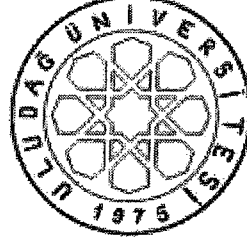


T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



GPS İLE ÇEVİRİM İÇİ ARAÇ TAKİP SİSTEMİ

AHMET EMİR DİRİK

**TC YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA 2002

128482

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GPS İLE ÇEVİRİM İÇİ ARAÇ TAKİP SİSTEMİ


AHMET EMİR DİRİK

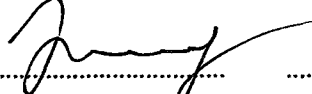
YÜKSEK LİSANS TEZİ


ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

Bu tez 25/07/2002 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile kabul edilmiştir.


Yrd. Doç. Dr. Halil YEŞİLÇİMEN
(Danışman)


Doç Dr. Eldar MUSA YEV
(Asil Üye)


Yrd. Doç. Dr. Necmettin KAYA
(Asil Üye)

ÖZET

Bu tezin amacı, çevrim içi araç takip sistemlerini incelemek ve bu incelemelerden elde edilen bulgular ışığında GPS tabanlı düşük maliyetli bir çevrim içi araç takip sistemi geliştirmektir. Çevrim içi araç takip sistemleri, modüler bir yapıya sahiptir. Bu tezde geliştirilen takip sistemi, konum belirleme, kablosuz haberleşme ve sayısal harita modülleri olmak üzere 3 ana modülden oluşmaktadır. Takip sistemlerinde konum belirleme modülü, hareketli araçların pozisyonlarının tespitinde kullanılmaktadır. Bu modül ile elde edilen pozisyon bilgisi, kablosuz haberleşme sistemi aracılığı ile takip merkezine iletilmekte, takip merkezine ulaşan pozisyon bilgisi merkezde işlenerek, araç konumları sayısal harita üzerinde görüntülenmektedir. Tasarlanan sistemde 15-20m arasında bir mesafe hatası ile gezici araçların pozisyonları hesaplanarak, bu araçlara ait pozisyon bilgileri takip merkezindeki bilgisayar üzerinden başarıyla izlenebilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER

Küresel konumlama sistemi, DGPS, Araç takip sistemleri, Sayısal harita, Datum, Uydu, ölçüm hataları, Kablosuz haberleşme, Uydu yön bulma sistemleri, GPS uygulamaları, Haritaya oturtma.

ABSTRACT

Objective of this thesis is to make a research on vehicle location and navigation systems and develop a GPS based, low cost, online vehicle location system by using the data obtained by the research. Online vehicle location-navigation systems have a modular structure. The vehicle location system which is developed in this thesis, includes 3 main modules such as positioning, wireless communication and digital map modules. The positioning module, used in location systems, computes the position of mobile vehicle. This vehicle location data is transmitted through a wireless communication system to host. The host has a capability to monitor a fleet of vehicles by analysing data collected from wireless communication system. In this project, mobile vehicle location positions can be computed in a range of 15-20m position error and by using this position data, its possible to monitor the fleet of mobile vehicles on a digital map in observation and control center.

KEY WORDS

Global Positioning System, DGPS, Vehicle location systems, Digital maps, Datum, Satellite, Measurement errors, Wireless communication, Satellite navigation systems, GPS applications, Map matching.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM	7
3.1 MATERYAL	7
3.1.1 Araç takip sistemleri	7
3.1.2 Konum belirleme	9
3.1.2.1 GPS, Küresel konum tespit sistemi	9
3.1.3 Sayısal haritalar	18
3.1.3.1 Referans koordinat sistemleri	20
3.1.3.2 UTM projeksiyonu	26
3.2 YÖNTEM	29
3.2.1 Giriş	29
3.2.2 Sistemin tanıtılması	29
3.2.3 Araç takip modülü	31
3.2.4 Haberleşme modülü	32
3.2.5 FSK modem	36
3.2.5.1 Zamanlama	37
3.2.5.2 Veri gönderme	37
3.2.5.3 Veri alma	38
3.2.5.4 Kendi kendine test	39
3.2.6 GPS alıcısı	40
3.2.6.1 Alıcının teknik özellikleri	40
3.2.6.2 Alıcının performans özellikleri	41
3.2.6.3 Alıcı arabirimleri	41
3.2.6.4 Operasyonel karakteristikler	42
3.2.6.5 Yön bulma (Navigasyon)	43
3.2.6.6 Uydu bilgisi	43
3.2.6.7 GPS alıcısı bağlantı devresi	44
3.2.6.8 GPS 25LP iletişim protokolleri	45
3.2.7 Takip modülü kontrol yazılımı	51

3.2.8 Takip merkezi	52
3.2.9 Sayısal harita	54
3.2.10 Takip yazılımı	55
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	59
5. KAYNAKLAR	61
6. EKLER	63
Ek 1. Pozisyon modülü kontrol programı	63
Ek 2. Takip merkezi telsiz kontrol programı	69
Ek 3. Matlab'da UTM Dönüşümü	72
7. TEŞEKKÜR	74
8. ÖZGEÇMİŞ	75



SİMGELER DİZİNİ

f	Dünyanın basıklığı
a	Elipsoid yatay yarı çapı
b	Elipsoid dikey yarı çapı
r	Yarı çap
ϕ	Boylam
λ	Enlem
E	Kartezyen koordinatlarda sağa değerler (Doğuya)
N	Kartezyen koordinatlarda yukarı değerler (Kuzeye)

KISALTMALAR

AM	Amplitude Modulation (Genlik Modülasyonu)
ASCII	American National Standard Code for Information Interchange (Amerikan ulusal veri iletişim standart kodu)
BUSKİ	Bursa Su ve Kanalizasyon İşletmesi
C/A	Coarse/Acquisition Code (Kaba kod)
CMOS	Complementary Metal Oxid Semiconductor (Tümleşik metal oksit yarı iletken)
DATUM	Dünyanın elipsoid parametre verileri
DGPS	Diferantial GPS (Diferansiyel GPS)
DOP	Dilution of Precision
DXF	Autocad Çizim Dosyası
ED50	European Datum 1950 (Avrupa Datumu 1950)
EMI	Electromagnetic Interference (Elektromagnetik girişim)

ESA	European Space Agency (Avrupa Uzay Ajansı)
FSK	Frequency Shift Keying (Frekans Kaydırmalı Anahtarlama)
GLONASS	Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema (Küresel Navigasyon Sistemi)
GND	Ground (Toprak)
GPS	Global Positioning System (Küresel Konum Belirleme Sistemi)
GSM	Global System for Mobile Communications (Küresel mobil haberleşme sistemi)
MODEM	Modulation-Demodulation (Modulasyon-Demodulasyon)
NMEA	National Marine Electronics Association (Ulusal denizcilik elektronik kurumu)
OEM	Original Equipment Manufacturer (Orijinal cihaz üreticisi)
P Code	Precise Code (Duyarlı kod)
PPS	Precise Positioning System (Hassas konum tespit sistemi)
PRN	Pseudo Random Noise (Sahte Rasgele Gürültü)
PTT	Push to transmit (Veri gönderme için tetikle)
RAM	Random Access Memory (Rasgele erişimli bellek)
RF	Radio Frequency (Radyo Frekansı)
RFI	Radio Frequency Interference (Radyo frekans girişimi)
RMS	Root Mean Square (Karesel ortalamala değer)
RTCM	Real Time Correction Method (Gerçek zamanlı düzeltme metodu)
RX	Veri alma pini
SA	Selective Availability (Sistem Seçiciliği)
SPS	Standard Positioning System (Standart konum tespit sistemi)
TTL	Tranzistor-Tranzistor Logic

TX	Veri gönderme pini
UHF	Ultra High Frequency (VHF'e göre daha yüksek frekans)
UTC	Universal Coordinated Time (Evrensel kabul edilen zaman)
UTM	Universal Transeverse Mercator (Geodezik dönüşüm)
VHF	Very High Frequency (Çok yüksek frekans)
WGS84	World Geodetic System 1984 (Dünya Geodezi Sistemi 1984)



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1	GPS Uydusu.	10
Şekil 3.2	GPS uyduları ile konum belirleme	10
Şekil 3.3	GPS Uzay segmenti	11
Şekil 3.4	Sistem seçiciliğinin konum hatası üzerine etkisi	13
Şekil 3.5	DGPS sistemi	14
Şekil 3.6	GPS uyduları ile konum belirleme	15
Şekil 3.7	GPS hata kaynakları	17
Şekil 3.8	Raster kodlu, Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü haritası	19
Şekil 3.9	Vektör kodlu, Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü haritası	19
Şekil 3.10	Elipsoid ve geoid	21
Şekil 3.11	Enlem ve boylam	22
Şekil 3.12	Datum farklılıklarından kaynaklanan pozisyon sapmaları	23
Şekil 3.13	Silindirik izdüşüm	24
Şekil 3.14	UTM zone dilimi	25
Şekil 3.15	Araç takip sisteminin bileşenleri	30
Şekil 3.16	Araca bağlanan takip modülü	32
Şekil 3.17	Projede kullanılan araç telsizi	33
Şekil 3.18	Telsizin arkadan görüntüsü.	33
Şekil 3.19	Telsiz bağlantı pin numaraları	34
Şekil 3.20	Telsiz, Modem ve Mikro-denetleyici bağlantısı	34
Şekil 3.21	Frekans Kaydırmalı Anahtarlama.	36
Şekil 3.22	73M223 modülasyon devresi.	39
Şekil 3.23	GPS25LP OEM GPS alıcısı.	41

Şekil 3.24	GPS25LP - 89c51 bağlantısı.	44
Şekil 3.25	GPS 25LP veri giriş çıkış pinleri.	45
Şekil 3.26	GPS kontrol programı akış diyagramı	52
Şekil 3.27	Takip merkezi blok diyagramı.	53
Şekil 3.28	Takip yazılım ekranı.	56
Şekil 3.29	Araç takip deneme sonuçları.	57



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1	GPS Karakteristikleri	12
Çizelge 3.2	DGPS Karakteristikleri	15
Çizelge 3.3	GPS alıcı hataları	16
Çizelge 3.4	Bazı referans elipsoidleri	21
Çizelge 3.5	Bazı geodezik datum dönüşüm parametreleri	21
Çizelge 3.6	GM300 Telsizi bağlantı çizelgesi	35
Çizelge 3.7	73M223 Modem entegresi pin açıklamaları	38
Çizelge 3.8	NMEA 0183 paket veri formatı	47



1. GİRİŞ

Çok eski çağlardan beri insanlar nerede olduklarını, varmak istedikleri yere hangi yoldan gideceklerini ve geldikleri noktaya tekrar güvenli bir şekilde nasıl döneceklerini merak etmişler ve bu konuda çalışmalar yapmışlardır. Eskiden, denizciler yönlerini kaybetmemek için kıyıda fazla uzaklaşmıyor ve açık denizlere açılmıyorlardı. Daha sonra insanoğlu yıldızları takip ederek yönünü bulabileceğini keşfetmiş, kutup yıldızını kullanarak yön ve konumunu tespit etmeye çalışmıştır. İlerleyen tarihlerde pusula ve sekstant'ın bulunması ile de insanoğlu daha hassas konum tespiti yapmayı öğrenmiş, böylece derin deniz ve okyanus yolculukları yapmak mümkün olabilmıştır. Sekstant, ayarlanabilir aynalar yardımıyla gökyüzündeki güneş, ay ve yıldızlar arasındaki açıların hassas olarak ölçülebildiği bir cihazdır. 17. yüzyılda denizciler sekstant ve pusula kullanarak hangi enlemde olduklarını ölçebiliyor ancak buldukları boylamı hesaplayamıyorlardı. Enlem bilgisinin yanında boylamın da ölçülebildiği bir sistemin geliştirilmesi ancak 18. yüzyılda kronometrenin icadı ile mümkün olabilmıştır.

20. yy başlarında ise yer yüzü tabanlı radyo-navigasyon sistemleri geliştirilmiş böylece daha hassas konum tespiti yapılabilmıştır. O tarihlerde geliştirilen yer yüzü tabanlı radyo-navigasyon sistemleri günümüzde halen kullanılmaktadır. Bu sistemlerde yüksek hassasiyetli pozisyon belirleme, sadece küçük bir alan da mümkün olmakta, takip mesafe büyüdükçe konum hataları da artmaktadır. Kısa mesafelerde pozisyon tespiti için UHF dalgaları kullanılmaktadır. Bu yüzden alıcı ve vericilerin birbirlerini görmesi gerekmekte ve çalışma alanı daralmaktadır.. Uzak mesafelerde pozisyon tespiti için daha düşük radyo frekansları kullanılmış (AM), ancak bu sefer konum hatalarının büyük ölçüde arttığı görülmüştür.

Yeryüzü tabanlı radyo-navigasyon sistemlerinde uzak mesafelerde hassas pozisyon tespiti yapılamaması, bilim adamlarını uydu tabanlı yüksek frekanslı radyo haberleşmesini temel alan konum tespit sistemleri geliştirmeye yöneltmiştir.

Uzay tabanlı sistemlerin öncüleri sayılan Transit (U.S. Navy Navigation Satellite System) ve Rus Tsikada sistemleri yüksek doğrulukta iki boyutlu konum bilgisi sağlayan sistemlerdir. Fakat bu sistemlerde konum tespiti ancak belirli anlarda mümkün olmakta ve pozisyon tespit periyodu dünya enlemine göre değişmekteydi. Kuramsal

olarak ekvator üzerindeki bir kullanıcı için, pozisyon bilgisi yenileme sıklığı 110 dakikada bir iken, 80° enlemde 30 dakikada bir olabilmekteydi (Kaplan 1996). Bu şartlar görece düşük hızlarından dolayı gemilerin pozisyon tespit ihtiyaçları için uygun iken, hava araçları ve daha dinamik kullanımlar için uygun değildir. Dünyanın her noktasında, 24 saat boyunca, istenildiği an konum tespiti yapılmasına olanak sağlamak amacıyla, Amerika Birleşik Devletleri uydu tabanlı NavStar GPS (NavStar Global Positioning System) konum belirleme sistemini, Rusya ise GLONASS (Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema) sistemini geliştirmişlerdir. Bu iki sistem de günümüzde aktif olarak askeri ve sivil uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadırlar.

Bu tezin amacı, günümüzde giderek yaygınlaşmakta olan takip sistemlerini incelemek ve bu incelemelerden elde edilen bulgular ışığında GPS tabanlı düşük maliyetli bir çevrim içi araç takip sistemi geliştirmektir.

Tezin kaynak araştırması bölümünde bu alanda yapılmış çalışmalara değinilmiş, materyal bölümünde takip ve yön bulma (navigasyon) sistemleri teorik olarak incelenmiş, yöntem bölümünde ise GPS tabanlı çevrim içi bir araç takip sistemi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Tartışma ve sonuçlar bölümünde ise geliştirilen sistemin performans sonuçları incelenerek bu uygulamanın kullanılabileceği alanlar ve geliştirilen sistemin sağlayabileceği faydalar tartışılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Araç takip ve yön bulma araştırmaları ilk olarak 1960 yıllarında başlamıştır. 1960'ların teknolojileri ile bu tip sistemlerin tasarlanması oldukça pahalıya mal oluyordu. Bu yüzden takip ve yön bulma sistemleri üzerine başlatılan çalışmalar 1980'lere kadar durdurulmuştur. Elektronik ve haberleşme teknolojilerindeki büyük gelişmeler sonucu sistem tasarım maliyetleri büyük ölçüde düşmüş, takip ve yön bulma sistemleri üzerine yapılan çalışmalar 80'li yıllarda tekrar başlatılmıştır (Parkinson ve ark. 1996).

1980'lerin sonların ABD devleti yol trafik akışını kontrol etmek ve etkin bir trafik sistemi kurabilmek için çalışmalara başlamıştır. Bu çalışmalar sonucunda geliştirilmesi düşünülen sisteme akıllı seyahat sistemi adı verilmiş ve bu sistemin kurulması için 20 senelik ulusal program planı oluşturulmuştur (Anonim 1996). Ulusal program planı çerçevesinde geliştirilecek olan proje, gerçek zamanlı trafik durumunun tespit edilmesi, yayınlanması, yol rehberlik sistemleri ve konum belirleme sistemlerinin kullanılması ile otoyol tıkanıklıklarını, benzin sarfiyatlarını ve trafik kazalarını azaltmayı amaçlamaktaydı.

