

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**İSTANBUL METROSU M2 HATTINDA UZATMA
HATLARININ SCADA ENTEGRASYONU İLE
İLGİLİ SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ**

Yüksek Lisans Tezi

KUTSAL GÜRSOY

İSTANBUL, 2014

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

İSTANBUL METROSU M2 HATTINDA
UZATMA HATLARININ SCADA
ENTEGRASYONU İLE İLGİLİ SORUNLAR VE
ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Yüksek Lisans Tezi

KUTSAL GÜRSOY

Tez Danışmanı: PROF.DR. AHMET AKBAŞ

İSTANBUL, 2014

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ

Tezin Adı: İstanbul Metrosu M2 Hattında Uzatma Hatlarının SCADA Entegrasyonu İle İlgili Sorunlar ve Çözüm Önerileri

Öğrencinin Adı Soyadı: Kutsal Gürsoy

Tez Savunma Tarihi: 29 Ağustos 2014

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

Doç. Dr. Tunç BOZBURA

Enstitü Müdürü

İmza

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

Prof. Dr. Mustafa ILICALI

Program Koordinatörü

İmza

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. Tuncer TOPRAK

Üye
Yrd. Doç. Dr. Nilgün CAMKESEN

TEŐEKKÖR

Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Yüksek Lisans Programı koordinatörleri Sayın Prof. Dr. Mustafa İLICALI ve Sayın Yrd. Doç.Dr. Nilgün CAMKESEN'e, bu tezi yazmamda bana yol gösteren ve çok değerli katkılarıyla bu çalışmayı zenginleştiren Sayın Prof. Dr. Ahmet AKBAŞ'a, emeklerini esirgemedен yardım eden başta Sayın İbrahim Ethem DEMİRCİ olmak üzere tüm çalışma arkadaşlarıma, bu sürecin başından beridir beni yalnız bırakmayan kıymetli aileme ve sevgili eşim Meryem GÜRSOY'a teşekkürlerimi borç bilirim.

İstanbul, 2014

Kutsal Gürsoy

ÖZET

İSTANBUL METROSU M2 HATTINDA UZATMA HATLARININ SCADA ENTEGRASYONU İLE İLGİLİ SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Kutsal Gürsoy

Kentsel Sistemler Ve Ulaştırma Yönetimi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet Akbaş

Eylül 2014, 53 sayfa

Kent içi raylı ulaşım sistemlerindeki emniyetli, güvenli, hızlı ve konforlu işletme yapma gerekliliği ileri teknolojinin kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Bu nedenle raylı sistemlerde birbirinden bağımsız ve yerel olarak çalışan otomasyon sistemleri kullanılmaya başlanmıştır.

SCADA sistemi, Metro enerji besleme merkezlerindeki ve jeneratör merkezindeki OG (orta gerilim), cer gücü, AG (alçak gerilim) sistemlerini izleyerek, enerji yönetimini sağlamakta, istasyon ve tünellerdeki tüm elektromekanik sistemleri, asansör ve yürüyen merdivenleri, yangın söndürme sistemlerini, haberleşme ekipmanlarını ve diğer sistemleri uzaktan takip ve kontrol imkânı sağlamaktadır. ECS sistemi ise istasyonların ve tünellerin havalandırma sistemini yönetmekte, olabilecek yangın senaryolarında, duman ve yolcu tahliyesini yönlendirecek sistemleri içermektedir. Güvenli bir metro işletmesinin yapılabilmesi için her iki sistemin de sorunsuz çalışması gerekmektedir.

Farklı yüklenici firmalar ile farklı tarihlerde yapılan projelerde kullanılan SCADA ECS sistemleri de birbirinden farklılıklar gösterebilmektedir. İşte bu noktada kısımlar arası SCADA ECS sistemlerinin tek bir noktadan idare edilebilmesi için sistemler arası merkezi entegrasyonun zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

Bu tez çalışmasının amacı, İstanbul metrosu M2 hattının uzatma projeleri örneğiyle SCADA ve ECS sistemlerinde entegrasyon gerekliliğini göstermek, entegrasyon aşamalarını özetleyerek bu süreçte projede yaşanan mevcut sorunlara çözüm sunmaktır. Ayrıca merkezi entegrasyon süreci problemlerine ulusal boyutta çözüm önerileri de geliştirilerek sektördeki idare, işletme ve yüklenici ilgililerine ışık tutmak hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: SCADA, ECS, Merkezi SCADA Entegrasyonu, Kent İçi Raylı Ulaşım Sistemleri

ABSTRACT

PROBLEMS ASSOCIATED WITH SCADA INTEGRATION TO THE EXTENSION M2 OF ISTANBUL METRO LINE AND ITS SOLUTIONS

Kutsal Gürsoy

Urban Systems and Transport Management

Thesis Advisor: Prof. Dr. Ahmet AKBAŞ

Sep 2014, 53 Pages

In urban rail transportation systems, the requirements to make operation safe, secure, fast and comfortable has made mandatory the use of advanced technology. For this reason, automation systems have been used that working independently of each other at different locations in rail systems.

SCADA systems ensures energy management by monitoring and controlling the metro power supply and generator centers and MV (medium voltage) separator and break circuits, traction power system, LV (Low Voltage) switches, and also provide remote monitoring and control possibilities all electro-mechanical systems that located in stations and tunnels such as lifts and escalators, fire fighting systems, communications equipment and other systems etc. ECS systems manages the ventilation systems of stations and tunnels and include passanger evacuation and smoke exhausthing system at fire scenarios that may occure. In order to serve metro operation safe and secure, both systems (SCADA & ECS) must work properly without any problem.

SCADA ECS systems that built different times by different contractors may vary from each other. At this point, the necessity of integration arises between different SCADA ECS systems that are managed at one control center.

The purpose of this study, to show the necessity of integration SCADA ECS systems by given example Istanbul metro M2 line extension projects, to provide solutions for existing problems while describing stages of integration briefly. Also in this study, aimed to enlighten whom concerns this issue such a administrative, operator and contractor staff by developing solutions to unfolding central integration problems in urban rail transportation systems at a national level.

Key Words: SCADA, ECS, Central SCADA Integration, Urban Rail Transport Systems

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar	viii
ŞEKİLLER	ix
KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. KENT İÇİ RAYLI ULAŞIMDA SCADA VE ECS SİSTEMLERİNİN KULLANIMI.....	4
2.1 SCADA VE ECS SİSTEMLERİ HAKKINDA GENEL BİLGİ	4
2.2 KENT İÇİ RAYLI ULAŞIMDA SCADA VE ECS SİSTEMLERİNİN ÖNEMİ.....	9
2.3 KENT İÇİ RAYLI ULAŞIMDA KULLANILAN SCADA VE ECS SİSTEMLERİNİN ÜSTLENDİĞİ FONKSİYONLARI VE ÖZELLİKLERİ....	10
3. KENT İÇİ RAYLI ULAŞIMDA KULLANILAN SCADA SİSTEMLERİNİN MERKEZİ ENTEGRASYONU.....	18
3.1 SCADA SİSTEMLERİNİN MERKEZİ ENTEGRASYONUN GEREKLİLİĞİ.....	18
3.2 MERKEZİ SCADA VE ECS ENTEGRASYONU'NUN YAPILABİLMESİ İÇİN BİLİNMESİ GEREKEN TEMEL KAVRAMLAR VE KONULAR.....	21
3.3 MERKEZİ ENTEGRASYONUN AŞAMALARI	22
4. İSTANBUL METROSU M2 HATTINDA YAPILAN SCADA ENTEGRASYON ÇALIŞMALARI.....	30
4.1 MEVCUT DURUMUN TESPİTİ	30
4.2 ENTEGRASYON İÇİN YAPILAN ÖN HAZIRLIK ÇALIŞMALARI....	35
4.3 ENTEGRASYONUN UYGULANIŞI VE KULLANILAN EKİPMANLAR 37	
5. İSTANBUL METROSU M2 HATTI SCADA ENTEGRASYONUNDA YAŞANAN PROBLEMLER VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ.....	41
5.1 ENTEGRASYON SÜRECİNDE ORTAYA ÇIKAN PROBLEMLER....	41
5.2 ÇÖZÜM ÖNERİLERİ.....	43
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	52
KAYNAKÇA	54

TABLULAR

Tablo 3.1: İstanbul'da raylı ulaşımın gelişim süreci.....	18
Tablo 5.1: Kullanılacak malzeme listesi.....	51

ŞEKİLLER

Şekil 1.1: İstanbul metrosu M2 hattı gelişim süreci.....	2
Şekil 2.1: SCADA otomasyon hiyerarşisi piramidi	6
Şekil 2.2: SCADA ve ECS kontrol ağı	11
Şekil 2.3: SCADA saha bağlantı ekipmanları.....	12
Şekil 2.4: ECS saha bağlantı ekipmanları	13
Şekil 2.5: Seyrantepe SCADA I/O sinyal listesi örnek sayfası.....	17
Şekil 3.1: İstanbul raylı sistem haritası	19
Şekil 3.2: Net bugünkü değer metodu hesaplama formülü	23
Şekil 3.3: İstanbul metrosu M2 hattı entegrasyon iş planı.....	24
Şekil 3.4: Proje Paydaşları Soğan Halkası Diyagramı	26
Şekil 3.5: Sistem hayat döngüsü V modeli	29
Şekil 4.1: Faz 1 eski (Alstom) SCADA sistemi prensip şeması	31
Şekil 4.2: Faz 1 eski (Alstom) ECS sistemi prensip şeması	32
Şekil 4.3: Faz 2 SCADA/ECS sistem mimarisi	34
Şekil 4.4: Faz 1, Faz 2, Faz 3 SCADA/ECS sistem genel prensip şeması.....	34
Şekil 4.5: TAKSİM CCR Vicos RSC – TBOX RTU konfigürasyon yapısı.....	37
Şekil 4.6: SCADA ve ECS sistemleri merkezi entegrasyon çalışmaları	38
Şekil 4.7: Tbox RTU	38
Şekil 5.1: Osmanbey istasyon konfigürasyon yapısı.....	48
Şekil 5.2: Genel konfigürasyon yapısı	49

KISALTMALAR

CCR	:	Central Control Room
CCTV	:	Closed Circuit Television
CER	:	Central Equipment Room
CPU	:	Central Processing Unit
DC	:	Direct Current
ECS	:	Enviromental Control System
F/O	:	Fiber Optik
FEP	:	Front – End Processor
GPS	:	Global Positioning System
Hz	:	Hertz (Frekans Birimi)
IEC	:	International Engineering Consortium
İUAŞ	:	İstanbul Ulaşım Anonim Şirketi
M2	:	İstanbul Metrosu Yenikapı – Haciosman Hattı
MEGEP	:	Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi
NBD	:	Net Bugünkü Değer
PICA	:	Power Industry Computer Applications
PLC	:	Programmable Logic Controller
RSC	:	Rail SCADA (Siemens Vicos RSC)
RTU	:	Remote Terminal Unit
SCADA	:	Supervisory Control and Data Acquisition
SDH	:	Synchronous Digital Hierarchy
SİMS	:	Station Information Management System
SOR	:	Station Operation Room
TCC	:	Traction Control Center
TPS	:	Traction Powersupply System
TSB	:	Traction Seperation Board
UPS	:	Uninterruptible Power Supply
VİMS	:	Ventilation Information Management System

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Uygarlığın gelişimi ile beraber insanlar gerek göçebe hayat gerekse yerleşik hayat olsun sürekli yer değiştirme ihtiyacı hissetmişlerdir. İlk çağlarda yolculukların temel nedeni avcılık ve gıda kaynaklarına erişim amaçlıydı. Göçebe toplumlardaki bu durum tarım ve hayvancılığın keşfi ile yerleşik düzene geçişi zorunlu kılmış ve ilk olarak klan adı verilen toplu yaşam yerleri ortaya çıkmıştır. Klan gruplarının farklı tarım ve hayvancılık ürünlerini üretmeleri ortaya bir takas pazarının çıkmasına sebep olmuştur. Tarihteki ilk yolculuklar bu pazar yerleri arasındaki değiş tokuşlar için yapılmış ve zaman içerisinde gelişerek kendi taşıma araçlarını üretmeye başlamıştır. Binek hayvan sırtında yapılan taşımacılık ve yolculuklar tekerleğin icadı ile muhteşimlik değiştirmiş ve çoğalmıştır. Tarihin diğer evrelerinde değişim aracı olarak paranın icad edilmesi ile yük ve insan taşımacılığı artık toplumlar içerisinde ayrı bir meslek kolu ve sektör haline gelmiştir. Uygarlığın gelişmesi ile köy, kent, kasaba, şehir, eyalet gibi yerleşim birimleri oluşmuş ve artık bu yaşam ve iş alanlarından birbirlerine bireysel ve toplu taşımacılık yapılmaya başlamıştır. Belediyecilik kavramının gelişmesi ile beraber toplu taşımacılık hizmetleri belediyeler tarafından vermeye başlanmıştır. Günümüzde yerel yönetimler adını verdiğimiz bu kurumların asli görevleri arasında taşımacılık hep ön sıralarda yer almıştır.

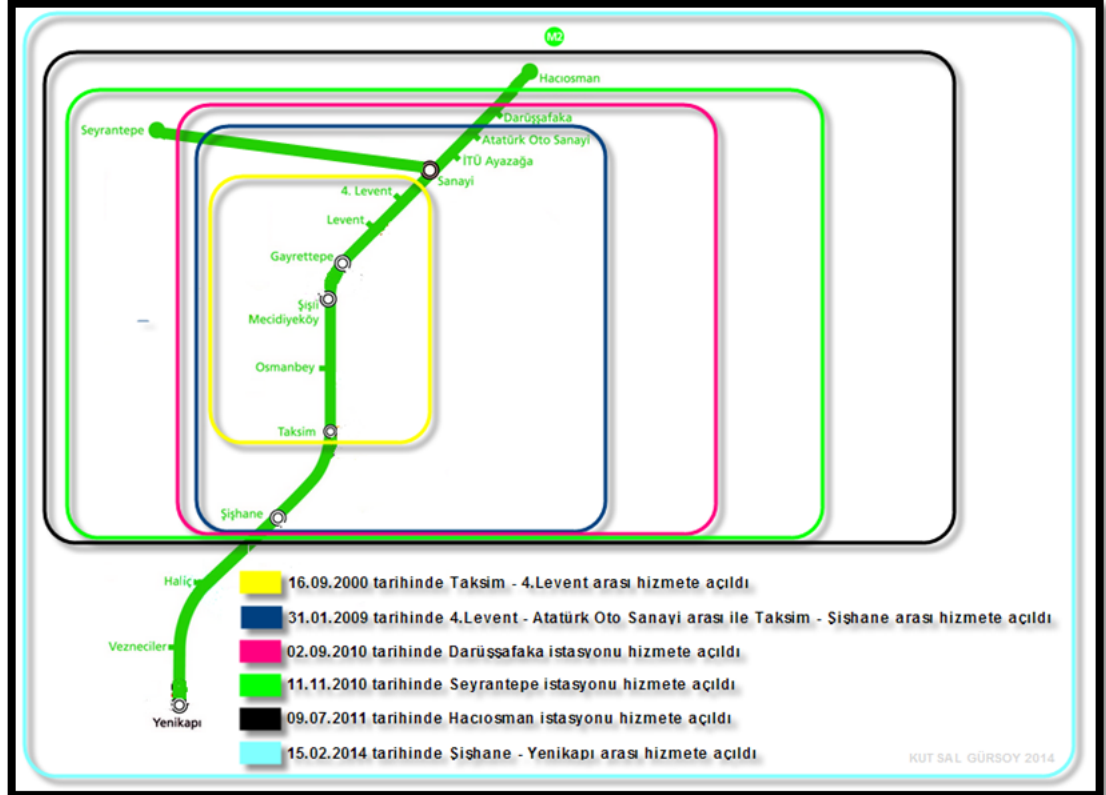
20. yüzyılın başlarına kadar muhtelif toplu taşıma araçları yük ve insan taşımacılığında kullanılmış, bu yüzyılda elektriğin yaygınlaşması ve teknolojik gelişmeler sayesinde toplu taşımacılık türlerinden birisi olan trenler elektrikli hale gelmeye başlamıştır. Elektriğin ve elektrik motorunun birçok avantajı sayesinde kent içi taşımacılıkta elektrikli trenler vazgeçilmez ulaşım araçları haline gelmişlerdir. Şehir içi trafik yoğunluğunun artması ile beraber yolculuk edenlerin daha hızlı ve konforlu seyahat talebinden dolayı trenler zaman içerisinde banliyö'den hafif metro araçlarına, daha sonra da tamamen yerin altından giden metro araçlarına doğru bir evrim geçirmişlerdir.

Günümüzde kent içi ulaşımında tramvay, hafif metro ve metro trenleri dakikliği ve güvenilirlikleri nedeniyle daha çok tercih edilir hale gelmişlerdir. Şehirlerdeki metro ağının yaygınlığı o şehrin gelişmişlik düzeyini gösteren bir kriter haline gelmiştir.

Yolculuk yapanların zaman faydası gözeterek hızlı ve konforlu seyahat talebinin yanında metro sistemlerinin kent içi ulaşımındaki vazgeçilmez avantajları nedeniyle yerel yönetimler olan belediyeler metro yatırımlarına hız vermişlerdir. Metro hatlarının inşaatı maliyetli olduğu için çoğu belediye bu yatırımlar için ya bağlı oldukları merkezi yönetim olan devletten ya da uluslararası yatırım bankalarından krediler kullanarak bu yatırımları yapmaktadırlar. Merkezi yönetime göre kısıtlı para kaynağına sahip belediyeler bu yatırımları genellikle aşama aşama yapmakta ve parça parça yapılan raylı sistem ağları sonradan birbirilerine entegre edilmektedir.

İşte bu yatırımları yapan belediyelerden biri olan İstanbul Büyükşehir Belediyesi de metro hatlarının bir kısmını mezkur nedenler ile faz faz inşa etmiş ve zaman içerisinde bu fazları merkezi entegrasyon ile birleştirmiştir. Bu entegrasyona en iyi örnek olarak M2 hattı olan Taksim metrosu örnek gösterilebilir.

Şekil 1.1: İstanbul metrosu M2 hattı gelişim süreci



Kaynak: Bu şekil Kutsal Gürsoy tarafından hazırlanmıştır.

Şekil1.1’de de görüleceği üzere 16 Eylül 2000 tarihinde Taksim - 4. Levent istasyonları arasında İstanbul Metrosu’nun 1. Faz’ı devreye alındı. 31 Ocak 2009 tarihinde 4. Levent - Atatürk Oto Sanayi arası ve yine aynı tarihte Taksim – Şişhane arası hizmete açıldı. Daha sonraki izleyen aylarda ve yıllarda 3. Faz istasyonlar teker teker açıldı ve en son 09 Temmuz 2011 yılında Hacıosman istasyonu da işletmeye açılarak bu faz tamamen çalışır hale geldi. 15 Şubat 2014 tarihinde ise 3. Faz olan Taksim – Yenikapı arası işletmeye açılmıştır. Dikkat edilecek olursa 2000 yılından 2014 yılına tam olarak 14 yıllık bir süreç ve 3 ana faz ve 6 işletmeye alma sürecinden müteşekkil bir metro hattından bahsettik. Aradan geçen zaman ve ihale şartları, farklı teknolojilerin kullanımını zorunlu kılmış ve netice olarak metro projesindeki eski ve yeni tüm sistemlerin merkezi entegrasyonunun yapılması sonucunu ortaya çıkarmıştır. Bir metro projesinde elektronik sistemlerin yanı sıra elektrik, elektromekanik, mekanik sistemler ile bu sistemlerin üzerine kurulduğu istasyon, bina, tünel, depo sahası gibi betonarme yapılar da bulunmaktadır. Entegrasyon süreci tüm yapıyı ilgilendirmekle beraber bu tez çalışmasında sadece SCADA ve ECS sistemlerinin merkezi entegrasyon süreci incelenecektir.

