların ürünleri arasında uyumluluk sağlamak ve olası haberleşme sorunlarının önüne geçmek için noktadan noktaya RS-232 ve sonra çok noktalı RS-485 seri veri arabirim standartları geliştirilmiştir (Güven ve Uzun 2007)

3.11.1 RS-232

RS-232, seri haberleşme standartlarının en eski fakat en popüler olanıdır. Bu gün bile endüstriyel ekipmanların haberleşmelerinde kullanılmaktadır. Verici ve alıcı hatları için birer hat ve bir de toprak hattı olmak üzere toplam 3 hat kullanılmaktadır.

Bu haberleşme standardında, haberleşme full-duplex'tir. Yani aynı anda çift yönlü haberleşme imkanı sağlamaktadır. Fakat sadece iki cihaz arasında uçtan uca haberleşmek (point-to-point) mümkündür. Ayrıca en yüksek haberleşme hızı 20kbaud olup haberleşme mesafesi 15m'yi aşmamaktadır. Bu nedenle çok yakın mesafede, iki cihaz arasında haberleşmede kullanılabilirler.

3.11.2 RS-422

RS-422 standardı, RS-232'nin toprağa göre kullanıldığı hat seviyelerinden farklı olarak iki hat arasındaki seviye farkını işaret değerlerini tespit etmek için kullanılır.

Diferansiyel iletim de denilen bu iletim biçiminde, verici ve alıcı sinyaller için iki ayrı hat çifti ve ayrıca bir hat da toprak için kullanılır. Buna göre RS-422 standardında haberleşme için beş hat gereklidir. RS-232’de referans olarak toprak seçilmişken, RS-422’de iki hat arasındaki fark göz önünde bulundurulur (Güven ve Uzun 2007).

RS-422 standardı, RS-232 ile karşılaştırıldığında daha iyi gürültü bağışıklığı ve daha uzun mesafelere iletim olanağına sahiptir. Haberleşme menzili 1200m’ye kadar çıkabilmektedir. Fakat mesafe arttıkça, haberleşme hızı düşmektedir. RS-422; 12m’de 100 kbaud, 120m’de 1Mbaud ve 1200m’de 100 kbaud haberleşme hızlarına sahiptir. RS-422 çok alıcılı (multidrop) haberleşmeyi destekler. Tek bir verici cihazla 10 alıcı cihaz aynı anda haberleşebilmektedir.

SCADA sistemlerinde bir çok elektriksel cihaz bir arada çalıştırıldığından dolayı elektromanyetik karışımların yani gürültünün oluşma riski yüksektir. Ayrıca SCADA kontrol ekipmanları genellikle birbirinden uzak noktalardan veri toplamak zorundadır. Bu nedenle gürültü bağışıklığı, uzun mesafelerde haberleşebilme özelliği ve birden fazla kontrol cihazını birlikte haberleştirebilme imkanı, RS-422’nin tercih sebepleridir.

RS-422’nin dezavantajları ise; hat başına birçok alıcı cihaz olabiliyorken tek bir verici cihaz olmasıdır. Bu yapı içerisinde iki cihaz full-duplex haberleşirken, ağ içerisindeki diğer cihazlar simplex haberleşme (sadece dinleme) durumundadır.

3.11.3 RS-485

RS-485, RS-422 standardı üzerine geliştirilmiştir. Bunun en belirgin işareti, her iki standardın elektriksel özellikleri, haberleşme menzili ve hızı aynı olmasına rağmen RS-485 kapısına bağlanabilen alıcı sayısının 10’dan 32’ye çıkartılmış olmasıdır. Ayrıca her bir hat için birden fazla verici ve birden fazla alıcı cihaz aynı anda haberleşebilmektedir.

RS-485’i kullanacak yazılımın bu standardı kullanan ağı verimli olarak kullanabilmesi için çoklu birim adreslemeyi ve ortak yol kullanımını desteklemelidir.

Bu standartta, haberleşme half-duplex veya full-duplex olabilir. Half-duplex haberleşme için her yöne birer kablo ve toprak hattı kullanılmaktadır. Bu half duplex haberleşmede 3 kablonun yeterli olduğu anlamına gelmektedir. Full-duplex haberleşme içinse beş kablo kullanılır.

Üstün gürültü bağışıklığı ve haberleşen ekipman sayısındaki artış, RS-485 standardını endüstriyel kontrol sistemlerinin vazgeçilmezi haline getirmiştir.

3.12 ENDÜSTRİYEL HABERLEŞME PROTOKOLLERİ

SCADA sistemi içerisinde iletişim yollarına dağıtılmış kontrol sistem öğeleri ve uzak terminal birimlerinin haberleşebilmeleri belirli standartlar ve iletişim protokolleri sayesinde gerçekleşir. Veri iletişim protokolleri; kontrol merkezleri arasında, kontrol merkezi ile kontrol birimleri (RTU, PLC, DCS Kontrolör vs..) arasında ve kontrol birimlerinin birbirleri arasında yapılan iletişimin binary veri veya mesaj yapısını belirleyen kurallar setidir (Gündoğdu ve Şahin 2007).

Kontrol sistemleri gibi haberleşme altyapısı üzerinden çalışan tüm sistemler bu kurallara gereksinim duyarlar. Bunun sebebi, bu tür sistemlerde kullanılmak üzere üretilen ekipmanların haberleşmenin şartlarından olan “ortak dil” şartını sağlayabilmeleridir. Kontrol sistemlerinin ilk gelişim süreçlerinde firmaların kendi ekipmanlarına özgün protokoller geliştirdikleri ve kullandıkları görülmektedir. Fakat kullanıcıların kurguladıkları kontrol sistemlerinde alternatif ekipmanlar arasında, avantajlı olanları seçerek daha işlevsel sistemler tasarlamak için farklı üreticilere ait ekipmanları bir arada kullanmak istemeleri, üretici firmaların bir araya gelmelerine ve kullandıkları protokollerde standardizasyon arayışına girmelerine sebep olmuştur. Böylece endüstriyel haberleşme protokolleri ortaya çıkmıştır. Bu protokollerin gelişimi günümüz haberleşme teknolojilerine paralel olarak devam etmektedir. Halen yaygın olarak kullanılmakta olan protokollerden bazıları; Modbus, Profibus, Fieldbus, Canbus ve OPC protokolleridir.

Bir SCADA sisteminde kullanılacak haberleşme protokolünden beklenen özellikler aşağıda sıralanmıştır;

- a. İletişim Ortamından bağımsız olmalıdır. Elde bulunan ortamlarda çalışabilmelidir.
- b. Yüksek düzey fonksiyonları karşılayabilmeli, yapısı değişken mesajları ve yüksek hızdaki iletişimi sağlayabilmelidir.
- c. Firma bağımlı olmamalıdır.
- d. Tanınmış temel standartları içermelidir.
- e. ISO (International Organization for Standardization)/OSI (Open System Interconnection) standartlarına uygun olmalıdır.
- f. Asenkron bayt tabanlı olmalıdır.
- g. Geniş olarak veri nesnelerini desteklemelidir.
- h. Hatasız veri iletimi için kodlama tekniklerini içermelidir.
- i. Veri gönderirken azami hız sağlanmalıdır.
- j. Geniş adresleme yeteneği olmalıdır.
- k. Farklı alarm düzeyleri tanımlanabilmelidir.
- l. Sisteme ait yapılandırma önerilebilmelidir.
- m. Tam tanımlı ve detaylı bilgi verilebilmelidir.
- n. Sistem test edilebilmelidir (Gündoğdu ve Şahin 2007).

3.12.1 Modbus Protokolü

Endüstriyel uygulamalarda kullanıma uygunluğu açısından yeterli gelişimi sağlamış olarak değerlendirilebilecek haberleşme protokolleri arasında en eski ve en yaygın kullanılan protokoldür. Modicon firması, PLC'ler arasında haberleşmek amacıyla 1979 yılında geliştirmiştir. İlk endüstriyel protokollerden olması sebebiyle bu alandaki ihtiyaca binaen üreticiler arasında hızla yaygınlaşmıştır. Çeşitli ihtiyaçlara karşılık ModbusRTU ve Modbus TCP/IP alternatifleri de geliştirilmiştir.

Modbus TCP/IP protokolü ise, kontrol ekipmanının bir PC'ye ihtiyaç duymandan WAN veya LAN yapılarına özgün bir şekilde bağlanarak bu ağlar vasıtasıyla merkezi kontrol bilgisayarları ile haberleşmesini sağlamıştır. Böylece kontrol ekipmanı kontrol bilgisayarı ile gerçek zamanlı haberleştirilebilmiş, işlem süresi ve ekipman maliyeti düşürülmüştür.

Bunlarla birlikte Modbus protokolünün genel bir dezavantajı ise kontrol ekipmanlarının stabil durumlarında yan, ekipmanın kontrol ettiği saha elemanlarının veya sistemlerin durumlarında herhangi bir değişim olmamasına rağmen, sürekli olarak kontrol ekipmanları arasında tarama yapmak suretiyle veri alışverişi yapması, böylece sisteme ilave bir haberleşme yükü getirmesidir.

3.12.2 Profibus Protokolü

Profibus protokolü, en önemlisi Siemens olmak üzere önde gelen PLC üreticilerinin ortak çalışmaları sonucunda üretilmiş olan bir haberleşme protokolüdür. En önemli avantajları kontrol ekipmanları ile seri haberleşme vasıtasıyla kontrol edilen saha ekipmanları arasındaki haberleşmenin pratik ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi açısından görülmektedir.

Profibus protokolünün teknik özellikleri;

- a. Her bir bus bölümüne 32, toplam 126 katılımcı bağlanabilir.
- b. Çevre birimleri (slave'ler ve saha elemanları (sensör, motor) çalışma esnasında takılıp çıkarılabilir.
- c. Veri transferi iki damarlı blendajlı kablo veya optik iletkenler ile yapılır.
- d. Veri iletim mesafesi elektrik kabloları ile 12 km, optik kablolar ile 23,8 km kadar olabilir. Modüler değiştirme ve cihazların değiştirilebilmesi mümkündür (Uğur).