Japonya'da, araç takip sistemleri üzerine ilk çalışmalar 1970'lerde trafik tıkanıklarına çözüm getirebilmek için başlatılmıştır. 1970 ve 1980 yılları arasında konu üzerine yapılan çalışmalar hem devlet hem de sanayi tarafından desteklemiştir (French 1993). Yapılan çalışmalar sonucundan günümüzde bir çok Japon araç üreticisi, dahili yön bulma ve rehberlik sistemleri bulunan araçlar geliştirmekte ve satmaktadırlar.

Araç yönlendirme sistemleri 2 farklı uygulamadan oluşmaktadır. Bunlardan birincisi bir araç filosunun takip ve yönlendirilmesi, diğeri ise bireysel otomobillerde yüklü olan ve sürücüye rehberlik eden yönlendirme sistemleridir. Filo izleme sistemleri ambulans, polis araçları, ülkeler ve kıtalar arası nakliye ve dağıtım araçlarının daha verimli ve etkin bir şekilde yönetilmesine yardımcı olmaktadır. Tipik bir filo-izleme sisteminde her araçta bir konum tespit modülü ile haberleşme cihazı bulunmaktadır. Konum belirleme modülü çeşitli sensörler, bilgisayar veya mikro denetleyici ve izleme istasyonu ile radyo hattı kurmak için kullanılan haberleşme devrelerinden oluşmaktadır. Araçlarda yüklü olan konum belirleme modülü ile araç pozisyonları tespit edilmekte, elde edilen pozisyon verileri ise bir radyo hattı üzerinden filo takip merkezine iletilmektedir. Takip merkezindeki bilgisayarda araçların konumları elde edilen pozisyon bilgilerine bağlı olarak sayısal bir harita üzerinde kuş bakışı gözlenebilmektedir. Harita üzerinde her araç bir ikon olarak görüntülenmekte ve araca ait bilgiler bilgisayar ekranından izlenebilmektedir. Gereken durumlarda araçlara bu sistem aracılığı ile uzaktan da yönlendirilebilir.

Yön bulma ve takip sistemlerinin bir diğer şekli ise gezici araçlara rehberlik edebilen araç içi konum belirleme sistemleridir. Bu tip uygulamalar litaretürde “otonom” seyahat sistemleri olarak da adlandırılmaktadır (Krakiwsky 1996). Bu sistemler araç sürücüsüne ulaşmak istediği noktaya varana kadar görsel ve işitsel uyarılar ile rehberlik etmektedirler. Araç içi yön bulma sistemleri, konum tespit sensörleri, bilgisayar veya mikrodenetleyici, haritanın gösterildiği bir ekran, ve hoparlörlerden oluşmaktadır.

ABD Ulusal program planına göre her yıl trafik sıkışıklık ve karmaşasının sonucu olarak yollarda boşa harcanan benzin maliyeti 100 milyar \$’dır (Anonim 1996). Bu yüzden seyahat etkinliğini arttırmak ve trafik akışını denetleyebilen sistemler geliştirmek büyük önem arz etmektedir. Dahası bu sistemler yardımıyla ambulans, itfaiye ve polis birimleri daha etkin bir şekilde çalışabilmektedir. Ayrıca güvenlik uygulamalarında da bu tip sistemler kullanılabilir. Örneğin GPS alıcılı bir cep telefonu yardımıyla acil bir durumda polis, itfaiye ve ambulans birimlerine yardım sinyali ve adres bilgisi otomatik olarak iletilerek can ve mal kayıpları engellenebilir.

Takip sistemlerinde tüm gezici araç ve filoların sayısal bir harita üzerinde izlenmesi mümkün olmaktadır. Gezici araçların konumlarının doğru olarak tespit edilmesi sağlıklı bir izleme için büyük önem arz etmektedir. Gezici araçlardaki konum tespit modülü bir çok farklı teknikten yararlanarak konum belirleme yapabilir. Bu teknikler uydu tabanlı küresel konum belirleme sistemi GPS, yer tabanlı konum belirleme sistemleri, araç içi sensörler ve Diferansiyel GPS olarak sıralanabilir. Konum belirlemede kullanılan teknikler ne kadar çeşitli ise o ölçüde hassas pozisyon bilgileri elde edilmektedir. Elde edilen pozisyonlar sayısal haritada gösterilirken yazılım yardımıyla da konum hataları düzeltilebilmektedir. Bu tekniğe haritaya oturtma (map matching) adı verilmektedir. Bu teknikte ilk olarak hareketli aracın hangi yol üzerinde ilerlediği belirlenir, daha sonra bu yol ile araç konumu karşılaştırılarak konum hataları giderilmeye çalışılmaktadır. Harita oturtma işlemi için bir çok farklı algoritma geliştirilmiştir. Harita oturtma algoritmaları hakkında daha detaylı bilgi için Collier (1990)’a başvurulabilir.

Haritaya oturtma algoritması sadece pozisyon hatalarının azaltılması için değil, aynı zaman da gezici araçlarda bulunan araç içi konum tespit sensörlerinin de kalibrasyonunda kullanılmaktadır. Haritaya oturtma metodunda pozisyon hatası tamamen olmasa da kısmen giderilebilmektedir. Ayrıca haritanın kendisinde de hata olabilmektedir. Harita hataları ya sayısallaştırma sürecinde oluşmuş ya da sayısal haritadaki yolların çizgiler halinde (vektör tabanlı haritalarda) gösterilmesinden kaynaklanmış olabilir. Harita ve konum hataları doğru olarak tespit edilebiliyorsa uygun algoritmalar yardımıyla bu hatalar giderilebilir. Harita

oturtma algoritmalarının performansları hakkında okuyucu Abbott'a (1997) ve White ve ark.'na (2000) başvurabilir.

Konum hatalarını düzeltmede kullanılan diğer bir teknik ise DGPS tekniğidir (Blackwell, 1986). Bu teknik bir birine yakın ve benzer çevre koşullarında çalışan (atmosferik şartlar, çevrenin coğrafi yapısı, şehir içi veya dışı) iki GPS alıcısının iyonosfer, troposfer ve çoklu yol hata oranlarının bir birine çok yakın olduğu varsayımına dayalı olarak çalışmaktadır. Bu bilgiye bağlı olarak monitör merkezi yakınlarında konumu hassas olarak bilinen bir referans noktasında sabit bir GPS alıcısı bulunmaktadır. Bu GPS alıcısı sürekli çalışmakta ve hesapladığı pozisyon ile referans merkezinin gerçek pozisyonu arasındaki hatayı ölçmekte ve gezici araçlara bu hata bilgisini yollamaktadır. Referans merkezinde ölçülen hata, o anki atmosferik koşullardan kaynaklanan GPS pozisyon hata bilgisidir ve o şartlarda çalışan tüm GPS alıcıları tarafından bu bilgi hata düzeltme için kullanılabilir. Ancak gezici araç ile referans noktası arasındaki mesafe büyüdükçe DGPS tekniğinin performansı ve hata düzeltme yeteneği azalacaktır. Bu sorun bir DGPS referans nokta ağının takip yapılacak alan içerisinde kurulması ile önlenabilir. Böyle bir ağ 2000 yılında ABD'de 48 eyalette ve Alaska'da kurulmuştur. Bu sistemde DGPS hata bilgileri radyo frekansı üzerinden ücretsiz olarak yayınlanmaktadır (Divis 1996). Benzer bir sistem ABD sahil şeridi için de geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem ile ilgili ayrıntılı bilgi ve sistem performansları için Enge ve ark.'a (1992) başvurulabilir.

1990 yılında ABD'de geliştirilen ADVANCE projesini otonom yön bulma sistemlerine örnek olarak verebiliriz. Bu projenin saha testleri 1995 yılında tamamlanarak, 1996 yılında ise proje kamu kullanımına sunulmuştur. Bu projede araç içi bir bilgisayar sistemi vasıtası ile trafik bilgileri, araç konumu, gidilecek yol güzergahı bir ekran üzerinde görüntülenmekte ve görsel ve işitsel uyarılar ile araç sürücüsü bilgilendirilmekteydi. Ayrıca araç konumları bir takip merkezi üzerinden izlenmekte ve aracın ihtiyaç duyduğu trafik bilgileri yine bu merkez tarafından karşılanmaktaydı (Zhao 1997).

GPS tabanlı takip sistemi uygulamaları son bir kaç senedir tarım alanında da kullanılmaya başlanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda otomatik olarak tarla süren veya gübreleme yapabilen robotlar veya araçlar geliştirilmektedir. Bu uygulamalarda otonom çalışmanın gerçekleştirilmesi için konum hatalarının santimetre seviyelerinde olması gerekmektedir. Bunun için DGPS ve ek hareket sensörleri kullanılması gerekmektedir (O'Connor ve ark. 1997).

Pozisyon tespit sistemleri çok geniş bir sahada uygulama alanı bulabilmektedir. Bu uygulamalardan biri de golf oyuncusu rehberlik sistemidir. Bu sistem golf oyuncusuna bir

sonraki deliğin kendisinden ne kadar mesafe uzakta olduğu ve oyuncunun önündeki arazinin topografik özelliklerini bir akıllı cihaz yardımı ile bildirilebilmektedir. Bu uygulama için pozisyon hassasiyetinin 1 metreden daha düşük olması gerekmektedir.

Bir başka araç takip uygulaması ise coğrafi bilgi ve reklam hizmetidir. GPS alıcısı bulunan gezici araç hareket ettikçe bulunduğu coğrafi bölge ile ilgili bilgiler (reklam, trafik akışı, alışveriş merkezleri, eczaneler, oteller, yerel haberler, vb.) kendisine otomatik olarak ulaştırılmakta, kendisinin de o bölgeye girmiş olduğu kontrol merkezine iletilmektedir. Böylece kontrol merkezi denetimi altında bulunan bölgede kimlerin olduğunu öğrenmekte ve bu kullanıcıların her birine kendi istekleri doğrultusunda hizmet verebilmektedir.

Bu çalışmada gerçekleştirilen takip sisteminin farklı bir versiyonu 1996 yılında Almanya'da gerçekleştirilmiştir (Sterzbach ve ark. 1996). Ancak geliştirilen sistemde kablosuz haberleşme problemi GSM şebekelerinin kullanımı ile çözülmüştür. Bu çalışmada ise gezici araçlar ile takip merkezi arasındaki veri iletişimi RF radyo haberleşmesi ile gerçekleştirilmiştir. Radyo frekansı kablosuz haberleşme için tahsis edildiği takdirde bir daha veri iletişimi için ücret ödenmesi söz konusu değildir, ancak GSM şebekelerinde her kullanımda bir ücret söz konusudur. Diğer taraftan GSM ağı tüm dünyayı kaplamakta buna bağlı olarak da takip sistemi kapsama alanı çok büyümektedir. RF haberleşmesinde ise gezici araç ile takip merkezi arasındaki mesafe GSM'e göre oldukça küçük olacaktır. Ancak bir RF kuvvetlendirici ağı kurulması (Röle sistemleri gibi) ile takip sisteminin kapsama alanı genişletilebilir.

Bu tezde gerçekleştirilen takip sistemi U.Ü. Görükle kampüsü sınırları içerisinde denenmiş ve başarıyla çalıştırılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 MATERYAL

3.1.1 Araç takip sistemleri

Binlerce yıldır insan oğlunun yön bulma ve konum belirleme sistemleri üzerinde yaptıkları çalışmalar, günümüzde dünyanın her yerinde bir kaç metre hassasiyetle pozisyon tespitinin yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. Şu anda hali hazırda mevcut olan takip ve navigasyon sistemleri insanlara konum, hız ve yön bilgisi sağlamaktadır. Gelecekte kablosuz haberleşme şebekeleri ile gerçek zamanlı trafik bilgileri yayınlanacak, bu bilgiler yol harita ağlarında işlenerek, yüksek teknoloji ürünü takip ve navigasyon modülleri yardımıyla insansız araçların geliştirilmesi mümkün olabilecektir

Araç takip ve yönlendirme sistemleri modüler bir yapıya sahiptirler. Bu sistemler bir çok farklı fonksiyon ve teknolojinin bir araya getirilmesi ile oluşturulmaktadır. Takip sistemlerini oluşturan modülleri aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz.

- Konum belirleme modülü
- Kablosuz haberleşme
- Sayısal haritalar
- Haritaya oturtma yazılımları (Map matching)
- Kullanıcı destek yazılımları (Yol planı ve yönlendirme)

Bu modüllere farklı ihtiyaçlara bağlı olarak yeni modüller eklenebilir veya çıkarılabilir. Çevrim içi takip sistemlerinde hareketli objenin (asker, robot veya roket) veya aracın (araba, tren, uçak veya gemi) pozisyon, hız ve yönünün sayısal bir harita üzerinde, bir takip merkezinde izlenmesi söz konusudur.

Konum bilgisi hareketli araca takılan takip ve konum belirleme modülü yardımı ile elde edilmektedir. Konum bilgisi elde edildikten sonra, konum bilgisini içeren veri paketi kablosuz haberleşme sistemi yardımıyla takip merkezine iletilir. Takip merkezine iletilen pozisyon bilgisi, sayısal bir harita üzerinde izlenebilir ve bu merkezden hareket eden aracın gerekiyorsa yönlendirilmesi de sağlanabilir. Takip merkezine ulaştırılan konum, kullanılan sisteme bağlı olarak bir hata içermektedir. Bu hatadan dolayı obje

sayısal haritada yol üzerinde olması gerekirken yol dışında görüntülenebilir. Haritaya oturtma tekniği ile bu tür hatalar yazılım yardımıyla giderilebilmektedir.

Konum belirleme modülü, pozisyon tespiti için iki farklı teknikten yararlanabilir. Bu tekniklerden birincisi uydu tabanlı GPS küresel konum belirleme sistemi, diğeri ise aracın hareketine bağlı olarak çalışan jiroskop, pusula, mesafe ve ivme ölçer gibi alıcılardan elde edilen veriler ile belli bir referansa bağlı konum belirleme tekniğidir.

Araç takip sistemlerini oluşturan bir diğerkonum belirleme modülü ise yol planlama modülüdür. Yol planlaması hareketli aracın gideceği yolun sayısal harita üzerinde yapılan analizlerle belirlenmesi ve kullanıcıların yön bulmaları için gerçek zamanda bilgilendirilmesini içermektedir. Bu sisteme mevcut trafik bilgi ve raporları da entegre edilebilir. Böylece araç kullanıcıları için en uygun yol güzergahı otomatik olarak bildirilebilir.

Ambulans, itfaiye ve polis araçları için olay yerine en kısa zamanda ulaşabilmek çok önemlidir. Yukarıda anlatılan araç takip ve yönlendirme sistemleri ile bu araçların olay mahaline en hızlı şekilde ulaşmasına imkan sağlanmaktadır. Böylece acil durumlarda oluşabilecek can ve mal kayıpları da takip sistemleri ile en aza indirilebilecektir.

Günümüzde araç içi ve dışı takip sistemleri tüketiciler tarafından da büyük ilgi ile karşılanmaktadır. Samuel'e (1996) göre 2005 yılında Amerika'da 22.5 milyon, Long'a (1996) göre Avrupa'da 2.5 milyon ve Tachibam'a (1994)'e göre Japonya'da 3 milyon adet takip modülü satışının gerçekleşeceği öngörülmektedir. Japonya'da 1995 yılında araç yönlendirme sistemleri satış rakamı 530.000 gibi çok büyük bir rakama ulaşmıştır.

Amerika'da takip ve yön bulma sistemleri tüketiciler tarafından daha çok yardım isteme amacı ile satın alınmaktadır. Kullanıcı acil bir durumda ilgili aygıtı çalıştırma suretiyle, olay yerinin konumu ve imdat mesajı otomatik olarak, kablosuz haberleşme bağlantısı ile ilgili merkeze iletilebilmektedir.