Bu tez çalışmasında, ikinci bölümde kent içi raylı ulaşım sistemlerinde kullanılan SCADA sistemleri, önemi ve SCADA’nın ne olduğu anlatılacaktır. Üçüncü bölümde ise kullanılan bu SCADA sistemlerinin merkezi entegrasyonunun ne şekilde yapılacağı hakkında bilgiler verilecektir. Dördüncü ve beşinci bölümlerde ise bir metro hattında farklı aşama inşaatlarının İstanbul Metrosu M2 hattı örneği üzerinde, SCADA ve ECS sistemlerinin nasıl entegre edileceği, entegrasyon sürecinde bilinmesi gerekenler ve yaşanan sorunlara çözüm önerileri sunulacaktır. Altıncı bölümde ise İstanbul metrosu M2 hattından elde edilen tecrübeler ışığında “ideal bir entegrasyon sürecinin aşamaları nasıl olmalıdır?” sorusuna ulusal bazda çözüm önerileri ortaya konacaktır.

2. KENT İÇİ RAYLI ULAŞIMDA SCADA VE ECS SİSTEMLERİNİN KULLANIMI

2.1 SCADA VE ECS SİSTEMLERİ HAKKINDA GENEL BİLGİ

SCADA terimi İngilizce olarak Supervisory Control And Data Acquisition kelimesinin baş harfleri kullanılarak türetilmiş bir kısaltmadır. Türkçedeki karşılığı ise Denetimsel Kontrol ve Veri Toplama olarak tercüme edilebilir. "Supervisory Control and Data Acquisition" ifadesi 1960'larda ABD Enerji Bakanlığının bir birimi olarak çalışan "Bonneville Power Administration" isimli kuruluş tarafından ortaya atılmış bir terimdir. "Supervisory Control and Data Acquisition" terimi ilk olarak PICA (Power Industry Computer Applications) konferansında 1973'te yayınlanmıştır (MEGEP, 2007).

SCADA sistemi bir tesise, bir işletmeye ait tüm ekipmanların işleyiş sürecini sürekli olarak izleyebilir, kritik bilgileri, raporları, olayları, verileri toplayabilir, uzaktan kontrol işlevlerini yerine getirebilir ya da bu işlevlerin tümünü bir arada gerçekleştirebilir.

SCADA sistemi, kullanıcıya merkezi bir noktadan geniş bir coğrafi alana yayılmış ya da kapalı bir alandaki karmaşık dağılım göstermiş saha ekipmanları olan vanaları, enerji anahtarlama kontaktörlerini, muhtelif görevleri yerine getiren elektrik motorlarını, akışkan pompaları gibi ekipmanlar ile sahadan ölçüm yapan ısı, sıcaklık, basınç, voltaj, akım sensörleri gibi algılayıcılardan gelen bilgilerin izlenmesi ve kumanda edilmesi imkânını sağlar. SCADA sistemleri bu izleme kontrol yeteneğini operatöre kazandırmakla beraber, yazılacak program parçacıkları olan script'ler sayesinde bir takım analog ya da dijital girdileri kullanarak bunlara bağlı mantıksal sonuçlar üretip kendi kendine izleme/kontrol faaliyetlerini de yürütebilir. SCADA sistemlerinin bu yeteneği sayesinde rutin olarak ve yoğun bir şekilde gerçekleştirilen işlemlere sistem operatörünün müdahale etme zorunluluğu ortadan kaldırılmaktadır. Böylece operatöre daha çok zaman kazandırılarak rahat bir şekilde izleme yapması ve karar vermesi sağlanmaktadır.

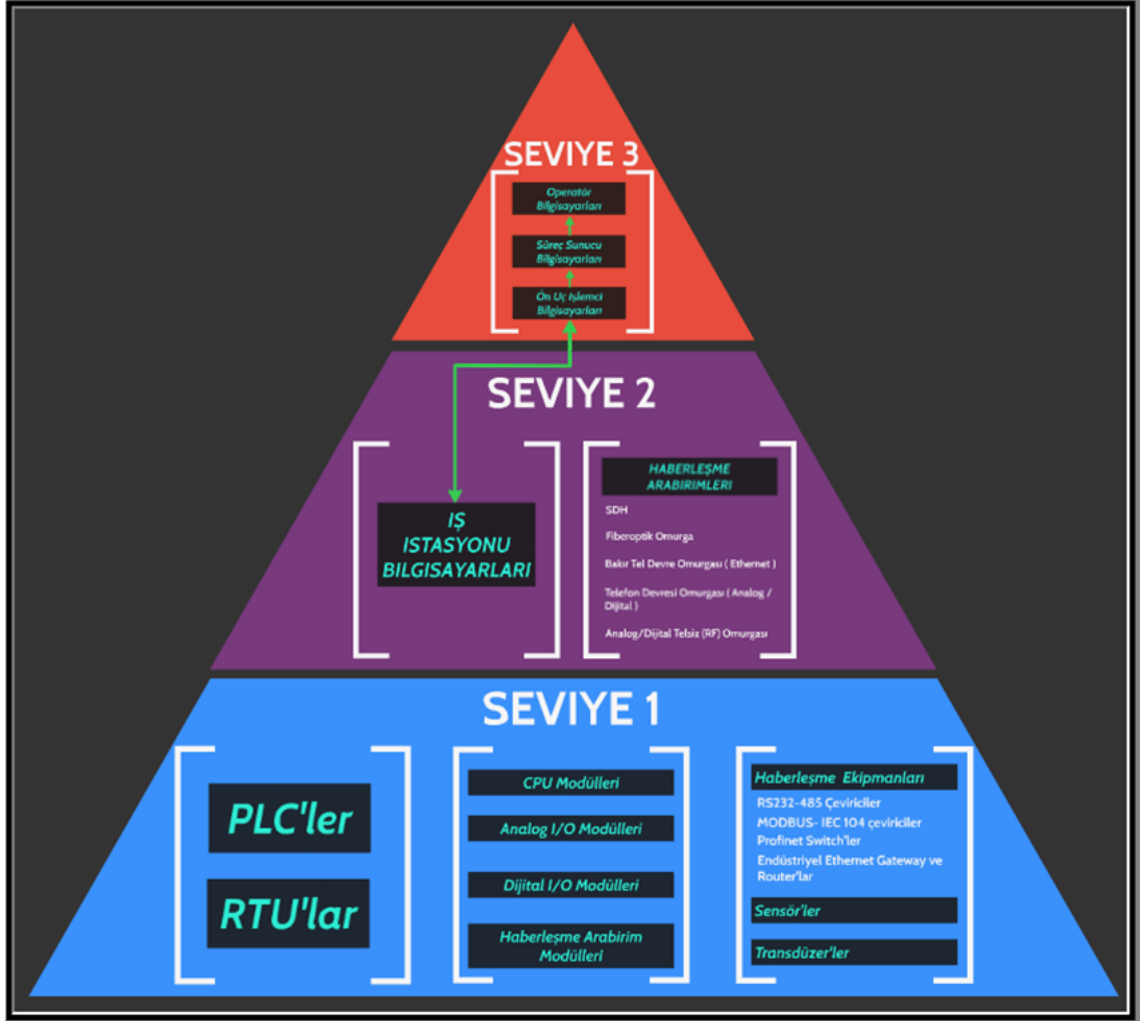
SCADA sistemlerinin başlıca kullanıldığı alanlara örnek olarak;

- a) Elektrik üretim tesisleri,
- b) Akıllı ulaşım sistemleri,
- c) Kent içi raylı ulaşım sistemleri,
- d) Tünel kontrol sistemleri,
- e) Köprü kontrol sistemleri,
- f) Elektrik kontrol ve dağıtım tesisleri,
- g) Doğalgaz ve petrol boru hatları kontrol tesisleri,
- h) Kimya ve Petrokimya tesisleri,
- j) Çimento, Demir-çelik üretim tesisleri,
- k) Su dağıtım şebekeleri kontrol tesisleri,
- l) Atık su toplama ve arıtma tesisleri,
- m) Hava kirliliği kontrol merkezleri,
- n) Otomotiv endüstrisi,
- o) Otomasyon sistemli fabrikalar,
- p) Bina otomasyon kontrol sistemleri,

SCADA sistemlerinin sağladığı izleme ve kontrol yapısı, otomasyon kontrollü hale getirilebilen her sistemde kullanılabilme imkânı vardır. Buradaki en önemli kriter; projenin düşünce safhasından uygulama safhasına kadar olan seyrinin iyice analiz edildikten sonra sahada uygulamaya konulmasıdır.

Sahadaki SCADA uygulamaları üç basamaklı bir piramit ile örneklenebilir.

Şekil 2.1: SCADA otomasyon hiyerarşisi piramidi



Kaynak: Bu şekil Kutsal Gürsoy tarafından hazırlanmıştır.

Şekil 2.1’de görülen Seviye 1, saha seviyesini temsil etmekte olup bu katmanda saha üzerinde; PLC’ler, RTU’lar ve bunlara bağlı olarak çalışan CPU modülleri, haberleşme arabirim modülleri, analog ve dijital input (giriş) modülleri, analog ve dijital output(çıkış) modülleri ile bu input ve outputlara bağlı algılayıcı ve ekipmanlar bulunur. Ayrıca elde edilen verileri ve üretilen çıktıları alıp göndermeye yarayan haberleşme ekipmanları vardır.

PLC terimi İngilizce olarak Programmable Logic Controller kelimelerinin baş harflerinin kullanılması ile oluşturulmuş bir kısaltmadır ve Türkçeye “Programlanabilir

Mantıksal Denetleyici” olarak çevrilebilir. İngilizce tam adı “Remote Terminal Unit” olan ve Türkçeye “Uzak Terminal Ünitesi” olarak çevrilen RTU’lar ise aslında birer PLC’dir. RTU’lar uç noktalarda bulunan transdüzer (sıcaklık, basınç, akışkan hızı ve yönü gibi fiziksel değişimleri elektrik sinyallerine çeviren elektronik donanım), sensör(optik, kapastif, endüktif, ultrasonik hareket algılayıcılar), durum ve konum belirten switch’ler ve yardımcı kontak çıkışları gibi telemetri cihazlarından gelen veriler, üzerlerinde bulunan dijital ve analog giriş modülleri aracılığıyla okunduktan sonra içerisinde yüklü olan program vasıtası ile işlenerek PLC’ye aktarılır. Aynı şekilde PLC’den gelen komutları da işleyerek gereken çıktılarını üretip analog ve dijital çıkış modülleri ile uç nokta ekipmanlarının kumanda edilmesini sağlarlar.

Seviye 2’de ise haberleşme arabirimi (Modbus,Profibus,Profinet,IEC 104 Ethernet, Fiber optik) vasıtası ile ara lokasyonların bilgilerini toplayan iş istasyonu bilgisayarları bulunur. Lokal iş istasyonu bilgisayarları, üzerlerindeki SCADA yazılımı ile bölgesel kontrol yapabilmekle beraber, haberleşme arabirimi vasıtasıyla Seviye3’te bulunan merkezi SCADA bilgisayarları ile haberleşebilmektedir.

Seviye 3’te ise ara lokasyonlardan iş istasyonu bilgisayarları ile toplanan bilgilerin iletiildiği ön uç işlemci bilgisayarları, ön uç işlemci bilgisayarlarına bağlı süreç sunucu bilgisayarları, operatör bilgisayarları, ana sunucu bilgisayarı, Haberleşme protokolleri çevirici donanımları bulunur. Üst seviye haberleşme protokollerinin(IEC 104) kullanıldığı durumlarda ön uç işlemci bilgisayarına ihtiyaç duyulmadan Seviye2 ve Seviye1’den gelen veriler direkt olarak süreç sunucu (process server) bilgisayarlarına girilebilir.

Tüm bu akış bir örnek ile açıklanacak olursa; sahada çalışan bir yürüyen merdivenin motoru aşırı ısınma nedeniyle durduğunda motor üzerinde bulunan termik şalterin yardımcı kontağı konum değiştirerek bağlı bulunduğu RTU’nun dijital giriş modülüne “motor durdu” bilgisini iletir. RTU ise elde ettiği bu veriyi içinde yazılı olan program koşullarını da kontrol ederek işleyip bağlı bulunduğu PLC’ye üzerindeki haberleşme arabirimi (Modbus, Profibus, Profinet v.b.) aracılığıyla gönderir. PLC’ler ise gelen bu bilgiyi kendi içinde bulunan program koşullarını kontrol ederek üzerinde bulunan haberleşme arabirimi vasıtası ile Seviye 2’de bulunan haberleşme altyapısına ileterek verinin yerel iş istasyonu bilgisayarlarına iletilmesini sağlar. Yerel iş istasyonuna gelen

bu bilgi lokal SCADA yazılımı ile değerlendirilip gerekli işlemler yapılabileceği gibi, haberleşme altyapısı üzerinden Seviye3'teki ön-uç işlemci bilgisayarlarına ya da süreç sunucu bilgisayarlarına gönderilerek arızanın ana kumanda merkezinden izlenmesini ve kontrol edilmesini sağlar. Bu örnek olayda motor ısınma nedeniyle arızaya geçtiği için uzaktan çalıştır komutu gönderilmez. İlgili teknik ekip arızanın olduğu yere gönderilerek arızanın hangi sebepten kaynaklandığına bakıldıktan sonra atan termik tekrar kurularak hazır konuma alınır. SCADA yazılımı arabiriminden normal konuma geçtiği görülen yürüyen merdivene tekrardan yukarıya veyahut aşağıya çalış komutu gönderilerek cihaz tekrar çalıştırılır. Bilgi nasıl ki en alt seviyeden en üst noktaya belirli aşamalardan geçerek geldiyse gönderilen komutlar da aynı yolu izleyerek en uç noktaya gider.

SCADA sistemini temel olarak bu şekilde tanımlanabilir. ECS sistemi ise aşağıda anlatıldığı şekilde izah edilebilir;

ECS sistemi kelime olarak, İngilizce "Environmental Control System" kelimelerinin baş harflerinin kullanımı ile türetilmiş bir kısaltmadır ve Türkçeye "Çevresel Kontrol Sistemi" olarak çevrilebilir. Aslında bir SCADA sistemi olan ECS sisteminin yaptığı iş, kurulu olduğu yerdeki havalandırma ve iklimlendirme sistemini kontrol etmek olduğu için otomasyon sektöründe yıllarca bu isimle anılmış ve ayrı tutulmuştur. Bunun en önemli nedeni, havanın bir ortamda varlığının ya da yokluğunun insan hayatına olan yaşamsal etkisidir. Diğer bir önemli sebep ise kapalı ortamlarda meydana gelebilecek bir yangın durumunda oluşacak dumanın tahliyesi ve ortamdaki canlılara güvenli ve temiz hava sağlanması için kurgulanan yangın durumu senaryolarının ayrıca ele alınması zaruretinden meydana gelmektedir. Bu iki önemli sebepten ötürü ECS sistemleri SCADA sistemlerinden ayrı tutulmuş ve saha uygulamaları da buna uygun olarak yapılmıştır. Şekil 2.1'deki otomasyon hiyerarşisi piramidi ECS sistemi için de geçerlidir.

2.2 KENT İÇİ RAYLI ULAŞIMDA SCADA VE ECS SİSTEMLERİNİN ÖNEMİ

Büyük şehirlerdeki yoğun trafik nedeniyle kaybedilen zaman ve yitirilen konfor, yolculuk yapanların daha hızlı ve konforlu bir ulaşım talebini artırmıştır. Oluşan bu talebe karşılık en iyi toplu ulaşım çözümlerinden biri olarak karşımıza çıkan kent içi raylı ulaşım sistemleri tarihsel gelişiminden günümüze kadar olan zaman diliminde teknik olarak oldukça ileri seviyelere gelmiştir. Altyapı ve işletme maliyetleri hesaba katıldığında, yapılan yatırım maliyetinin karşılığında elde edilen finansal ve ekonomik faydalar ile ödenen ücretin karşılığında elde edilen zaman faydası oldukça fazladır. Kent içi raylı ulaşımında kullanılan trenlerde hareket enerjisi elektrik motorlarından sağlandığı için çizgisel kaynaklı karbon salınımı azalmakta ve bu da birincil karbon ayak izinin azalmasını sağlamaktadır. Çevreye olan bu ekonomik katkı da dikkate alınacak olursa, kent içi ulaşımında raylı sistemlerin tercih edilmesi ilgili yerel yönetime birçok avantaj sağlamaktadır.

Kent içi raylı ulaşım sistemleri bilindiği üzere geniş bir coğrafya üzerine yayılan ve güzergâhı üzerinde birçok istasyon bulunduran bir ulaşım sistemidir. Geçmişten günümüze dek geçen zaman içerisinde artan ve ilerleyen yıllarda da artmaya devam edecek olan yolcu miktarı ile beraber bir noktadan diğerine geçiş için harcanacak zaman miktarı da seyahat edenlerin talepleri doğrultusunda giderek azalma eğilimindedir. Bu da araçların daha da hızlanması ve yoğun yolcu kapasitesini bu hızda taşıması anlamına gelmektedir.

Kapasite ölçütüne göre yapılacak bir sınıflandırmada, bir yöne bir saatte;

- i. 50.000 ve daha fazla yolcu taşıyan raylı ulaşım türü bölgesel tren,
 - ii. 30.000 ile 50.000 arası yolcu taşıyan raylı sistem türü metro,
 - iii. 15.000 ile 30.000 arası yolcu taşıyan raylı sistem türü hafif metro,
 - iv. 10.000 ile 15.000 arası yolcu taşıyan raylı sistem türü tramvay
- olarak adlandırılabilir (Alparslan, H., 2001) .

Buradaki verilerden de anlaşılacağı üzere günümüzde kent içi raylı ulaşım sistemlerinde yolcu kapasitesi 30.000 ile 50.000 arası değişmektedir. Yüksek hız talebi ve yoğun yolcu miktarı sınırlı imkânların minimum hata ile optimize edilmelerini zorunlu kılmıştır. Ortaya çıkan bu optimizasyon zarureti, insan hatasını ve keyfiyetini tolere edemeyecek derecede ciddi bir durumdur. İşte bu noktada mevcut kurulu ekipmanların minimum hata ile kontrol edilme arzusu otomasyon ve SCADA kontrolünü mecbur hale getirmiştir.

2.3 KENT İÇİ RAYLI ULAŞIMDA KULLANILAN SCADA VE ECS SİSTEMLERİNİN ÜSTLENDİĞİ FONKSİYONLARI VE ÖZELLİKLERİ

Kent içi raylı ulaşım sistemlerinde SCADA sisteminin amacı, sabit teknik ekipmanların kontrol edilmesi ve işletilmesidir. Bu sistem, cer gücü sistemi ile istasyon yönetim sistemini idare etmek üzere tasarlanmış SCADA sistemidir. ECS; SCADA / ECS Sisteminin bir alt sistemi olarak tanımlanmakta olup, havalandırmanın sağlanması açısından, elektromekanik ekipmanların arıza tespitini ve CCR'deki alarm göstergesini, ayrıca yangın tespitini, duman atımını ve sıcaklık kontrolünü gerçekleştirmek için Çevresel Kontrol Sistemi ile Havalandırma Bilgisi Yönetim Sistemini izler ve kontrol eder. SCADA; SCADA/ECS sisteminin bir alt sistemi olarak tanımlanmakta olup, aydınlatma, düşük gerilim sistemi, cer gücü sistemi (750V DC) ve orta gerilim sistemi gibi istasyon alt yapı sistemlerini izler ve kontrol eder. SCADA / ECS Sistemi, demiryolu sisteminin cer gücü ve altyapısı ile ilişkili denetimsel uygulamalar ve uzaktan kumanda uygulamaları için kullanılmaktadır.

Şekil 2.3: SCADA saha bağlantı ekipmanları

MVS Orta Gerilim (34.5KV) Sistemi	ESC (Yürüyen Merdivenler)
EGB Jeneratör Sistemi	TRA (Yürüyen Bantlar)
DC Cer Gücü (750 V) Sistemi	LFP (Asansörler)
LVS Alçak Gerilim (400V) Sistemi	FWT (Yangın Su Tankları)
UPS (Kesintisiz Güç Kaynakları)	FSP (Sprinkler Yangın Pompaları)
BCB (Akü Şarj Üniteleri, 110VDC Kaynağı)	FHP (Hidrants Yangın Pompaları)
ERP (Endüktif Reaktör Panoları)	FDV, FRSV, FBV (Yangın Vanaları)
TNP (Negatif Koruma Panoları)	FFS, FPS (Akış Anahtarları, Basınç Anahtarları)
AKP (Ayırıcı Kontrol Panoları)	ACO (Hava Kompresörleri)
PTES (Peron Tren Acil Durdurma) Sistemi	SWP (Atık Su Pompaları)
SCT, STP İstasyon ve Tünel Aydınlatmaları	DGP (Drenaj Pompaları)
FAP (Yangın Algılama Panosu)	CPA (Anons Sistemi)
ECS (ECS PLC Panoları)	CTR (Transmisyon Sistemi Alarmları)
ESP (Acil Durum Kaçış Levhaları)	CCL (Ana Saat Alarmları)
AFC (Turnikeler)	CTV (CCTV Sistemi Alarmları)
CSE (Güvenlik Sistemi, Kartlı Kapılar)	RRS (Telsiz Sistemi Alarmları)

Kaynak: İbrahim Ethem Demirci, (2014) *İstanbul Metrosu M2 Hattı SCADA ve ECS Sistemleri Tanıtım Sunumu*, Eylül 2014

SCADA'nın bir alt kırılımı olarak ta kabul edilebilecek ECS sisteminin saha bağlantı ekipmanlarının listesi ise Şekil 2.4'te görülmektedir.