3.12.3 Fieldbus Protokolü

Fieldbus protokolü kontrol sisteminin merkezi bilgisayar, kontrol ekipmanları ve saha elemanları olmak üzere seri haberleşmenin kullanıldığı tüm bileşenlerinden oluşan bir haberleşme ağı yönetimini sağlamaktadır. Bu anlamda en önemli özellikleri, haberleşme ağının herhangi bir noktasında bir arıza olması durumunda, merkezi bilgisayar kullanıcılarına hatanın sistemdeki yerini ve niteliğini bildirmesidir. Bu fonksiyona endüstride “diagnostik” fonksiyonlar denmektedir. Diagnostik fonksiyonlar, kullanıcıya arıza tespiti için gerekli kontrollerde kaybedilen zamanı ve iş gücünü telafi etme imkanı sunmaktadırlar.

Fieldbus protokolünün avantajları;

- a. Yüksek çözünürlüklü ölçme
- b. Yuvarlama kaybı olmaması
- c. Yüksek güvenilirlikli haberleşme
- d. Kendini test edebilme
- e. Çok fonksiyonlu saha birimlerinin oluşu (Uğur)

3.12.4 Canbus Protokolü

Öncelikle CAN protokolü olarak geliştirilmiş olup, ulaşım ve bina otomasyon sistemlerinde gereksinim duyulan önemli avantajları sebebiyle Canbus versiyonu ile gelişimine devam etmiştir. İlk olarak 1980 yılında Bosch firmasının kurucusu olan Robert Bosch tarafından geliştirildi. Günümüzde ise Canbus versiyonu ile otomotiv sektörü başta olmak üzere tüm AUS (Akıllı Ulaşım Sistemleri) haberleşme altyapılarında yaygınca kullanılan bir haberleşme protokolüdür. Maksimum 1 Mbit/sn hızda veri transferi sağlayabilmesi, en önemli ve tercih sebebi olan teknik avantajdır (Uğur). Bu nedenle bilhassa gerçek zamanlı haberleşme ihtiyacı bulunan kontrol sistemlerinde kullanılmaktadır.

3.13 OPC MİMARİSİ

Endüstriyel otomasyon alanında çalışanlar için farklı marka cihazlardan tek bir ortama veri aktarılması ya da cihazların birbirleriyle haberleşmesi çoğğu zaman bir engel olmuştur. Cihaz/sistem üreticisi firmaların endüstriyel haberleşmede kendilerine özgü protokoller kullanmaları bu durumun başlıca sebebidir. OPC (OLE for Process Control) kavramı bu alandaki engelleri ortadan kaldırmak için endüstriyel otomasyon sistemleri ve endüstriyel haberleşme sistemleri üreticileri ile otomasyon firmalarının bir araya gelmesiyle ortaya çıkmıştır.

OPC, Mücrosoft'un Object Linking and Embedding (OLE)/ Component Object Model (COM) standardına dayanır. OLE/COM, Microsoft'un farklı uygulamaları arası bütünleşmeyi hedefleyen nesne tabanlı bir teknolojisidir. OPC ise OLE tabanlı bir haberleşme standardıdır ve farklı otomasyon seviyeleri arasında hızlı ve güvenilir bir bağlantı sağlar.

3.13.1 OPC'nin Avantajları

OPC'nin faydaları endüstriyel otomasyonun farklı kesimlerinde yer alan guruplar açısından şöyle sıralanabilir;

Donanım üreticileri açısından faydaları;

- i. Cihazları piyasadaki tüm OPC uyumlu yazılımlar tarafından kullanılabilir.
- ii. Ürün güncellemelerinde yenilenmesi (update) gereken tek bir ürün kalmıştır.
- iii. Destek verilecek tek bir ürün vardır.

Yazılım geliştiricileri açısından faydaları;

- i. Haberleşilecek cihaza ait özelliklerin bilinmesi gerekmez.
- ii. Tek bir arayüz gelişimi için zaman ve kaynak ayrılır.
- iii. Tek bir arayüzle piyasada OPC desteği olan tüm cihazlarla haberleşilir.
- iv. Standart arayüz kullanıldığından sorun ihtimali azalır.

Sistem entegrator firmalar açısından faydaları;

- i. Tek bir ürüne veya yazılıma bağımlılık ortadan kalkar.
- ii. Proje geliştirme zamanı standart arayüz sayesinde kısalmır.

Son kullanıcı açısından faydaları;

- i. Seçim şansını artırır.
- ii. En uygun olan donanım/yazılım çiftini seçebilir.

3.13.2 İstemci Sunucu Yapısı

OPC, veri alışverişinde istemci-sunucu yapısını kullanır. Bir OPC sunucusu proses bilgisinin kaynağı olan cihazdan verileri alır ve istemci arayüzü üzerinden kullanıcıya iletir. OPC uyumlu bir istemci, sunucuya bağlanır ve talep ettiği veriye ulaşır.

OPC'nin sağladığı standart arayüz dışında, istemci-sunucu (client-server) yapısındaki çalışma prensibi donanıma olan erişim problemlerinin önüne geçmiştir. OPC istemcisi olan bir yazılım sahip olduğu standart arayüzle aynı anda aynı arayüzü kullanan farklı markalara ait OPC Sunucu programlarına bağlanabilir ve o programlar aracılığıyla fiziksel donanımla veri haberleşmesinde bulunabilir. OPC sunucusu, donanıma bağlanarak kullanıcı tarafından belirlenebilecek zaman aralıklarıyla, son değerlerin sorgulamasını yapar ve elindeki verileri günceller. OPC uyumlu istemci ise, sunucuya sorgulamalar göndererek verileri sunucudan istediği sıklıkta çeker.

3.13.3 OPC Standartları

OPC derneği ilk olarak 1996 yılında yayınladığı ilk standardın endüstride yaygın olarak kabul edilmesinin ardından, piyasadan gelen istekler üzerine, canlı veri erişiminin yanı sıra, otomasyon yazılımlarında ihtiyaç olan diğer haberleşme kaynakları için de standart sunucu ve istemci arayüzü yayınlamaya başlamıştır.

Günümüzde kullanımda olan OPC Standartları; OPC Data Access (gerçek zamanlı veri okuma ve yazma), OPC Alarm and Events (sistemde tanımlanan olayların görüntülenmesi), OPC Historical Data Access (geçmişe yönelik verilerin okunması), OPC Batch (OPC-DA standardının özel bazı sektörler için genişletilmiş hali), OPC Security (arayüzlerde güvenli bağlantılar için), OPC XML-DA (OPC ile XML'in birleşmesi) OPC Data Exchange (OPC sunucular arası direk bağlantı), OPC Commands (OPC sunucuların işleyişleri hakkında çalışma anında bilgi alımı), OPC Complex Data (Cihazlarda oluşturulan karmaşık veri tiplerine erişim), OPC Unified Architecture (tüm OPC standartlarını bir araya getiren ve Web Servislerini kullanan standart).

4. ÜSKÜDAR ÇEKMEKÖY METROSU SCADA SİSTEMİ

4.1 UUC SCADA SİSTEMİNİN GÖREVLERİ

UUC Metrosu SCADA sistemi, otomatik tren kontrol sistemi hariç UUC metrosunun tüm elektrik, elektronik ve elektromekanik sistemlerinin uzaktan izlenmesi ve kontrolünü gerçekleştirecek olan kontrol, veri toplama ve bilgi yönetim sistemini içerecektir. UUC SCADA Sistemi kumanda merkezine ve istasyon bilgi yönetim sistemine alarm sinyallerini ileterek çeşitli alarm tespit aygıtlarının da çalışmasını sağlayacaktır.

UUC SCADA Sisteminin görevlerini normal işletme sürecinde ve acil durumlarda ifa edeceği şekilde iki alt başlık altında incelemek mümkündür.

4.1.1 Teknik İşletme Görevleri

UUC Metrosunun normal işletme sürecinde yerine getireceği görevler, teknik işletme görevleri olarak adlandırılabilir. Bu görevler temel olarak kontrol edilen alt sistemlerin izleme, denetleme ve kontrol fonksiyonlarını yerine getirmek ayrıca otomatik tren kontrol sistemi ile entegre çalışarak bu sistemle de bazı bilgileri paylaşmak ve acil durumlarda önceden belirlenmiş senaryoları ortaklaşa yerine getirmektir.

4.1.2 Acil Durum Görevleri

UUC SCADA sistemi farklı acil durumlar için hazırlanmış farklı senaryoları gereği halinde yürütmek ve izlemekle görevlidir. Bu senaryolar tünelde, istasyonun belli bir bölümünde, depo bölümünde veya trende yangın çıkması durumlarına göre farklılık arz etmektedir. UUC SCADA sistemi acil durumlarda metro sisteminin tüm elektromekanik ekipmanlarının senaryo davranışlarını kumanda eder. Acil durumlarda yerine getirilecek

temel işlev, yolcu ve personelin emniyetli tahliyesinin sağlanması, duman tahliyesi, yangının yayılmasının engellenmesi ve yangından koruma senaryolarının yönetilmesidir. UUC SCADA sisteminin acil durum senaryoları ile ilgili işlevlerinden bazıları şunlardır;

- a. Duman tahliye sistemlerinin senaryo işlevlerini başlatma
- b. Turnikelerin senaryo işlevlerini başlatma
- c. Kontrollü kapıların senaryo işlevlerini başlatma
- d. Tahliye yollarındaki işaret ışıklarının yakılmasını sağlama
- e. ‘Girilmez’ levhaları aydınlatmalarının senaryo işlevlerini başlatma
- f. Asansörlerin senaryo işlevlerini başlatma
- g. Yürüyen merdivenlerin ve bantların senaryo işlevlerini başlatma
- h. Tahliye anonslarının işlevlerini başlatma³

4.2 SCADA SİSTEM MİMARİSİ

UUC Metrosu SCADA Sistemi, izleme ve kumanda fonksiyonlarının bulunduğu üç seviyeden oluşmaktadır.