Görüldüğü gibi takip ve navigasyon sistemleri dünya çapında büyük ve gelişmeye açık bir pazar durumundadır ve insan hayatını kolaylaştıran ve yaşam kalitesinin yükselmesini sağlayan bir çok uygulamanın gerçekleşmesine olanak sağlamaktadırlar.

3.1.2 Konum belirleme

Konum belirleme, takip sistemleri için çok büyük öneme sahiptir. Takip ve yönlendirme sisteminin etkili bir şekilde çalışabilmesi için konum bilgisinin yüksek doğrulukla tespit edilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde araç yol dışında, bulunduğu konumun daha uzağında veya bir başka yol üzerinde görüntülenebilir bu da yönlendirme ve görüntüleme sistemlerinin doğru çalışmamasına neden olabilir.

Konum belirleme, gezici obje veya aracın konumunun kabul edilebilir bir hata ile ölçülmesi ve bu konumun hangi bölge veya yol üzerinde bulunduğu tespit edilmesi işlemi olarak adlandırılabilir. Konum belirlemede genellikle 3 çeşit teknik kullanılmaktadır. Bunlar uydu tabanlı, yer yüzü tabanlı ve araç tabanlı pozisyon belirleme teknikleridir.

Bu tekniklerden günümüzde en popüler olanları uydu tabanlı GPS sistemi ile araç merkezli sistemlerdir. GPS ile oldukça düşük hata payları ile konum belirleme işlemi gerçekleştirilebilmektedir (RMS 15m). Ancak daha yüksek hassasiyet gerektiren uygulamalarda bu hata oranının daha da düşürülmesi gerekmektedir. Bunun için GPS alıcısının yanı sıra, konum tespiti için mesafe ölçer, pusula, jiroskop gibi yön, ivme ve mesafe değişimlerini algılayan sensörler kullanılmaktadırlar. Pozisyon tespiti ise tüm bu sensör ve alıcılardan toplanan bilgilerin değerlendirilmesi sonucu elde edilmektedir.

3.1.2.1 GPS, Küresel konum tespit sistemi

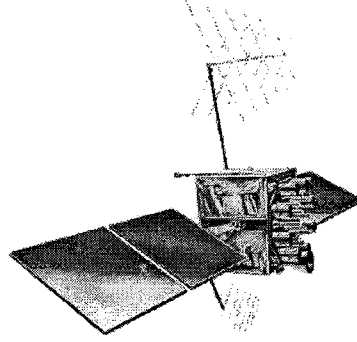
GPS (Global Positioning System) uydu tabanlı, küresel çapta 3 boyutlu konum ve hız belirleme sistemi olarak adlandırılabilir. Bu sistem ilk olarak Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı tarafından askeri amaçlar için geliştirilmiş, daha sonra bu sistem sivil kullanıma açılmıştır.

GPS temel olarak üç ana bölümden oluşmaktadır.

1. Uzay segmenti
2. Kullanıcı segmenti
3. Kontrol segmenti

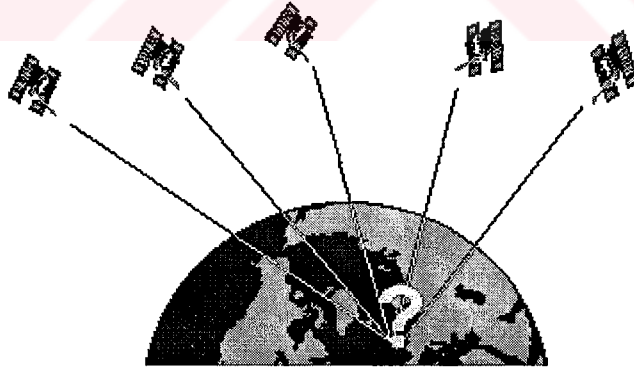
Uzay segmenti dünya yörüngesinde bulunan konum belirleme uydularından oluşmaktadır (Şekil 3.1). Kontrol segmenti bu uyduları ve yörüngelerini sürekli kontrol

ederek sistemin sağlık çalışmasını sağlamaktadır. Kullanıcı segmenti ise bir GPS alıcısından oluşmaktadır. Bu alıcı GPS uydularından aldığı sinyalleri işleyerek dünya üzerinde her hangi bir noktanın konumunu hesaplayabilmektedir.



Şekil 3.1. GPS Uydusu.

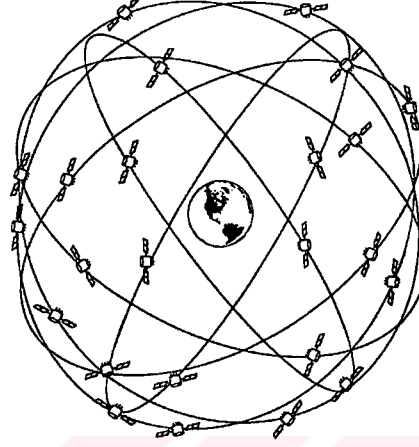
Dünya yörüngesinde bulunan GPS uyduları sürekli olarak uydu bilgilerini ve zamanlarını dünyaya göndermektedirler. Gönderilen mesajlar belli bir zaman gecikmesi ile GPS alıcısına ulaşmaktadır. Bu gecikmeye bağlı olarak GPS alıcısı ile GPS uyduları arasındaki mesafeler hesaplanabilmektedir. Uydu yörüngeleri ve uyduların hareket hızları değişmediği için, hangi tarih ve zamanda uyduların nerede olduğu bilinmektedir.



Şekil 3.2. GPS uyduları ile konum belirleme.

Uydu konumları ve uyduların GPS alıcısına olan uzaklıkları bilindiğine göre en az 3 uydu ile GPS alıcısının yer yüzündeki konumu hesaplanabilmektedir. Ancak hesaplamaların doğruluğunu kontrol için bir uydu daha kullanılmakta ve minimum 4

GPS uydusu ile, konum belirleme işlemi gerçekleştirilebilmektedir (Şekil 3.2). Dikkat edilirse GPS alıcısı, GPS uyduları ile haberleşmemekte sadece uydulardan gelen sinyalleri analiz ederek konum hesabı yapmaktadır. Konum bilgileri ya (x,y,z) kartezyen koordinatlarında veya WGS84 veya ED50 gibi geodezik koordinat sistemlerinde (enlem, boylam,yükseklik) hesaplanabilmektedir.



Şekil 3.3. GPS Uzay segmenti (Kaplan 1996).

GPS sisteminin uzay segmenti ilk olarak 6 farklı yörünge düzleminde hareket eden 24 uydudan oluşacak şekilde tasarlanmıştır (Zhao 1997). 1998 yılında 24 adet GPS uydusu daha eklenerek, uzay segmentindeki uydu sayısı 48'e çıkarılmıştır (Yenikaya 2000). GPS uyduları dünya çapında günün 24 saati kesintisiz çalışabilecek şekilde geliştirilmiştir. Böylece konum tespiti için GPS günün her saati kullanılabilir. Bu sistemin bir diğer avantajı da kullanımının ücretsiz olmasıdır. GPS uydu sinyalleri sürekli dünyaya yayınlanmakta ve bu bilgiler ücretsiz olarak dünya çapında kullanılabilir.

GPS sistemi konum hesabını zaman farklarına göre gerçekleştirdiğinden çok hassas zamanlayıcılar ile çalışması gerekmektedir. Bundan dolayı GPS uyduları 4 atomik saat kullanmaktadırlar. GPS alıcılarında ise ekonomik nedenlerden ötürü atomik saatler kullanılmamaktadır. Bunun yerine GPS alıcıları kendi saatlerini uydulara senkronize etmektedirler.

GPS uyduları kod bölmeli çoklu erişim (code division multiple access) tekniğini kullanarak L1 (1575,42 MHz) ve L2 (1227,6 MHz) olmak üzere iki frekansta mesafe kodu ve navigasyon verisi yayımlar. Her uydu bu frekanslarda yayın yapmakla birlikte

farklı bir kod kullanır. Bu kodlar düşük çapraz-iliinti (cross correlation) fakat yüksek öz-iliinti (auto-correlation) özelliklerine sahiptirler (Tohum 1996). Navigasyon verisi, alıcının uydunun yerini yayım anında belirlemek için gerekli bilgiyi içerir. Bununla birlikte mesafe kodları da uydunun yayımının kullanıcıya geliş süresini belirlemede kullanılır. Böylece uydu-kullanıcı arası mesafe belirlenmiş olur.

Çizelge 3.1. GPS Karakteristikleri

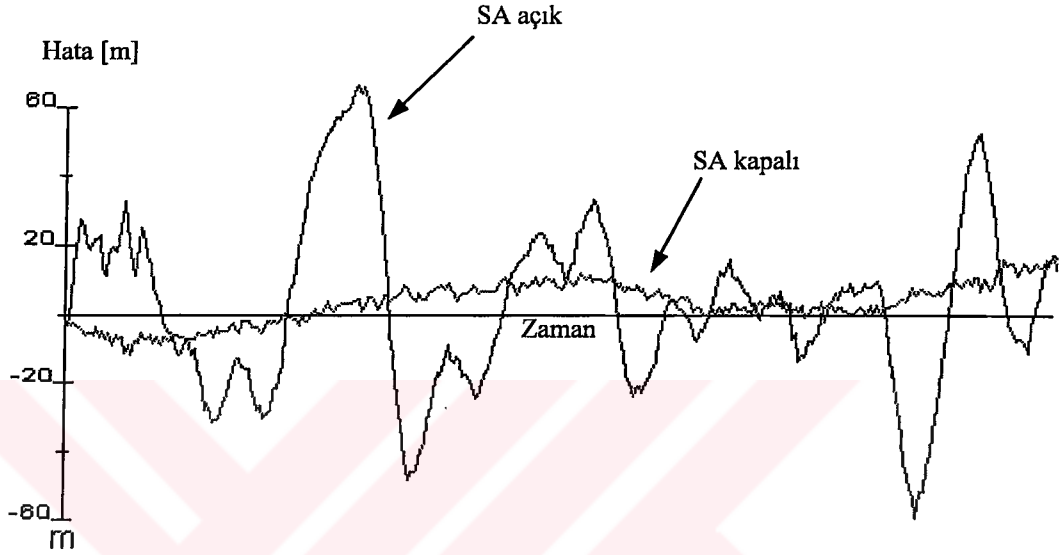
Uydu	48 uydu sürekli yayın yapmaktadır.
Yörünge	6 yörünge düzleminden oluşmaktadır.
Taşıyıcı frekansları	L1 : 1575.42MHz L2 : 1227.60MHz
Sayısal Sinyal	C/A kodu : 1.023 MHz P kodu: 10.23 MHz Navigasyon mesajı: 50bps
Pozisyon hassasiyeti	RMS 15 metre, DGPS ile 5 m'den daha düşük.
Zaman hassasiyeti	SPS: 340ns (95%) PPS: 200ns (95%)

GPS sistemi sivil ve askeri amaçlar olmak üzere iki farklı hizmet vermektedir. Bu hizmetler Standart Yerbulum Servisi (SPS Standard Positioning System) ve Hassas Yerbulum Servisi (PPS Precise Positioning System) olarak adlandırılmaktadır. Bunlardan SPS sivil kullanım için belirlenmişken, PPS askeri amaçlar için kullanılmaktadır. PPS'ye erişim çeşitli kriptolama özellikleri ile denetlenerek kullanımına sınırlama getirilmektedir. Bu mekanizmalardan birisi olan AS (antispoofing), bir tür karıştırma (jamming) tekniği olan yanıltma (deception jamming)'ya karşı bir önlemdir.

C/A kodu ve P kodunun her ikisi de pseudorandom gürültü (PRN) şeklinde üretilmiş kodlardır. PRN sinyali rastgele dağılımlı 1 ve 0'lardan oluşan ancak istenildiği takdirde tekrar üretilen sayısal bir koddur.

Standart yer bulum servisi (SPS) C/A (coarse/acquisition) kodu ile çalışmaktadır. ABD Savunma bakanlığı güvenlik gerekçesi ile sivil kullanımdaki hata oranını askeri kullanıma oranla daha yüksek tutmuştur. GPS sisteminin çalışmaya

başladığı tarihlerde sistem seçiciliğinden dolayı (Selective Availability), SPS ve PPS konum hassasiyetleri arasında büyük bir fark bulunmaktaydı (SPS konum hassasiyeti 100m, PPS konum hassasiyeti 21m). Sivil uygulamalar ve takip sistemleri için 100m çok büyük bir hata oranıdır. ABD hükümetine yapılan seçiciliğin kaldırılması yönündeki yoğun sivil talep üzerine sistem seçiciliği (SA) 1 Mayıs 2001'de kaldırılmıştır.



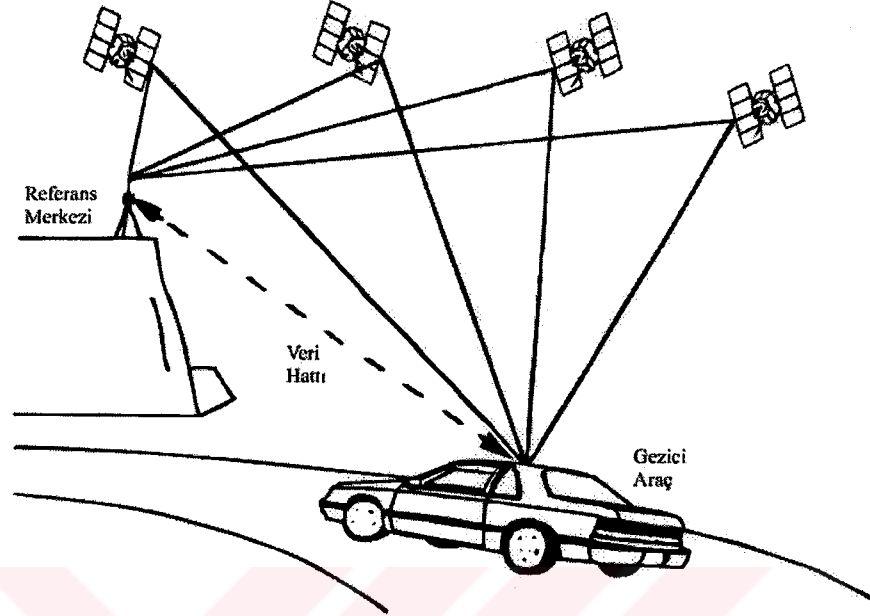
Şekil 3.4. Sistem seçiciliğinin konum hatası üzerine etkisi¹

Sistem seçiciliğinin açık olup olmadığını anlamamanın yolu, konumu bilinen bir noktada GPS alıcısını çalıştırarak belirli bir zaman aralığında ölçüm almaktır. Eğer sistem seçiciliği devreye sokulmuş ise elde edilen konum değerleri çapı 100m olan bir daire içinde her hangi bir noktada ölçülecektir. Seçicilik devrede değil ise bu hata 15-20m civarına inecektir (Şekil 3.4).

Diferansiyel GPS (DGPS) tekniği ile SPS sivil kullanımda oluşan pozisyon hatasını PPS oranına yaklaştırmak mümkündür. Bu teknikte iki adet GPS alıcısı kullanılmaktadır. Bu alıcılardan biri takip merkezinde, diğeri ise izlenecek araçta bulunmaktadır. Takip merkezinin pozisyonunun ise yüksek hassasiyetle önceden biliniyor olması gerekmektedir. Takip merkezindeki sabit GPS alıcısından elde edilen anlık pozisyon bilgisi ile takip merkezinin gerçek pozisyonu arasındaki fark ölçülerek o

¹ www.mercat.com/QUEST/Error.htm

anda oluşan konum hatası tespit edilmekte ve bu konum hatasından yararlanılarak, hareketi araçta bulunan GPS alıcısındaki ölçüm hatası düzeltilebilmektedir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. DGPS sistemi

Bu sistemle sistem seçiliği aktif iken dahi 15m'nin altında hata oranları ile çalışılabilmektedir. Bu da takip sistemleri için kabul edilebilir bir hata oranıdır. Sistem seçiciliğinin devre dışı kaldığı durumlarda bu oran 5 m altına inmektedir.