Şekil 2.4: ECS saha bağlantı ekipmanları

TVF (Tünel Havalandırma Fanları)
EXF (Exhaust, Kirli Hava Fanları)
INF (Taze Hava Fanları)
FE (Hava Atım Fanları)
FS (Hava Besleme Fanları)
ID (İzolasyon Damperleri)
MD (Motorize Damperleri)
FD (Yangın Damperleri)
VDM (Volume Damperleri)
ACU (Hava Klima Üniteleri)
ACO (Hava Komproserleri, Hava kurutucular)
ACS (Hava Splitterler)
TT,TH,TE (Sıcaklık Sensörleri)
FAP (Yangın Algılama Bilgileri, ZA Röleleri)
LCP (Lokal Kontrol Panoları)
CRU (RTU Panoları)
ATS (Tren Tünelde Kaldı Tıkanıklık Modu)

Kaynak: İbrahim Ethem Demirci, (2014) *İstanbul Metrosu M2 Hattı SCADA ve ECS Sistemleri Tanıtım Sunumu*, Eylül 2014

Şekil 2.3 ve Şekil 2.4'te ismi geçen ekipmanlar SCADA otomasyon hiyerarşisi piramidinde Seviye1'de bulunmaktadır. Bu ekipmanların ürettiği sinyaller RTU PLC'ler ve PLC'ler vasıtası ile okunduktan sonra yine PLC içerisinde bulunan program vasıtası ile mantıksal önermeler ve sayısal değer karşılaştırmalarından sonra dijital olarak 1 ya da 0 olarak nitelendirdiğimiz çıktılar üretirler. Elde edilen bu dijital veriler ya da sayısallaştırılmış analog değerler bir üst seviye kontrol yazılımı olan ve SCADA otomasyon hiyerarşisi piramidinde Seviye2'de bulunan iş istasyonu bilgisayarlarına gönderilirler. PLC'ler tarafından üretilen bu dijital veriler direkt olarak iş istasyonu bilgisayarına aktarılmazlar. Arada bu işi yapan protokol ve sinyal çevirici elektronik donanımlar olan RS232 – RS485 çeviriciler ve MODBUS – IEC 104 protokol çeviriciler bu dönüştürme işlemini yaparak mevcut haberleşme altyapısını kullanarak verileri iş istasyonu bilgisayarlarına aktarırlar. İş istasyonu bilgisayarları tarafından lokal olarak toplanan bu veriler SCADA otomasyon hiyerarşisi piramidinde Seviye3'te bulunan ön uç işlemci bilgisayarlarına aktarılır. ön uç işlemci bilgisayarı ile lokal olarak sahadan gelen veriler belirli bir veri tabanı işleme sürecinden geçirilerek üst seviye denetim ve kontrol yazılımının yüklü olduğu süreç sunucu bilgisayarlarına (process server) aktarılmaya uygun hale gelirler. Süreç sunucu bilgisayarları, insan makine arabirimi olarak kullanılan ve SCADA arayüz yazılımının yüklü olduğu operatör bilgisayarı tarafından gelen komutları işleyerek tekrar ön uç işlemci bilgisayarlarına gönderir. Ön uç işlemci bilgisayarına gelen komutlar lokal iş istasyonlarına gönderilir. Operatör bilgisayarı, ön uç işlemci bilgisayarı ve lokal iş istasyonları arasındaki veri alışverişi mevcut ağ altyapısı üzerinden yapılır. Nihai olarak lokal iş istasyonlarına gelen veriler, bu bilgisayarlara bağlı olan sinyal ve protokol çevirici donanımlar vasıtası ile sahada bulunan RTU ve PLC'lerin anlayabileceği hale getirilir. Sahadaki en uç noktadaki donanım ile operatör arasındaki bu iletişime kısaca SCADA denilmektedir.

Şekil 2.3 ve Şekil 2.4'te başlıklar halinde verilen sistemler ortalama bir kent içi raylı ulaşım sisteminde kullanılan sistemlerdir. İşletmenin türüne göre burada bulunan sistemlerde bir takım değişiklikler gerçekleştirilebilir.

Merkezi entegrasyon konusuna geçmeden önce SCADA ve ECS sistemlerinde kullanılan arabirimlerinin neler olduğunun bilinmesi gerekmektedir.

SCADA ve ECS sistemlerinde kullanılan arabirimler aşağıdaki şekilde kategorilendirilebilir.

A) SCADA SİSTEMİ ARABİRİMLERİ

- i. Orta Gerilim (34.5KV) Sistemi
- ii. Jeneratör Sistemi
- iii. DC Cer Gücü (750 V) Sistemi
- iv. Alçak Gerilim (400V) Sistemi
- v. UPS (Kesintisiz Güç Kaynakları)
- vi. Akü Şarj Üniteleri, 110V DC Kaynağı
- vii. Endüktif Reaktör Panoları
- viii. Negatif Koruma Panoları
- ix. Ayırıcı Kontrol Panoları
- x. Peron Tren Acil Durdurma Sistemi
- xi. İstasyon ve Tünel Aydınlatmaları
- xii. Yürüyen Merdivenler
- xiii. Yürüyen Bantlar
- xiv. Asansörler
- xv. Atık Su Pompaları
- xvi. Drenaj Pompaları
- xvii. Hava Kompresörleri
- xviii. Akış Anahtarları, Basınç Anahtarları
- xix. Yangın Algılama Panosu
- xx. Sprinkler Yangın Pompaları
- xxi. Hidrant Yangın Pompaları
- xxii. Yangın Vanaları
- xxiii. Yangın Su Tankları
- xxiv. Acil Durum Kaçış Levhaları
- xxv. Turnikeler

- xxvi. Güvenlik Sistemi, Kartlı Kapılar
- xxvii. Transmisyon Sistemi
- xxviii. Telefon Sistemi
- xxix. Anons Sistemi
- xxx. CCTV Sistemi
- xxxi. Yolcu Bilgilendirme Sistemi
- xxxii. Merkezi GPS Saat Sistemi
- xxxiii. Güvenlik ve Erişim Kontrol Sistemi
- xxxiv. Turnikeler ve Ücret Toplama Sistemi

Yukarıda zikredilen arabirimlerden SCADA sistemi okuma yapmakta ve gerektiğinde ilgili sistemlere komut göndermektedir. Entegrasyon sürecinde bu arabirimlerden gelip giden sinyallerin (I/O listesi) iyi bilinmesi gerekmektedir.

B) ECS ARABİRİMLERİ

- i. Tünel Havalandırma Fanları
- ii. Exhaust, Kirli Hava Fanları
- iii. Taze Hava Fanları
- iv. Hava Atım Fanları
- v. Hava Besleme Fanları
- vi. İzolasyon Damperleri
- vii. Motorize Damperleri
- viii. Yangın Damperleri
- ix. Volume Damperleri
- x. Hava Klima Üniteleri
- xi. Hava Komproserleri, Hava kurutucular
- xii. Hava Splitterler
- xiii. Sıcaklık Sensörleri
- xiv. Yangın Algılama Bilgileri, ZA Röleler
- xv. Lokal Kontrol Panoları
- xvi. RTU Panoları

xvii. Tren Tünelde Kaldı Tıkanıklık Modu

Yukarıda zikredilen arabirimlerden ECS sistemi okuma yapmakta ve SCADA sistemlerinde olduğu üzere gerektiğinde ilgili sistemlere komut göndermektedir.

Şekil 2.5: Seyrantepe SCADA I/O sinyal listesi örnek sayfası

SEWAGE / ATIK SU STATION PART /	ROOM NO / ODA NO	EQUIPMENT CODE / EKİPMAN KODU	EQUIPMENT-SIGNAL DEFINITION / EKİPMAN - SINYAL TANIMLARI	EQUIPM. QTY / EKİPMAN MİKTARI	DI	DO	AI	BUS
	A07/317/201	A07/DGP/252	DRENAGE SEWAGE UNIT / DRENAJ SU POMPASI (PAKET TİPİ) DA07/DSP/101-DA07/DSP/102	1				
			PUMP 1 RUNNING / POMPA 1 ÇALIŞIYOR		1			
			PUMP 1 FAILURE / POMPA 1 ARIZALI		1			
			PUMP 2 RUNNING / POMPA 2 ÇALIŞIYOR		1			
			PUMP 2 FAILURE / POMPA 2 ARIZALI		1			
			TANK LEVEL HIGH / TANK SEVİYESİ YÜKSEK		1			
			TANK LEVEL LOW / TANK SEVİYESİ DÜŞÜK		1			
			PUMP FAULT / ANASALTER SINYALI		1			
	A07/341/201	A07/DGP/253	DRENAGE SEWAGE UNIT / DRENAJ SU POMPASI (PAKET TİPİ) DA07/DSP/103-DA07/DSP/104	1				
			PUMP 1 RUNNING / POMPA 1 ÇALIŞIYOR		1			
			PUMP 1 FAILURE / POMPA 1 ARIZALI		1			
			PUMP 2 RUNNING / POMPA 2 ÇALIŞIYOR		1			
			PUMP 2 FAILURE / POMPA 2 ARIZALI		1			
			TANK LEVEL HIGH / TANK SEVİYESİ YÜKSEK		1			
			TANK LEVEL LOW / TANK SEVİYESİ DÜŞÜK		1			
			PUMP FAULT / ANASALTER SINYALI		1			
	A07/317/201	A07/WSP/251	SEWAGE UNIT / DRENAJ SU POMPASI (PAKET TİPİ) DA07/WSP/201-DA07/WSP/202	1				
			PUMP 1 RUNNING / POMPA 1 ÇALIŞIYOR		1			
			PUMP 2 RUNNING / POMPA 2 ÇALIŞIYOR		1			
			TANK LEVEL HIGH / TANK SEVİYESİ YÜKSEK		1			
			GENERAL FAULT / GENEL ARIZA		1			
	A07/315/201	A07/WSP/251	SEWAGE UNIT / DRENAJ SU POMPASI (PAKET TİPİ) DA07/WSP/101-DA07/WSP/102	1				
			PUMP 1 RUNNING / POMPA 1 ÇALIŞIYOR		1			
			PUMP 2 RUNNING / POMPA 2 ÇALIŞIYOR		1			
			TANK LEVEL HIGH / TANK SEVİYESİ YÜKSEK		1			
			GENERAL FAULT / GENEL ARIZA		1			

Kaynak: Alarko Makyol Ortak Girişimi, (2009) *Seyrantepe Atelye Alanı SCADA Sistemi I/O Listesi*.

Şekil 2.5'te İstanbul metrosu M2 hattında bulunan Seyrantepe istasyonunun SCADA I/O sinyal listesinden örnek bir sayfa bulunmaktadır. Entegrasyon öncesinde, var ise bu türde I/O sinyal listeleri tüm yönleriyle incelenmeli, sinyal listesi yoksa ya çıkartılmalı ya da kurulumu yapan firmalardan bu listeler temin edilmelidir.

3. KENT İÇİ RAYLI ULAŞIMDA KULLANILAN SCADA SİSTEMLERİNİN MERKEZİ ENTEGRASYONU

3.1 SCADA SİSTEMLERİNİN MERKEZİ ENTEGRASYONUN GEREKLİLİĞİ

Daha evvel de değinildiği üzere kent içi raylı ulaşım sistemlerinin inşaatı ve devreye alınması çeşitli nedenlerden ötürü uzun zaman almaktadır.

Tablo 3.1: İstanbul'da raylı ulaşımın gelişim süreci

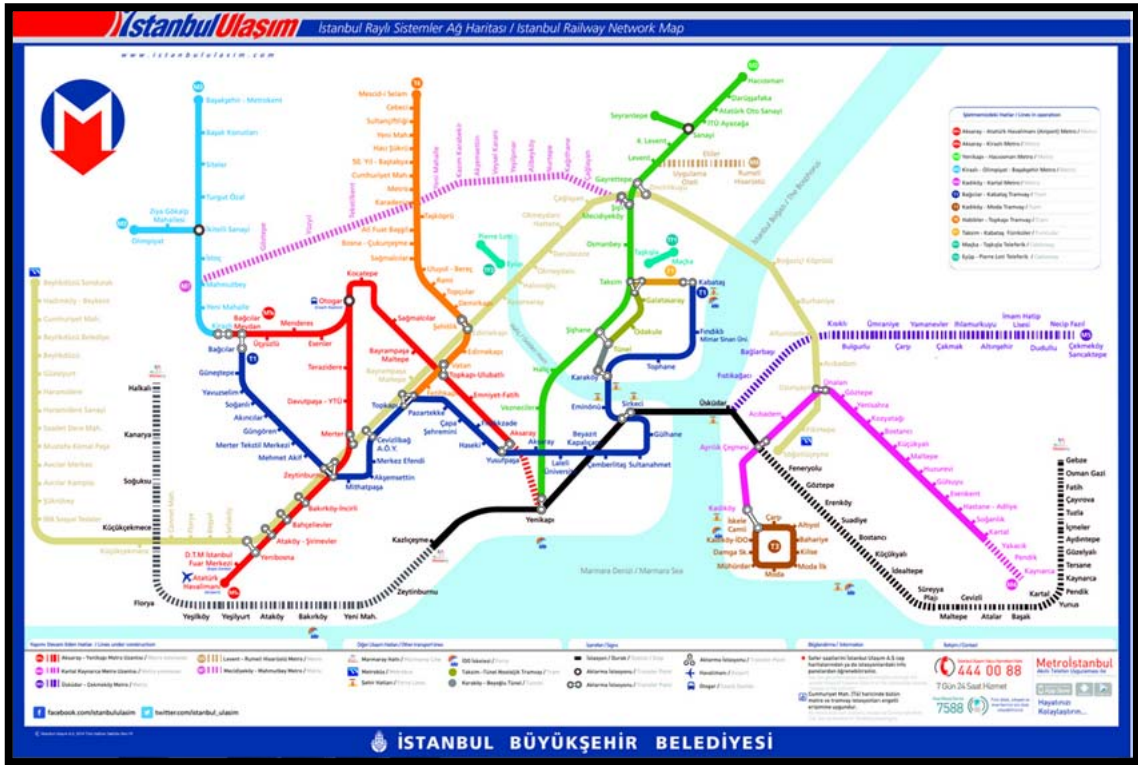
Bağcılar - Kabataş Hattı	13.06.1992	Sirkeci - Topkapı arası hizmete açıldı
	10.03.1994	Topkapı - Zeytinburnu arası hizmete açıldı
	20.04.1996	Sirkeci - Eminönü arası hizmete açıldı
	30.01.2005	Eminönü - Fındıklı arası hizmete açıldı
	29.06.2006	Fındıklı - Kabataş arası hizmete açıldı
	14.09.2006	Güngören - Bağcılar arası hizmete açıldı
	03.02.2011	Güngören - Zeytinburnu arası hizmete açıldı
Sultançiftliği - Topkapı Hattı	17.09.2007	Sultançiftliği - Edirnekapı arası hizmete açıldı
	18.03.2009	Edirnekapı - Topkapı arası hizmete açıldı
Kadıköy - Moda Hattı	01.11.2003	Kadıköy - Moda arası hizmete açıldı
Aksaray - Atatürk Havalimanı Hattı	18.03.1989	Aksaray - Atatürk Havalimanı hattının ilk aşaması hizmete açıldı
	20.12.2002	Havalimanı bağlantısı hizmete açıldı
Yenikapı - Hacıosman Hattı	16.09.2000	Taksim - 4.Levent arası hizmete açıldı
	31.01.2009	4.Levent - Atatürk Oto Sanayi arası hizmete açıldı
	31.01.2009	Taksim - Şişhane arası hizmete açıldı
	02.09.2010	Darüşşafaka istasyonu hizmete açıldı
	11.11.2010	Seyrantepe istasyonu hizmete açıldı
09.07.2011	Hacıosman istasyonu hizmete açıldı	
Kadıköy - Kartal Hattı	17.08.2012	Kadıköy - Kartal arası hizmete açıldı

Kaynak: Çolakkadı, M. (2013) s. 9.

Tablo 3.1’de görüleceği üzere bir hattın tamamen bitmesi yıllara yayılmaktadır. Tablo 3.1’de yer alan T1 Bağcılar-Kabataş hattının ilk aşaması olan Sirkeci-Topkapı arası olan kısmı 13 Haziran 1992 tarihinde devreye alınmış, son kısmı olan Güngören-Zeytinburnu arası ise 9 yıl sonra 03 Şubat 2011 tarihinde birleştirilmiş ve hat Şekil 3.1’de de görüleceği üzere nihai halini almıştır.

Aynı durum M2 Yenikapı-Hacıosman hattı için de geçerlidir.

Şekil 3.1: İstanbul raylı sistem haritası



Kaynak: <http://www.istanbul-ulasim.com.tr>, Erişim : Eylül 2014

İnşa edilen bu hatların aşama aşama yapılmasının nedenlerinin başlıcaları aşağıda sıralanmıştır.

- a) Toplam proje maliyetinin çok fazla olması,
- b) İlk hat tesis edilirken yapılan yanlış fizibilite etütleri,
- c) Zaman içerisinde ortaya çıkan yeni cazibe merkezlerinin ve çekim alanlarının oluşması,
- d) Doğal afet ya da şehir master planlarının değişimi,
- e) Birbirine yakın olan hatların birleştirilmesi daha uygun olması,

Bu gerekçelerin ilerleyen zaman içerisinde değişen yaşam koşulları sebebiyle çoğaltılması mümkündür. Bir hat üzerindeki ortaya çıkan bu parçalı otomasyon yapısı bir takım sıkıntılara sebebiyet vermektedir. İlk yapılan hatta kullanılan otomasyon teknolojisi ile en son yapılan hat arasındaki otomasyon teknolojisi ister istemez birbirinden farklı olacaktır. Bu durum merkezden kontrolü oldukça zorlaştıracak ve SCADA sistemlerinin varlık nedeni olan “merkezi kontrol” kavramının zayıflamasına sebebiyet verecektir. Merkezden kontrol edilemeyen bir SCADA ve ECS sistemi, zaman içerisinde çözüm yerine sorun üretecektir.

Kent içi raylı ulaşımın tercih nedenlerinden birisi olan dakiklik ve hız kavramı, birden çok sinyalizasyon sisteminin kullanılması nedeniyle zarar görecektir. Fazlar arasında kullanılan enerji sistemi, sinyalizasyon sistemi ve rotasyon farklılıkları nedeniyle bir hat üzerinde birden çok türde araç kullanılması gerekecek ve fazlar arasında seyahat etmek isteyen yolcular araç değiştirmek zorunda kalacaklardır. İşin yolcuya yansıyan kısmı olan sinyalizasyon sistemindeki farklılıkların haricinde kalan ama devrede kalması elzem olan bir takım sistemlerin arasındaki uyumsuzluk sebebi ile acil bir durumda devreye girmesi gereken yangın senaryoları, acil kaçış eylem planları yapılamayacaktır. Tüm bu ve benzeri nedenlerden dolayı birden çok SCADA ve ECS sisteminin tek merkezden kontrol edilebilmesi için entegrasyon bir keyfiyet değil zarurettir. Merkezi entegrasyon yapılırken genelde “daha yeni olan daha iyidir” düşüncesi ile tüm SCADA sistemi yeni kurulan sisteme uygun olacak şekilde entegrasyon süreçleri yürütülmektedir.