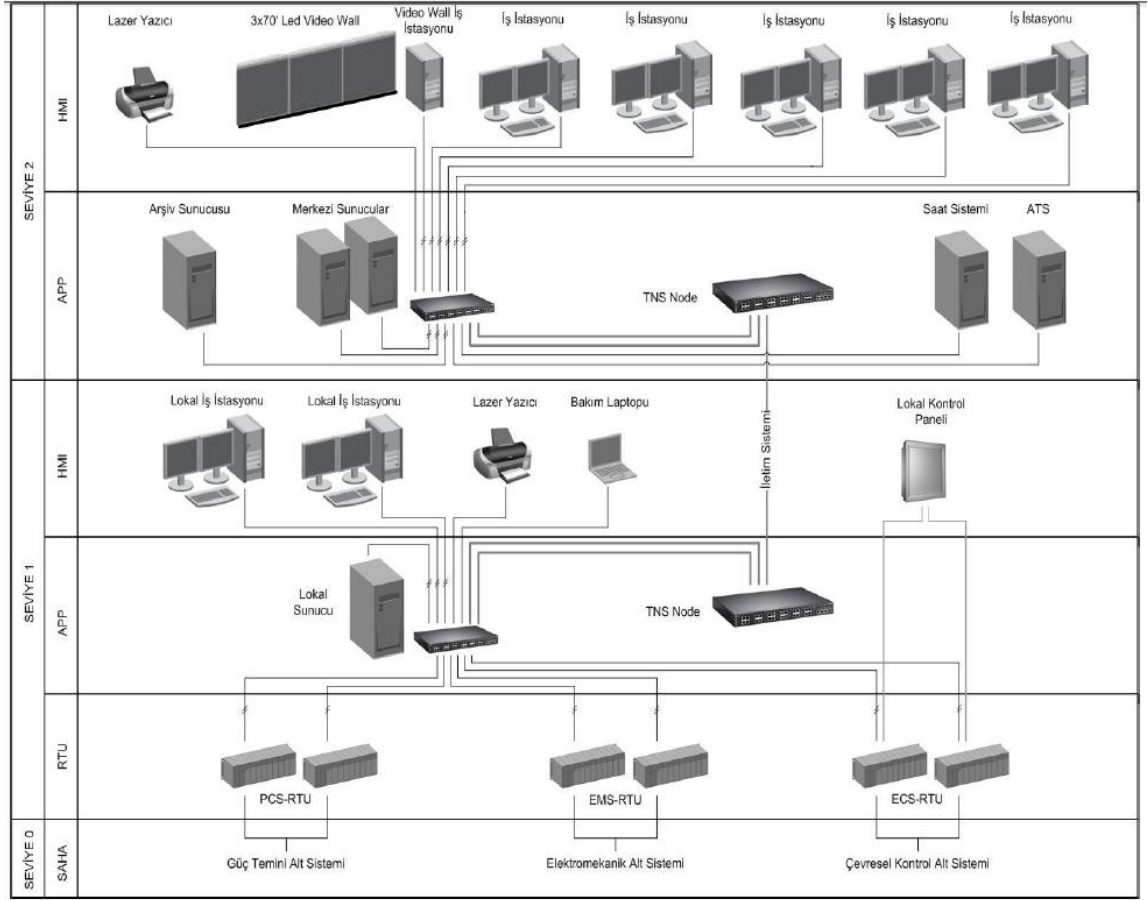
Seviye-0; saha ekipmanlarından oluşmaktadır.⁴

Seviye-1; RTU’ları, lokal kontrol panellerini, istasyon haberleşme odalarına tesis edilecek lokal sunucuları, iş istasyonlarını ve yazıcıları kapsamaktadır.⁵

Seviye-2; merkezi haberleşme odasında tesis edilecek sıcak yedekli SCADA merkezi sunucularını, arşiv sunucusunu, Kontrol Merkezi’ndeki iş istasyonlarını, ekran duvarlarını (video Wall) ve yazıcıları kapsamaktadır.⁶

^{3, 4, 5, 6} Üsküdar Ümraniye Çekmeköy Metrosu İhale Dokümanları, Cilt-3, *Teknik Şartnameler*, ss. 29-41

Şekil 4.1 UUC Metroso SCADA Mimarisi



Kaynak: UUC Metroso İhale Dosyası, Cilt-3 Teknik Şartnameler

Enerji kontrol sistemlerinin (Power Control Systems) kontrolü için PCS-RTU, elektromekanik sistemlerin (Electromechanical Systems) kontrolü için EMS-RTU ve çevresel kontrol sistemlerin (Environment Control Systems) kontrolü için ECS-RTU kullanılacaktır.⁷

UUC Metroso biri ana ve diğeri yedek olmak üzere iki adet kumanda merkezine sahiptir. Yedek kumanda merkezi, yazılım ve donanım olarak ana kontrol merkezinin birebir aynısı olup, ana kontrol merkezinde yaşanabilecek herhangi bir işlev kaybı durumunda gecikme olmaksızın devreye girmesi için gerekli özelliklere haizdir.⁸

^{7,8} Üsküdar Ümraniye Çekmeköy Metroso İhale Dokümanları, Cilt-3, *Teknik Şartnameler*, ss. 29-41

UUC SCADA Mimarisinde görüldüğü gibi Seviye-2 kapsamında bulunan iki adet Merkezi SCADA Sunucusu sıcak yedekli olarak çalışmaktadırlar. Bu sunucular, ana kontrol merkezinde bulunmaktadırlar. Yedek kontrol merkezi ana kontrol merkezinin yazılım ve donanım olarak bire bir aynısı olduğundan, yedek kontrol merkezinde de ana kontrol merkezinde bulunan sunucularla sıcak yedekli çalışan iki Merkezi SCADA Sunucusu daha bulunmaktadır. Böylelikle UUC Metrosu SCADA Sistemine ait sıcak yedekli dört adet Merkezi SCADA Sunucusu görev yapmak üzere tasarlanmıştır.⁹

Kadıköy Kartal Metro Hattında bulunan SCADA sistemi de bazı kısımlarda değişiklik gösterse de, sistem mimarisi ve Seviye 2 (yönetim seviyesi) altyapısı olarak aynıdır.

4.3 ALT SİSTEM GURUPLARI

UUC Metrosu SCADA sisteminin alt sistemleri görev, işlev ve yapılarına göre dört guruba ayrılmıştır.

4.3.1 Enerji Yönetim Alt Sistemleri

Enerji yönetim sistemlerinin kontrolü için ayrı bir RTU birimi olacaktır. Bu sistemler aşağıdaki gibi gruplandırılmaktadır;

- a. OG Sistemi
- b. AG Sistemi
- c. DC Sistemi
- d. Acil Durum Jeneratör Sistemi
- e. Kaçak Akım İzleme Sistemi¹⁰

^{9, 10} Üsküdar Ümraniye Çekmeköy Metrosu İhale Dokümanları, Cilt-3, *Teknik Şartnameler*, ss. 29-41

4.3.2 Elektromekanik Sistemler

Elektromekanik sistemlerin kontrolü için ayrı bir RTU bulunacaktır. Bu sistemler aşağıdaki gibi gruplandırılmaktadır;

- a. Aydınlatma Sistemi
- b. AG Sistemi (Tali Panolar)
- c. Asansörler
- d. Yürüyen Merdivenler
- e. Drenaj ve Atık Su Pompaları ve Hidroforları
- f. Yangın Algılama Sistemi
- g. Yangından koruma Sistemi¹¹

4.3.3 Haberleşme Sistemleri

Haberleşme sistemlerinin kontrolü için ayrı bir RTU bulunmamaktadır. Bu sistemlerin kontrolleri kontrol merkezlerinin sistem odalarında, SCADA sisteminin 2 seviyesinde doğrudan SCADA server ile entegre olmak suretiyle yapılacaktır. Bu sistemler aşağıdaki gibi gruplandırılmaktadır;

- a. Telsiz Sistemi
- b. Telefon Sistemi
- c. Turnike ve Ücret Toplama Sistemi
- d. İletim Sistemi
- e. CCTV Sistemi
- f. Merkezi Saat Sistemi
- g. Yolcu Bilgilendirme Sistemi
- h. Anons Sistemi
- i. Erişim Kontrol Sistemi
- j. Platform Ayırıcı Kapı Sistemi¹²

^{11, 12} Üsküdar Ümraniye Çekmeköy Metrosu İhale Dokümanları, Cilt-3, *Teknik Şartnameler*, ss. 29-41

4.3.4 Çevresel Kontrol Sistemleri

Çevresel kontrol sistemlerinin kontrolü için ayrı bir RTU bulunacaktır. Bu sistemler aşağıdaki gibi gruplandırılmaktadır;

- a. Aksiyel Tip Tünel ve Kirli Hava Fanları
- b. İstasyon Havalandırma ve Egzoz Fanları
- c. İklimlendirme Üniteleri
- d. Elektrikli Isıtıcılar
- e. Motorlu Damperler
- f. Motorlu Yangın Damperleri
- g. Sigortalı Yangın Damperleri
- h. Yangın Perdeleri ve Kapıları
- i. Kompresör Üniteleri
- j. Sıcaklık ve Karbonmonoksit Sensörleri¹³

¹³ Üsküdar Ümraniye Çekmeköy Metrosu İhale Dokümanları, Cilt-3, *Teknik Şartnameler*, ss. 29-41

5. SİSTEM ENTEGRASYONU

5.1 ENTEGRASYONUN TANIMI

Tek başına kendi görevlerini ifa eden sistemlerin, kapasitelerini ve fonksiyonlarını arttırmak veya birbirlerini pekiştirici şekilde çalıştırarak verimlerini arttırmak amaçlarıyla bütünleşmelerine entegrasyon denir.