GPS uydularından gelen sinyaller atmosfer tabakalarından geçerken çeşitli zaman gecikmeleri ve buna bağlı ölçüm hataları oluşmaktadır. oluşan pozisyon hatalarının gezici araçtaki GPS alıcısı ve takip merkezindeki GPS alıcısı için aynı olduğu varsayımına dayanarak takip merkezinde hata miktarı ölçülür ve gezici aracın konum hatası düzeltilebilir. Kontrol merkezi, gezici araçtan çok uzakta olmamalıdır. 5 metre'lik bir hassasiyetle pozisyon tespiti için takip edilecek objenin, kontrol merkezinden en fazla 50 km uzaklıkta olması gerekmektedir (Zhao 1997). DGPS performans özellikleri çizelge 3.2'de verilmiştir. Çizelge 3.2'de görüldüğü gibi DGPS çözümü, hem SPS hem de PPS' den daha iyi sonuç vermektedir.

Yer yüzünde veya atmosferde her hangi bir noktanın koordinatının belirlenmesi için 3 veya daha fazla GPS uydusuna ihtiyaç vardır; ayrıca bu uyduların, GPS alıcısının

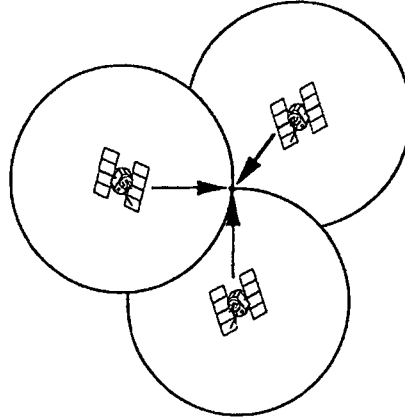
bulunduğu noktaya olan uzaklıklarının da bilinmesi gerekmektedir (Şekil 3.6). Bu uzaklıklar, GPS uydularından gönderilen sinyalin alıcıya ulaşana kadar geçen sürelerin ışık hızı ile çarpılması ile elde edilmektedir ($x = c \cdot t$).

Çizelge 3.2. DGPS Karakteristikleri.

Alıcının merkezden uzaklığı :	<50 km
Veri sorgulama periyodu :	5-10 sn
Pozisyon hassasiyeti :	<5m
Hız hassasiyeti :	0.1 m/s
Zaman hassasiyeti :	100 ns

Kaynak : ZHAO, Y. 1997. Vehicle Location and Navigation Systems. Artech House. Norwood, 345 p.

Hassas konum tespiti için, GPS sinyalinin alıcıya ulaşana kadar geçirdiği sürenin çok hassas ölçülmesi gerekmektedir. Ekonomik nedenlerden dolayı GPS alıcılarında atom saatleri kullanılamamaktadır. Bunun yerine GPS alıcılarında kuartz kristal saatler kullanılmaktadır. Bu saatler yüksek hassasiyetli olmadığından, zamanlama hatalarının önüne geçebilmek için konum belirlemede 4. bir uydu daha kullanılır. 4. Uydu yardımıyla GPS alıcısı kendi saati ile uydu saatleri arasındaki senkronizasyon farklarını giderebilmektedir.



Şekil 3.6. GPS uyduları ile konum belirleme (Zhao 1997).

GPS ile bir yer yüzünde noktanın koordinatı aşağıdaki denklem takımlarının çözülmesi ile tespit edilmektedir.

$$\begin{aligned}
p1 &= \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2} + c(dt - dT_1) \\
p2 &= \sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2} + c(dt - dT_2) \\
p3 &= \sqrt{(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 + (z - z_3)^2} + c(dt - dT_3) \\
p4 &= \sqrt{(x - x_4)^2 + (y - y_4)^2 + (z - z_4)^2} + c(dt - dT_4)
\end{aligned} \tag{2.1}$$

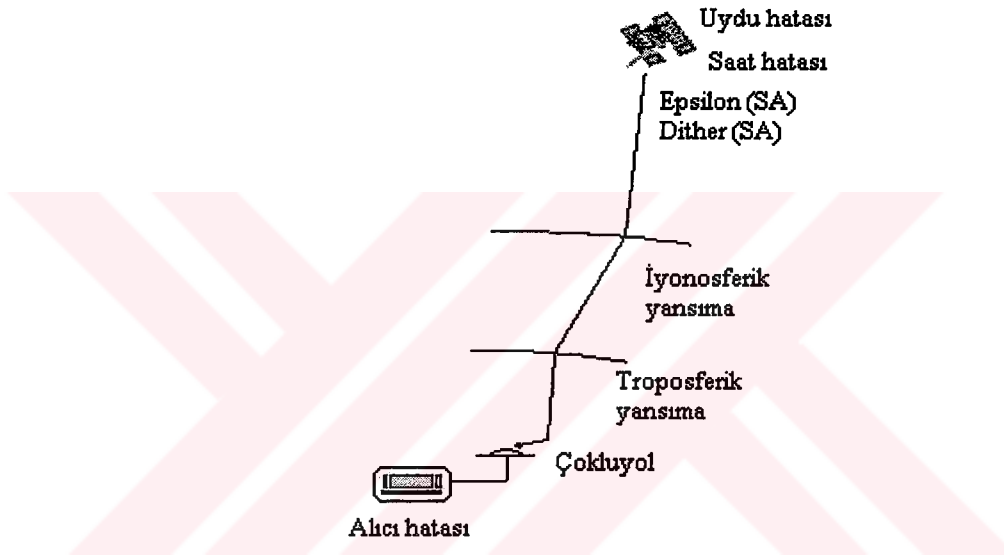
Yukarıdaki formüllerde p: uyduların GPS alıcısından uzaklığı, c: ışık hızı, dt: alıcı zaman ofseti, dT ise uydulara ait atomik saatlerin ofset bilgileridir. Bilinmeyen noktanın koordinatı (x,y,z), uydu konumları (x_i,y_i,z_i; i=1,2,3) şeklinde belirtilmiştir. Bu denklemlerde bilinmeyenler 3 boyutlu kartezyen koordinatlarda pozisyon bilgisi ve GPS alıcısının uydu saatleri ile arasındaki ofset farkıdır (x, y, z, dt). Bu denklem sistemleri Newton-Raphson metodu ile çözümlenerek bilinmeyen konum bulunabilir.

Çizelge 3.3. GPS alıcı hataları.

Hatalar	GPS (m)	GPS En kötü durum (m)	DGPS (m)
Uydu saati	2-3	25	<0.5
Uydu yörüngesi	1-2	5	<0.5
Seçicilik	30-50	100	<0.5
Ephemeris kestirimi	3-5	15	<0.5
İyonosferik gecikme	10-15	100	<0.5
Troposferik gecikme	3-5	30	<0.5
Çoklu yol	10	15	10
Alıcı gürültüsü	5	15	5
Toplam hata	100 (95%)	300 (99.99%)	15 (95%)

GPS alıcılarındaki teknolojik gelişmeler ile konum bilgisinin hesaplanmasında 4'ten daha fazla uydu kullanılabilir. Bu tezde gerçekleştirilen sistemde kullanılan GARMIN GP25LP serisi 12 adet uyduya bağlı olarak konum tespiti yapabilmektedir (Anonim 2002). Konum tespiti için çözülmesi gereken denklem takımı 4'ün üzerinde olduğu durumlarda, bu denklemlerin çözümü için kalman filtre algoritması veya küçük kareler algoritması kullanılabilir. Bu tekniklerle ilgili ayrıntılı bilgi için Kaplan (1996) başvurulabilir.

GPS alıcısı ile sağlıklı pozisyon tespiti gerçekleştirebilmek için, sistemde oluşabilecek hatalar ve hata kaynakları konusunda bilgi sahibi olunması gerekmektedir. Sistem seçiciliğinin (SA) yanı sıra, iyonosfer ve troposfer kaynaklı zaman gecikmeleri, uydu geometrisinden kaynaklanan DOP (Dilution of precision) hatalar, alıcı gürültüsü, çok yollu yansıma hataları, uydu yörünge sapmaları (Ephemerides hataları) da hatalı konum ölçümüne sebep olmaktadır. Bu hatalardan kaynaklanabilecek konum sapmaları çizelge 3.3'te belirtilmiştir. Çizelgede toplam hata bölümünde belirtilen yüzde değerleri, 100 örnekten kaç örneğin belirtilen hata sınırları içinde kaldığını göstermektedir.



Şekil 3.7. GPS hata kaynakları.

GPS'in bir çok uygulama alanı bulunmaktadır. Geodezik araştırmalar, takip sistemleri, yön bulma ve navigasyon amaçlı uygulamalar, kendi başına hareket edebilen akıllı araç, roket ve robotlar, coğrafi bilgi sistemleri, tarım, petrol, maden araştırmaları ve askeri uygulamalarda küresel konum belirleme sistemi aktif olarak kullanılmaktadır.

ABD'nin geliştirmiş olduğu "Küresel Konumlama Sistemi" yanı sıra farklı uydu tabanlı konum belirleme sistemleri de mevcuttur. GPS'le eşzamanlı olarak o zamanki adıyla SSCB'nin geliştirdiği benzer amaçlı diğer bir sistem de GLONASS'tır. Mali imkansızlıklar yüzünden GPS kadar sağlıklı işletilemese de halen kullanılmaktadır. Aktif olarak çalışması amaçlanan 24 adet GLONASS uydusundan ancak 9 adedi hizmet

verebilmektedir. Avrupa Uzay Ajansı (ESA) ve Avrupa komisyonu ise GALILEO adlı yeni bir sistem geliştirmektedir. GALILEO sisteminin 3 milyar € 'ya mal olacağı ve 2008'de biteceği tahmin edilmektedir (Tohum 2000). Bu gibi sistemlerin çoğalması takip, konum ve yön bulma uygulamalarının daha da gelişmesini ve yaygınlaşmasını sağlayacaktır.

3.1.3 Sayısal haritalar

Takip ve yön bulma sistemlerinde sayısal haritalar çok önemli bir yere sahiptir. Seyahat eden bir birimin harita olmadan yönünü bulması çok zordur. Bir harita yardımıyla gezici aracın hangi konumda olduğu ve yönünü nasıl bulacağı kolayca görülebilmektedir.

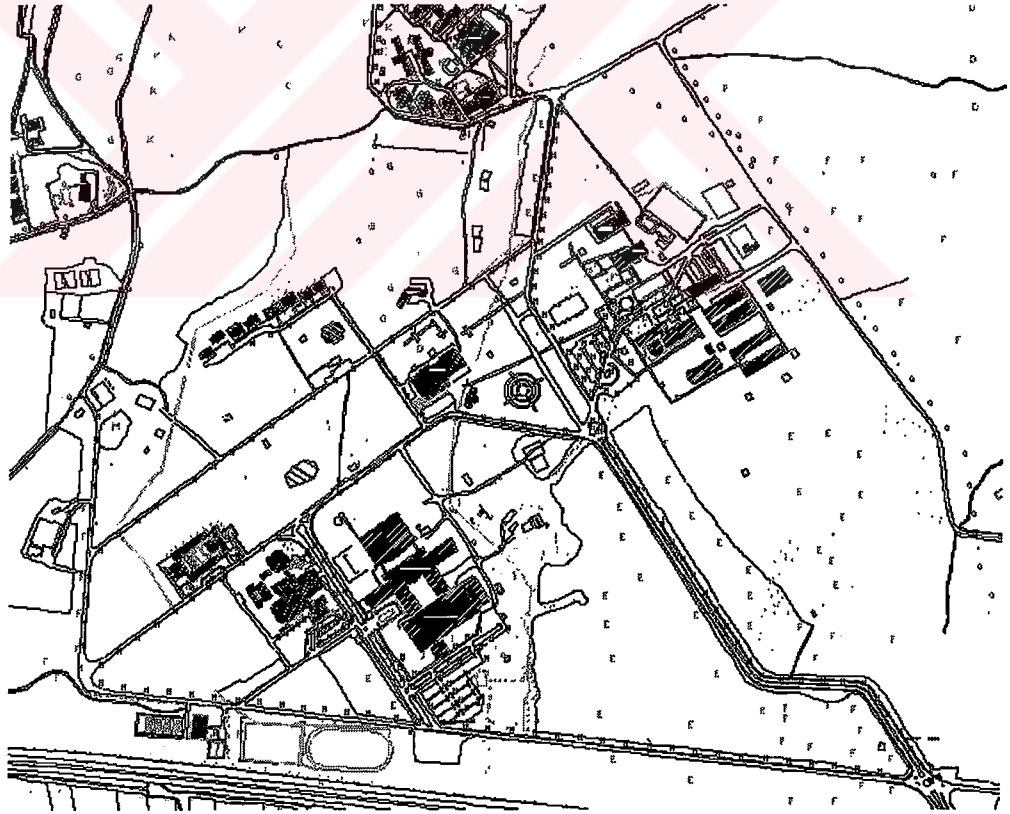
Sayısal harita veri tabanları kullanıcılara şu gibi yararları sağlamaktadırlar.

1. Haritayı görüntüler
2. Adres ve gidilecek yönleri bildirir.
3. Seyahat rotasını hesaplar.
4. Hesaplanan yola göre sürücüye rehberlik eder.
5. Sensörlerden gelen bilgilerin düzeltilmesi için kullanılabilir.
6. Seyahat bilgileri temin eder.

Sayısal haritaların gösteriminde iki farklı metot kullanılır. Bunlardan birincisi raster kodlama veya bit haritası şeklinde haritanın hazırlanması ve sunulmasıdır. Diğer bir teknik ise vektör tabanlı kodlama tekniğidir. Raster kodlamada sayısal harita aynı bir fotoğraf gibi o bölgeye ait tüm bilgileri aynı anda göstermektedir. Ancak bu teknikle hazırlanmış haritalar çok büyük disk ve hafıza boyutları gerektirmektedir. Vektör tabanlı kodlamada ise harita bilgileri sayısal bir veri tabanı üzerinde saklanmaktadır. böylece veri erişim ve görüntüleme hızı artmakta aynı zamanda harita dosyasının diskte kapladığı alan da azalmaktadır.



Şekil 3.8. Raster kodlu, Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü haritası.



Şekil 3.9. Vektör kodlu, Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü haritası.

Bir çok uygulamada her iki teknik bir arada kullanılmaktadır. Örneğin Bursa şehri kent bilgi sisteminde, şehrin hem raster kodlu uydu fotoğrafları hem de vektör kodlu harita veri tabanı kullanılmıştır. Şekil 3.8 ve şekil 3.9'da bu tezde geliştirilen takip sisteminde kullanılan raster ve vektör kodlu kampüs haritası verilmiştir.

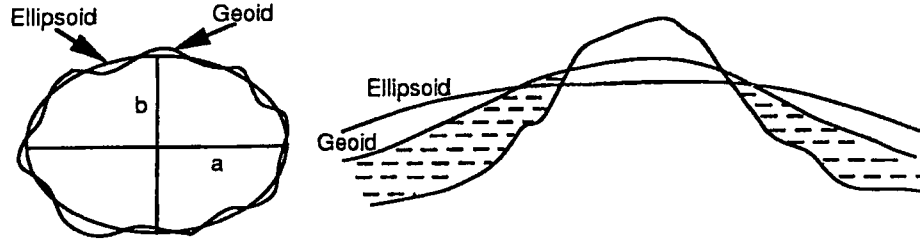
Şekil 3.8-9'da verilen haritalar Bursa Su ve Kanalizasyon İşletmesi (BUSKİ)'den temin edilmiştir. Şekil 3.8 kampüsün uydu fotoğrafıdır. Fotoğraftaki renk farklılıkları farklı paftalardan kaynaklanmaktadır. Her paftanın rengi haritada farklı gözükmetedir. U. Ü. Görükle Kampüsü 4 farklı paftanın kesişiminde olduğundan resimde renk farklılıkları oluşmuştur.

Şekil 3.9'da verilen harita ise uydu fotoğrafından elde edilmiş ve vektör tekniği ile kodlanmıştır. Harita dosya formatı Autodesk DXF formatıdır. Bu dosya formatında tüm binalar, yollar ve objeler çeşitli vektör gruplarının bir araya getirilmesi ile oluşturulmuş ve bu bilgiler sayısal bir veri tabanına oturtulmuştur. Böylece harita dosya boyutu büyük ölçüde azaltılmış ve kullanım kolaylığı sağlanmıştır.