3.2 MERKEZİ SCADA VE ECS ENTEGRASYONU'NUN YAPILABİLMESİ İÇİN BİLİNMESİ GEREKEN TEMEL KAVRAMLAR VE KONULAR

Merkezi SCADA ve ECS entegrasyonunun sağlıklı ve sorunsuz yapılabilmesi için bilinmesi gereken temel kavramlar ve konuları maddeler halinde sırlanacak olursa;

- 1) Eski ve yeni sistemdeki tüm ekipmanların ayrıntılı bir envanteri olmalı, yok ise çıkartılmalıdır.
- 2) Eski ve yeni sistemdeki RTU ve PLC'lere bağlı ekipmanların ürettiği çıktı sinyallerinin ve girdi komut sinyalleri bilinmeli yok ise çıkartılmalıdır.
- 3) Eski ve yeni sistemin haberleşme protokollerinin komutlarının açık ve biliniyor olmalıdır.
- 4) Eski ve yeni sistemin haberleşme ağ topolojisinin ve çapraz sıcak yedeklilik durumlarının çok iyi biliniyor olması gerekir.
- 5) Eski ve yeni sistemde kullanılan insan makine arayüzü olan SCADA yazılımlarının yeteneklerinin çok iyi biliniyor olması gerekir.
- 6) Eski ve yeni sistemin donanım ve yazılım katmanında birbirileri ile konuşturulurken ortaya çıkacak her türlü olumsuz durumun ve senaryonun mümkün olduğunca simülasyon yazılımlarıyla ve saha testi yöntemi ile denenmeli, bu süreçlerden başarı ile geçildikten sonra entegrasyona geçilmelidir.
- 7) Entegrasyon yapılırken revizyon seçeneği her zaman için hazır tutulmalıdır. Olası aksi bir durum için uygun müdahale noktalarda revizyon seçeneği kullanılabilir olmalıdır.
- 8) Entegrasyon yapılırken projeye nihai hal ile bakılmamalı, her zaman için sisteme bir ilave yapılabileceği durumu göz önüne alınarak sistem buna göre dizayn edilmelidir.

Yukarıda zikredilen gerekçelere uyulduğu takdirde entegrasyon işi, revizyona dönüşmeden gerçekleştirilebilecektir.

Esasında merkezi entegrasyon, saha ekipmanlarının tamamını değiştirmeden, görece uygun bir maliyete üst haberleşme katmanının değiştirilmesi işlemidir.

Entegrasyon sürecinde yapılacak hatalar kısmen ya da tamamen revizyonu zorunlu kılabilir. Bu durum ise ek maliyetlere katlanmak anlamına geleceğinden entegrasyon değişim süreci en başından tutarlı ve kapsamlı bir şekilde planlanmalıdır.

3.3 MERKEZİ ENTEGRASYONUN AŞAMALARI

Merkezi SCADA ve ECS entegrasyonunun ideal bir şekilde yapılabilmesi için en başında, projelendirme safhasında iken aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

- a. Eski ve yeni sistemin ekipman envanterinin maliyetleri çıkarılarak yapılacak projenin entegrasyon mu yoksa revizyon mu olacağına “Net Bugünkü Değer” metodu ile yapılabilirlik oranının tespit edilmelidir.
- b. Fizibilite etüdüne göre çıkan sonuçta yapılacak entegrasyonun “Entegrasyon İş Planı” yapılmalıdır.
- c. Süreç, sistem mühendisliği bakış açısı ile ele alınmalı, sistem hayat döngüsü V modeli ilke edinilmelidir.

Yukarıda zikredilen aşamalara uyulduğu takdirde entegrasyon süreci sağlıklı bir şekilde işleyecektir.

NBD(net bugünkü değer) metodu iki proje arasında hangisinin daha yapılabilir olduğunu tespit etmeye yarayan bir hesaplama yöntemidir. NBD kısaca, bir yatırımın sağlayacağı gelirlerin bugünkü değerleri toplamından, yatırım maliyetinin çıkarılmasıyla bulunan değerdir. Yapılan hesaplama sonunda NBD oranı 0'a eşit ya da büyük olmalıdır. Yapılacak olan entegrasyon ya da revizyon için ayrı ayrı NBD'ler

hesaplandıktan sonra NBD'si 0'a yakın olan ya da pozitif yönde büyük değerde olan yatırım "yapılabilir" kabul edilmelidir. Net bugünkü değer metodu uzmanlık gerektiren bir hesaplama yöntemi olduğundan bu hesaplamalar kurum içerisindeki bu konudaki uzman birim ve kişilerce ya da dışarıdan hizmet alımı ile yapılmalıdır. Net bugünkü değer metodu ile yapılacak hesaplama sayesinde daha projeye başlamadan olası maliyetleri görmek mümkün olacaktır. Tabii ki bir projenin salt finansal değeri yapılabilirlik açısından tek kriter değildir. Projenin ekonomik ve dolaylı maliyetleri de işin içerisine katıldığında yapılabilirlik konusunda daha net bilgiler ortaya çıkacaktır.

Şekil 3.2: Net bugünkü değer metodu hesaplama formülü

NBD Formülü:

$$NBD = \frac{S}{(1+i)^{n+m}} + \left(\sum_{t=m+1}^{m+n} \frac{NNG_t}{(1+i)^t} \right) - \left(\sum_{t=0}^m \frac{I_t}{(1+i)^t} \right)$$

NNG_t = t yılındaki net nakit girişi (artık değer hariç)
I_t = t yılındaki yatırım tutarı
n = tesisin ekonomik ömrü
m = projenin inşa süresi
i = indirgeme oranı
S = tesisin ekonomik ömrü sonunda (varsa) artık değeri

Kaynak: <http://www.dektmk.org.tr/upresimler/KKAVAK-1.pdf>, Erişim: Eylül 2014

Şekil 3.2'de NBD formülü görülmektedir. Üç aşamalı bir hesaplama süreci olan bu formüldeki her bir değişken ayrıca uzman kişiler tarafından hesaplanmalıdır.

NBD hesaplandıktan sonra ortaya çıkan sonuca göre entegrasyona karar verildiyse entegrasyon iş planının belirlenen evreleri, bir zaman çizelgesinde takvime oturtulmalıdır.

Şekil 3.3: İstanbul metrosu M2 hattı entegrasyon iş planı

ID	ID	Task Name	İeces	Duration	Start	Finish
1	1	INTEGRATION OF EXISTING SCADA/ECS SYSTEM		43 days	Mon 03.05.10	Wed 30.06.10
2	2	Starting of converter tests		3 days	Mon 03.05.10	Wed 05.05.10
3	3	Starting of Integration Tests for subsystems (each subsystem will be checked)	2	2 days	Thu 06.05.10	Fri 07.05.10
4	4	Defining the VICOS device types of all subsystems	3	2 days	Mon 10.05.10	Tue 11.05.10
5	5	Data Parametrization of VICOS Drawings for MV-DC System	4	3 days	Wed 12.05.10	Fri 14.05.10
6	6	Testing of VICOS Drawings for MV System	5	2 days	Mon 17.05.10	Tue 18.05.10
7	7	Data Parametrization of VICOS Drawings for LV System	6	2 days	Wed 19.05.10	Thu 20.05.10
8	8	Testing of VICOS Drawings for LV System	7	1 day	Fri 21.05.10	Fri 21.05.10
9	9	Data Parametrization of VICOS Drawings for Escalator&Elevator Systems	8	2 days	Mon 24.05.10	Tue 25.05.10
10	10	Testing of VICOS Drawings for Escalator&Elevator Systems	9	1 day	Wed 26.05.10	Wed 26.05.10
11	11	Data Parametrization of VICOS Drawings for FAP and Fire Protection	10	2 days	Thu 27.05.10	Fri 28.05.10
12	12	Testing of FAP and Fire Protection	11	1 day	Mon 31.05.10	Mon 31.05.10
13	13	Data Parametrization of VICOS Drawings for Sewage&Drainage Systems	12	2 days	Tue 01.06.10	Wed 02.06.10
14	14	Testing of Sewage&Drainage Systems	13	1 day	Thu 03.06.10	Thu 03.06.10
15	15	Data Parametrization of VICOS Drawings for Other Small Systems in SCADA	14	1 day	Fri 04.06.10	Fri 04.06.10
16	16	Testing of Other Small Systems in SCADA	15	1 day	Mon 07.06.10	Mon 07.06.10
17	17	Data Parametrization of VICOS Drawings for Scenarios	16	2 days	Tue 08.06.10	Wed 09.06.10
18	18	Testing of Scenarios	17	2 days	Thu 10.06.10	Fri 11.06.10
19	19	Data Parametrization of VICOS Drawings for ECS System	18	5 days	Mon 14.06.10	Fri 18.06.10
20	20	Testing of ECS System	19	5 days	Mon 21.06.10	Fri 25.06.10
21	21	Testing of ECS Scenarios	20	3 days	Mon 28.06.10	Wed 30.06.10

Kaynak: Alarko Makyol Ortak Girişimi Siemens, 2010, *İstanbul Metrosu M2 Hattı Faz1, Faz2, Faz3 SCADA/ECS Entegrasyon İş Planı*

Entegrasyon iş planına örnek olarak Şekil 3.3'deki İstanbul metrosu M2 hattı SCADA/ECS entegrasyonu iş planı gözükmektedir. Bu şekilde yol haritası önceden belirlenecek olursa, projeyi uygulayacak olan taraflar ilerideki günlerde işin hangi aşamasında olacağını net olarak görebilecek ve buna göre ön hazırlıklarını yapabileceklerdir. Örneğin entegrasyon için yurt dışından tedarik edilecek bir malzemenin teslim süresi gecikebileceği göz önünde bulundurularak erkenden sipariş verilip malzemeye ihtiyaç duyulduğu anda elde olması sağlanabilir. Aynı durum entegrasyon için yaptırılacak imalatların zamanında elde olmasını sağlayacaktır. Ayrıca böyle bir iş planının hazırlanarak paydaşlara deklare edilmesiyle entegrasyondan etkilenecek tüm taraflar kendi durumlarını buna göre ayarlayabilecekler ya da iş planında değişiklik önerebileceklerdir.

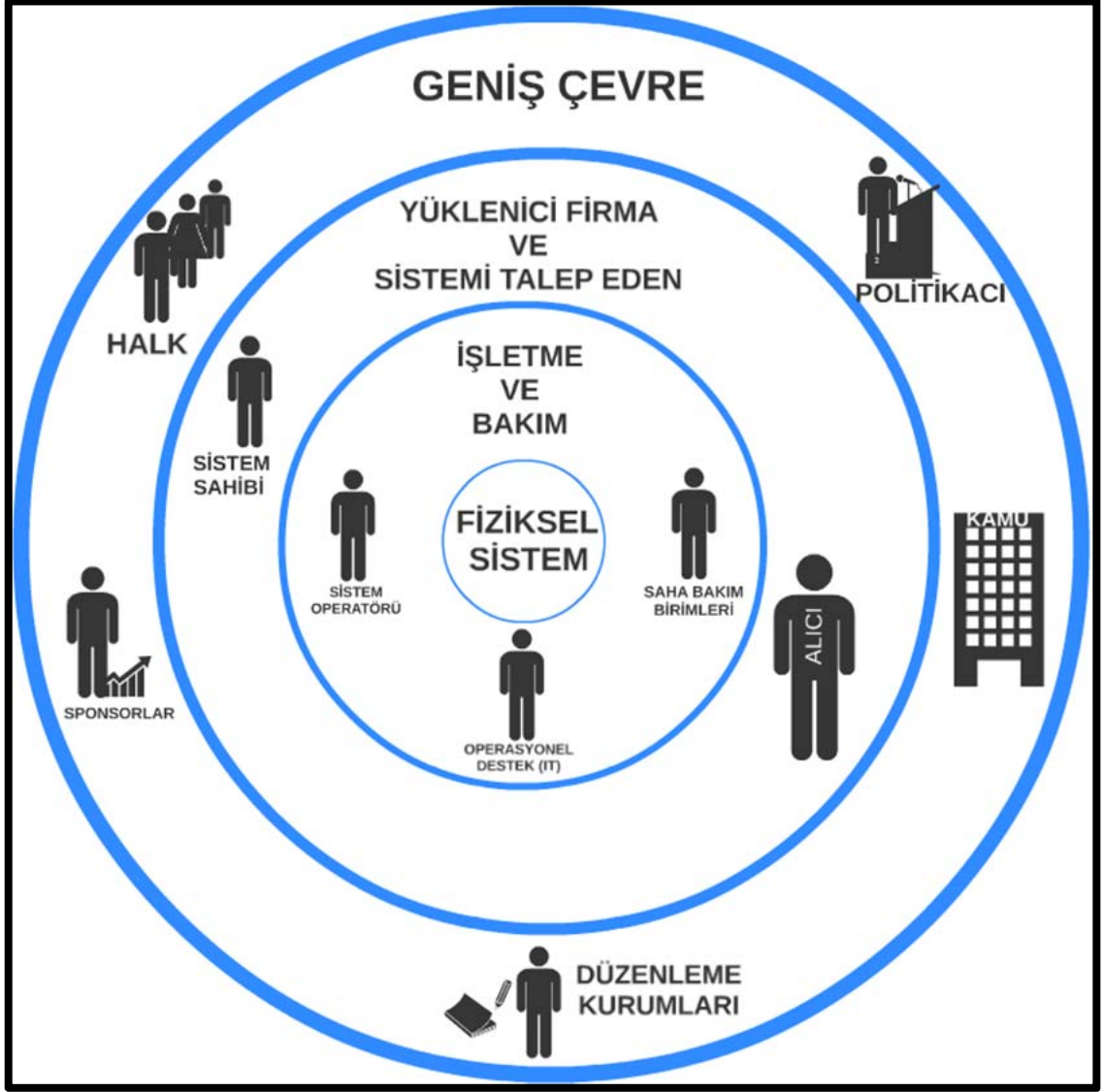
Entegrasyon sürecinin en önemli noktası, sistem mühendisliği bakış açısı ile bakılıp sürecin “sistem hayat döngüsü V modeli” ile en başından sistematik olarak tasarlanmasıdır.

Sistemin hayat döngüsü süreci, sisteme ihtiyaç duyan kişinin aklındaki düşünce ve bu düşüncenin sistem mühendisi tarafından tanımlanarak somut hale getirilmesiyle başlar. Sistem mühendisliğini ; “proje paydaşlarının ihtiyaçlarını karşılayan, bir bütün olarak sistem hayat döngüsü V modeli bakış açısıyla dengeli sistem çözümlerini bulan ve doğrulamasını yapan disiplinler arası mühendislik yönetim sürecidir ”şeklinde tanımlanabilir. Bir sistemin ekonomik ömrü ile fiziksel ömrü aynı değildir. Sistem mühendisliği bakış açısında ekonomik ömür dikkate alınarak tasarım yapılmakla beraber fiziksel ömür de dikkate alınarak ekonomik ve fonksiyonel faydalar optimize edilmelidir. Bir sistem tasarlanırken ona bir ekonomik ömür biçilmelidir. Bu ömür, tasarlanan sistemden hala istenen verimin istenen maliyette alındığı zaman aralığıdır. Ekonomik ömrünün sonunda sistemin hala çalışıyor olması, sistemin kullanılmaya devam edilmesi zorunluluğunu getirmez. Sistem hayat döngüsü V modeli üzerindeki aşamalar birbirinden bağımsız olarak düşünülmemelidir. Sistem ömür devri bir bütündür ve sistem tasarlayıcısının oluşturduğu ilk taslak çalışmadan sistemin tasfiyesine kadar geçen süreçteki tüm basamaklar birbiriyle ilintilidir. Sistem mühendisliği faaliyetini yürüten kişi ya da ekip sistem hayat döngüsü V modeli ile projeye başlamadan önce projenin paydaş gruplarını iyice belirlemelidir.

Şekil 3.4’te ideal bir paydaş sınıflandırması grafiği bulunmaktadır. Bu grafiğe göre paydaş gruplarının merkezinde fiziksel sistemin kendisi bulunmalı ve projenin paydaş grupları buna göre şekillenmelidir. Bu soğan halkası diyagramının ikinci katmanında ise projeyi en çok etkileyecek olan ve dolayısıyla en çok etkilenecek olan projeye konu olan sistemin işletmesini ve bakımını üstlenen paydaşlar bulunmalıdır. Bir üst halka olan yüklenici firma ve sistemi talep eden kısmında ise paydaş olarak sistemi kuracak olan yüklenici firma ve işi talep ederek projeyi işletecek olan alıcı kurum bulunmalıdır. Son halka olan geniş çevrede ise paydaş olarak halk, politikacılar, kamu ve düzenleme kurumları ile varsa projenin sponsorları bulunmalıdır. Sistem mühendisliği çalışması yapılırken paydaş gruplarını bu diyagrama göre gruplandırmak sistem hayat döngüsü V modelinin aşamalarını daha tutarlı çalışmasını sağlayacaktır. Örneğin konsept belirleme çalışması yaparken işletme ve bakım elemanları ile beraber politikacıların da aynı çalışma grubunda yer alması üretkenlik açısından yeterli olmayacak ve hatalı kararların verilmesi söz konusu olacaktır. Bu tür paydaş toplantıları yaparken birbirileri ile ilintili

paydaşlarla birlikte çalışma yapmak daha verimli olacaktır.

Şekil 3.4: Proje Paydaşları Soğan Halkası Diyagramı



Kaynak: Research and Innovative Technology Administration. U.S. Department of Transportation, 2014, <http://www.pcb.its.dot.gov/StandardsTraining/mod04/ppt/m04ppt.htm>, Erişim: Eylül 2014

Sistem mühendisliği yaklaşımı ile projelere uygulanacak sistem hayat döngüsünün basamakları ve açıklamaları aşağıdaki gibidir ;

a) İhtiyacın tanımı;

Bu aşama projedeki paydaşların beklenti ve amaçlarını yerine getirecek sistemlerin daha ucuza, kısa sürede ve daha kaliteli olarak sağlanması için bölgesel mimarinin projeye ve paydaşlara uygunluğunun ve yeterliliğinin incelenmesinin ardından projenin konsept tasarımının belirlenmesini kapsar.

b) Konsept belirleme ve sistem tasarımı;

Bu aşamada fizibilite çalışmasının ardından seçilen projede uygulanacak işletme konsepti belirlenir. Örneğin metro projesinde kullanılacak trenlerin makinistli mi yoksa makinistsiz mi olacağına karar verilir. Bu aşamanın adından üst seviye tasarım ile sistemin gereksinimlerinin belirlenmesi ve olası risklerin tanımlanması yapılır. Örnek olarak makinistsiz bir işletme seçildiğinde buna uygun çalışacak tren sürüş tipi seçilerek buna uygun sinyalizasyon sistemine karar verilir. Detaylı tasarım aşamasında ise sistemin fonksiyon analizi ve optimizasyonu yapılır. Bu aşamada kullanılacak yazılım ve ekipmanların uluslararası standartlara ve teknik şartnameye uygunluğu deklare edilir. Tren ve makinist örneğini devam ettirecek olursak bu aşamada alınacak trenin detay özelliklerine karar verip sinyalizasyon sisteminin ayrıntılarına karar verilmeye başlanır.

c) Geliştirme ve kurulum;

Projeden uygulamaya geçtiğimiz bu evrede tercih edilen sisteme uygun donanımların özellikleri ve miktarları belirlenerek bu donanımlara uygun yazılımlar geliştirilerek saha montajlarının yapılması sağlanır. Donanım ve yazılım adaptasyonu yapılmadan önce uluslararası standartlara uyumluluk kontrolü ve fabrika kabul testleri yapılır.

d) Entegrasyon ve kabul testleri;

Bu aşamada tüm donanım ve yazılımlar en alt düzeyden en üst düzeye kadar doğrulama, sağlamlık, uyumluluk testlerine tabii tutulur. Yapılan bu testlerde teknik şartnameye uygunluğun yanı sıra uluslararası standartlara uyumluluk da

kontrol edilir.

e) İşletme/bakım ve revizyonlar;

Kabul testlerinden başarı ile geçen sistem yüklenici firmadan çalışır ve işletmeye hazır bir halde teslim alınır. Sistem hayat döngüsünün bu evresi V modelin en uzun evresini oluşturur. Bu zamana kadar geçilen tüm aşamalar bu evrenin kusursuz bir şekilde işletilmesi içindir. Bu evrede sistemin ekonomik ömrü boyunca sistemin sağlıklı işletilebilmesi için daha önceden tanımlanmış bakım prosedürüne göre sistemin bakımları yapılarak minimum arıza ile maksimum kullanım süresi hedef alınır. Değişen şartlara göre yapılacak değişiklikler ve güncellemeler de bu aşamada gerçekleştirilir. Sistemde yapılacak entegrasyon ve revizyon çalışmaları bu kısımda değerlendirilir ve yapılacak olan entegrasyona sistem hayat döngüsü V modelinin a, b, c, d maddelerindeki adımları tekrar uygulanır. Entegrasyon sürecinde eski sistemin yazılım ve donanım özelliklerinin tespit edilebilmesi için tersine mühendislik çalışmaları yürütülebilir.