5.1.1 Metro Hatlarının SCADA Sistemlerinde Entegrasyon Kapsamı

Metro hatlarının SCADA sistemlerinin entegrasyonunda temel yaklaşım; birden fazla metro hattında bulunan tüm elektromekanik sistemlerin tek bir merkezi sistem vasıtasıyla yönetilmesidir. Bu yönetim çerçevesinde, alt SCADA sistemlerinin kendi başlarına sahip oldukları tüm fonksiyonların merkezi yönetim sistemi ile kullanılabilmesi hedeflenmiştir.

5.1.2 Metro Hatlarında SCADA Entegrasyonunun Amacı ve Avantajları

Merkezi bir yönetim yaklaşımının metro sistemlerinin teknik işletmelerinde, acil durum yönetimlerinde, bakım ve arıza onarım faaliyetlerinde, teknik personellerin branşlaştırılması ve kaynakların verimli kullanılması hususlarında büyük avantajlar sağlayacağı öngörülmektedir. Bilhassa mimari ve ulaşım bakımlarından birbirleri ile doğrudan bağlantılı metro hatlarındaki SCADA sistemlerinin entegrasyonu oldukça avantajlı ve işlevsel olacağından daha büyük bir önem arz etmektedir.

Metro hatlarındaki SCADA sistemlerinde entegrasyonun öngörülen temel avantajlarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür;

- i. Teknik işletmede kolaylık sağlanacaktır.

- ii. Alarm yönetimi ve arşivlemede kolaylık sağlanacaktır.
- iii. Alarm bildirimlerine bağlı olarak bakım ve arıza onarım işlerinin tek bir merkezden koordine edilmesi mümkün olacaktır.
- iv. Tek merkezden koordinasyon öncelikli alarmların tespit edilerek, insan ve malzeme kaynaklarının daha etkin biçimde kullanılmasını sağlayacaktır.
- v. Farklı hatların bakım onarım teknik ekiplerini tek bir yapıda toplamak suretiyle personellerin disiplin ve teknolojilere göre hiyerarşik bir yapıda branşlaştırılması mümkün olacaktır.
- vi. İşletmede görevli personellerin kendi branşlarında teknik tecrübelerinin daha kısa sürede gelişmesi, artması ve uzmanlaşmaları sağlanacaktır.
- vii. Personel ihtiyacının azalmasından mütevellit tasarruf elde edilmesi veya personellerin yedekli çalıştırılabilmesine kaynak sağlanması mümkün olacaktır.
- viii. Ulaşım bakımından entegre hatların ortak kullandıkları istasyonlarda farklı SCADA sistemlerinin kullanılmasıyla acil durum senaryolarının yönetiminde görev paylaşımı planlamalarından veya sahadan alınan bildirimlerin sistemler arasında bağımsız değerlendirilmesinden kaynaklanan hata ve eksiklerin önüne geçilmesi mümkün olacaktır.
- ix. Acil durum yönetimlerinde bütünsel bir yaklaşımla daha hızlı, pratik, koordinasyon eksikliklerinden kaynaklanan hatalardan arındırılmış ve işlevsel bir yönetim yapılması sağlanacaktır.
- x. Malzeme temini, stoklama ve mevcut kaynakların tüketimlerinde verimlilik arttırılacaktır.
- xi. İstatistik araştırmalarında ve raporlamalarda bütünsel bir yaklaşımla daha doğru oranlamalar ve sonuçlar elde edilebilecektir.
- xii. Bütün bu avantajlardan mütevellit daha kaliteli ve profesyonel bir teknik işletme yapılacaktır.
- xiii. SCADA sistemlerinin entegrasyonlarından alınan netice ve tecrübeler vasıtasıyla metro trafiğinde kullanılan sinyalizasyon sistemlerinin entegrasyonu için de çalışmalar yapılarak, metro hatlarının tam entegrasyonlarının önü açılacaktır.

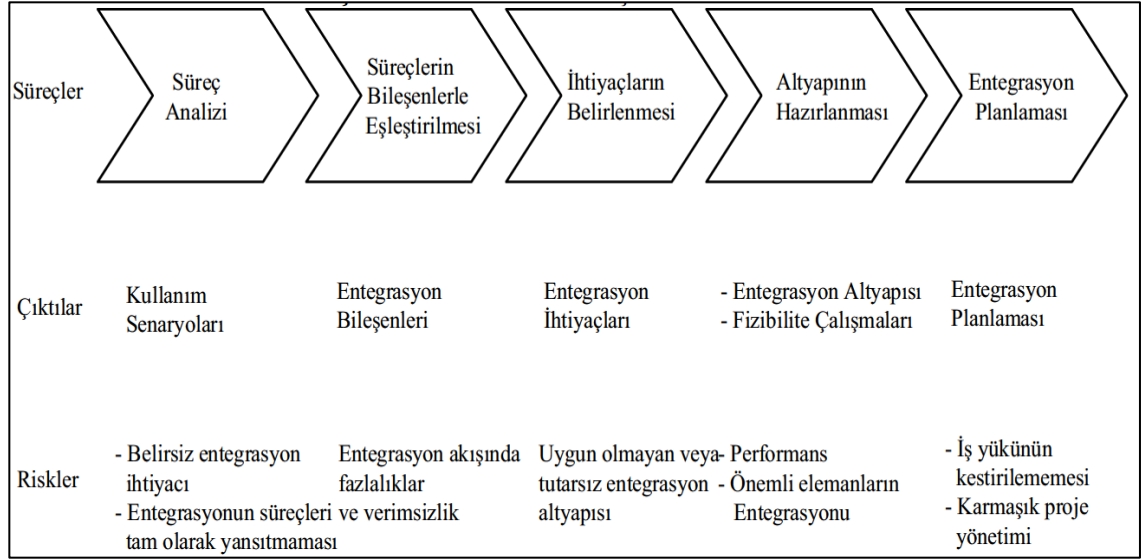
- xiv. Uzun vadede özellikle İstanbul gibi trafik problemleri bulunan şehirlerde çalışmaları devam eden kent içi ulaşım planları kapsamında metro hatları ile diğer ulaşım sistemlerinin entegrasyonları için teknik altyapı sağlanacaktır.

Tek başlarına çalışan ve ayrı ayrı işletilen metro sistemleri için farklı teknik ekipler gerekmektedir. Entegre çalışan metro sistemlerinde ise, tek bir teknik ekip çalışacağı için ihtiyaç duyulan personelin disiplin ve teknolojilere göre hiyerarşik bir yapıda bütünleştirilmesi sağlanacaktır. Ayrıca farklı metro hatlarında ortaya çıkan arızalara karşı farklı çözüm teknikleri uygulanacaktır. Tek bir arıza bakım yönetiminde ise karşılaşılan problemlerle tüm ekip tecrübe sahibi olabilecektir. Alarm yönetiminin bir olması, bu tecrübelerin efektif kullanılabilmesine imkan sağlayacaktır.

5.2 KURUMSAL ENTEGRASYON METODOLOJİSİ (EIM)

Wing Lam ve Venky Shankararaman 2004 yılında geliştirdikleri EIM (Enterprise Integration Model) ile kurumsal entegrasyon projelerinin uygulama sürecinde izlenmesi gereken aşamalarını açıklamışlardır. Böylece projenin planlamasında tercih edilecek EAI (Enterprise Application Integration) tekniklerinin kullanımına ve uygulanmasına kadar geçen süreç modellenmiştir. EIM'e göre izlenmesi gereken aşamalar aşağıdaki şekilde gösterildiği gibidir;

Şekil 5.1 Kurumsal Entegrasyon Metodolojisi



Kaynak: Edin (2009) makalesinde Lam ve Shankararaman (2004)'den derlemiştir.

5.2.1 Süreç Analizi

Öncelikle işletmenin sistemler arasında entegrasyonu hangi sebeplerle istediği ortaya konmalıdır. Böylelikle teknik işletme sürecinde öne çıkan hususların ve kritik gereksinimlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu gereksinimler, uygulanacak entegrasyon modelinin ve diğer ayrıntıların da belirginleşmesini sağlayacaktır.

5.2.2 Süreçlerin Bileşenlerle Eşleştirilmesi

Entegrasyon projelerinde mevcut sistemlerin belirlenen ve içeriği tanımlanan iş süreçlerinin entegre edilmesi gerekmektedir. Bileşenler mevcut sistemleri birbirine bağlayacaktır, bu bileşenlerle mevcut sistemlerin süreçlerinin uyumu sağlanmalıdır (Edin 2009).

5.2.3 İhtiyaçların Belirlenmesi

Sistemlerin entegrasyonu için gereksinimler belirlenmelidir. Örneğin uygulamalar arası paylaşılacak veri hacmi; entegrasyon sonrası uygulamalar arasında transfer edilecek veri boyutu, iletişim ve entegrasyonun güncelliği, standart veri formatı, uygulamalar arası karşılıklı etkileşim için gerekli protokol, entegre edilecek uygulamalar arası iletişim altyapısı, entegrasyon altyapısının hatalar karşısındaki dayanıklılığı (recovery), güvenlik seviyesi ve protokolleri konusundaki ihtiyaçların belirlenmesi gerekmektedir.

5.2.4 Altyapının Hazırlanması

Bu safhada kullanılacak uygulamalara uygun entegrasyon altyapısı belirlenmekte ve uygunluk testleri yapılmaktadır. Burada mesaj aracısı (message broker), süreç aracısı (process broker), uygulama sunucusu (application server), mesajlaşma (messaging) gibi farklı altyapılar gündeme gelebilmektedir (Johannesson ve Perjons, 2001 s.167).