Sayısal haritalar hazırlanırken ilk olarak haritası hazırlanacak yerin uydu veya hava fotoğrafı çekilir (Şekil 3.8). Bu fotoğraflar daha sonra birleştirilerek bölgesel haritalar elde edilir. Önceden konumu çok hassas belirlenmiş olan nirengi noktaları harita üzerinde işaretlenerek harita üzerindeki yollar, binalar, evler ve diğer nesnelere koordinatları hesaplanır. Böylece uydu fotoğrafı, sayısal haritaya dönüştürülmüş olur.

3.1.1.1 Referans koordinat sistemleri

Sayısal haritaları oluşturabilmek için dünya yüzeyi için matematiksel bir model kurmamız gerekmektedir. Dünyayı kutuplardan basık bir elipsoid olarak modellemek mümkündür. Ancak yer kabuğu tam olarak elipsoid değil geoiddir (Şekil 3.10). Yer yüzeyinin farklı yüksekliklerdeki dağlardan ve denizlerden oluşması, dünya yüzeyi için eliptik bir modelin kurulmasını güçleştirmektedir. Ancak kullanım kolaylığı olması bakımından belirli hata kabullerine bağlı olarak çok çeşitli elipsoid modelleri yer yüzeyinin tanımlanmasında ve haritacılık işlemlerinde kullanılmaktadır. Her ülke kendi coğrafi yapısına bağlı olarak dünya yüzeyini modellemede kendine farklı bir sistem seçmiştir.



Şekil 3.10. Elipsoid ve geoid.

Bu matematiksel sistemler datum olarak adlandırılmaktadırlar. Dünya çapında genel kabul gören datum, “World Geodetic System 1984” yani WGS 84’tür.

Çizelge 3.4. Bazı referans elipsoidleri.

Elipsoid	Yatay yarı çap	1/f
International 1924 / ED50	6378388	297
WGS 84	6378137	298.257223563

Çizelge 3.5. Bazı geodezik datum dönüşüm parametreleri.¹

Datum	Elipsoid	dX	dY	dZ	Bölge	eX	eY	eZ	#S
WGS 84	WGS 84	0	0	0	Küresel	-1	-1	-1	0
European 1950	International 1924	-84	-95	-130	Avrupa (Yunanistan)	25	25	25	2
Tokyo	Bessel 1841	-148	507	685	Japonya	8	5	8	16
WGS 84	WGS 84	0	0	0	Küresel	-1	-1	-1	0

d = mesafe farkı (m) ; e = tahmini hata (m) ; #S = hesaplamada kullanılan uydu sayısı

Ancak bazı datum’larda elipsoid merkezleri ile dünyanın kütleli merkezi arasında bazı farklar bulunmaktadır. Eğer araç takip sisteminde kullanılacak harita farklı bir datum’a bağlı olarak koordinatlandırılmış ise ilgili datum parametrelerinin GPS alıcısına girilmesi ve bu ayarlar kullanılarak pozisyon ölçümü yapılması gerekmektedir.

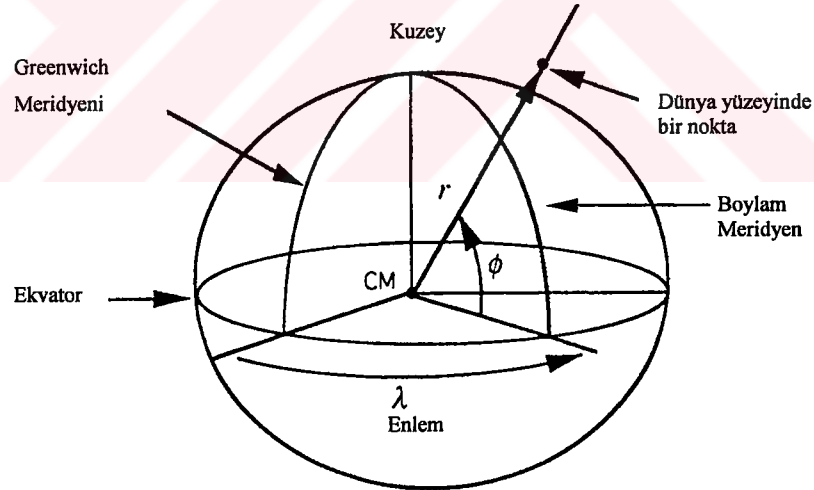
¹ <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/datum/edlist.html>

Çizelge 3.4 ve 2.5'te datum parametrelerinin farklılıkları net olarak görülebilmektedir. Doğru datum'da ölçüm yapabilmek için GPS alıcısına girilecek parametreler:

- Dünya elipsoidinin yatay eksenindeki yarı çapı, (a)
- Dünyanın kutuplardan basıklık derecesi tersi, (1/f)
- Elipsoidin merkez noktası ile, Dünyanın kütle merkezi arasındaki mesafe farkı (delta x, delta y, delta z) şeklindedir.

Her ne kadar bu parametreler bir tablo şeklinde bir çok GPS alıcısında bulunsa da, bazı bölgesel farklılıklardan dolayı bu parametrelerin alıcıya dışarıdan girilmesi veya bazı parametrelerde değişiklik yapılması gerekebilir.

GPS alıcısı seçilen datum'a bağlı olarak cihazın bulunduğu pozisyonu enlem ve boylam (meridyen) olarak vermektedir. Meridyen dünyayı kuzey ve güney kutupları boyunca kesen dikey çembere verilen addır. Tüm meridyenlerin uzunluğu bir birine eşittir. Meridyenlerin başlangıç noktası Greenwich olarak belirlenmiştir.



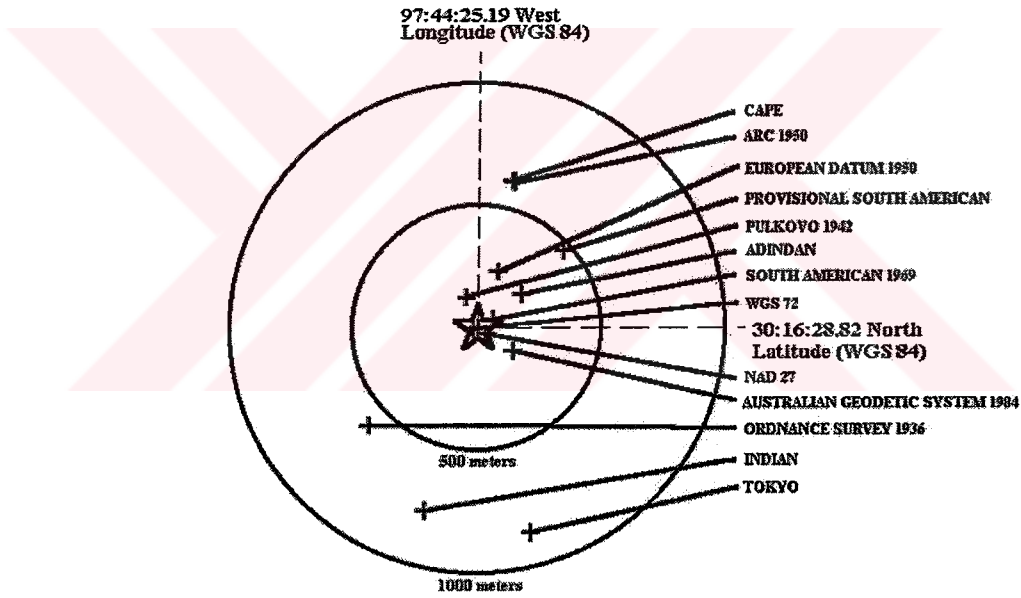
Şekil 3.11. Enlem ve boylam.

Boylam ise dünyayı ekvatora paralel olarak kesen çemberlere verilen addır. En büyük boylam dairesi ekvatorudur. Boyamların uzunlukları meridyenler gibi sabit değildir. Kutuplara gidildikçe boylamların uzunlukları azalmaktadır. Küresel koordinatlarda enlem λ simgesi ile, boylam ise ϕ simgesi ile gösterilmektedir. Elipsoid üzerindeki her

hangi bir nokta, aynı küre yüzeyinde olduğu gibi enlem ve boylam açıları ile gösterilebilir. Bir elipsoidi çemberden ayıran, dikey ve yatay yarı çaplarının bir birine eşit olmamasıdır. dikey yarı çap “b” ile, yatay yarı çap ise “a” harfi ile gösterilmektedir. Genelde elipsoid parametreleri verilirken her iki yarı çap değeri yerine a yarı çapı ile elipsoidin basıklık derecesini gösteren f parametresi kullanılmaktadır.

$$f = (a-b) / a \quad (2.2)$$

Basıklık (flattenning) yukarıdaki formülde görüleceği üzere elipsoidin her iki yarıçapının arasındaki farkın, yatay yarı çapa oranıdır. Basıklık değeri 0'a yaklaştıkça elipsoid çembere yakınsamaktadır. Basıklık 0'dan uzaklaştıkça elipsoidin b yarı çapı azalarak, basıklığının arttığı 2.2 formülünden kolaylıkla görülebilir.

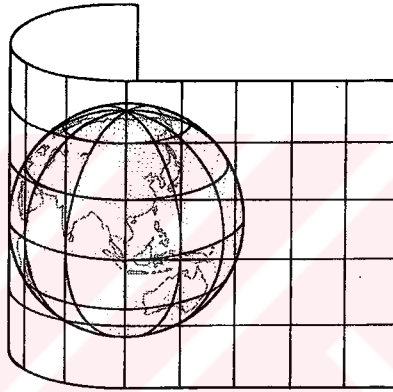


Şekil 3.12. Datum farklılıklarından kaynaklanan pozisyon sapmaları (Dana 1994).

Her datum'un kullandığı elipsoid parametreleri bir birinden farklı olduğundan, sayısal harita hazırlanırken kullanılan datum bilinmiyorsa, büyük pozisyon hataları oluşacak ve elde edilen konum değerlerine bağlı olarak takip edilmek istenen araçlar doğru yerlerde görüntülenemeyecektir. Bu yüzden haritanın hazırlandığı datum'un

bilinmesi araç takip sistemlerinde büyük önem arz etmektedir. Datum farklılıkları konusunda uygulamadan bir örnek vermek gerekirse, Irak'ta çöl fırtınası hareketinde görev alan helikopterlerin navigasyon sistemlerinde yüklü haritalar ile uçuş personelinin ellerinde bulunan kağıt haritalarda farklı datumların kullanılmış olması, hedef yerlerinin belirlenmesinde 1,5-2 Km'ye varan sapmalara yol açmıştır (Tatar 2000).

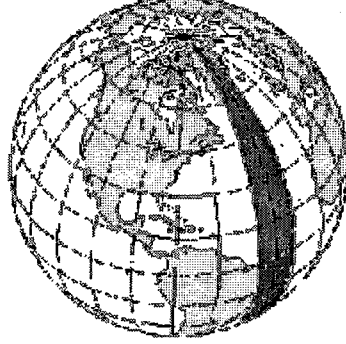
Üç boyutlu küresel dünya yüzeyinin 2 boyutlu harita düzleminde gösterilebilmesi için bir dönüşüme ihtiyaç bulunmaktadır. Bu çalışmada kullanılan dönüşüm metodu UTM (Universal Transverse Mercator) projeksiyonudur. Bu dönüşümde dünya yüzeyinin bir silindir yüzeyine izdüşümü alınmakta ve küresel pozisyonlar bu silindir yüzeyinde tanımlanmaktadır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Silindirik izdüşüm.

UTM dönüşümü ile elde edilen düzlemsel harita çeşitli bölgelerden oluşur. UTM dönüşümde hazırlanacak haritanın ölçeğine bağlı olarak, yer küre 6 veya 3 derecelik dilimlere bölünmekte ve bu dilimlerin silindirik izdüşümleri yardımıyla 2 boyutlu harita oluşturulabilmektedir (Şekil 3.14). UTM 6 projeksiyonunda, yeryüzü 60 adet 6 derecelik dilime yani bölgeye bölünmektedir. Bu bölgeler 180 derece batı meridyeninden başlayarak doğuya doğru ilerler. 180 derece batı meridyeni ile başlayan bölge numarası 1'dir. Daha sonra doğuya doğru diğer bölgeler gelmektedir. Bursa ili 28 derece meridyeninde olduğundan 6 derecelik sistemde 35. bölgeye (35. bölge : 24 derece ile 30 derece arası) denk düşmektedir. Her bölgenin orta meridyeninin metrik sistem karşılığı 500.000 metre'dir. Haritada doğuya yani sağa ilerledikçe bu değer artar, bölge orta meridyeninden batıya gidildikçe bu değer azalır. Orta meridyenin metrik

karşılığının 500.000m olmasının sebebi bölge içinde kalındığı müddetçe negatif metrik koordinatların oluşmasını engellemektedir.



Şekil 3.14. UTM zone dilimi.

Küresel koordinatlardaki meridyenler, UTM projeksiyonu ile 2 boyutlu “sağa” değerlere, boylamlar ise “yukarı” değerlere dönüştürülür. Sağa değerler bir nevi x eksenine, yukarı değerler ise zone içinde y eksenine tekabül etmektedirler. Kuzey yarım küre için ekvator boylamı “yukarı” değerlerin başlangıç noktasıdır ve kuzeye doğru ilerlendikçe yukarı değerler büyümektedir. Eğer güney yarım kürede çalışılıyorsa negatif yukarı konum değerlerinden kurtulmak için yukarı değerlere 10.000.000 metre eklenir. Kuzey yarım kürede ise değerler hep pozitif olduğundan böyle bir ekleme yapılmamaktadır.

1/25000 ölçekli ve daha küçük ölçekli haritalarda 6 derecelik UTM dönüşü kullanılırken, büyük ölçekli haritalarda 3 derecelik UTM dönüşümü kullanılmaktadır. 3 derecelik dönüşümde bölge boyu 3 derecedir. Bu sistemde 180 adet bölge bulunmaktadır. Bölge 1, 180 derece batı ile 177 derece batı meridyeni arasındadır. Bölge 1’in orta meridyeni 178.5 derece batı meridyenidir.

Türkiye’nin coğrafi konumu batı-doğu doğrultusunda uzanır. Uçtan uca boylam farkı 19° dir. Bu sebepten Türkiyede, 6° lik 4 dilim ile (6° lik 4 ayrı koordinat sistemi), 3° lik 7 dilim (3° lik 7 ayrı koordinat sistemi) vardır. 6° lik dilimlerin başlangıç boylamları 27° , 33° , 39° , 45° ve 3° lik dilimlerin başlangıç boylamları 27° , 30° , 33° , 36° , 39° , 42° , 45° dir. Yukarı değerler ekvatorndan başladığından 4.000.000 m civarındadır. Sağa değerler ise 6° lik dilimlerde 200.000 – 800.000 m ve 3° lik

dilimlerde 350.000 – 650.000 m arasındadır. Burada kullanılan 6° lik dilimlerdeki sağa değerler, dilim numarasız sağa değerlerdir.

UTM koordinat sisteminde ekvatorдан kutuplara doğru ilerledikçe bozulmalar artar. Bu nedenle bozulmanın kabul edilebileceği üst sınırlar olarak kabul edilen 84° kuzey ve 80° güney paralellerinin ötesinde UTM koordinatları kullanılmamaktadır. Bu bozulmanın sebebi kutuplara gidildikçe meridyenler arası mesafelerin kısılmasıdır, halbuki UTM dönüşümünde bu mesafe değişimleri korunmamaktadır.

3.1.1.2 UTM projeksiyonu

Bu tezde gerçekleştirilen araç takip sisteminde kullanılan sayısal harita Yunanistan'a ait ED50 Datum parametrelerine göre hazırlandığından UTM dönüşümü için kullanılacak parametreler aşağıdaki şekilde olmalıdır.

GPS alıcısına girilen datum parametreleri:

Elipsoid yatay yarı çapı : $a = 6378388$ (metre)

Elipsoid dikey yarı çapı : $b = 6356911.946$ (metre)

Elipsoid basıklığı: $(1/f) = 297$

ED50 elipsoid merkezi ile WGS84 elipsoid merkezi arasındaki fark:

delta x = 84 m

delta y = 95 m

delta z = 130 m

şeklindedir.²

GPS alıcısı yukarıdaki datum parametrelerine bağlı olarak referans elipsoidi üzerindeki alıcı konumunu enlem ve boylam olarak hesaplamakta ve bu konumları derece ve dakika cinsinden bildirmektedir. Elde edilen bu enlem ve boylam bilgilerinin 2 boyutlu kartezyen koordinatlara dönüştürülmesi için aşağıda verilen UTM projeksiyon formülleri kullanılmaktadır.