f) Sistemin tasviyesi;

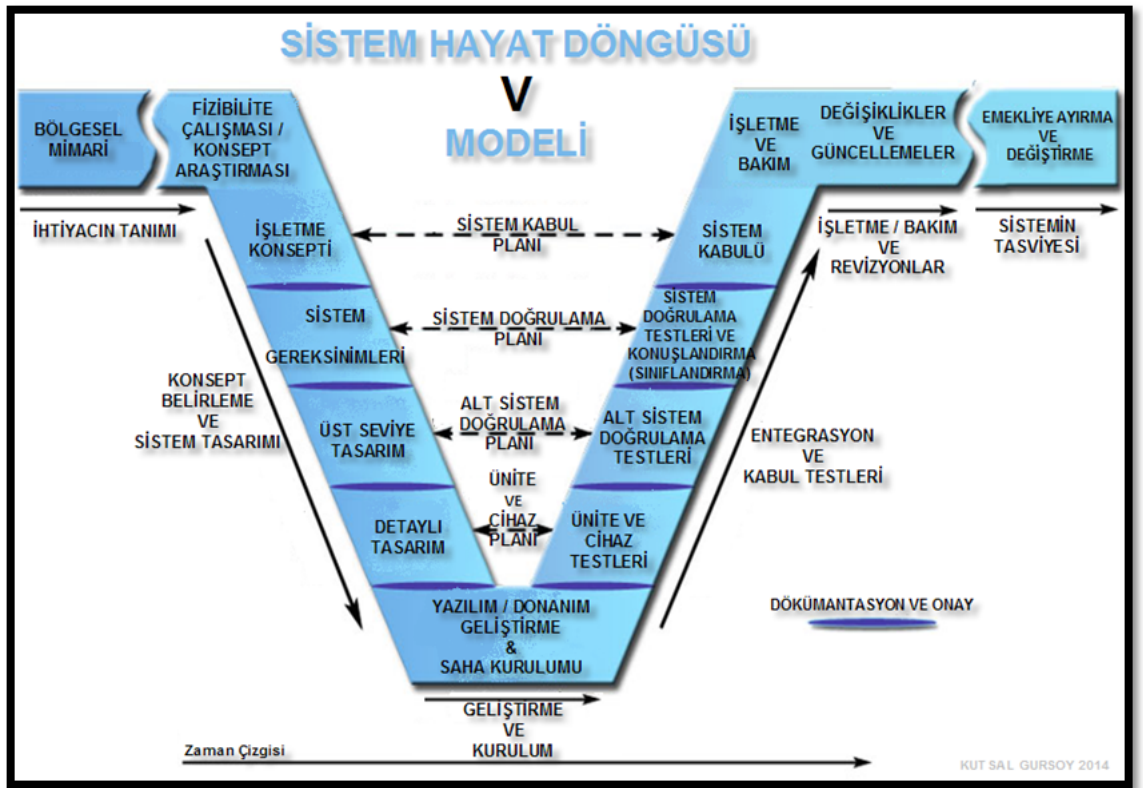
Bir sistem tasarlanır, üretilir, kullanılır ve emekli olur. Gelişen teknoloji ve değişen ihtiyaçlar bunu gerektirir. Mevcut sistemin işleyişi, sistemin etkinliğini belirlemek için periyodik olarak değerlendirilir ve bir değer biçilir. Eğer mevcut sistemin işletilmesi ve sürdürülmesi yeni bir sistem geliştirme maliyetini aşıyor ise mevcut sistem değiştirilmeye adaydır. Bir “sistemi devreden çıkarma” planı üretilir ve bu plan kapsamında sistem emekli edilir. Sistemin tasviye planı, tüm yazılım ve donanımın tam envanterini, son sistem ve dokümantasyon yapılandırılmalarını ve sistemin nihai operasyonel durumunu gösterecek nitelikte bilgileri içermelidir.

Özellikle merkezi entegrasyon süreçlerinde yaşanabilecek olumsuz durumlara karşı eski sistemin yeniden kullanılabilir durumda olması önemlidir.

Sistem hayat döngüsünde her aşamada devrede olan bir “dokümantasyon ve onay” birimi sürekli faal durumda olmalı ve her aşamada oluşan dokümanlar belirli bir hiyerarşik düzene göre arşivlenmelidir. Arşive girecek her doküman hukuki taraflarca onaylanmalı, arşivde onaysız doküman olmamalıdır.

Şekil 3.5’de Sistem Hayat Döngüsü V Modeli görülebilir.

Şekil 3.5: Sistem hayat döngüsü V modeli



Kaynak: <http://www.pcb.its.dot.gov/StandardsTraining/mod04/ppt/m04ppt.htm>, Erişim: Eylül 2014

4. İSTANBUL METROSU M2 HATTINDA YAPILAN SCADA ENTEGRASYON ÇALIŞMALARI

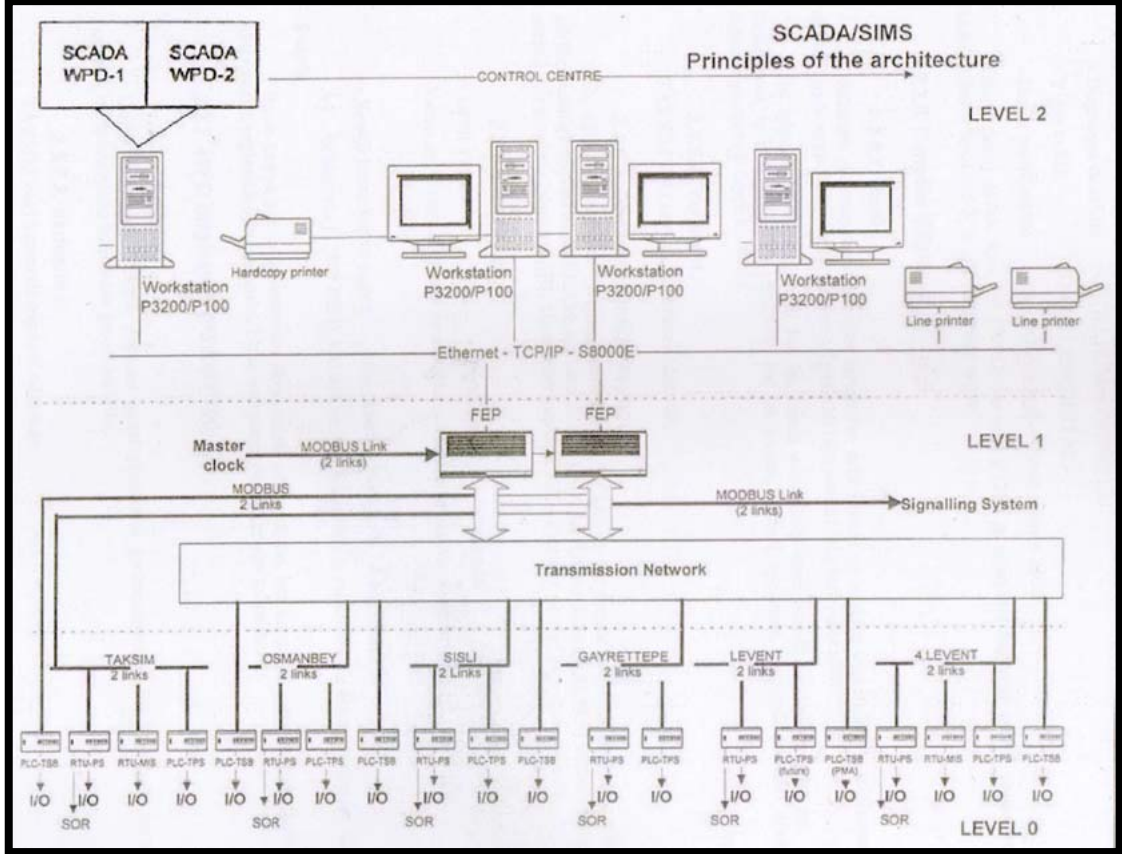
Bir metro hattı üzerinde ortaya çıkacak olan parçalı otomasyon yapısı bazı sıkıntılara sebebiyet verecektir. İlk yapılan hatta kullanılan otomasyon teknolojisi ile en son yapılan hat arasındaki otomasyon teknolojisi ister istemez değişecektir. Bu durum da merkezden kontrolü oldukça zorlaştıracak ve SCADA sistemlerinin varlık nedeni olan “merkezi kontrol” kavramını zayıflatmaktadır. Merkezden kontrol edilemeyen bir SCADA ve ECS sistemi, zaman içerisinde çözüm yerine sorun üretecektir.

4.1 MEVCUT DURUMUN TESPİTİ

İstanbul metrosu M2 hattı faz 1, faz 2 ve faz 3 olmak üzere üç bölüm halinde inşa edilmiş ve kısım kısım devreye alınmıştır. Faz 1 ismi verilen birinci kısım olan Taksim, Osmanbey, Şişli, Gayrettepe, Levent, 4.Levent istasyonları 16 Eylül 2000 tarihinde hizmete açılmıştır. Yüklenici olan Alstom firması tarafından ana kumanda merkezi(CCR) iş istasyonu bilgisayarlarında kendi yazılım firması olan Cegelec’e yazdırdığı Alspa P3200 isimli SCADA yazılımını, istasyon işletme odalarındaki(SOR) iş istasyonu bilgisayarlarında Alspa P1200 SCADA yazılımını kullanılmıştır. Alstom SCADA ve ECS sisteminde GE Fanuc 90-30 ve Alspa C80-35 PLC ve RTU’lar kullanılmıştır. SCADA sisteminin izlendiği ve kontrol edildiği bilgisayarın adı SİMS, ECS sistemini izlendiği ve kontrol edildiği bilgisayarın adı VİMS’dir. Ayrıca Alstom firmasının tasarladığı ECS sistemi çapraz sıcak yedeklilik esasına göre yapılmıştır. Yani istasyonların kuzey ve güneylerinde bulunan RTU’lar, master(asil) ve slave(yedek) şeklinde birbirinin yedeği şeklinde oluşturulmuştur. Bütün bilgisayarlar ve PLC’ler arası haberleşme ise Modbus protokolüne göre yapılyordu. İstasyonlardan ana kumanda merkezine de veriler SDH adı verilen transmisyon sistemi alt yapısı ile sağlanmaktadır. Bu sistem iki uzak noktada bulunan SDH dediğimiz ekipmanların arasına fiberoptik kablo kullanılarak iki uç noktanın haberleşmesi sağlanmaktadır. Bu sistem ile uzak noktalara Modbus protokolü taşınabilmektedir. Modbus protokolünden gelen veriler, FEP Bilgisayarı adı verilen uç istasyon bilgisayarları ile CCR’daki ana kontrol bilgisayarına aktarılyordu.

Şekil 4.1’de Faz 1 de eskiden kurulu olan Alstom SCADA sistemine ait prensip şeması görülmektedir.

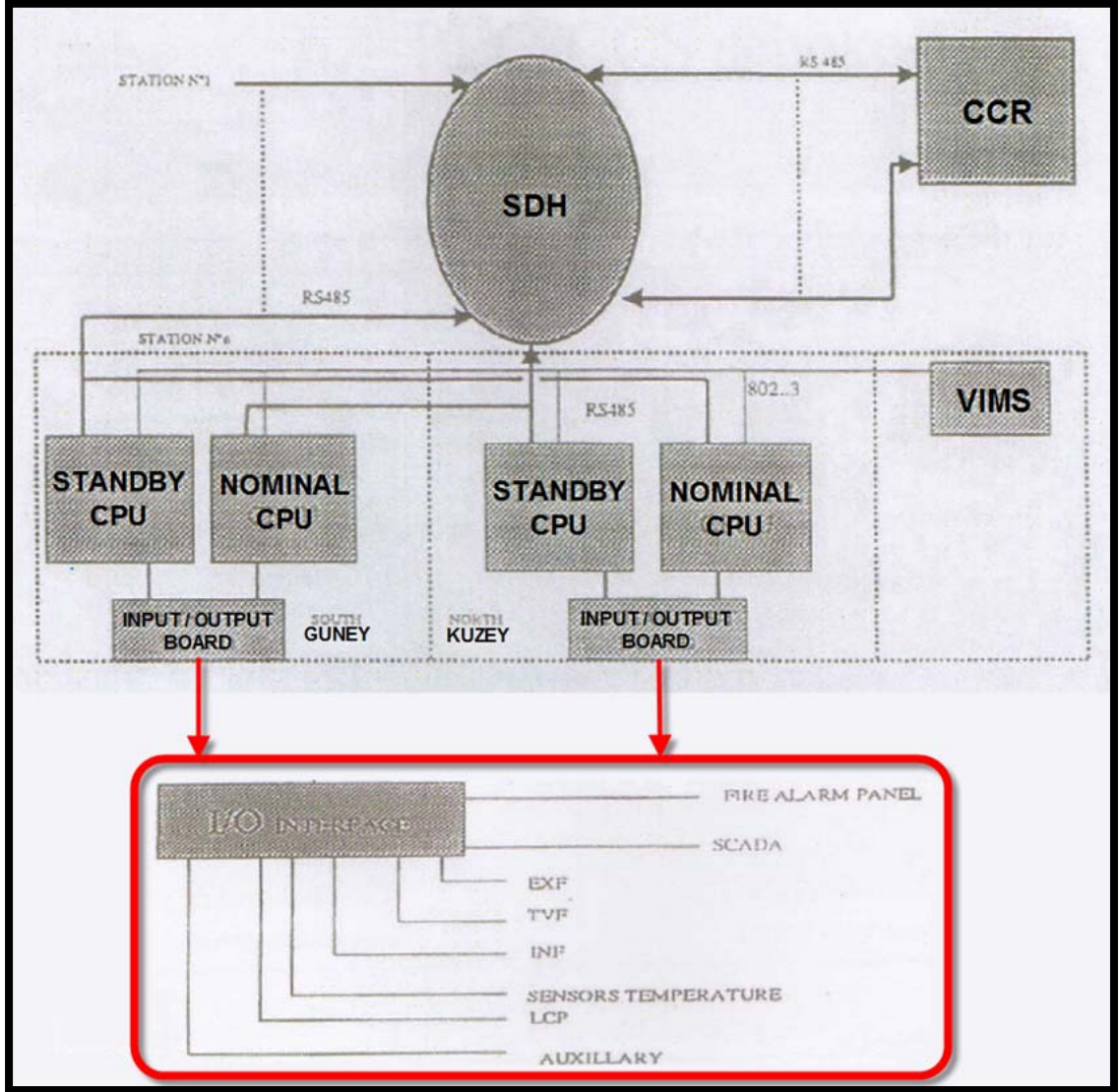
Şekil 4.1: Faz 1 eski (Alstom) SCADA sistemi prensip şeması



Kaynak: Albayrak, K. (2007) s. 58.

Şekil 4.1’de de görüldüğü üzere her istasyonda bir adet TSB PLC, bir adet TPS PLC, kuzey ve güneyde birer tane olmak üzere RTU PLC bulunmaktadır. Bazı istasyonlarda ise ara enerji manevraları için TCC PLC’leri de bulunmaktadır. TSB PLC’ler Tüneldeki DC enerji manevralarını gerçekleştirmek için kullanılmaktadır. TPS PLC’ler ise Redresör ve Trafo merkezlerinde konumlandırılmış olup enerji beslemelerini izleme ve kontrol işlevini yerine getirir. RTU PLC’ler ise Yürüyen Merdivenler, Yürüyen Bantlar, Asansörler, Drenaj Pompaları gibi ekipmanların izlenmesini ve kontrolünü sağlar.

Şekil 4.2: Faz 1 eski (Alstom) ECS sistemi prensip şeması



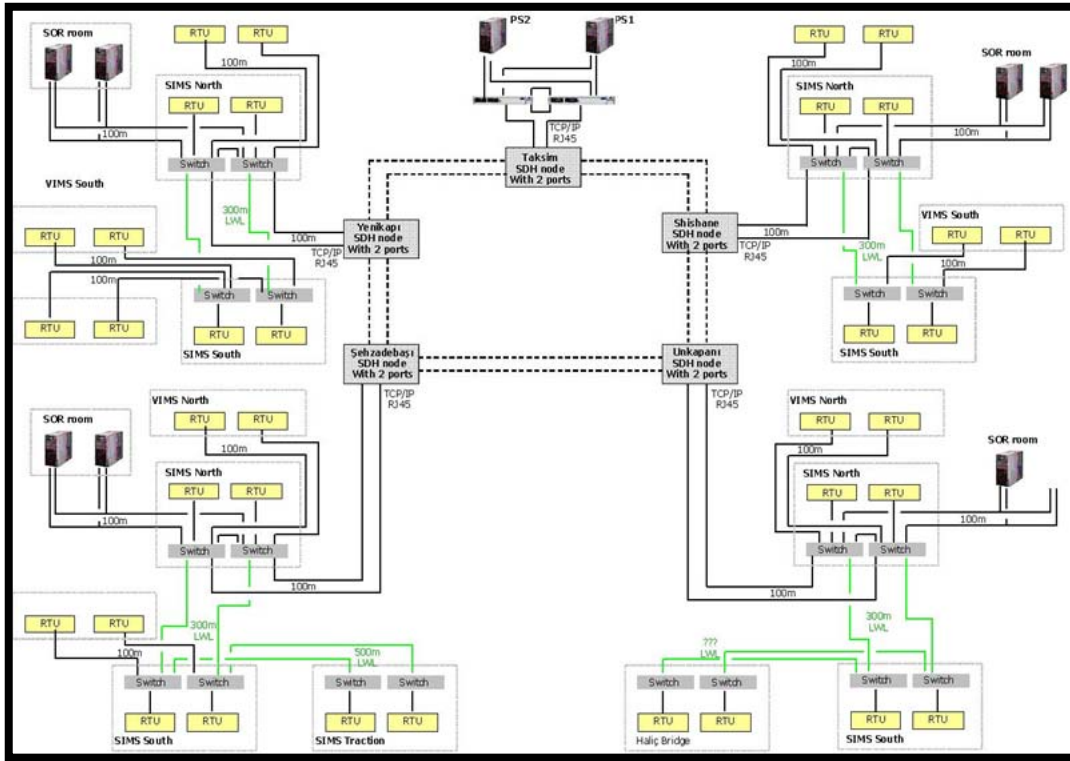
Kaynak: Albayrak, K. (2007) s. 11.

Şekil 4.2’de Faz 1’deki kurulu olan eski ECS sisteminin prensip şeması görülmektedir. ECS sistemi de aynı SCADA sistemi gibi MODBUS haberleşme protokolünü kullanmaktadır. ECS sistemi ile genel olarak tünel ve istasyon havalandırmalarının tümü kontrol edilmektedir. Ayrıca yangın algılama sisteminden gelen komutlara göre yangın senaryosunu uygulamaktadır.

Faz 1’de bulunan SCADA ve ECS sistemlerinin özel fonksiyonları CCR bilgisayarlarında Alstom firmasının kendi yazılımcıları tarafından yazılan script’ler ile sağlanmaktaydı.