5.2.5 Entegrasyon Planlaması

Altyapı seçimi ve bu altyapıya yönelik değerlendirmeler yapıldıktan sonra entegrasyon projesinin detaylı olarak planlanması gerekmektedir. Bu planlama safhası, proje kaynaklarının planlanması, entegrasyon altyapısının tasarımı ve gerçekleştirilmesi, sinama, son olarak da sistemin dağıtılması ve kurulum planlarının hazırlanması alt safhalarını içermektedir. Entegrasyon planlamasının kalitesi entegrasyon projesinin hedeflere uygun tamamlanmasını etkilemektedir. Buradaki hedefle ifade edilen; entegrasyon projesinin istenilen kapsamda, belirlenen bütçe ve belirlenen zamanda tamamlanması olarak anlaşılmalıdır (Edin 2009)

5.3 KURUMSAL UYGULAMA ENTEGRASYONU (EAI)

EAI (Enterprise Application Integration) için farklı ihtiyaçlara ve kullanım alanlarına göre bazı değişiklikler arz eden farklı tanımlamalar yapıldığı görülmektedir. SCADA uygulamalarının entegrasyonu konusunda ise; “standart bir kullanıcı arayüzü üzerinden adaptörler aracılığı ile farklı uygulamaların bağlandığı merkezi bir platform” (Heinrich ve Lehner, 2005) veya “enformasyon adalarının entegrasyonu ve işletmenin tümünde geçerli, kullanılabilen iş süreçlerinin oluşturulması için bir mekanizma” (Lublinsky, 2001) tanımlamaları esas alınabilir.

5.3.1 EAI Amacı

EAI; bir süreç, yazılım, donanım, metodoloji ve teknolojiler bütünü olarak işletmenin enformasyon sistemlerini, veri ve iş süreçlerini konsolide eden, birleştiren ve organize eden bir yöntem olarak görülmektedir. EAI daha çok merkezi olmayan bir yapıda ancak merkezi denetçi ile sistemler arası iletişim ve enformasyon paylaşımını sağlayan bir yaklaşımdır. (Brown 2006 s.17) Dolayısıyla EAI kurumsal uygulamaların entegrasyonları için entegrasyon modellerinin geliştirildiği bir platformdur. Burada bahsedilen kurumsal uygulamalara SCADA, DCS (Distributed Control System), GIS (Geographical Information System), SOA (Service Oriented Architecture), ERP (Enterprise Resource Planning) sistemleri örnek verilebilir.

5.3.2 EAI Gereksinimleri

EAI farklı kurumsal uygulamaların entegrasyonu için ihtiyaç duyulan gerçekçi ve uygulanabilir çözümler sunmaktadır. EAI yaklaşımına göre entegrasyonun kurumsal sistemin her bir bölümünü kapsamaları için bu entegrasyona sistemin mimarisi, tüm donanım ve yazılım bileşenleri ve sistemin işleyiş sürecinin dahil edilmesi gerekmektedir.

Entegrasyonun planlanması aşamasında farklı çerçevelerde değerlendirmelerin yapılması böylece mevcut sistem yapısı, haberleşme uygulamaları ve süreç denetimlerinin özelliklerine göre uygun çözümlerin bulunması gerekmektedir. Değerlendirmelerin yapılacağı esas konular aşağıdaki gibidir;

- a. Süreç Entegrasyonu
- b. Uygulama Entegrasyonu
- c. Veri Entegrasyonu
- d. Entegrasyon Platformu (Fenner)

5.3.3 Entegrasyon Yöntemleri ve Stratejileri

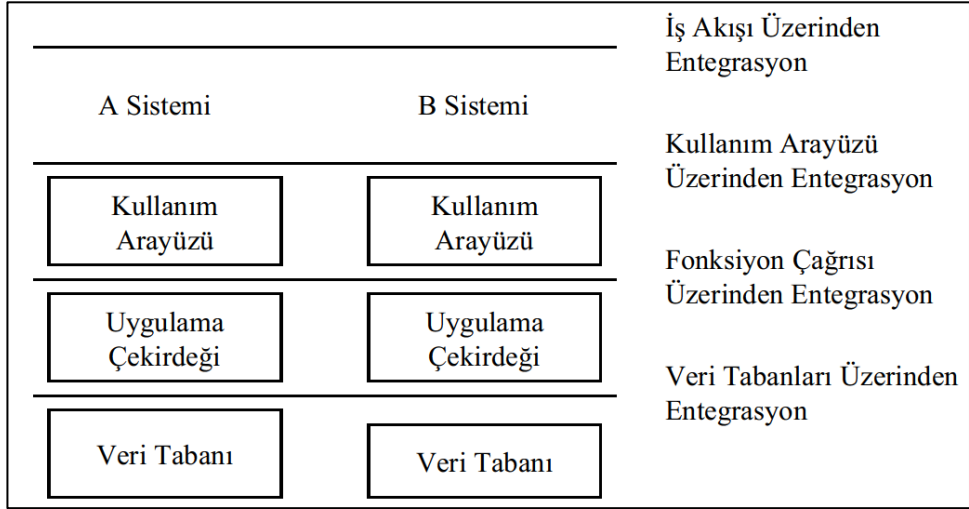
İdeal bir entegrasyon mimarisinin kurumun ihtiyaçlarına karşılık verebilecek nitelikte ve mümkün olan en kolay yapıda olması gerekmektedir. Bu yaklaşım, öngörülemeyen problemlerin en aza indirgenmesi, entegre sistemin teknik işletmesi açılarından kolaylık sağlayacaktır. Bu bağlamda entegrasyon için en uygun teknik ve bu tekniği kolaylaştırıcı teknolojiler seçilmelidir (Sothr ve Nickerson s.388)

Entegrasyonunun planlanması ve entegrasyon yönteminin belirlenmesi için evvelce EIM'nin ilk adımı olan "Süreç Analizi" adımı, entegrasyona ihtiyaç doğuran sebeplerin değerlendirilmesi gerektiğini belirtmiştik. Entegrasyonu planlanan sistem sadece yazılımdan veya yazılım ve donanımdan meydana geliyorsa, öncelikle entegrasyonun, OSI'nin hangi katmanında yapılacağını belirlemek gerekmektedir.

Metro hatlarında bulunan SCADA sistemlerinin entegrasyonu, sistemlerde hiçbir fonksiyon kaybı yaşanmaması, uzak mesafelerde bulunan sistemlerle kolayca entegre olabilmesi gerekliliği ve öngörülen yüksek kapasiteli veri alışverişi sebepleri ile OSI'nin yedinci katmanı olan "Uygulama" katmanında yapılmalıdır. EAI ise bu katmanda yapılacak olan entegrasyonlar için çok önemli bir kılavuz niteliğindedir.

EAI yaklaşımına göre iki sistemin entegrasyonu için üç temel yöntem vardır. Bu yöntemler ve uygulandığı katmanlar aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.

Şekil 5.2 EAI Entegrasyon Yöntemleri

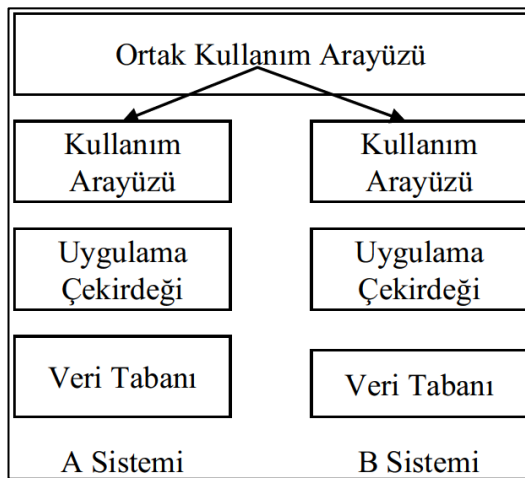


Kaynak: Edin (2009) makalesinde Keller (2002)'den alıntı yapmıştır

5.3.3.1 Kullanım arayüzü üzerinden entegrasyon

Bu entegrasyon yöntemindeki temel düşünce mevcut uygulamaların kullanım arayüzlerinin üzerine yeni bir arayüzün konulmasıdır. (Johanneson ve Perjons, 2001 s.168). Bu kullanım arayüzü, daha kolay bir kullanım, birden çok uygulamanın daha işlevsel kullanılması ve iş süreçlerinin daha tutarlı yönetilmesi amacıyla oluşturulmaktadır (Edin, 2009, s.38).

Şekil 5.3 Kullanım Arayüzü Üzerinden Entegrasyon



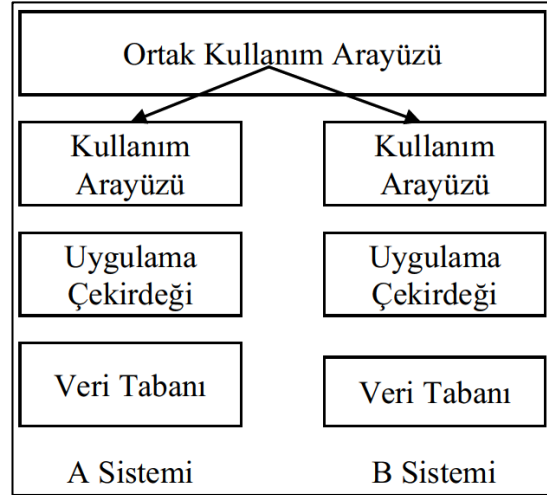
Kaynak: Edin (2009) makalesinde Keller (2002)'den alıntı yapmıştır.

Bu yöntemin birçok farklı uygulama alternatifi bulunmaktadır. Bunlar; portal sunucusu ve web entegrasyonu, screen scraping (ekran kazıma), iş akış yöneticisi üzerinden entegrasyondur (Edin, 2009, s.39). Diğer entegrasyon yöntemlerine göre uygulaması daha basit ve masrafsız bir yöntem olduğu söylenebilir. Yüksek veri transferi olan veya yüksek güvenilirlik gereksinimleri bulunmayan sistemlerin entegrasyonu için kullanılması daha makuldür.

5.3.3.2 Fonksiyon çağrısı üzerinden entegrasyon

Fonksiyon çağrısı üzerinden entegrasyon oldukça kapsamlı bir alan olarak görülmektedir. Bu yöntemde bir uygulama çekirdeğinden bir diğer uygulama çekirdeğinin işlevselliği çağırılmaktadır. Bu durum aşağıdaki şekilde izah edilmiştir (Edin, 2009, s.39).