² www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/datum/edlist.html

GPS alıcısının ED50 datumuna göre hesapladığı küresel pozisyon enlem ve boylam cinsindedir. Enlem ve boylam cinsinden koordinatı metrik sistemde X ve Y koordinatlarına dönüştürmek için kullanılan formüller aşağıda verilmiştir.

GPS alıcısının ürettiği koordinatlar:

Enlem : φ (radyan)

Boylam : λ (radyan)

Merkez meridyen : λ_0 (3 derecelik bölge orta meridyeni)

UTM Projeksiyonu ile 2 boyutlu kartezyen koordinatlara dönüşüm formülleri

X (E) : Sağa (Doğu) değerler:

$$E = FE + k_0 v \left[A + (1 - T + C) \frac{A^3}{6} + (5 - 18T + T^2 + 72C - 58e'^2) \frac{A^5}{120} \right] \quad (2.3)$$

Y (N) : Yukarı (Kuzey) değerler için :³

$$N = k_0 \left\{ M + v \tan \varphi \left[\frac{A^2}{2} + (5 - T + 9C + 4C^2) \frac{A^4}{24} + (61 - 58T + T^2 + 660C - 330e'^2) \frac{A^6}{720} \right] \right\} \quad (2.4)$$

E ve N, UTM dönüşümü sonucunda elde edilen silindir düzlemine ait metrik koordinat bilgisidir. Böylece derece cinsinden hesaplanmış olan koordinatlar, UTM projeksiyonu ile silindir düzlemine aktarılmıştır. (2.3) ve (2.4)'te kullanılan parametreler dünya elipsodine ait a, f değişkenlerine, enlem, boylam ve UTM zone merkez meridyenine bağlı olarak hesaplanmaktadır. (2.5) ve (2.6)'da bu ilişkiler gösterilmiştir.

³ http://www.posc.org/Epicentre.2_2/DataModel/ExamplesofUsage/eu_cs34.html

Bu formüllerde kullanılan değişkenler :

$$\begin{aligned}
 A &= (\lambda - \lambda_0) \cos \varphi & T &= \tan^2 \varphi \\
 v &= \frac{a^2}{b\sqrt{1+C}} & C &= \frac{e^2}{1-e^2} \cos^2 \varphi \\
 e'^2 &= \frac{a^2 - b^2}{b^2} & e^2 &= \frac{a^2 - b^2}{a^2}
 \end{aligned} \tag{2.5}$$

$$k_0 = 1$$

$$M = a \cdot \begin{bmatrix} + \left(1 - \frac{e^4}{4} - \frac{3e^4}{64} - \frac{5e^6}{256}\right) \varphi \\ - \left(\frac{3e^2}{8} + \frac{3e^4}{32} + \frac{45e^6}{1024}\right) \sin 2\varphi \\ + \left(\frac{15e^4}{256} + \frac{45e^6}{1024}\right) \sin 4\varphi \\ - \left(\frac{35e^6}{3072}\right) \sin 6\varphi \end{bmatrix} \tag{2.6}$$

Yukarıda verilen denklem takımları yardımıyla enlem ve boylam değerleri kartezyen koordinatlara dönüştürülerek küresel dünya yüzeyi silindirik yüzeye çevrilir. Gerçekleştirilen dönüşüm ile derece cinsinden değerler yerine metrik değerlerle çalışılabilmektedir. UTM 3 dönüşümüne sayısal bir örnek vermek gerekirse, kampüs içinde GPS alıcısı ile ölçülen bir noktanın koordinatı ED50 datumuna göre :

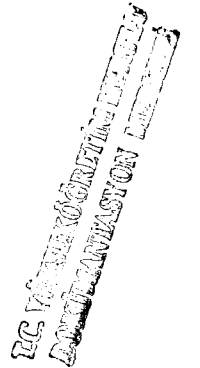
Enlem (Kuzey) : 40° 13,6125'

Boylam (Doğu) : 28° 52,1056'

Şeklindedir. UTM 3 dönüşümü ile bu noktalar aşağıdaki metrik koordinatlar çevrilir.

Sağa değer (Doğu) : 403.686 metre

Yukarı değer (Kuzey) : 4.455.411 metre



3.2 YÖNTEM

3.2.1 Giriş

Bu tezin uygulama bölümünde, düşük maliyetli çevrim içi araç takip sistemi tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, GPS tabanlı çevrim içi araç takip sisteminin uygulama alanı Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü seçilmiştir. Geliştirilen sistem çevrim içi çalışabildiği için, takip merkezinden her an gezici araç konumları izlenebilmektedir.

Bu uygulamada gezici araca bir izleme modülü takılarak, takip merkezinden pozisyon bilgisi sorgulanmış ve bu sorguya bağlı olarak araç konumu, sayısal harita üzerinde görüntülenmiştir. Araç konum bilgisi, GARMIN firmasının OEM GPS alıcısı ile tespit edilmiş ve MOTOROLA GM300 araç telsizi vasıtasıyla takip merkezine iletilerek sayısal harita üzerinde araç konumu görüntülenmiştir. Kullanılan telsiz sadece ses iletimi için tasarlanmış olmasına karşın, sisteme eklenen bir modülasyon devresi yardımıyla GM300 telsizleri üzerinden 1200 Baud hızında sayısal veri iletimi gerçekleştirilmiş, böylece yüksek maliyetli kablosuz haberleşme sisteminin alt yapısı ekonomik olarak kurulabilmiştir.

Bu çalışmada geliştirilen sistem “sorgula ve izle” prensibi ile çalışmaktadır. Gezici araca takip merkezinden telsiz aracılığıyla sürekli konum sorgu mesajı iletilerek, GPS alıcısının çalışması sağlanmış; GPS alıcısının ürettiği pozisyon bilgilerinin takip merkezine geri bildirilmesi ile aracın sayısal harita üzerinden izlenmesi mümkün olmuştur. Bu çalışmada geliştirilen sistem, gezici araçlara ait konum bilgilerini izlemenin yanında araca ait veya aracın bulunduğu konuma ait bir çok farklı parametrenin izlenmesi ve bu bilgilerden gerekli çıkarımlarda bulunulması için de kullanılabilir.

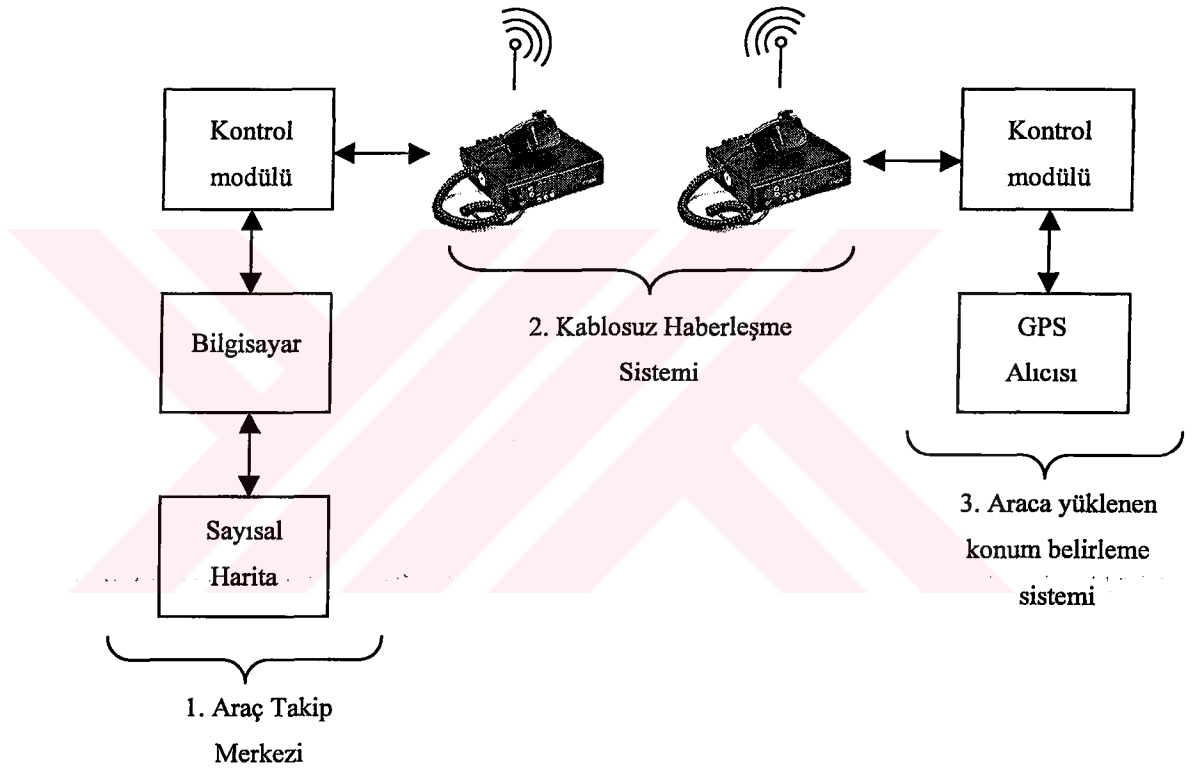
3.2.2 Sistemin tanıtılması

Tasarlanan araç takip sistemi temel olarak 3 ana modülden oluşmaktadır.

1. Konum belirleme modülü.

2. Haberleşme sistemi.
3. Sayısal harita ve bilgisayar yazılım modülü.

Araç takip merkezi, sayısal harita, takip yazılımı, kontrol devresi ve telsiz modüllerini içermektedir. Takip yazılımı Windows 98 ortamında çalışacak şekilde C++ Builder 3.0 ile hazırlanmıştır. Hazırlanan yazılım ile gezici araçların konumları “otomatik” veya “manuel” olarak sorgulanabilmekte ve araç konumları sayısal harita üzerinde izlenebilmektedir.



Şekil 3.15. Araç takip sisteminin bileşenleri.

Kablosuz haberleşme sistemi için çeşitli alternatifler mevcuttur. GSM şebekesi, uydu haberleşmesi veya radyo frekans haberleşmesi gibi teknikler araç takip sistemlerinde kullanılabilir. Bu projede, takip edilecek aracın konum bilgilerinin sorgulanması ve sorgu akabinde konum bilgilerinin takip merkezine iletimi için UHF-VHF frekans bandında çalışan MOTOROLLA GM300 telsizleri kullanılmıştır. Şekil 3.15’de bu sistemi oluşturan modüller blok şema halinde gösterilmiştir.

Haberleşme sisteminde telsizler UHF test frekansına ayarlanarak çalıştırılmıştır. Bu telsizlerin kapsama alanı, vericinin gücü, arazi koşulları gibi parametrelere bağlıdır. Sistemin kapsama alanının genişletilmesi için kuvvetlendirici röle sistemleri kullanılabilir. Bursa'da Gündoğdu bölgesinde bu tip bir röle sistemi mevcuttur. Bu çalışmada kullanılan telsizler Gündoğdu bölgesindeki röle ile çalışacak şekilde ayarlanırsa sistemin kapsama alanı, tüm Bursa il merkezini kapsayacaktır. Bu takdirde, projede tasarlanan araç takip sistemi Bursa ili çapında da kullanılabilir hale gelecektir. Daha büyük çapta veya dünya çapında bir takip sistemi kurulmak isteniyorsa RF haberleşmesi yerine uydu haberleşmesinden veya GSM şebekesinden yararlanmak gerekecektir.

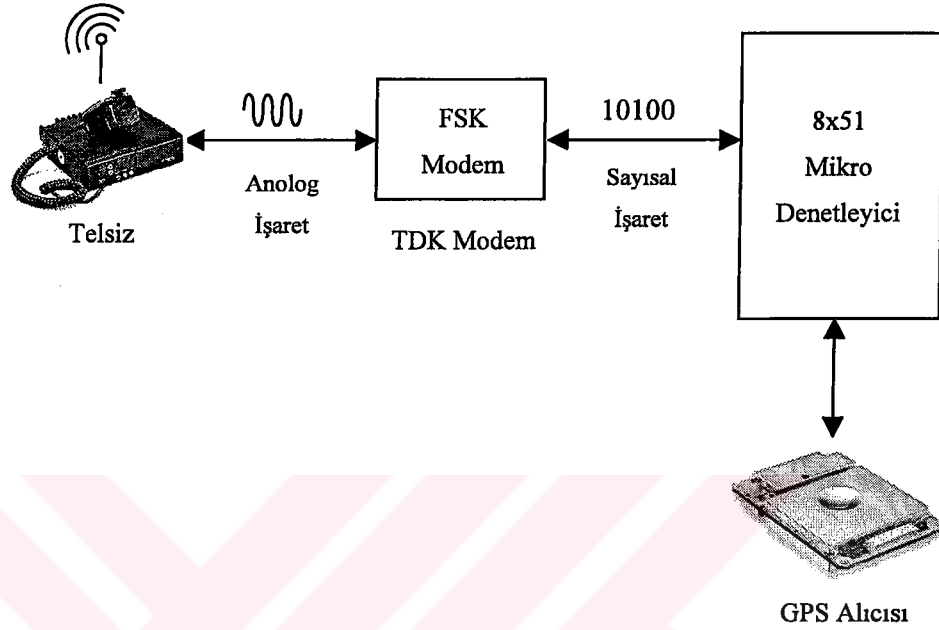
Bu çalışmada kablosuz haberleşme, ses iletişimi için tasarlanmış olan GM300 telsizleri ile gerçekleştirilmiştir. Ses iletişimi için tasarlanmış olan bu telsizler üzerinden veri iletimi sağlayabilmek için modülasyon devreleri kullanılmıştır. Bu sayede kablosuz RF modem veya GSM modülleri gibi yüksek maliyetli çözümler kullanılmadan kablosuz haberleşme problemi çözülmüş ve takip sisteminin parasal maliyeti oldukça düşürülmüştür. Bu çalışmada her hangi bir kurum veya kişiden mali destek alınmadığı için tasarlanan sistemin mümkün olduğunca düşük maliyetli olmasına gayret gösterilmiştir.

Geliştirilen çevrim içi takip sisteminde kullanılan telsizler Bursa ilindeki kamu araçlarında hali hazırda ses iletişimi için kullanılmaktadır. Belediye otobüsleri, itfaiye, ambulans taksi ve dolmuş gibi araçlarda bu telsiz sistemleri hazır bulunduğu için kontrol devreleri yardımıyla bu araçların uzaktan takip edilmesi ve düşük maliyetli araç takip sistemlerinin geliştirilmesi mümkün olabilecektir.

3.2.3 Araç takip modülü

Bu uygulamada araçların merkezden izlenebilmesi için, her gezici araca bir takip modülü takılmıştır. Araç konum sorgu bilgisi telsiz aracılığıyla alındığında, takip modülündeki 89c51 mikro denetleyicisi, GPS alıcısından konum ve zaman bilgilerini alır ve bu bilgileri bir modem aracılığı ile modüle ederek telsiz üzerinden takip merkezine yollar. Şekil 3.16'da takip modülünün blok diyagramı gösterilmektedir.

Kontrol modülü ve araç telsizi 12 Volt araç aküsünden beslenmektedir. Sistemde gerilim regülasyonu için 7812 ve 7805 entegreleri kullanılmıştır, telsize ise araç aküsündeki 12V gerilim direkt olarak uygulanmıştır.



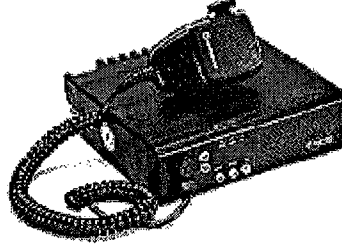
Şekil 3.16. Araca bağlanan takip modülü.