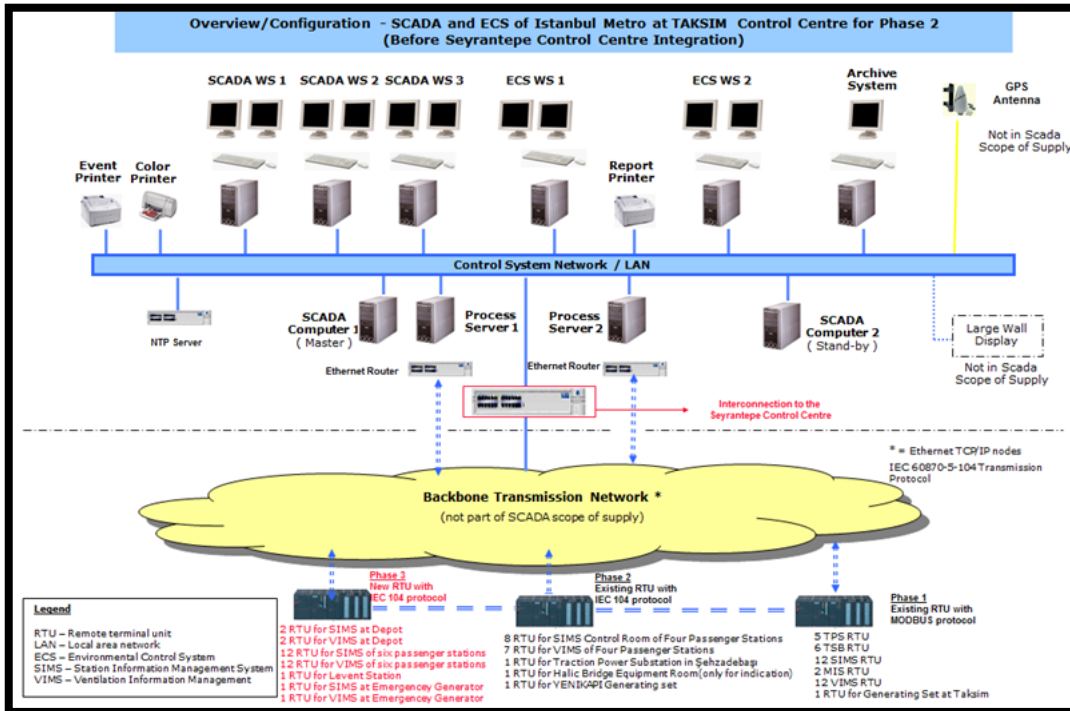
Faz 2 ismi verilen ve ikinci kısım olan Taksim – Yenikapı arası olan güzergahın Taksim-Şişhane arası olan bölümü ile Faz 3 ismi verilen ve üçüncü kısım olan 4.Levent - Haciosman arası güzergahın 4.Levent – Atatürk Oto Sanayi arası olan bölümü 31 Ocak 2009 tarihinde işletmeye açılmıştır. faz 3'e ait olan Darüşşafaka istasyonu 02 Eylül 2010 tarihinde, Seyrantepe istasyonu 11 Kasım 2010 tarihinde, 09 Temmuz 2011 tarihinde Haciosman istasyonu işletmeye açılarak Faz 3 tamamen işletmeye açılmıştır. Faz 2'ye ait olan Haliç, Vezneciler ve Yenikapı istasyonları da tamamlanarak 15 şubat 2014 tarihinde işletmeye açılarak bu kısmın tamamı işletmeye açılmış oldu. Faz 2 ve Faz 3 inşaatlarını Alarko / Makyol konsorsiyumu yapmış ve burada SCADA ve ECS sistemlerinde Siemens firmasının çözümlerini kullanmıştır. Siemens firması PLC ve RTU S7-300 ve S7-400 serisi ürünlerini kullanmıştır. Bu iki PLC'de IEC 104'ü desteklemekte ve Profinet alt yapısına uyumludurlar. DC panolar ile haberleşmek için ise yine Siemens firmasına ait olan DP/DP Coupler modülleri kullanılmıştır. Bu modüller Profibus alt yapısını kullanmaktadır. PLC'ler arası ve SDH vasıtası ile diğer kontrol bilgisayarları arası haberleşme için ise Scalance X204-2 ve Scalance X206-1 serisi endüstriyel Ethernet switch'ler kullanılmıştır. Bu cihazlar IEC 104'ü destekleyen Profinet protokolünü kullanmaktadır. Her iki cihaz da çapraz yedekliliği desteklemekte ve ayrı ayrı konfigüre edilebilmektedir. SCADA kontrol yazılımı olarak Siemens firmasının üretmiş olduğu VİCOS RSC adlı ticari SCADA yazılımı kullanılmış, faz 2 ve faz 3'teki SCADA sistemlerine uyarlanmış ve çalışır hale getirilmiştir.

Şekil 4.3: Faz 2 SCADA/ECS sistem mimarisi



Kaynak: SIEMENS, 2008, *Istanbul Metro Phase 2, Conceptual Configuration of new system*

Şekil 4.4: Faz 1, Faz 2, Faz 3 SCADA/ECS sistem genel prensip şeması



Kaynak: SIEMENS, 2008, *Istanbul Metro Phase 2, Conceptual Configuration of new system*

Şekil 4.3'te Faz 2'nin, Şekil 4.4'te ise Faz 1, Faz 2 ve Faz 3'ün genel prensip şeması gözükmektedir. Şekillerden de anlaşılacağı üzere Faz 1 ile Faz 2 ve Faz 3 arasında bariz sistem farklılıkları vardır. Faz 2 ve Faz 3'te haberleşme protokolü olarak IEC 104 kullanılmakta ve endüstriyel Ethernet olan ProfiNET arabirimi kullanılmaktadır. Bu sistem esneklik yönünden Modbus'a göre daha avantajlı durumdadır. Birbirinden bağımsız birden çok otomasyon sistemi IEC 104'ü haberleşme protokolü olarak seçtiği için ileriye dönük revizyonlarda kolaylık sağlayacaktır.

4.2 ENTEGRASYON İÇİN YAPILAN ÖN HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

Şekil 4.3'te faz 2'nin, şekil 4.4'te ise faz 1, faz 2 ve faz 3'ün genel prensip şeması gözükmektedir. Şekillerden de anlaşılacağı üzere faz 1 ile faz 2 ve faz 3 arasında bariz sistem farklılıkları vardır. faz 2 ve faz 3'te haberleşme protokolü olarak IEC 104 protokolü kullanılmakta ve Ethernet arabiriminin gelişmiş hali olan Profinet kullanılmaktadır. Bu sistem esneklik yönünden Modbus'a göre daha avantajlı durumdadır. Birbirinden bağımsız birden çok otomasyon sistemi IEC 104'ü haberleşme protokolü olarak seçtiği için ileriye dönük revizyonlarda kolaylık sağlayacaktır. Mevcut kurulu Ethernet altyapısı ile herhangi bir Ethernet switch aracılığıyla sahadaki tüm ekipmanlara bağlanılabilir.

Taksim- 4 Levent arasında eski Alstom sisteminde, istasyonlarda toplam 57 adet PLC ve RTU bulunmaktadır. İstasyonlarda SCADA sistemi olarak Alstom Alspa P1200 SCADA yazılımı kullanılmaktadır. 1.fazda kullanılan Alstom GE Fanuc 90-30 ve Alspa C80-35 PLC'ler ile kontrol merkezi seviyesindeki (CCR) Alstom Alspa P3200 SCADA yazılımı arasında modbus haberleşme protokolü kullanılması düşünülmektedir. Halihazır işletilmekte olan SCADA/ECS sisteminde; kontrol merkezinde(CCR) Alstom SCADA sisteminin yerine Vicos RSC SCADA sistemi kurulmuş olup istasyonlar seviyesinde Alstom SCADA'sı kullanılmaya devam edilmesine karar verilmiştir.

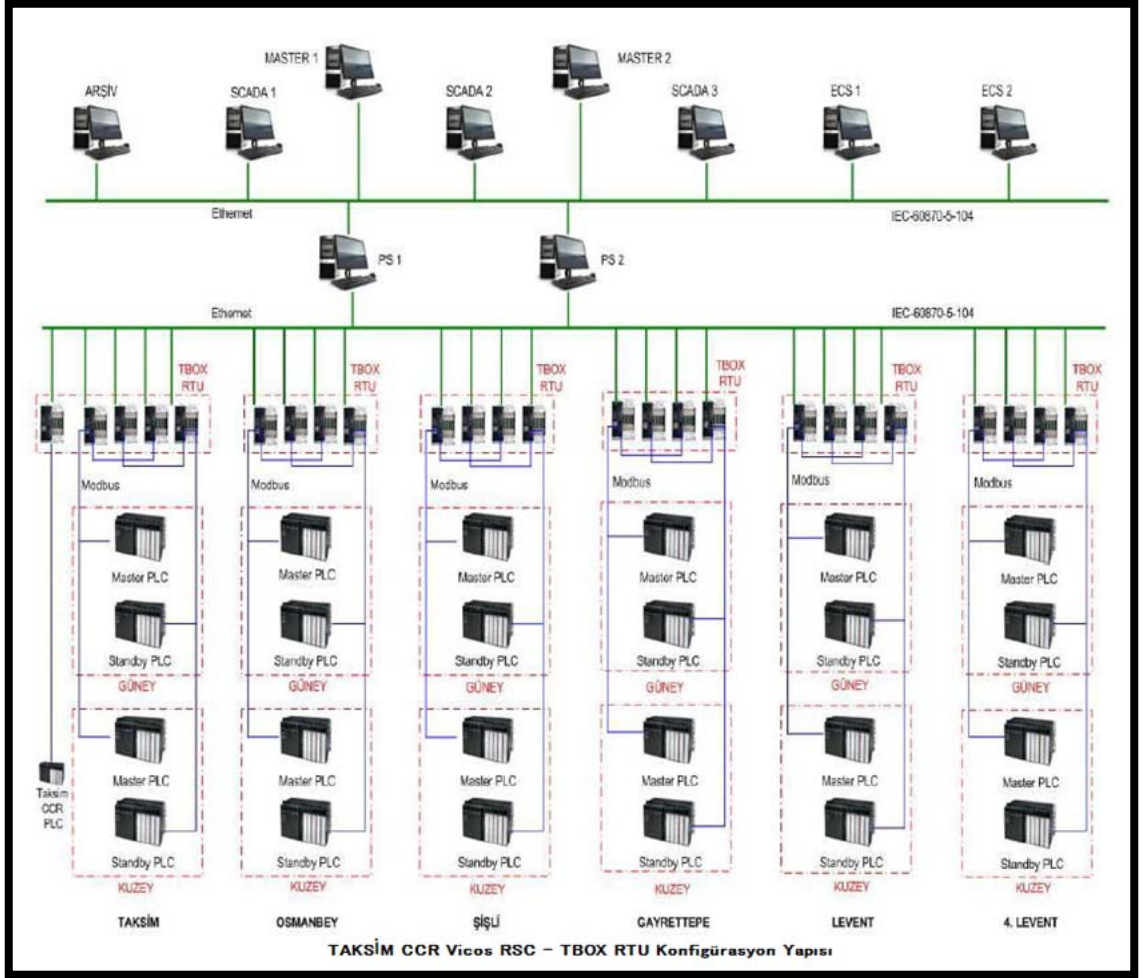
SCADA sistemi yazılımı Vicos RSC ile Alstom SCADA PLC ve RTU'leri arasında Ipcomm adlı protokol çevirici cihazlar kullanılarak istasyonlarda bulunan Alstom SCADA PLC'lerinde herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Kontrol merkezinde(CCR) Vicos RSC SCADA sistemi kurulmuştur.

Vicos RSC SCADA sistemi IEC 104 haberleşme protokolünü desteklediği için protokol çevirici olarak Vicos RSC ile Alstom PLC'ler arasında Tbox RTU'lar kullanılmıştır. Tbox RTU'lar, Ipcomm cihazlarının yapamadığı script çalıştırma gibi bazı yazılım işlerini de yapmaktadır;

- a) Yangın Senaryoları,
- b) Sıkışık Mod Senaryoları,
- c) Yetkilendirme v.s.

Alstom sistemindeki yedekliliği devam ettirmek üzere her Alstom ECS RTU ve PLC'ye karşılık 1 adet Tbox RTU konulması planlanmıştır. Alstom PLC'lerden modbus haberleşmesi ile alınan giriş sinyalleri, Tbox RTU'larda IEC 104 haberleşme protokolüne dönüştürülerek Vicos RSC SCADA yazılımı ile aynı dili konuşması sağlanması amaçlanmaktadır. Aynı şekilde çıkış sinyalleri de Vicos RSC SCADA yazılımı üzerinden IEC 104 haberleşme protokolü ile Tbox RTU'lara iletilir. Tbox RTU'lar da modbus haberleşme protokolüne dönüştürülerek Alstom PLC'lere aktarılır. Şekil 4.5'te mevcut Vicos RSC – Tbox RTU konfigürasyon yapısı verilmiştir.

Şekil 4.5: TAKSİM CCR Vicos RSC – TBOX RTU konfigürasyon yapısı

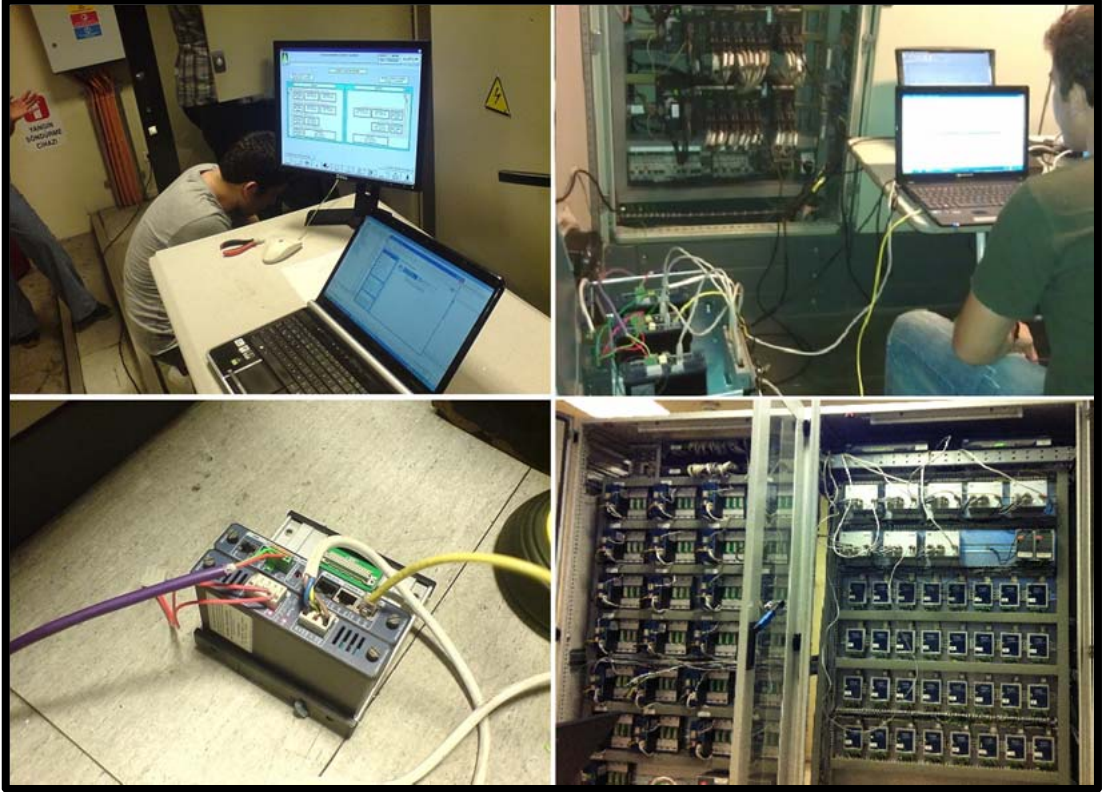


Kaynak: SIEMENS, 2014, VICOS RSC SCADA/ECS Sisteminin Mevcut ECS Sistemine Entegrasyonu

4.3 ENTEGRASYONUN UYGULANIŞI VE KULLANILAN EKİPMANLAR

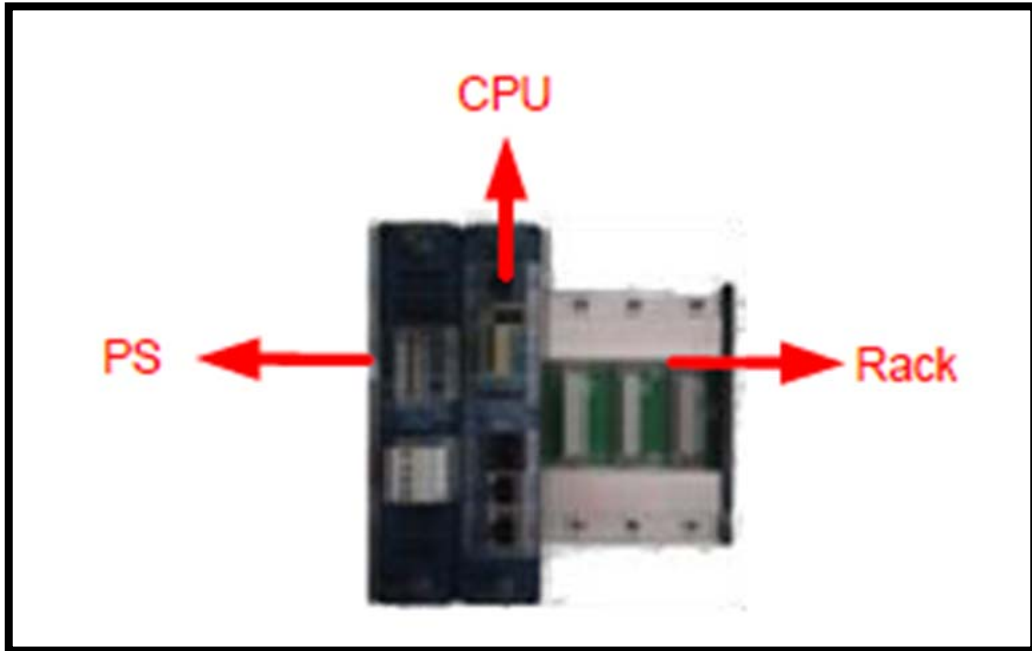
Şekil 4.6'da görüleceği üzere Taksim – 4.Levent arası ECS entegrasyonunda kullanılan 25 Tbox RTU için, Taksim CER odasına yeni bir pano konulmuş ve Tbox RTU'lar bu panoya yerleştirilmiştir.

Şekil 4.6: SCADA ve ECS sistemleri merkezi entegrasyon çalışmaları



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş, 2014, İstanbul Ulaşım A.Ş M2 Elektronik Tesisler Şefliği 2013 Faaliyet Raporu.

Şekil 4.7: Tbox RTU



Kaynak: SİEMENS, 2014, VICOS RSC SCADA/ECS

Pano içerisine konulan her bir Tbox RTU modülü;

- a) 1 adet beşli Rack,
- b) 1 adet 24V DC Güç Kaynağı (PS)
- c) 1 adet CPU (MS CPU32)

cihazlarından oluşmaktadır.

Tbox RTU üzerinde bulunan CPU modülü;

- a) 2 adet ethernet,
- b) 1 adet RS-485,
- c) 1 adet RS-232

portuna sahiptir.

Şekil 4.6'da sol alt kısımdaki resimde uygulaması görüldüğü gibi bu sistemde, 2 adet ethernet portu ve RS-485 portu kullanılmaktadır.

Alstom sisteminde her bir istasyondan (Alstom PLC lerden) Taksim CER deki FEP panelinde bulunan klemens grubuna master ve standby olmak üzere 2 RS-485 hattı gelmekteydi. (2 adet 4 telli RS-485 kablosu). Bu klemens grubundan 9 pin konnektörler yardımıyla veriler FEP bilgisayarına aktarılmaktaydı.

Mevcut Vicos RSC Sisteminde ise FEP bilgisayarına bağlantı sağlayan 9 pin konnektörler klemens grubundan sökülmüş ve Alstom SCADA yazılımı devreden çıkarılmıştır.

Tbox RTU'ların RS-485 portu 2 telli haberleşmeyi desteklediği için klemens grubundaki 4 telli RS-485 kabloları (2 mavi-2 beyaz damarları) mavi ile mavi, beyaz ile beyaz kablo damarları köprü yapılarak 2 telli yapıya dönüştürülmüştür.

FEP panosundaki klemens grubundan Tbox Panosuna yeni 2 telli modbus kabloları çekilmiş ve Tbox RTU ların RS-485 portları üzerinden modbus haberleşmesi sağlanmıştır. Böylece Alstom PLC lerden alınan veriler modbus haberleşmesi ile Tbox RTU lara iletilmiştir.

Her istasyon için 4 adet Tbox RTU kullanılmıştır. Örneğin; Şişli istasyonu için Tbox RTU isimleri şöyledir; “Şişli Kuzey Master “, “Şişli Kuzey Standby”, “Şişli Güney Master”, “Şişli Güney Standby”.

Kuzey ve güney master Tboxlar için;

FEP panosundan gelen master hat kuzey master Tbox’ ın RS-485 portuna bağlanmıştır. Böylece kuzey ve güney master Alstom PLC lere ait veriler kuzey master Tbox’a iletilmektedir.