Şekil 5.4 Fonksiyon Çağrısı Üzerinden Entegrasyon



Kaynak: Edin (2009) makalesinde Keller (2002)'den alıntı yapmıştır.

Bu entegrasyon yönteminde mesajlarla iletişim ve derlenmiş arayüzlerden iletişim arasında bir karar vermesi gerekmektedir (Themistocleous ve Corbitt, 2006, s.439).

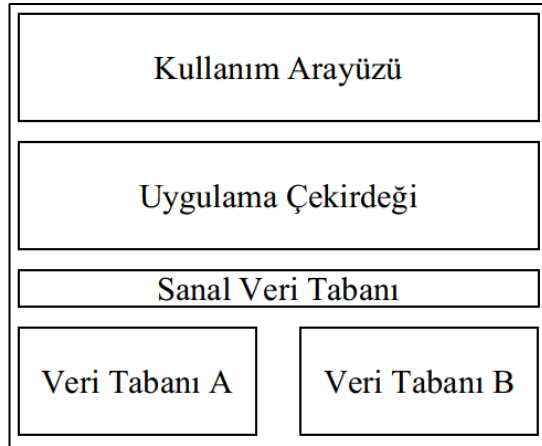
5.3.3.3 Veri tabanları üzerinden entegrasyon

Buradaki düşünce birden fazla uygulamanın ortak bir ver tabanı üzerinden iletişim kurmasıdır. (Themistocleous ve Corbit, 2006, s.439) Burada iki farklı senaryo gündeme gelmektedir. Birincisi, ortak bir veri tabanı üzerinden entegrasyon ikincisi ise bileşik veri tabanı üzerinden entegrasyon yöntemleridir.

5.3.3.3.1 Ortak veri tabanı üzerinden entegrasyon

Birden fazla veri tabanının bir uygulama tarafından kullanılmasıdır. Burada bir middleware (ara yazılım) aracılığıyla farklı veri kaynaklarından gelen verileri birleştiren sanal bir veri tabanı oluşturulur. Programcı bu sanal veri tabanı üzerinden her bir veri tabanını da kullanarak programlama modelini oluşturur (Gulledge, 2006, s.12).

Şekil 5.5 Birleşik Veri Tabanı Üzerinden Entegrasyon

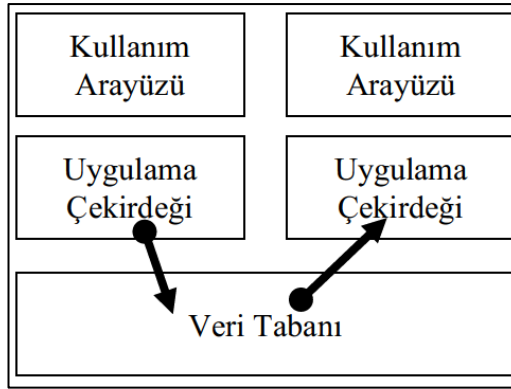


Kaynak: Edin (2009) makalesinde Keller (2002)'den alıntı yapmıştır.

5.3.3.3.2 Bileşik veri tabanı üzerinden entegrasyon

Birden fazla uygulama ortak veri tabanı kullanırlar ve bu veri tabanı üzerinden iletişim kurarlar. Bu uygulamada olası veri entegrasyon sorunları ortaya çıkmaktadır (Gulledge, 2006, s.12).

Şekil 5.6 Ortak Veri Tabanı Üzerinden Entegrasyon



Kaynak: Edin (2009) makalesinde Keller (2002)'den alıntı yapmıştır

6. SCADA SİSTEMLERİNİN ENTEGRASYONU İÇİN MODEL ÖNERİSİ

Önceki bölümlerde açıklandığı gibi, Üsküdar Ümraniye Çekmeköy Metrosunun SCADA mimarisine benzer yapıda ve benzer süreçleri izleyen SCADA sistemlerinin entegrasyonu için önerilen model; Bileşik Veri Tabanı Üzerinden Entegrasyon Modeli'dir.

6.1 MODELİN TERCİH SEBEPLERİ

Bu model önerisinin en önemli tercih sebepleri ise;

- a. Modelin yapısı, metro hatlarının SCADA Sistemlerinin mevcut mimari yapısına uygundur.
- b. Metro hatlarındaki SCADA sistemleri tamamlanmış ve devrede olup, diğer modellerin aksine bu model mevcut sistemlerde ciddi bir değişiklik gerektirmemekte ve sistemlerin işleyişini değiştirmemektedir.
- c. Modelin yapısı, haberleşme altyapısında veya entegrasyon için tesis edilecek donanım ve yazılımlarda bir hata olması halinde, sistemlerin kendi başlarına çalışmaya devam etmelerine imkan sağlamaktadır. Bu durum, metro SCADA sistemlerinin en önemli tasarım kriterlerinden olan yedekliliğin bir tedbir uygulamasına imkan vermektedir.
- d. Evvelce yapılan araştırma ve uygulamalarda, model güvenilirliğini ve sağlıklı işleyişini kanıtlamıştır.
- e. Farklı marka SCADA sistemlerinin kolayca entegre olmasına imkan sağlamaktadır. Böylece marka bağımlılığı söz konusu olmayacaktır.
- f. Modelin işleyişi için gerekli olan veri iletimi ve haberleşme standartları tamamlanmıştır.

6.2. MODELİN GEREKSİNİMLERİ

Modelin evvelce gösterilen diyagramındaki A ve B veri tabanları, farklı SCADA sistemlerinin veri tabanları olarak değerlendirilmelidir. O halde bu katmana kadar olan altyapılar mevcuttur. Bu katmanın üzerinde ise üç katman bulunmaktadır. Bunlar; ortak veri tabanı, uygulama çekirdeği ve kullanım arayüzü katmanlarıdır. Bu katmanlar haberleşme, yazılım ve donanım altyapıları ile temin edilecektir.

Bu katmanlar kurgulanırken aynı zamanda Johannesson'ın ve Perjons'ın (2001) belirlenmesi gerektiğini açıkladığı mesaj aracısı (message broker), süreç aracısı (process broker), uygulama sunucusu (application server) ve mesajlaşma (messaging) altyapılarının kurgulanması gerekmektedir.

6.2.1 Entegre Sistemin Haberleşme Altyapısı

Entegre sistem için öncelikle kurgulanması gereken altyapı haberleşme altyapısıdır. Bunun sebebi; donanım ve yazılım altyapılarının kurgulanmasında haberleşme ihtiyaç ve önceliklerine uygun belirlenen standartlar ve haberleşme teknikleri gibi parametrelerin belirleyici rol oynamasıdır. Haberleşme altyapısında tercih edilecek standartların, haberleşme tekniklerinin, donanım ve yazılım bileşenlerinin ihtiyaçlara uygun olarak seçilmesi önemlidir.

Entegre sistemin mesajlaşma (messaging) standartları, OPC standartları olarak belirlenmiştir. Bu tercihin sebepleri; açık sistem mimarisine sahip SCADA sistemlerinde yaygın olarak kullanılması, ortak bir standart olduğunda marka bağımlılığını ortadan kaldırması, İstanbul Anadolu Yakasında mevcut, yapımı devam eden ve planlanan metro hatlarında kullanılan SCADA sistemlerinde de tanımlı olmasıdır.

6.2.2. Entegre Sistemin Yazılım Altyapısı

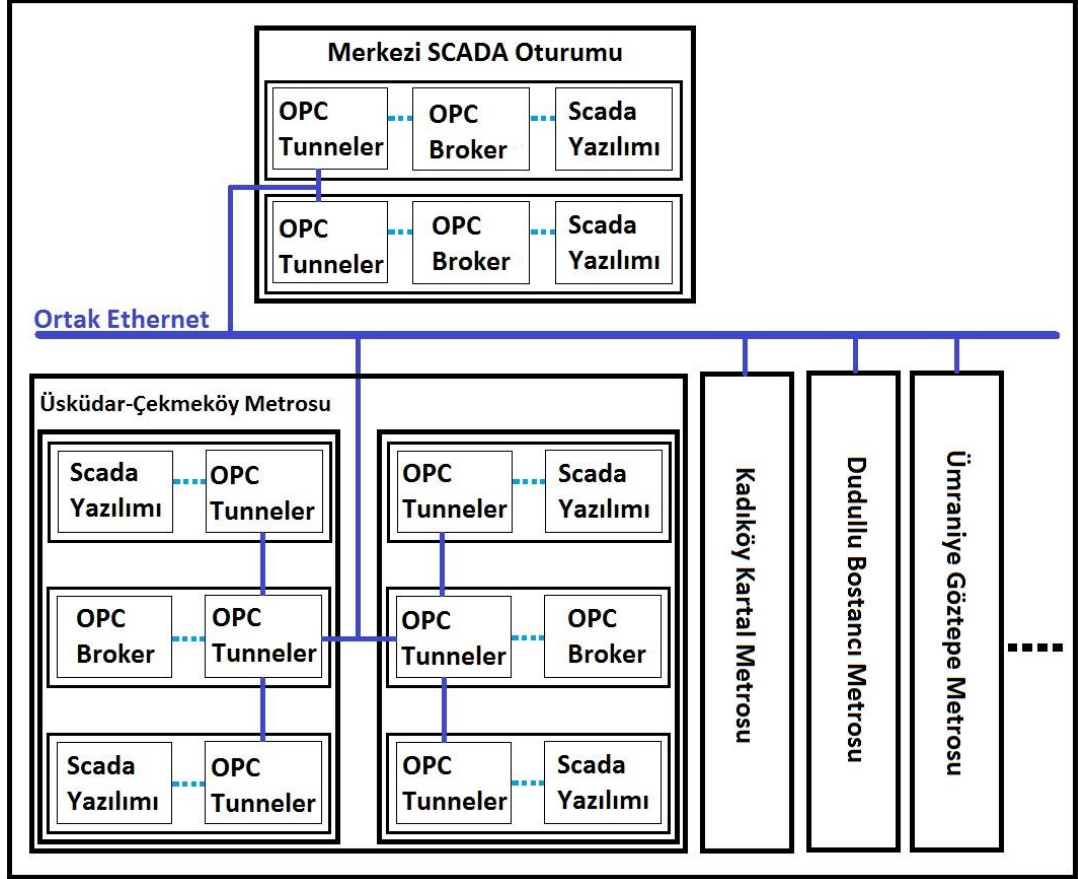
Sistemin mesaj aracısını (message broker) temin etmek üzere metro sisteminin ana ve yedek kumanda merkezlerinde bulunan yedekli sunucularla ilişkilendirilmiş OPC Broker yazılımları ile birer sunucu temin edilecektir. OPC Broker yazılımları ile bu sunucular, her bir metro hattının SCADA sisteminin uygulama sunucuları ile merkezi SCADA oturumunun uygulama sunucuları arasında aracılık görevini üstleneceklerdir.