Telsiz ve GPS alıcısı 89c51 Atmel mikro-denetleyicisi ile kontrol edilmektedir. 89c51'in bir adet seri portu vardır ve bu port üzerinden hem telsiz, hem de GPS alıcısı ile haberleşmesi gerekmektedir. Tek port üzerinden birden fazla aygıt ile haberleşmek için anahtarlama tekniği kullanılmaktadır. Anahtarlama problemi için çoğullayıcı (Multiplexer) kullanılabilir. Ancak bu sistemde anahtarlama için röle kullanılmaktadır. Röle ile yapılan anahtarlama, anahtarlanacak hatlar elektriksek olarak birbirine bağlı değildir. Bundan dolayı elektriksel gürültüye karşı çoğullayıcılara oranla röleler daha duyarlıdır ancak yüksek hız gerektiren anahtarlama uygulamalarında röle kullanmak uygun değildir.

3.2.4 Haberleşme modülü

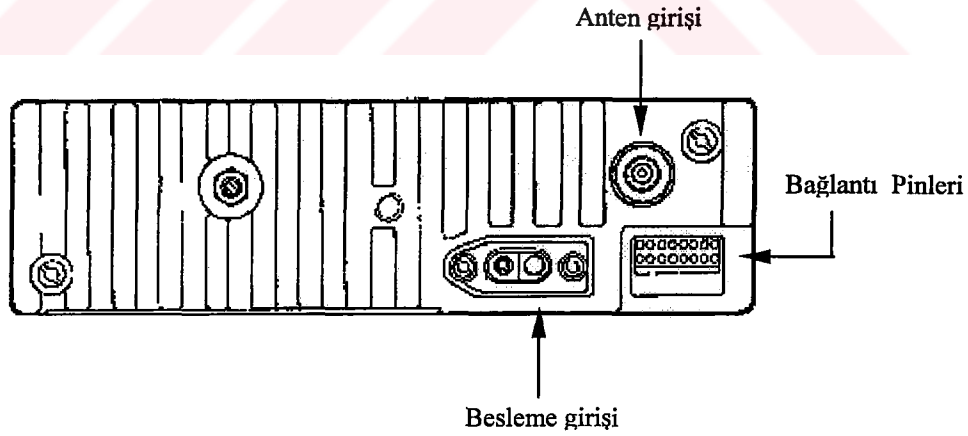
Gezici aracın GPS alıcısından elde ettiği konum bilgisinin takip merkezine iletilmesi gerekmektedir. Bu işlem için Motorola GM 300 araç telsizi (Şekil 3.17)

kullanılmıştır. GM300 telsizlerinin kullanım amacının karşılıklı ses haberleşmesi olmasına karşın, bir MODEM entegresi kullanılarak GM300 üzerinden 1200 baud hızında veri haberleşmesi gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 3.17. Projede kullanılan araç telsizi.

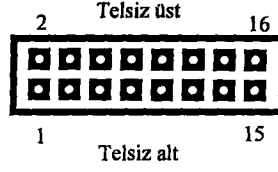
Telsizler tek bir frekans bandında çalıştırılmıştır. Frekans bandını sadece bir kullanıcı kullanabildiği için “full duplex” iletişim yerine “half duplex” iletişim mümkün olmaktadır. Bu yüzden veri haberleşmesinde takip merkezi ilk olarak hangi araçtan konum bilgisi almak istediğini gezici araçlara bildirir ve telsiz hattını dinleme konumuna geçer. Daha sonra ilgili araç, konum bilgisini aynı frekans bandı üzerinden araç takip merkezine iletir (Master-Slave tekniği). GM300 telsizleri UHF-VHF bandında çalışmaktadır. Çalışma esnasında alıcı-verici telsizlerin bir birini görmesi gerekmektedir.



Şekil 3.18. Telsizin arkadan görünüşü.

Bu uygulamada araç takip merkezi olarak Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi binası seçilmiştir. Binanın cepheye hakim konumundan dolayı tüm kampus sınırları içerisinde veri haberleşmesi sorunsuz olarak gerçekleştirilmiştir.

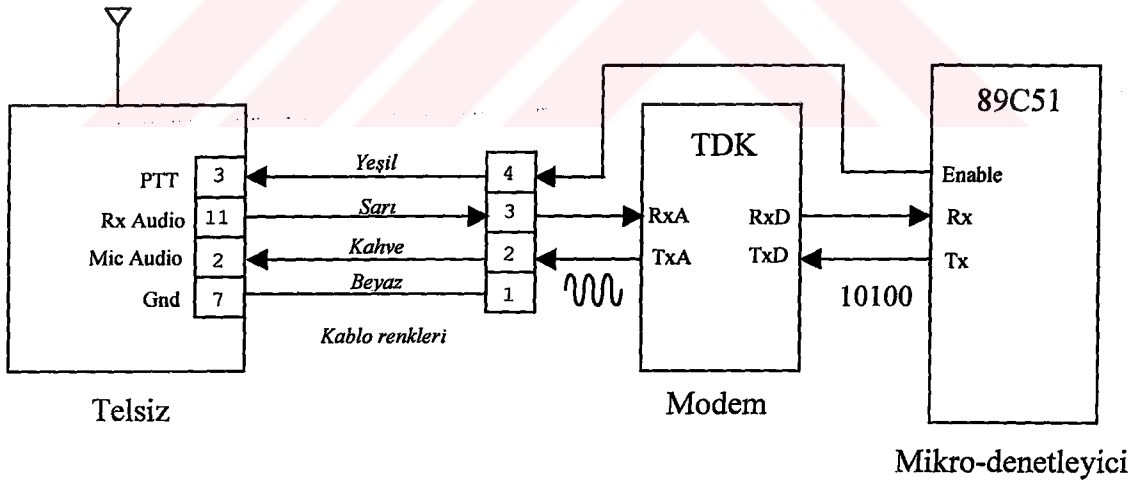
Kapsama alanının röle kuvvetlendiricileri kullanılarak daha da genişletilmesi, mümkündür.



Şekil 3.19. Telsiz bağlantı pin numaraları.¹

Telsizin takip modülü ile bağlantısı, şekil 3.18’de gösterilen telsizin arka kısmında bulunan bağlantı pinleri aracılığı ile sağlanmaktadır. Bu pinlerin açıklamaları ve görevleri çizelge 3.1. de gösterilmektedir. Çizelge 3.1’de İtalik yazı ile gösterilen pinler bu uygulamada kullanılan fonksiyonlara işaret etmektedir.

Takip edilecek araca telsiz üzerinden gelen konum sorgu sinyali, frekans kaydırmalı anahtarlama ile kodlanmaktadır. Sorgu sinyalinin kodu TDK firmasının FSK MODEM entegresi ile çözümlenerek, mikro-denetleyicinin seri portuna iletilmektedir. Şekil 3.19’da bu sistemin bağlantı şeması gösterilmektedir.



Şekil 3.20. Telsiz, Modem ve Mikro-denetleyici bağlantısı.

Telsizin bağlantı pinlerinden 11 ve 2 numaralı pinler ses frekans aralığında haberleşme için kullanılmaktadır. 3’üncü “PTT” (Push To Transmit) pini ise telsizi

¹www.batlabs.com.

haberleşmeye açmaktadır ve bu pin 89c51 mikro-denetleyicisi tarafından kontrol edilmektedir. Veri göndermek için 5'nolu "Flat TX Audio" pini yerine 2'nolu "Mic Audio" pini kullanılmıştır. Böylece veri iletişimi esnasında mikrofondan modüle edilmiş veri paketi sesli olarak duyulabilmektedir.

Çizelge 3.6. GM300 Telsizi bağlantı çizelgesi.

Pin No	Kısa adı	Açıklama
1	Ext Spkr (-)	Harici hoparlör (-) pini
2	Mic Audio(Tx)	Gönderilecek ses işareti için giriş (mikrofona)
3	Mic PTT	Haberleşme kontrol pini
4	Spare	"boş"
5	Flat Tx Audio	Gönderilecek ses işaret için giriş
6	Spare	"boş"
7	Ground	Toprak
8	COR Active Low	Sinyal geldiğinde sıfıra iner
9	Spare	"boş"
10	Ignition Contol	Bağlantı kontrolü
11	Rx Audio	Telsizden gelen ses sinyal çıkışı
12	Spare	"boş"
13	SW A+ Sense	Sinyal algılama
14	Hook Sw	Konuşma kancası anahtarı
15	Int Spkr +	Dahili hoparlör (+) pini
16	EXT Spkr +	Harici hoparlör (+) pini

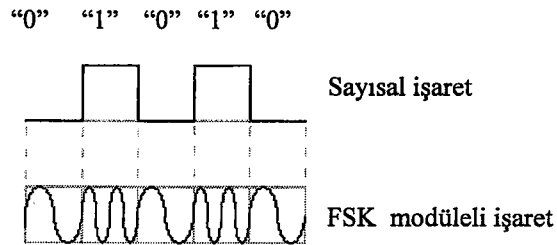
Normal çalışma esnasında mikro-denetleyicinin seri portu konum bilgi sorgusunun gelip gelmediğini öğrenmek için sürekli dinleme konumundadır. Eğer takip merkezinden konum sorgu mesajı araç telsizi üzerinden alınmış ise, 89c51 GPS alıcısından konum bilgisini öğrenir ve telsizi veri iletimine açmak için "PTT" (Push To Transmit) pinini "0" V toprak gerilimine çeker, daha sonra sayısal bilgi paketi 89c51'in "Tx" bacağından modeme iletilir. Modem, "RxD" sayısal veri giriş bacağından aldığı

sayısal veriyi frekans kaydırma metodu ile modüle eder ve sayısal veri analog sinyale dönüştürülür. Elde edilen analog sinyal telsizin “Mic Audio” girişine uygulanır. Telsiz bu mesajı tekrar modüle eder ve “UHF” frekansı üzerinden takip merkezindeki telsize gönderir. Son olarak “PTT” pini 5 V seviyesine çıkarılarak telsiz veri iletimine kapatılır. Bundan sonra telsiz ve 89c51 tekrar dinleme konumuna geçerler.

3.2.5 FSK modem

Bu projede modülasyon için TDK firmasının 73M223 kodlu entegresi kullanılmıştır. 73M223 entegresi Frekans Kaydırmalı Anahtarlama (FSK) tekniği ile telefon veya diğer haberleşme sistemlerinde sayısal bilgileri seri olarak göndermede kullanılmaktadır. 73M223 Asenkron seri haberleşme için gerekli filtreleme, modülasyon ve demodülasyon işlemlerini tek başına gerçekleştirebilmektedir (Anonim 2000).

Entegre CCITT V.23 standardı olan 1302 Hz. ve 2097 Hz. frekanslarında 1200 baud hızında çalışabilmektedir. Bu uygulamada da haberleşme veri hızı 1200 baud olarak kullanılmıştır. 1302Hz ve 2097Hz frekansları frekans kaydırmalı anahtarlama tekniğinde sayısal “1” ve “0” değerlerine karşılık düşen sinüsoidal sinyal frekanslarıdır. Bu frekanslar 16 Hz-16KHz ses frekans aralığında bulunduğundan, sağlıklı ses iletimi yapabilen telsizler üzerinden FSK tekniği ile 1200 baud sayısal veri iletimi mümkün olmaktadır. Şekil 3.21’de frekans kaydırmalı anahtarlama tekniğinin çalışma şekli gösterilmektedir.



Şekil 3.21. Frekans Kaydırmalı Anahtarlama.

73M223'ün temel özellikleri :

- Düşük maliyet
- 1200 Baud çalışma hızı
- CMOS anahtarlama kapasite teknolojisi
- Modem test özelliği
- Yonga üzerinde filtreleme, modülasyon ve demodülasyon
- CCITT V 23. modem standardında çalışma
- Entegrede dahili kristal osilatör
- Düşük güç sarfiyatı ve yüksek güvenilirlik
- Mikrodenetleyici olmadan çalışabilme
- 10 mW @ 5 V besleme
- 16 pin plastik paket

şeklinde. 73M223 temel olarak 4 ana fonksiyona sahiptir. Bunlar zamanlama, veri iletimi, veri alma ve test fonksiyonlarıdır.

3.2.5.1 Zamanlama

Zamanlama fonksiyonu osilatör ve lojik devreler yardımıyla modülasyon-demodülasyon işlemini gerçekleştirmede kullanılmaktadır. Zamanlama sinyali ya 3.18 MHz'lik bir kristal ya da harici bir sayısal giriş yardımıyla oluşturulabilir.

Sayısal zamanlama devresi osilatörü çalıştırarak 1200 Hz'lik bir çıkış üretir. Sayısal işarete ait anahtarlama frekansları, 3,18 MHz'lik kristal osilatör kullanıldığında, lojik "1" için 1302 Hz, ve lojik "0" için 2097 Hz. şeklinde olacaktır. Kristal Osilatör frekansı ya da zamanlama sinyal frekansı 330 KHZ ile 7 MHz arasında seçilebilir. lojik işaretler için üretilecek sinyaller de osilatör frekansına bağlı olarak değişecektir.

3.2.5.2 Veri gönderme

73M223 vericisi, programlanabilir faz frekans sentezleyicisini süren bir sayısal bölücüden oluşmaktadır. Programlanabilir bölücü sayısal veri giriş pini TXD (Bacak

numaraları ve açıklamaları çizelge 3.2’de gösterilmiştir.) üzerinden kontrol edilmektedir.

Çizelge 3.7. 73M223 Modem entegresi pin açıklamaları.

Pin No	Kısa adı	Açıklama
1	VDD	Pozitif besleme gerilimi.
2	RXA	Alıcıya ait Analog giriş. Telsizden gelen sinyal.
3	CAP	Kapasite. Pin 3 ile toprak arasına 100 nF kapasite bağlanır.
4	RXF	Filtreli Analog sinyal girişi.
5	FIL	Analog sinyal giriş kontrolü. Filitreyi aktif hale geçirir.
6	TEST	Kendi kendine çalışma test girişi.
7	TX	Veri gönderme kontrol pini. Lojik “0” da haberleşme başlatılır.
8	VSS	Toprak.
9	SYNC	Senkron saat çıkışı.
10	SYN	Lojik “0” ile SYNC çıkış sinyali giriş ile senkronize olur.
11	RXD	Alıcıya ait sayısal çıkış.
12	TXD	Vericiye ait sayısal giriş.
13	OSC1	Kristal girişi veya harici saat işaret girişi.
14	OSC2	Kristal çıkışı.
15	CLK	1200 Hz kare dalga çıkışı.
16	TXA	Vericiye ait analog çıkış.

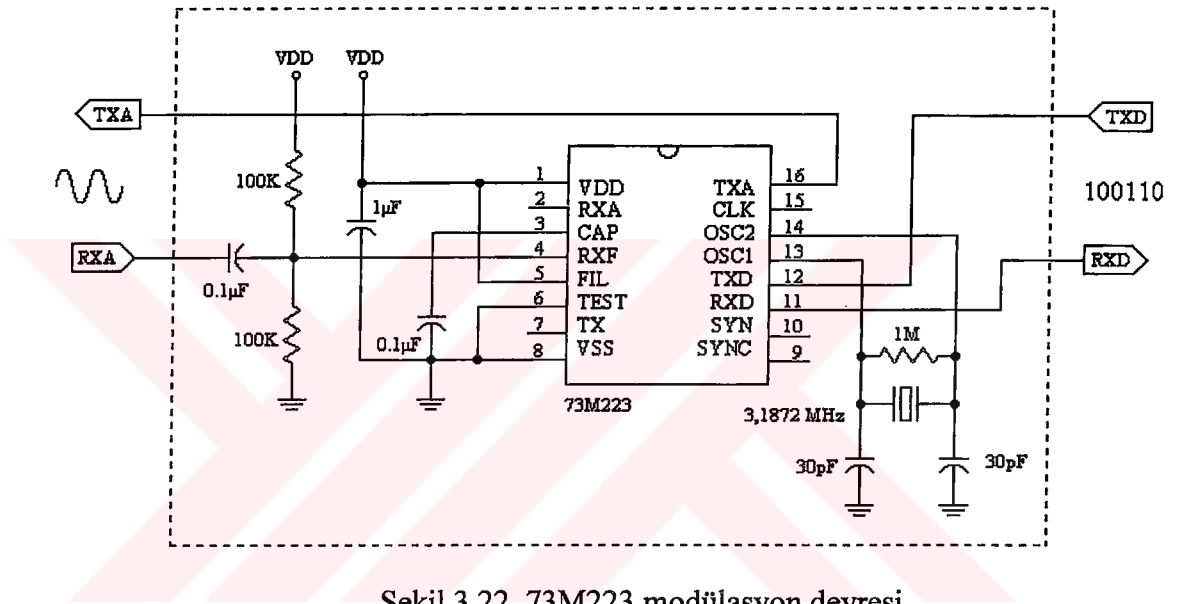
Bölücü, 16 segment faz frekans sentezleyici için zamanlama sinyalleri oluşturmaktadır. Frekans sentezleyici bu zamanlama sinyallerine bağlı olarak 2 farklı frekansta sinusoidal sinyal üretmektedir. Bu sinyal bir alçak geçiren filtreden geçirilerek TXA analog sinyal çıkışına iletilir (Şekil 3.22).