Güney master Alstom PLC ye ait veriler kuzey master Tbox’ ın 2. Ethernet portu üzerinden routing yöntemiyle güney master Tbox’ ın 2. Ethernet portuna iletilmektedir.

Kuzey ve güney master Tbox ların 1. Ethernet portları Master Korenix Switch’ e bağlanmıştır. Master Korenix switch ile master Cisco switch arasındaki ethernet bağlantısı ile master Tboxlara ait veriler Vicos RSC SCADA sına aktarılmaktadır.

Kuzey ve güney standby Tbox lar için de benzer bağlantılar söz konusudur;

FEP panosundan gelen standby hat kuzey standby Tbox’ ın RS-485 portuna bağlanmıştır.

Böylece kuzey ve güney standby Alstom PLC lere ait veriler kuzey standby Tbox’a iletilmektedir.

Güney standby Alstom PLC ye ait veriler kuzey standby Tbox’ ın 2. Ethernet portu üzerinden routing yöntemiyle güney standby Tbox’ ın 2. Ethernet portuna iletilmektedir.

Kuzey ve güney standby Tbox ların 1. Ethernet portları standby Korenix Switch’ e bağlanmıştır. Standby Korenix switch ile standby Cisco switch arasındaki ethernet bağlantısı ile standby Tbox’lara ait veriler Vicos RSC SCADA’sına aktarılmaktadır.

5. İSTANBUL METROSU M2 HATTI SCADA ENTEGRASYONUNDA YAŞANAN PROBLEMLER VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

5.1 ENTEGRASYON SÜRECİNDE ORTAYA ÇIKAN PROBLEMLER

Faz 1’de bulunan SCADA ve ECS sistemlerinin özel fonksiyonları CCR bilgisayarlarında kendi yazılımcıları tarafından script’ler ile sağlanmaktaydı. Entegrasyonu yapacak olan Siemens firması bu konulara vakıf olmadığından entegrasyon işini sadece alt tarafta bulunan sistem PLC ve RTU’larına uygulayarak çözüleceğini düşündüler. Bu sebepten dolayı sadece PLC’lere Modbus – IEC 104 protokol çevirici takarak bu işi çözmeye çalıştılar. Siemens’in projesine göre her sisteme birer İPCOMM adı verilen protokol çevirici cihaz takarak sistemler birbirleri ile konuşabilecekti. Ancak sistem mimarisini iyi incelemedikleri için istasyonlar ve ana kumanda merkezi arasındaki her sisteme birer adet modbus kablosu geldiğini düşündüler. Bu düşünce ile SCADA için 1 adet, ECS için 2 adet, TCC ve TPS sistemleri için 1 adet protokol çevirici olmak üzere toplam 4 adet Modbus – IEC 104 protokol çevirici ile bir tasarım yaptılar. Malzemelerini alıp sahaya indiklerinde montaj aşamasında her sistemin birbirinden bağımsız Modbus kablosu ile geldiğini, hatta istasyonların güney ve kuzey PLC’lerinin bile farklı Modbus kablosu ile geldiklerini görünce protokol çevirici cihaz sayısını 4’ten 57’ye çıkarmak zorunda kaldılar.

Ayrıca istasyonlardan gelen Modbus sinyalleri RS485 çeviriciler ile ana kumanda merkezine geliyordu. Oysa ki kullanmak istedikleri Ipcomm isimli cihaz RS232 girişli idi. Bu sorunu da çözmek için RS485’i RS232’ye çeviren Korenix marka konvertörler kullandılar. Buna göre yeni SCADA arayüzü olan Vicos RSC’nin arayüz sayfasını yaptılar. Buna göre sistem ekipman testlerini yapmaya başladılar. Bütün ekipmanlar ile haberleşme sağlandıktan sonra tüm istasyonların aynı anda dahil olacağı bir yangın senaryosu denendi. Ancak yangın senaryosu başlatılmak istendiğinde hiçbir ekipmanın çalışmadığı görüldü. Sorunun kaynağını araştırınca, tüm yangın kaçış ve trenin tünelde kalması gibi senaryoların, ana kumanda odasından sökülen Alstom SCADA ve ECS iş istasyonu bilgisayarlarında kayıtlı olan P1200 ve P3200 yazılımlarının scriptleri kullanılarak yapıldığı anlaşıldı. Yangın senaryolarını başlatmak için P1200 ve P3200

yazılımı onluk tabanda sayılar gönderiyordu. Örneğin 38 numaralı senaryo bu yazılım vasıtası ile tüm PLC'lere gönderildiğinde Şişli istasyonundaki yangın senaryosu başlıyordu ve 38 numaralı senaryoya göre Osmanbey ve Gayrettepe istasyonlarında bulunan PLC'ler içinde yüklü olan yangın senaryosunu devreye alıyordu. Ancak Vicos RSC SCADA yazılımı onluk tabanda sayı gönderemediği için sisteme takılan protokol çeviriciler de çaresiz kalıyordu. Bunu düzeltmek için Ipcomm yerine içerisinde script çalıştırabilen protokol çevirici başka bir cihaz olan Tbox'ı kullanmaya başladılar. Ancak Tbox cihazı da hep protokol çevirip hem de script çalıştırınca işlemesi gereken komut sayısı arttı. Bu da cihazın stabil çalışmasını engellemeye başladı. Sonrasında çıkan problemler maddeler halinde aşağıda belirtilmiştir.

a) Tbox RTU'larda yangın senaryoları için yazılımlar yapılmıştı. Vicos RSC'den gelen "Senaryo başlat yada durdur" komutlarına göre Tbox RTU da ilgili bitler tetiklenerek, 5,171,43 gibi ondalık tabandaki rakamların Alstom PLC'lere yazdırılması gerekiyordu. Alstom PLC'de bu rakamlara göre ilgili senaryoyu başlatacak yada durduracaktı. Alstom PLC'lere yazdırılmak istenen bu rakamlar, script'lerdeki birtakım hatalar nedeniyle yazdırılamıyordu,

b) Mevcut ECS sisteminde her bir istasyonda master ve standby olmak üzere 2 RS-485 hattı olmasına rağmen her istasyon için 4 adet Tbox RTU kullanıldığından, Tbox RTU'larda yönlendirme (routing) özelliği kullanıldığı için yedeklilik ortadan kalkıyordu,

c) Tren tünelde belli bir süre kaldığında sıkışık mod senaryoları aktif olmaktadır. Sıkışık mod senaryoları ile TVF fanları emme yada basma şeklinde çalışarak tüneli havalandırmaktadır. Sıkışık mod sinyali Vicos RSC ye geldiğinde sıkışık mod başlat komutu ile Tbox RTU lar ilgili senaryoyu başlatamıyordu,

d) Faz 1 ECS sisteminde yetki CCR (ana kumanda merkezi) da yada SOR (İstasyon kumanda merkezi) da olabilmektedir. Fanları, damperleri çalıştırmak, senaryoları başlatmak için yetkinin alınması gerekmektedir. Vicos RSC den SOR yada CCR butonlarına basılarak yetkinin ilgili birime (CCR yada SOR) aktarılması sağlanır. Yetki bitinin Alstom PLC lere ulaşması için Tbox'larda yazılım yapılmıştı. Ancak testler sonrasında zaman zaman yetki alamama, yetkinin askıda kalması (ne CCR'da ne de SOR'da) gibi problemler ortaya çıkmıştır,

e) İşletme saatlerinde gündüz modu, işletme bitiminde gece modu aktif olmaktadır. Bu kontrol Vicos RSC SCADA ekranından gece/gündüz butonlarına basılarak aktif olmaktadır. Gece/gündüz biti'nin Alstom PLC'lere ulaşması için Tbox'larda yazılım yapılmıştı. Ancak testler sonrasında gece moduna alamama, gece/gündüz modunun askıda kalması (ne Gece ne de Gündüz) gibi problemler ortaya çıkmıştır,

f) Alstom PLC lerde veya Tbox RTU larda bir arıza durumunda yada haberleşmede bir problem yaşandığında master Tbox RTU'ların standby Tbox RTU'lara anahtarlanması (switching) gerekiyordu. Ancak yapılan testlerde düzgün çalışmadığı görüldü,

g) Bazı fanlara belirli sıcaklık set değerleri ayarlanarak, ortam sıcaklığının set edilen değeri aştığı durumda fanların otomatik olarak çalışması için Tboxlarda yazılım yapılmıştı. Ancak testler sonrasında zaman zaman bazı komutların işlemediği gibi problemlerle karşılaşmıştır.

h) Bazı istasyonlarda (Levent, 4.Levent v.s gibi) Alstom PLC'lerde Modbus arızası bulunmaktadır.

5.2 ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Tbox RTU'larda yangın senaryoları için yeni yazılımların yapılması istenmiş ve yüklenici firmaya bu yazılımlar yaptırılmıştır. Vicos RSC den gelen "Senaryo başlat yada durdur" komutlarına göre Tbox RTU da ilgili bitler tetiklenerek, 8-128-1 gibi ondalık sistemdeki rakamlar Alstom PLC'lere yazdırılması sağlanmıştır. Yangın senaryolarında Tbox RTU'lardan sadece ilgili rakamlar Alstom PLC'lere yazdırılmaktadır. Senaryoların çalışmasını tamamen Alstom PLC'ler üstlenmektedir. Yangın senaryosu testleri yapılmış olup, Alstom PLC'lere ilgili rakamların yazıldığı görülmüştür. Tbox RTU'larda yapılan yazılımlarda bir problem bulunmamaktadır.

Mevcut sistemde her bir istasyonda master ve standby olmak üzere 2 RS-485 hattı olmasına rağmen her istasyon için 4 adet Tbox RTU kullanıldığından, Tbox RTU larda routing özelliği kullanılmıştır.

Routing(yönlendirme) yöntemiyle;

Kuzey master(birincil) CPU'nun RS-485 portu 2. Ethernet portuna route (yönlendirilmiştir) edilmiştir.

Master(ana) hattın (2 telli RS285 kablosu) Kuzey master Tbox' a kuzey ve güney master Alstom PLC'lere ait bilgiler gelmektedir. Güney master Alstom PLC'ye ait bilgiler ise Kuzey master Tbox' ın 2. Ethernet portu üzerinden Güney master Tbox'ın 2. Ethernet portuna gelmektedir.

Standby hatta da benzer şekilde;

Kuzey standby CPU'nun RS-485 portu 2. Ethernet portuna route edilmiştir.

Standby hattın (2 telli RS285 kablosu) Kuzey standby Tbox' a kuzey ve güney standby Alstom PLC'lere ait bilgiler gelmektedir. Güney standby Alstom PLC'ye ait bilgiler ise Kuzey standby Tbox' ın 2. Ethernet portu üzerinden Güney standby Tbox'ın 2. Ethernet portuna gelmektedir.

Yapılan dahili testlerde bir problem gözlenmemiştir. Yeni Tbox konseptinde ayrı ayrı 4 RS-485 hattı (Her Tbox için ayrı hat) olacağından bu işleme gerek kalmayacaktır.

Yapılan script güncellemeleri ile Tren tünelde belli bir süre kaldığında sıkışık mod senaryoları aktif olması sağlanmıştır. Sıkışık mod senaryoları ile TVF fanları emme yada basma şeklinde çalışarak tüneli havalandırmaktadır. Sıkışık mod sinyali Vicos RSC ye geldiğinde sıkışık mod başlat komutu ile Tbox RTU'lar ilgili senaryoyu başlatmaktadır.

Sıkışık mod senaryolarının dahili testleri yapılmış olup, bir problem gözlenmemiştir.

Yetkilendirme dahili testleri yapılmış olup, bir problem gözlenmemiştir. Ancak testler sonrasında zaman zaman yetki alamama, yetkinin askıda kalması (ne CCR da ne de SOR da) gibi problemler ortaya çıkmıştır. Bu problemler her istasyon için 4 Tbox RTU kullanılmasına rağmen sadece 2 RS-485 hattı olmasından dolayı oluşan dar boğazdan kaynaklandığı düşünülmektedir. Yeni konsept çalışmalarıyla 4 ayrı RS-485 hattı olacağı öngörüldüğünden bu dar boğaz ortadan kalkacak ve zaman zaman karşılaşılan problemler de giderilecektir.

Gece/Gündüz moduna alamama, gece/gündüz modunun askıda kalması (ne Gece ne de Gündüz) gibi problemlerin çözümü için gerekli script güncellemelerinin yapılması istenmiş ve testleri yapılmıştır. Yapılan testlerde bir soruna rastlanmasa da testlerden

sonra bazen sorunun tekrar ettiği gözlemlenmiştir. Bu problemler her istasyon için 4 Tbox RTU kullanılmasına rağmen sadece 2 RS-485 hattı olmasından dolayı oluşan dar boğazdan kaynaklandığı düşünülmektedir. Yeni konsept çalışmalarıyla 4 ayrı RS-485 hattı olacağı öngörüldüğünden bu dar boğaz ortadan kalkacak ve zaman zaman karşılaşılan problemler de giderilecektir.

Alstom PLC'lerde veya Tbox RTU'larda bir arıza durumunda yada haberleşmede bir problem yaşandığında master Tbox RTU'ların standby Tbox RTU'lara switchlemesi sağlanmıştır. Bu işlem için Tbox'larda yazılım yapılmıştır. Alstom PLC ler ise herhangi bir arıza oluştuğunda kendiliğinden switchlemektedir. Dahili (internal) testleri yapılmış olup, bir problem gözlenmemiştir.

Bazı fanlara belirli sıcaklık set değerleri ayarlanarak, ortam sıcaklığının set edilen değeri aştığı durumda fanların otomatik olarak çalışması için Tbox'larda yazılım yeniden gözden geçirilmiş ve gerekli düzeltmeler yapılmıştır.

Testleri yapılmış olup, bir problem gözlenmemiştir. Ancak testler sonrasında zaman zaman bazı komutların işlemediği gibi problemlerle karşılaşmıştır. Bu problemler her istasyon için 4 Tbox RTU kullanılmasına rağmen sadece 2 RS-485 hattı olmasından dolayı oluşan dar boğazdan kaynaklandığı düşünülmektedir. Yeni konsept çalışmalarıyla 4 ayrı RS-485 hattı olacağı öngörüldüğünden bu dar boğaz ortadan kalkacak ve zaman zaman karşılaşılan problemler de giderilecektir.

Bazı istasyonlarda (Levent, 4.Levent v.s gibi) Alstom PLC lerde modbus arızalarının Alstom PLC lerden mi, Tbox RTU lardan mı kaynaklandığını göstermek için sadece haberleşme ayarları yapılmış boş bir Tbox yazılımı kullanılabilir. Tbox RTU, Alstom PLC lerin olduğu yere götürülerek önce çalışan bir Alstom PLC ye direkt olarak bağlanır ve çalıştığı görülür. Daha sonra problemlili olduğu düşünülen Alstom PLC ye bağlanarak haberleşip haberleşmediği gözlenebilir.

SOR bilgisayarlarında modbus haberleşme arızası olmadığı halde FEP panosundaki soketler söküldüğü için modbus arızası görünmekteydi. Tboxlarda yazılım yapılarak bu problem düzeltilmiştir. Ancak zaman zaman modbus problemi olmamasına rağmen SOR bilgisayarına geldiği gözlemlenmiştir. Bu problemler her istasyon için 4 Tbox RTU kullanılmasına rağmen sadece 2 RS-485 hattı olmasından dolayı oluşan dar boğazdan kaynaklandığı düşünülmektedir. Yeni konsept çalışmalarıyla 4 ayrı RS-485

hattı olacağı öngörüldüğünden bu dar boğaz ortadan kalkacak ve zaman zaman karşılaşılan problemler de giderilecektir.

Tüm bu sorunların giderilmesi için öngörülen sistemin Osmanbey istasyonuna kurularak bir test yapılmasına karar verilmiştir.

Yeni Vicos RSC – Tbox Konfigürasyon yapısında, Taksim CER odasında bulunan her bir istasyona ait Tbox RTU'lar Alstom PLC'lerin olduğu lokasyona yani istasyonlara konulacaktır. Örneğin Osmanbey istasyonuna ait 2 adet Kuzey Tbox RTU'su Osmanbey Kuzey Alstom Panosuna, 2 adet Güney Tbox RTU su ise Osmanbey Güney Alstom Panosuna yada yeni yapılacak panolara konulacaktır.

Yeni konfigürasyon ile (Şekil 5.1 ve 5.2);

Her Alstom PLC ye 1 adet Tbox RTU direkt olarak bağlanacaktır.

Bu bağlantı yine sahadaki mevcut RS-232 / RS-485 Westermo çeviriciler üzerinden modbus haberleşme protokolü ile sağlanacaktır.

Şekil 5.1 deki Master ve standby Tbox'lar arasındaki ethernet kablosu, Tbox RTU'ların 2. Ethernet portları üzerinden master - standby switchlemesi için kullanılacaktır.

Tbox RTU'ların 1. Ethernet portları yeni konulacak olan Ethernet / Fiber switchlere bağlanacaktır.

Her Tbox RTU için 1 adet Ethernet / Fiber optik switch kullanılacaktır.

Yeni konsept çalışmalarıyla, her istasyon için 4 Tbox RTU kullanılmasına rağmen sadece 2 RS- 485 hattı olmasından dolayı oluşan dar boğazdan kaynaklanan problemler giderilecektir. Her Tbox RTU Alstom PLC'lere direkt olarak bağlanacağından 4 RS-485 hattı olacak ve haberleşme daha hızlı olacaktır.

Şekil 5.1 de Osmanbey istasyonu için örnek bir konfigürasyon gösterilmektedir. Diğer istasyonların konfigürasyonu da benzer şekilde olacaktır.

Osmanbey istasyonuna ait Şekil 5.1 deki konfigürasyona göre;

Alstom SCADA ağ yapısında, istasyonların kuzey ve güney PLC odaları arasında 6 damar çoklu mod fiber optik kablo ve fiber optik kablonun sonlandırıldığı patch paneller (kuzey ve güneyde) bulunmaktadır.

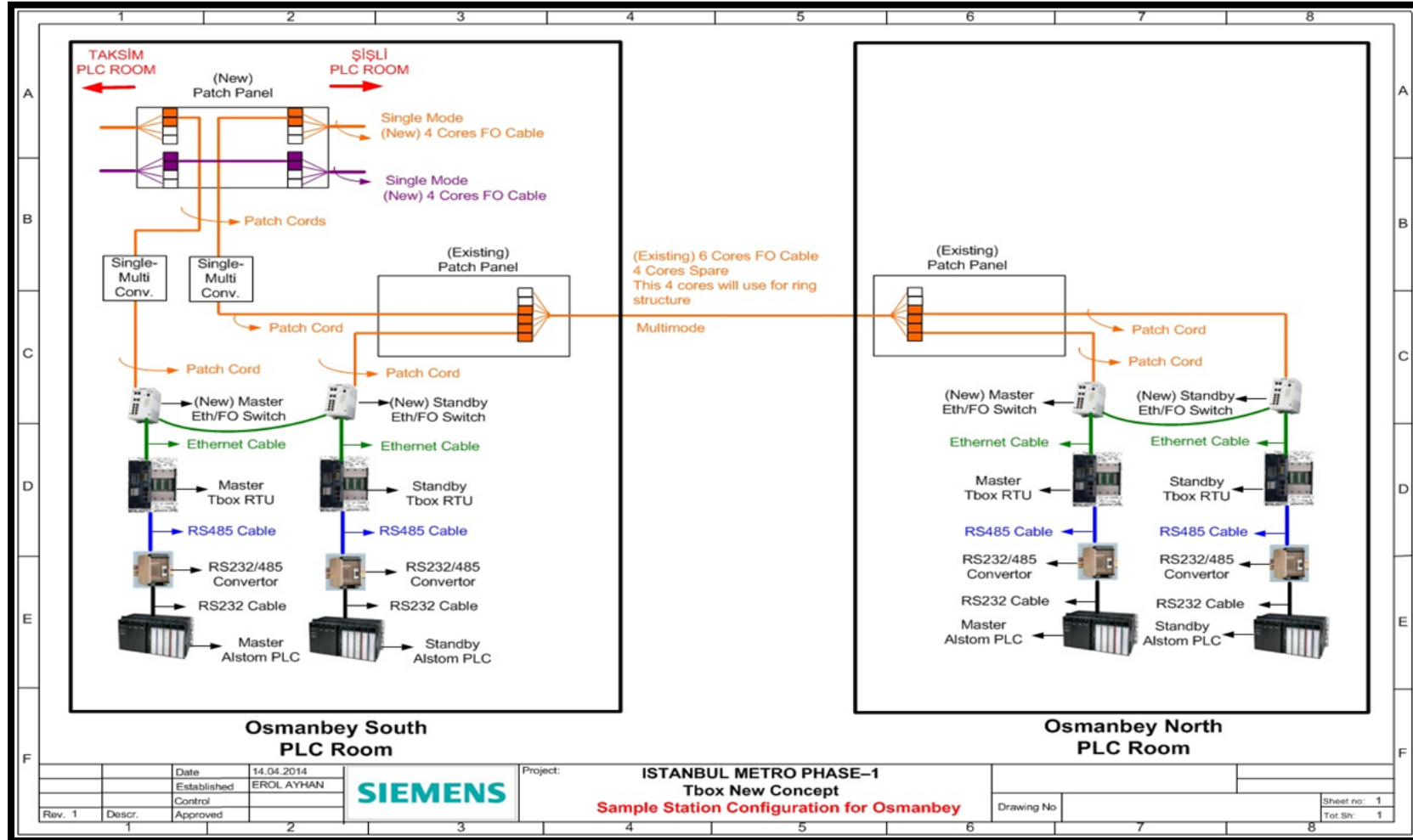
Bu 6 damar'ın 2 damarı mevcut sistemde halen kullanılmaktadır. 4 damar ise boşta bulunmaktadır. Boşta olan bu 4 damarın 2 damarını master Tbox'lar için, diğer 2 damarını ise Standby Tbox'lar için kullanacağız.