Burada OPC Broker yazılımlarının işleyişlerinde güvenlik duvarlarının kaldırılması gerekliliğinden, sistemin olası saldırılara karşı savunmasız kalması riski öngörülen bir problem olarak gündeme gelmektedir. Bu problemin çözümü için OPC Tunneller yazılımları kullanılacaktır. OPC Tunneller yazılımları, tüm sunuculara yüklenmiş ve gerekli yapılandırma ayarları yapılmış olarak hazır bulunacak, OPC Broker yazılımları ile uygulama yazılımları yani SCADA yazılımları arasında bir köprü görevi üstlenecektir.

Modelin süreç aracısı (process broker) görevini merkezi SCADA oturumunda kullanılacak olan SCADA yazılımı üstlenecektir. Bu SCADA yazılımının herhangi bir markaya özgün olmaması, genel bir yazılım olarak yaygın kullanılan markalara ait ekipman ve sistem fonksiyonlarının tümünü kullanabilen kapsamlı bir yapıda olması ve markalar tarafından geliştirilen teknolojilere paralel olarak gelişime açık ve esnek olması önem arz etmektedir.

Önerilen entegre sistemin yazılım altyapısı aşağıdaki şekilde görüldüğü gibidir;

Şekil 6.1 Önerilen Entegre Sistemin Yazılım Altyapısı



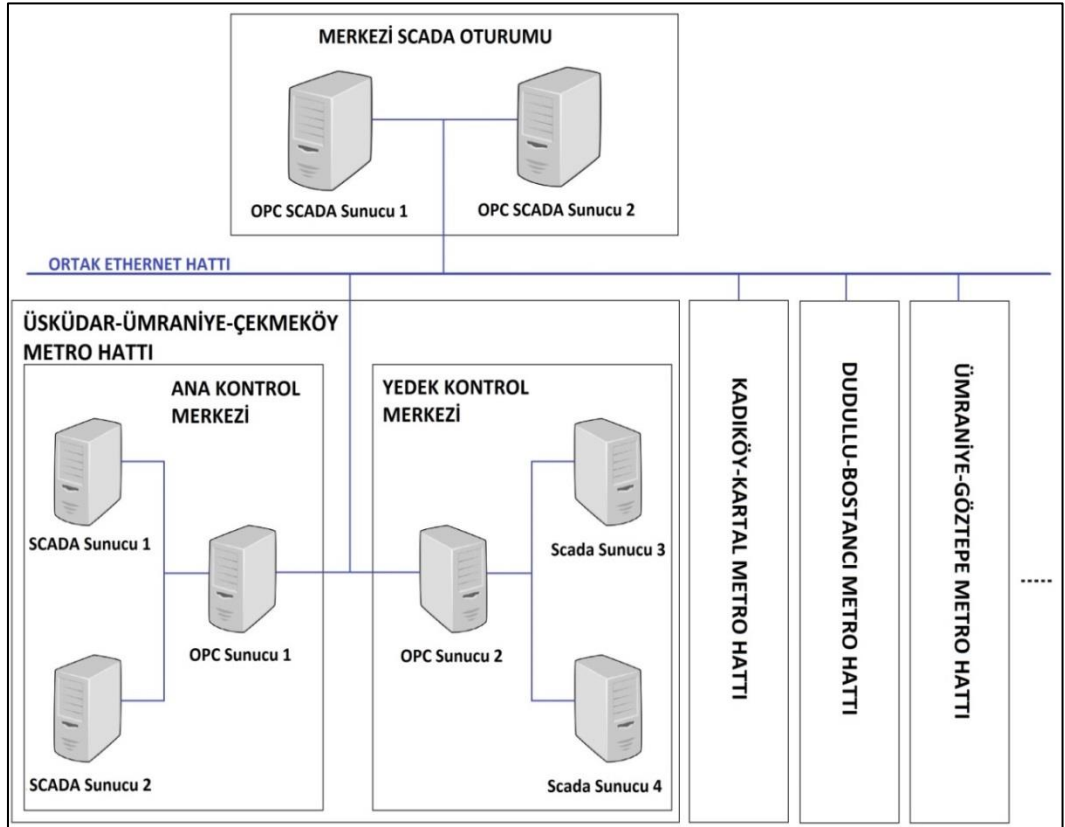
6.2.3 Entegre Sistemin Donanım Altyapısı

Sistemin uygulama sunucusu (application server) görevini üstlenmek üzere merkezi SCADA oturumunda iki adet sıcak yedekli çalışmak üzere yapılandırılmış SCADA sunucusu bulunacaktır. Bu sunucular aynı zamanda sistemin ortak veri tabanı katmanını teşkil edeceklerdir. Evvelce belirlenmiş olan OPC Tunneller, OPC Broker ve SCADA yazılımları bu sunucularda kurulu ve gerekli yapılandırma ayarları yapılmış olarak hazır bulunacaklardır.

Ayrıca sistemin mesaj aracı (process broker) olarak belirlenmiş OPC Broker yazılımı ve köprü görevi görecek OPC Tunneller yazılımı, alt SCADA sisteminin ana ve yedek kontrol merkezlerinde temin edilmiş olan iki adet sunucuda kurulu ve gerekli yapılandırma ayarları yapılmış olarak hazır bulunacaktır.

Önerilen entegre sistemin, mevcut sisteme ilave bileşenleri ile fiziksel yapısı aşağıdaki şekilde görüldüğü gibidir;

Şekil 6.2 Önerilen Entegre Sistemin Donanım Altyapısı



6.3 Entegre Sistemin Süreç Planlaması

SCADA sisteminin normal teknik işletmesindeki işleyişe göre; süreç aşağıdaki adımları izlemektedir;

- i. Sahadaki donanımdan gelen veri önce UUC SCADA sisteminin ana ve yedek sunucularına ulaşmaktadır.
- ii. UUC SCADA sisteminin ana sunucusuna ulaşan veri, SCADA yazılımının uygulama çekirdeğinde işlenerek kullanıcı arayüzüne yansıtılır.
- iii. Ayrıca SCADA yazılımının uygulama çekirdeğinde bu veri, programlandığı şekilde değerlendirilerek gerekiyorsa kumanda komutu üretilir veya sisteminin kontrol merkezinde bulunan SCADA operatörü sistemin çalışmasında değişiklik yapma gereği görüyorsa kullanıcı arayüzü vasıtasıyla sisteme komut verir ve üretilen bu komut Ana SCADA Sunucusu tarafından sahadaki donanıma ulaştırılır.
- iv. Bu komut verisinin sahadaki donanıma ulaşmasıyla ortaya çıkan sonuç verisi tekrar UUC SCADA sunucusuna iletilir.
- v. Güncel durum verisi SCADA yazılımının uygulama çekirdeğinde işlenerek tekrar kullanıcı arayüzüne yansıtılır.

Entegrasyon projesin sisteme dahil olduğu planlanan işleyişte ise süreç aşağıdaki adımları izleyecektir;

- i. Sahadaki donanımdan gelen veri önce UUC SCADA Sisteminin ana ve yedek sunucularına ulaşmaktadır.
- ii. UUC SCADA sisteminin ana sunucusuna ulaşan veri, SCADA yazılımının uygulama çekirdeğinde işlenerek kullanıcı arayüzüne yansıtılır.
- iii. UUC SCADA sisteminin ana sunucusu ayrıca sahadaki donanımdan kendisine gelen veriyi OPC yazılımlar vasıtasıyla Merkezi SCADA oturumunun ana ve yedek sunucularına gönderir
- iv. Merkezi SCADA oturumunun ana sunucusuna ulaşan veri Merkezi SCADA yazılımının uygulama çekirdeğinde işlenerek kullanıcı arayüzüne iletilir.
- v. UUC SCADA sisteminin ana sunucusunda bulunan veri, UUC SCADA yazılımının uygulama çekirdeğinde programlandığı şekilde değerlendirildikten sonra gerekiyorsa kumanda komutu üretilir ve üretilen kumanda komutu UUC SCADA sunucusu tarafından sahadaki donanıma ulaştırılır.
- vi. Veya Merkezi SCADA oturumunu kullanan operatör sistemin çalışmasında değişiklik yapma gereği görüyorsa kullanıcı arayüzü vasıtasıyla sisteme komut

verir ve üretilen bu komut Merkezi SCADA sunucusundan UUC SCADA Sunucusuna ulaştırılır.

- vii. UUC SCADA Sunucusu aldığı bu kumanda verisini uygulama çekirdeğinde işleyerek kullanıcı arayüzüne yansıtır ve sahadaki donanıma iletir.
- viii. Bu komut verisinin sahadaki donanıma ulaşmasıyla ortaya çıkan güncel sonuç verisi tekrar UUC SCADA Sunucusuna iletilir.
- ix. Güncel veri UUC SCADA Sunucusunda yazılımın uygulama çekirdeğinde işlenerek kullanıcı arayüzüne yansıtılır.
- x. Sahadan gelen sonuç verisi UUC SCADA Sunucusu tarafından Merkezi SCADA Sunucusuna iletilir.
- xi. Güncel durum Merkezi SCADA Sunucusunda yazılımın uygulama çekirdeğinde işlenerek kullanıcı arayüzüne yansıtılır.