Her istasyonda SDH odasının bulunduğu taraftaki PLC odasına ve SDH odasına yeni patch paneller konulacak olup, kuzey ve güney Tboxlardan alınan veriler Ethernet / Fiber switchler üzerinden patch cord'lar ile SDH odasındaki mevcut patch panel'e aktarılacaktır. (Şekil 5.1 ve 5.2)

1. Fazdaki Taksim, Osmanbey, Şişli, Gayrettepe, Levent, 4.Levent istasyonlarında PLC kabinetlerinin bulunduğu teknik odalara, SDH sisteminin bulunduğu haberleşme odalarına ve Taksimdeki ana ekipman odasına (Taksim CER) konulacak olan yeni patch paneller ile yeni bir fiber optik ring hattı kurulacaktır. Taksim CER'den çıkan fiber optik ring hattı, 4.Levent istasyonunda en uç noktaya erişerek buradan geri dönüş yapıp tekrar Taksim CER'e gelecektir. Taksim CER'e gelen ring hattının iki ucuna fiber optik – Ethernet çevirici takılarak fiber optik hat tekrardan Ethernet hattına dönüştürülecektir. Oluşturulan ring hattıyla sahadaki Tbox protokol çevirici cihazlardan gelen veriler, master ve standby Korenix switch'ler ile master ve standby Cisco switch'lere Ethernet kabloları ile bağlanarak bu yapı üzerinden Vicos RSC SCADA kontrol yazılımına iletilecektir.

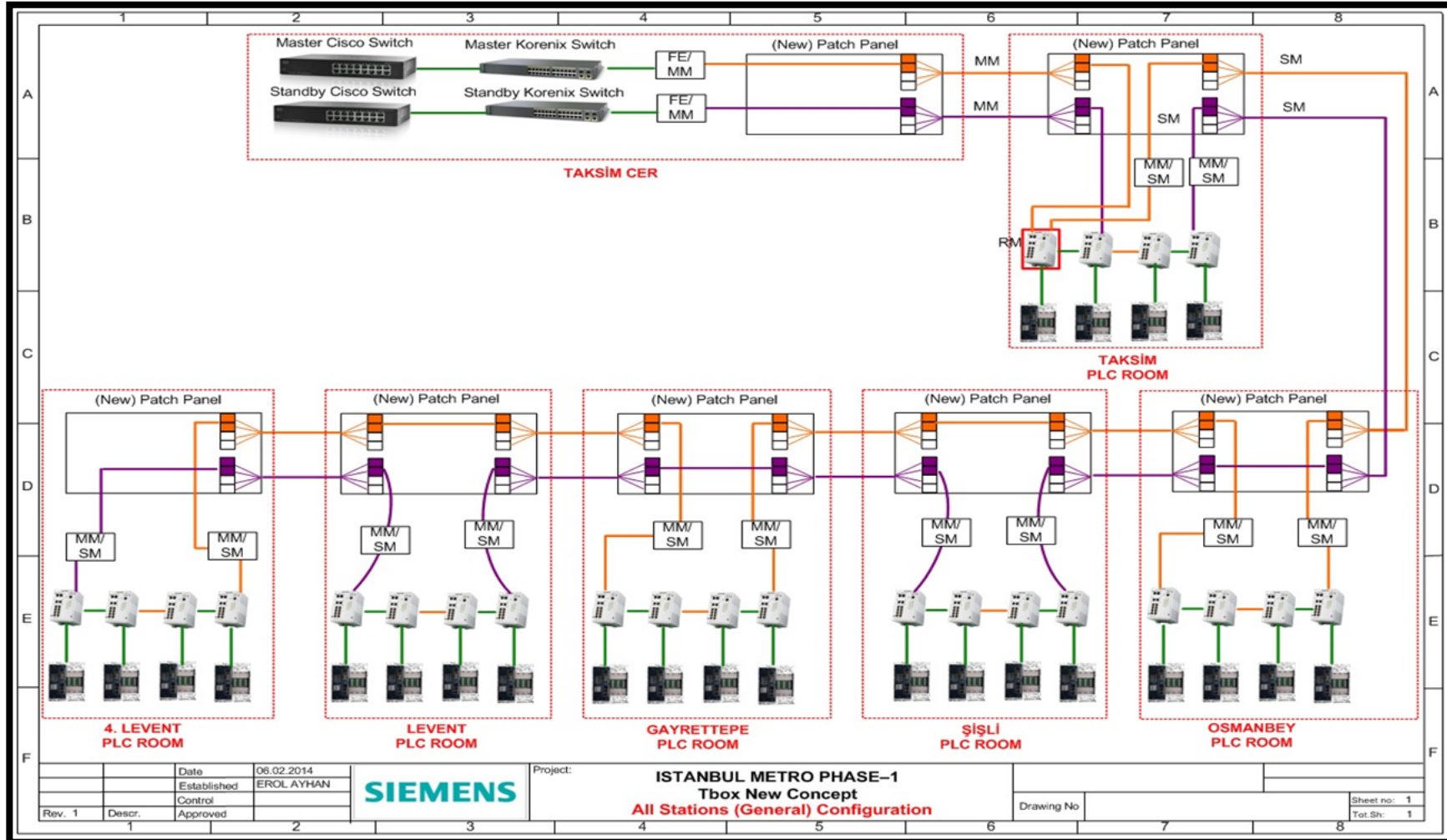
Yeni kurulacak yapının istasyon bağlantısı şekil 5.1'de Osmanbey istasyonu üzerinden gösterilmiştir. Diğer istasyonlardaki bağlantı şekli de Osmanbey istasyonundaki gibi olacaktır. İstasyon içi bağlantılar ve istasyonlar arası bağlantılar yapıldıktan sonra oluşacak yapı şekil 5.2'de görülmektedir.

Şekil 5.1: Osmanbey istasyon konfigürasyon yapısı



Kaynak: SIEMENS, (2014), VICOS RSC SCADA/ECS Sisteminin Mevcut ECS Sistemine Entegrasyonu T-Box Konfigürasyonun Geliştirilmesi, s. 31

Şekil 5.2: Genel konfigürasyon yapısı



Kaynak: SIEMENS, (2014), VICOS RSC SCADA/ECS Sisteminin Mevcut ECS Sistemine Entegrasyonu T-Box Konfigürasyonun Geliştirilmesi, s. 32.

Özetlenecek olursa, ECS sisteminde yapılacak güncellemeden sonra aşağıdaki değişiklikler meydana gelecektir;

Mevcut Alstom ECS sisteminde her bir istasyonun Kuzeyinden güneyine gelen RS-485 Modbus haberleşme kabloları (Alstom ECS PLC'leri arasındaki) ve Taksim CER odasına her istasyondan gelen RS-485 Modbus kabloları iptal edilecektir.

İstasyonlardaki PLC'ler arası haberleşme, Ethernet/fiber optik switch'ler kullanılarak mevcut ve yeni patch paneller üzerinden mevcut ve yeni çekilecek fiber optik hatlar ile yapılacaktır. Mevcut SDH sistemi kullanılmayacaktır.

Mevcut konfigürasyonda her istasyon için 4 adet Tbox RTU kullanılmaktadır. Yeni konfigürasyonda yine 4 adet Tbox RTU kullanılacaktır. Burada bir değişiklik yapılmamıştır.

Mevcut sistemde, Alstom ECS PLC ve RTU'larından Tbox RTU'lara her istasyon için ana(master) ve yedek(standby) olmak üzere 2 RS-485 hattı (RS-485 kablosu) gelmektedir. Yani istasyonlara ait birincil(master) Alstom PLC lerin (kuzey ve güney) verileri Kuzey birincil(master) Tbox'larda, (yedek)standby Alstom PLC'lerin verileri ise kuzey yedek(standby) Tbox'larda toplanmaktadır. Güney Alstom PLC'lere ait veriler ise Kuzey ana(master) ve yedek(standby) Tbox'lar üzerinden yönlendirme(routing) yöntemi ile alınmaktadır.

Yeni konsept'te her bir Alstom PLC'ye her bir Tbox protokol çevirici direkt olarak bağlanacaktır. Yapılan en büyük değişiklik bu olacaktır. Böylelikle sahadaki çapraz sıcak yedeklilik bozulmayacaktır.

Mevcut sistemde ana(master) ve yedek(standby) olmak üzere 2 RS-485 hattı var iken yeni sistemde 4 RS-485 hattı olacaktır. Dolayısıyla yönlendirme(routing) yöntemi kullanılmayacaktır.

Bu değişiklikler yapıldıktan sonra herhangi bir Alstom PLC ya da Tbox protokol çevirici cihazda bir arıza meydana geldiğinde sadece arızalı PLC ya da Tbox etkilenecek olup, diğer ekipmanlar düzgün çalışmaya devam edecektir.

Yeni konsept çalışmalarıyla, her istasyon için 4 Tbox RTU kullanılmasına rağmen sadece 2 RS-485 hattı olmasından dolayı oluşan yönlendirme dar boğazından kaynaklanan problemler giderilecektir. Her bir Tbox protokol çevirici cihaz Alstom PLC'lere ayrı RS485 hattı kullanılarak direkt olarak bağlanacağından 4 RS-485 hattı olacak ve haberleşme daha hızlı olacaktır.

Yeni konsept çalışmalarıyla, Tbox yazılımlarında yangın ve sıkışık mod senaryolarında, sıcaklık ayarı yetkilendirme, gece gündüz modu, switchleme lojiklerinde fonksiyonel olarak bir değişiklik yapılmayacaktır. Yönlendirme(routing) lojiği yazılımdan kaldırılacak ve her bir Tbox protokol çevirici ile PLC direkt olarak haberleşecektir. ECS sinyallerinde herhangi bir değişiklik olmayacak olup, sistem SOR bilgisayarından yine izlenebilecektir.

Ayrıca bu düzenlemelere ilaveten PLC odalarından SOR odalarına çekilecek olan Fiber optik ya da Ethernet kablosu ile İstasyon işletme odasında kullanılan eski Alstom SCADA ve ECS yazılımı yerine yeni Vicos RSC SCADA yazılımı da kullanılabilir hale gelecektir. Böylece merkezde yapılan SCADA ve ECS sistemi entegrasyonu istasyon seviyesine de indirgenerek tüm hat boyunca aynı SCADA arayüzü kullanılabilir hale gelecektir.

Alstom firmasının kurduğu eski SCADA ve ECS altyapısı panolarında yeterince geniş alan bulunduğu için yeni yerlerine takılacak olan ilave cihazlar bu panoların içerisine konulabilir. Böylelikle mevcut kabinetlerin haricinde ilave bir kabinet konulmayacak, eski hiyerarşi korunacaktır.

Tablo 5.1’de kullanılacak olan malzemelerin listesi yer almaktadır.

Tablo 5.1: Kullanılacak malzeme listesi

Malzeme Adı	Miktar (adet/km)	Taksim	Osmanbey	Şişli	Gayrettepe	Levent	4.Levent	TOPLAM
Ethernet/Fiber Optik Switch	adet	5	4	4	4	4	4	25
Fiber Optik - Ethernet Çevirici	adet	2	0	0	0	0	0	2
Single Mode Patch Panel (8 core)	adet	1	0	0	0	0	1	2
Single Mode Patch Panel (16 core)	adet	1	1	1	1	1	1	6
Single - Multi Mode Çevirici	adet	2	2	2	2	2	2	12
Fiber Optik Patch Cord (10 mt)	adet	12	12	12	12	12	12	72
Ethernet Patch Cord (2 mt)	adet	12	10	10	10	10	10	62
Güç Kaynağı (24VDC, 5A)	adet	3	2	2	2	2	2	13
TBOX Panosu	adet	2	2	2	2	2	2	12
Modbus Patch Cord (3 - 4 mt)	adet		5	4	4	4	4	21
Single Mode Fiber Optik Kablo	km							0

Kaynak: SIEMENS, (2014), VICOS RSC SCADA/ECS Sisteminin Mevcut ECS Sistemine Entegrasyonu T-Box Konfigürasyonun Geliştirilmesi, s. 34.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kent içi ulaşım sistemleri içerisinde raylı ulaşım türlerinin önemi büyüktür. Sahip olduğu yadsınamaz üstünlükleri nedeniyle yerel yönetimler tarafından daha çok tercih edilmekte ve yaygınlığı her geçen gün daha fazla ilerlemektedir. Demiryolu ulaşımına olan rağbet, bu alanda teknolojinin kullanımını arttırmıştır.

Hız ve konforu bizlere sunan elektronik sistemlerin birbirinden bağımsız halde yerel olarak çalışıyor olması zaman içerisinde kontrol edilebilirlik sorununu da beraberinde getirmiştir. Birbiri ile fazlaca ilintili birden çok elektronik sistemde çıkan arızanın, teknolojiyi nimet olmaktan çıkarıp külfet haline getirmeye başladığı bu noktada tüm elektronik sistemlerin tek bir merkezden kontrol edilmesi fikrini ortaya çıkarmıştır. Elektronik sistemlerin bir merkezden izlenmesi ve kontrolüne günümüzde SCADA demektedir. İlk önceleri ülke coğrafyası üzerine yayılmış enerji dağıtım şebekesinin bir merkezden izlenmesi ve kontrolü için kullanılan SCADA sistemleri günümüzde ulaştırma sektöründe de yoğun olarak kullanılır hale gelmiştir.

Teknoloji yoğun sistemlerin kullanıldığı raylı ulaşım sistemlerinin yerel yönetimlere maliyeti, ikame diğer ulaşım sistemlerine nazaran, oldukça fazladır. Birçok sebepten raylı ulaşım inşaatları aşama aşama yapılmaktadır. Zaman içerisinde kısım kısım yapılan tek bir raylı ulaşım hattında kullanılan elektronik sistemler de aradaki zaman farkı nedeniyle farklılık göstermektedir. Buna örnek olarak İstanbul metrosu M2 hattı 3 aşama halinde yapılmış ve tüm güzergah 14 yılda ancak tamamlanabilmiştir. Oluşan bu zaman farkının yanında inşaatın ilk aşamasını yapan firma ile diğer aşamaları yapan firmanın farklı olması teknoloji tercihlerini farklı yönde kullanmalarına sebebiyet vermiştir. Ortaya çıkan bu parçalı otomasyon yapısı tek merkezden yönetilebilirlik kavramını yok etmiştir. Bir merkezden yönetilemeyen SCADA sisteminde farklı sistemlerin tek bir çatı altında toplanması için merkezi entegrasyon zaruret haline gelmiştir.

Ülkemizde sürekli gelişen ve ilaveler ile büyüyen raylı ulaşım sistemleri için merkezi entegrasyon henüz yeni bir kavram olmakla beraber zaman içerisinde sürekli karşımıza çıkacak bir süreçtir.

Farklı elektronik sistemlerin merkezi entegrasyonu sistematik çalışma ve dikkat gerektiren bir süreçtir. İstanbul hattı M2 metrosu entegrasyonunda oldukça tecrübe elde edilmiştir. Elde edilen tecrübe sonucunda İstanbul metrosu üzerinde bir takım çözüm önerileri sunulmuştur. Ancak ortaya çıkan sorunların ülke genelinde diğer raylı ulaşım çözümlerinde de karşılaşılmayacağını kimse garanti edemez. Entegrasyon sürecinde ortaya çıkan problemlerin aslında daha en başında filizlendiği görülmüştür. Yapılan ulaşım projelerinde daha ihale aşamasında ileriye dönük yeterli etüd'lerin yapılmadığı tespit edilmiştir. Raylı ulaşım sistemlerinde uyulması gereken kurallar manzumesinin ve bir ulusal eylem planının olmadığı görülmüştür. Ulusal akıllı ulaşım sistemleri tasarımı Avrupa'da ve Amerika Birleşik Devletlerinde epeyce mesafe almasına rağmen ülkemizde henüz yeni bir konudur. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığına bağlı Strateji Geliştirme Başkanlığının yayınladığı “ Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi 2013 – 2023 ve Eylem Planı 2013 -2015” deklarasyonu umut verici gelişmeler olmakla beraber içerik olarak detay planlamaktan uzak kalmıştır. Yaşanılan problemlerden elde edilen veriler ve benzer sorunlara ABD'de üretilen çözümler incelendiğinde raylı ulaşım sistemleri ile ilgili ulusal bir bakış açısının benimsenmesi gerektiği ve tüm sürece sistem mühendisliği bakış açısı ile bakmanın gerekli olduğu görülmüştür. Ayrıca raylı ulaşım sistemleri başta olmak üzere tüm ulaşım projelerine Şekil 3.5'te taslağı görülen Sistem Hayat Döngüsü V Modelinin uygulanmasının faydalı olacağı görülmüştür. Bir raylı ulaşım sisteminin ilk safhalarından başlayarak ekonomik ömrünü tamamlayana kadar geçen süreci en başından tasarlamak, ileride yaşanması problemlerin önüne geçecektir. Benim önerdiğim Sistem Hayat Döngüsü V Modeli, disiplinler arası koordineli bir çalışma gerektirmektedir. Bunun için de en üst devlet otoritesi tarafından bu model ulusal kullanım özelliklerimiz de göz önünde bulundurularak geliştirilmeli, V modelinin aşamaları ulaştırma projelerine şablon olacak şekilde hazırlanmalıdır. Raylı ulaşım sistemlerinde ve Ulusal Akıllı Ulaşım Projelerinde V modeli bir nevi bu bilim dalının bir anayasası bir Hipokrat yemini olmalıdır.

KAYNAKÇA

Diğer Yayınlar

Alarko Makyol Ortak Girişimi Siemens, 2014. *VICOS RSC SCADA/ECS Sisteminin Mevcut ECS Sistemine Entegrasyonu T-Box Konfigürasyonun Geliştirilmesi*. Ağustos. İstanbul.

Çolakkadı, M. (2013). Demiryolu sinyalizasyon sistemlerinde anlaşılan tablosu oluşturma: Başakşehir metrosu örneği. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi FBE.

Demirci, İ. E., 2014. *İstanbul Metrosu M2 Hattı SCADA ve ECS Sistemleri Tanıtım Sunumu*. İstanbul: Türkiye

Türkiye Cumhuriyeti Milli Eğitim Bakanlığı MEGEP, 2007. *Elektrik - elektronik teknolojisi SCADA sistemleri*. [internet]. Ankara: (Yayın 2007)
<http://plcsitemiz.files.wordpress.com/2009/11/scada-sistemleri.pdf> [Erişim: Eylül 2014].

US Department of Transportation, 2014. *A Guide to configuration management for intelligent transportation systems*. [online]. USA: (Published 2002)
http://ntl.bts.gov/lib/jpodocs/repts_te/13622.html [Access: August 2014].

US Department of Transportation FHWA, 2014. *Testing programs for transportation management systems a technical handbook*. [online]. USA: (Published 2007)
<http://ops.fhwa.dot.gov/publications/tptms/handbook/tptmshandbook.pdf> [Access: August 2014].