7. SONUÇ

Büyükşehirlerde yaşanan trafik probleminin çözümü için kent genelinde kullanılan ulaşım sistemlerinin öncelikle kendi içlerinde, ardından birbirleri ile ve akıllı ulaşım sistemleri ile entegre edilerek, birbirlerini pekiştirici şekilde işletilmeleri gerekmektedir. Günümüzde bu entegrasyonun nasıl bir çatı yönetimde birleştirileceği, bu yönetimin ulaşım sistemlerinin işleyişlerini hangi fonksiyonlarla kontrol ve koordine edeceği konularındaki çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışmaların tamamlanmasının ardından ulaşım sistemlerinde kullanılan kontrol ve bilişim sistemlerinin yapılarının tespit edilerek, ihtiyaç duyulan fonksiyonlar çerçevesinde uygun entegrasyon metodolojileri kullanılarak kapsamlı bir entegrasyon projesinin hazırlanması gerekmektedir. Bu nedenle özellikle ulaşım sistemlerinin yapımı ve işletimi görevlerini ifa eden kurum ve şirketlerin, kendi sistemlerine uygun entegrasyon tekniklerini araştırmaları bilgi birikimi ve tecrübe hususlarında gerekli hazırlıkların tamamlanması önem arz etmektedir.

Bu kapsamda, bu tezin bir hazırlık çalışması niteliğinde olacağı öngörülmüştür. Model önerisi, modelin altyapı gereksinimleri ve bu gereksinimlere sunulan çözümler, konu ile ilgili teorik bilgiler ışığında hazırlanmıştır. Buna göre sistem entegrasyonunun OSI referans modelinin “Uygulama” katmanında, EIM'nin “Bileşik Veri Tabanı Üzerinden Entegrasyon” modeli ile yapılmasının uygun olduğu belirlenmiştir. Farklı bir model önerisinde bulunulması veya bu modelin altyapı gereksinimlerine farklı çözümler sunularak geliştirilmesi mümkündür. Bu gelişmeler sistemin verimliliğini ve gerçekleştirilebilirlik oranlarını yükseltici nitelikte olmalıdır.

Bu tez tamamlandıktan sonra, entegre sistemin belirlenen altyapı gereksinimleri temin edilerek prototipi yapılacak, entegre sistemin prototipinden elde edilecek olan verimlilik, gerçekleştirilebilirlik oranları ve varsa karşılaşılan problemler ayrıca bir bilimsel çalışma ile yayımlanacaktır.

KAYNAKÇA

Kitaplar

ÇÖLKESEN R. & ÖRENCİK B., 1999. *Bilgisayar haberleşmesi ve ağ teknolojileri*. **6.** Basım, İstanbul: Papatya Yayıncılık

HEINRICH L.J. & LEHNER F., 2005. *Informations management: Planung, Überwachung und Steuerung der Informationsinfrastruktur*, **8.** Baskı, Münih

Süreli Yayınlar

- AL-MASHARI M., AL-MUDIMIGH A., ZAİRİ M., 2003. Enterprise Resource Planning: A Taxonomy of Critical Factors, *European Journal of Operational Research*, **146**, s. 352
- GULLEDGE T., 2006. What is integration, *Industrial Management and Data Systems*, **106** (1), ss. 5-20
- JOHANNESSON P. ve PERJONS E., 2001. Design principles for process modelling in enterprise application integration, *Information Systems*, **26**, ss. 165-184
- LUBLINSKY B., 2001. Achieving the ultimate EAI implementation, *EAI Journal*, **3**, ss. 26-31
- PUSCHMANN T., ALT R., 2004. Enterprise Application Integration Systems and Architecture, *The Journal of Enterprise Information Management*, **17** (2), s. 110
- SHANKARARAMAN V. Ve LAM W., 2004. An Enterprise Integration Methodology, *IT Pro*, ss. 40-48
- SHANNON C.E., 1948. A Mathematical theory of communication, *The Bell System Technical Journal*, **27** (1), ss. 379–423, 623–656
- THERMISTOCLEOUS M., CORBITT G., 2006. Is business process integration feasible?, *Journal of Enterprise Information Management*, **19** (4), ss. 434-449

Diğer Yayınlar

- Avşaroğulları Ö.E., 2009. Railway Signalization SCADA and Simulation Project for Interlocking Systems. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İ.T.Ü. B.T.E.
- Brown R.W., 2006. Implementation of Enterprise Information Systems: A Comparative Study of Enterprise Application Integration (EAI) vs. Enterprise Resource Planning (ERP), *Doktora Tezi*, Teksas:T.U.
- Çalbıyık S., [tarih yok] SCADA ve Uygulamaları [online] <http://www.otomasyondergisi.com.tr/arsiv/yazi/scada-ve-uygulamalari>, [ziyaret tarihi 11.10.2013]
- Çetin E., [tarih yok] Enerjinin Otomasyonu [online] www.ogu.edu.tr [ziyaret tarihi: 1.12.2013]
- Edin İ., 2009. Kurusal Uygulama Entegrasyonu, İstanbul: M.Ü. İ.F.
- Fatih Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü Bilgisayar Ağları Ders Notları [online] <http://www.fatih.edu.tr/~bguler/bilg121/Bilgisayar%20aglari%20ders%20notlari.pdf> [ziyaret tarihi 08.10.2013]
- Fenner J., [tarih yok] Enterprise Application Integration Techniques [online] <http://www0.cs.ucl.ac.uk/staff/ucacwxe/lectures/3C05-02-03/aswe21-essay.pdf> [ziyaret tarihi: 04.01.2014]
- Gönül S., 2010. SCADA ve Otomasyon Üzerine [online] <http://www.otomasyonhaber.net/haber/1420-roportaj-SCADA-ve-otomasyon-uzerine.html> [ziyaret tarihi: 12.10.2013]

Gündoğdu S. ve ŞAHİN Ö., 2007. Su Dağıtım Sistemi için SCADA Haberleşmesi Planlaması, İzmir: D.E.Ü M.F.

Güven B ve Uzun T., 2007. *Kontrol Sistemlerinde Kullanılan Veri Haberleşmesi Teknolojileri*, İstanbul:Y.T.Ü. E.E.F.

Karanfil A., 2010. Çay Fabrikalarının Modernizasyonu. *Yüksek Lisans Tezi*. Trabzon: K.T.Ü. F.B.E.

KELLER W., 2002. *Enterprise Application Integration: Erfahrungen aus der Praxis*, ss. 60-68

Oktuğ S., [tarih yok] *BLG433-Bilgisayar Haberleşmesi Ders Notları*, İstanbul: İ.T.Ü. B.M.B. [online] <http://refiksamet.com/documents/02142013033026.pdf> ve <http://refiksamet.com/documents/02142013033054.pdf> [ziyaret tarihi 08.10.2013]

Stohr E.A. ve Nickerson J.V., [tarih yok] *Intra Enterprise Integration: Methods and Direction* [online] <http://web.stevens.edu/jnickerson/integrationChapter.pdf>, [ziyaret tarihi 10.01.2014]

Uğur K., [tarih yok] *Endüstriyel İletişim Protokolleri* [online] <http://www.otomasyondergisi.com.tr/arsiv/yazi/endustriyel-iletisim-protokolleri> [ziyaret tarihi 15.10.2013]

Üsküdar Ümraniye Çekmeköy Metrosu İhale Dokümanları, Cilt-3, *Teknik Şartnameler*, ss. 29-41

<http://www.butunsinavlar.com/sayisal-haberlesme-ders-notlari-2.html> [ziyaret tarihi: 05.12.2013]

<http://www.maximintegrated.com/app-notes/index.mvp/id/3435.html> [ziyaret tarihi:
05.12.2013]

http://www.priority1design.com.au/em4100_protocol.html [ziyaret tarihi: 05.12.2013]

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı:	Mustafa Erdem KIRMIZIGÜL	
Uyruğu:	TC	
Doğum Yeri:	Elazığ	
Doğum Tarihi:	23.09.1985	
Medeni Hali:	Evli, bir kız çocuk babası	
Yabancı Dili:	İngilizce	
İlköğretim Eğitimi:	1999 Elazığ Çatalçeşme İlköğretim Okulu	
Lise Eğitimi:	1999-2002 Elazığ Korgeneral Hulusi Sayın Lisesi	
Lisans Eğitimi:	2002-2007 Fırat Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği	
İş Deneyimi:	İBB Anadolu Yakası Raylı Sistem Müdürlüğü (UUC Metrosu, Kontrol ve Haberleşme Sistemleri, Kontrol Mühendisi) İBB Tesisler Bakım ve Onarım Müdürlüğü (Otomasyon Kontrolle Bina Ağı Yönetimi Projesi, Kontrol Mühendisi) İBB İtfaiye Kontrolörü (Yangın Güvenlik Kontrolörü) İSBAK A.Ş. (Tesis Bakım ve Proje Mühendisi) Gürsan Elektrik San. Tic. Ltd. Şti. (Kültür A.Ş. Kültür Merkezleri ve Müzeler Bakım Onarım ve Teknik İşletmesi İşi, Avrupa Yk. Şantiye Şefi) GVD Mühendislik Ltd. Şti. (Pano Proje ve Tasarım Mühendisi) İstanbul Enerji A.Ş. (Avrupa Yk. OG Trafo ve Pano Sorumlusu) Emek Elektrik Ltd. Şti. (Saha Mühendisi)	
İlgi Alanları:	Ud çalmak (Elazığ Musiki Konservatuvarı mezunu), Fotoğrafçılık Kort Tenisi	