3.2.5.3 Veri alma

Alıcı bölümü 3 ana fonksiyondan oluşmaktadır. Bunlar veri girişinde bulunan bant-geçiren filtre, senkronizasyon döngüsü ve demodülatördür.

Alıcıya gelen sinyalin kodu çözülmeye ilk olarak 4. derecen Butterworth tipi bant geçiren filtreye uygulanır. Filtre geniş bantlı gürültüyü azaltarak, oluşabilecek gürültü hatalarını engellemektedir.

Gelen analog sinyale bağlı olarak üretilecek sayısal çıkış işaretinin (RXD), giriş ile (RXA) senkronize olması gerekmektedir (Şekil 3.22). Senkronizasyon işlemi sayısal faz kilitlemeli döngü ile elde edilmektedir. Çıkış, giriş ile senkronize olduğunda SYN pini lojik "0" a düşer ve SYNC çıkışında 1200 Hz lik saat sinyali oluşur. Senkronizasyon yok ise SYN lojik "1" seviyesine yükselir.



Şekil 3.22. 73M223 modülasyon devresi.

3.2.5.4 Kendi kendine test

73M223 aynı zamanda kendi içinde modülasyon test özelliğine de sahiptir. Entegrenin sağlıklı çalışıp çalışmadığını anlamak için bu özellik kullanılabilir. Test için 73M223 içindeki programlanabilir bölücü (Programmable driver) rastgele bir işaret dizisine bağlı olarak fsk işareti üretir ve bu işaretin kodu alıcıda çözümlenerek modülasyon ve de-modülasyon işlemi yonga içerisinde test edilmiş olur. Test pini lojik "1" seviyesine çekilerek test işlemi başlatılır. Test başarılı ise RXD çıkışı lojik "0" seviyesine iner, eğer bir problem oluştuysa lojik "1" e yükselir.

3.2.6 GPS alıcısı

Gezici araçların pozisyonları, GPS uydularının dünyaya yaymış olduğu sinyallerin, GPS alıcısı tarafından işlenmesi ile hesaplanmaktadır. GPS alıcısı bir anten yardımıyla bu uydulardan gelen sinyalleri alır ve konum bilgisini gelen sinyallerin taşıdıkları bilgilere göre hesaplar.

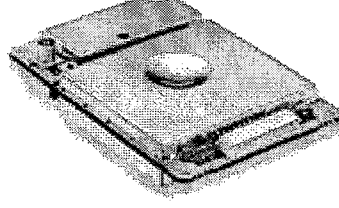
Konum belirleme işleminin sağlıklı gerçekleşebilmesi için, GPS alıcısı 4 veya daha fazla uydudan (3 uydu konum tespiti ve 1 uydu da uydu-alıcı saat farkı çözümü için) gelen sinyalleri analiz etmesi gerekmektedir. Bu analiz sonucunda hem 3 boyutlu araç konumu, hem de aracın hızı hesaplanabilmektedir.

Bu projede GPS alıcı olarak GARMIN firmasının GPS 25LP OEM alıcısı kullanılmıştır. GPS 25LP alıcısı aynı anda 12 farklı GPS uydusundan gelen sinyalleri işleyerek 1 sn içerisinde 3 boyutlu konum bilgisini hesaplayabilmekte ve düşük güç sarfiyatı ile çalışabilmektedir.²

3.2.6.1 Alıcının teknik özellikleri

- 12 uyduya bağlı konum bilgisi hesabı.
- Gerçek zamanlı Diferansiyel GPS düzeltme işlemi ile 5 m'den daha düşük hassasiyet.
- Yeniden doldurulabilir yonga içi batarya, saat ve hafıza.
- 2 Seri haberleşme kanalı.
- Yüksek hassasiyetli 1 saniye periyotlu darbe-boşluk oranı ayarlanabilir saat darbesi.
- Sayısal faz veri çıkışı.
- 6V'dan 40V'a kadar doğru gerilim ile çalışabilme.
- EMI ve RFI koruması.
- FLASH tabanlı programlanabilir hafıza.

² www.garmin.com



Şekil 3.23. GPS25LP OEM GPS alıcısı.

3.2.6.2 Alıcının performans özellikleri

- 1) Yeni konum hesaplama süresi : 1 saniye.
- 2) Konum hesaplama süreleri :
 - 15 saniye (tüm veriler biliniyorsa)
 - 45 saniye (ilk pozisyon, zaman ve almanak biliniyor, ephemeris bilinmiyorsa)
 - 1.5 dakika (Almanak biliniyor, ilk pozisyon ve zaman bilinmiyorsa)
 - 5 dakika gökyüzü inceleme (hiç bir veri bilinmiyorsa)
- 3) Pozisyon hassasiyeti:

Diferansiyel GPS (DGPS) : RMS 5 metreden daha düşük.

DGPS olmadan : RMS 15 metre. Seçicilik (SA) aktif olduğunda ise 100 metre.
- 4) Hız hassasiyeti :

RMS 0.2 m/s şeklindedir.

Alıcı ilk çalışmaya başladığında ilk pozisyon ve zamanın hesaplanması 1,5'dk civarı sürmektedir. İlk konum ve zaman hesaplandıktan sonra 1 saniyelik periyotlarla yeni konum bilgileri alıcıdan öğrenilebilir.

3.2.6.3 Alıcı arabirimleri

- 1) Çift kanallı CMOS/TTL seviyeli, veya RS232 uyumlu seri port
- 2) NMEA 0183, Versiyon 2.0 ASCII çıkış

Girişler:

- İlk pozisyon, tarih ve zaman.
- Datum bilgisi ve diferansiyel mod konfigürasyonu.

Çıkışlar:

- Konum, hız ve zaman
- Alıcı ve uydu durum bilgisi
- Diferansiyel referans istasyonu kimlik bilgisi
- Tahmini hata değerleri.

- 3) Gerçek zamanlı diferansiyel düzeltme girişi
- 4) 1 saniye periyotlu darbe sinyal çıkışı
- 5) Opsiyonel ikili TTL çıkış
- 6) İkili formatta Faz verisi

GPS Alıcısı pozisyon hesabını gerçekleyebilmesi için evrensel UTC tarih zaman bilgisi, DGPS ve datum dönüşüm parametrelerine ihtiyaç duymaktadır. GPS alıcısı uydudan gelen bilgileri giriş parametrelerine göre işleyerek, konum, hız ve zaman bilgileri, alıcı ve uydu durumlarını, tahmini hata değerlerini çıkış olarak üretmektedir.

3.2.6.4 Operasyonel karakteristikler

GPS alıcısına enerji geldiğinde ilk olarak kendi içerisinde bulunan RAM, FLASH Hafıza, gerçek zamanlı saat ve osilatörün çalışıp çalışmadığını denetler. Dahili aygıtların kontrol işleminden sonra GPS 25LP uydu bilgileri analiz ve izleme sürecine başlanır. Bu işlem periyodik olarak devam etmekte ve normal şartlarda pozisyon bilgisinin elde edilmesi 45 sn sürmektedir. (Ephemeris bilgisi biliniyorsa 15 sn.) Pozisyon bilgisi hesaplandıktan sonra, konum, hız ve zaman bilgileri çıkış kanallarına gönderilir.

GPS 25LP de diğer GPS alıcıları gibi, en son hesaplanmış olan konum, gün, zaman ve uyduların yörünge bilgilerini kullanarak işlem yapmaktadır. Bu verilerde

kabul edilemez bir hata oluştu ise tüm bu parametrelerin tekrar hesaplanması gerekir bu işlem de yaklaşık 1.5 dakika civarı sürmektedir.

3.2.6.5 Yön bulma (Navigasyon)

Konum bilgisi hesaplandıktan sonra, GPS 25LP geçerli tüm navigasyon verilerini çıkış kanallarına gönderir. Çıkış kanallarına yollanan veri paketi aşağıdaki bilgileri içermektedir.

- Enlem, Boylam, Yükseklik
- Hız
- Tarih ve zaman
- Hata tahmin verileri
- Uydular ve alıcıya ait durum bilgileri

Bu projede gerçekleştirilmiş olan araç takip sisteminde, gezici araç pozisyonları 2 boyutlu sayısal harita üzerinden izlenmektedir. GPS 25LP her ne kadar 3 boyutlu konum bilgisi üretse de bu uygulamada yükseklik değeri kullanılmamıştır. 3 boyutlu izleme ve yönlendirmenin gerekli olduğu uygulamalarda ise yükseklik parametresi de kullanılabilir.

Ayrıca kullanılan GPS alıcısı diferansiyel çalışmayı desteklemektedir. ABD’de RF üzerinden diferansiyel konum hata bilgileri sürekli yayınlanmakta ve bu veriler GPS alıcısında işlenerek konum hatası oldukça 5 metrenin altına indirilebilmektedir. Bu değer de araç takip sistemleri için oldukça iyi bir hata oranıdır.

3.2.6.6 Uydu bilgisi

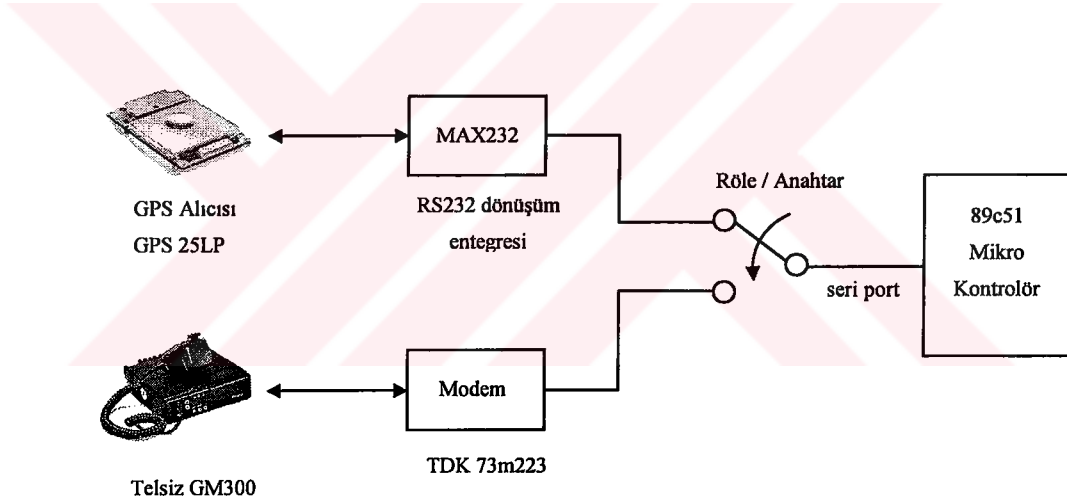
GPS 25LP, çalışma süresi boyunca sürekli uydu yörünge bilgilerini güncellemektedir. Eğer GPS alıcısı 6 ay veya daha uzun bir süre hiç çalıştırılmadıysa, uydu yörünge verisinin hesaplanması yaklaşık 3-4 dk. sürmektedir. Bu işlem bir kere gerçekleşmekte ve bir daha bu tür bir analize gerek kalmamaktadır. Bu sürece “gökyüzü taraması” adı verilmektedir. Elde edilen veriler alıcının hafızasına yüklenir ve dahili

pilin enerjisi var olduğu müddetçe veriler hafızada yerleşik kalır. Eğer dahili pil de bir sorun olursa yukarı da açıklanan “gökyüzü taraması” tekrar yapılır ve yörünge verileri güncellenir.

3.2.6.7 GPS alıcısı bağlantı devresi

Yukarıda açıklandığı üzere araç takip aygıtı GPS alıcısı, modem, telsiz ve mikro-denetleyiciden oluşmaktadır. Mikro-denetleyici tüm sistemi ve giriş çıkışları denetlemekte ve yönlendirmektedir. 89c51 Mikro-denetleyicisinin tek bir seri haberleşme portu olduğundan GPS alıcısı ve modem erişimi anahtarlama metodu ile gerçekleştirilmektedir.

Anahtarlama, bir elektrik hattının, birden fazla aygıt tarafından kullanılabilmesi için farklı zamanlarda aygıtların hat ile olan bağlantılarının açılıp kapanması tekniğidir.



Şekil 3.24. GPS25LP - 89c51 bağlantısı.

Mikro-denetleyici seri portu normal şartlarda sürekli telsize bağlı tutulmaktadır. Bunun sebebi telsizden gelecek veri sorgulama isteğine, zaman kaybetmeden mikro-denetleyicinin cevap verebilmesi içindir. Sorgu mesajı geldikten sonra bir anahtar röle vasıtasıyla mikro-denetleyici seri portu, GPS 25LP'e bağlanır ve GPS alıcısından konum ve zaman bilgisi alınır. Şekil 3.24'de GPS ve 89c51 mikro-denetleyicisinin bağlantı şeması görülmektedir.

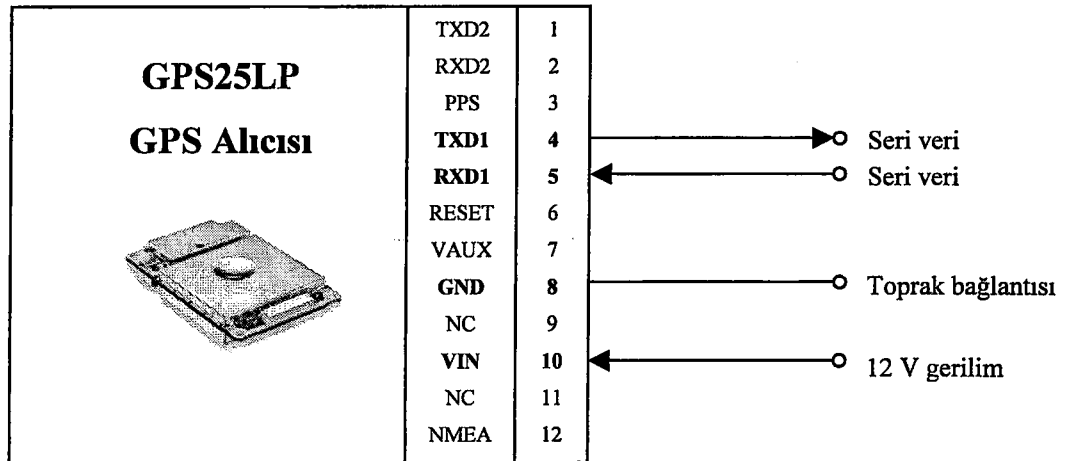
3.2.6.8 GPS 25LP iletişim protokolleri

GPS 25LP veri iletişimde NMEA 0183 ASCII (National Marine Electronics Assosiation) ve RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) protokolünü kullanmaktadır. NMEA kar amacı gütmeyen, gemiler ve deniz araçları arasında elektriksel haberleşme protokolleri geliştiren bir kuruluştur (Klaus 2001). NMEA haberleşme protokolü Mart 1983 tarihinde belirlenmiş ve bundan dolayı bu haberleşme standardı, NMEA 0183 olarak adlandırılmıştır. Bu protokol gün geçtikçe yenilenmekte ve yeni eklentiler ile sürekli güncellenmektedir.

GPS 25LP hesapladığı konum ve hız verilerini NMEA 0183 formatında seri kanaldan sunduğu gibi, kendine has GARMIN firmasına ait veri protokolünü de kullanmaktadır. Ancak bu uygulama da veri protokolü olarak NMEA 0183 kullanılmıştır. Aşağıda bu protokolün yapısı ayrıntılı olarak incelenecektir.

NMEA 0183 protokolü

GPS 25LP alıcısının kullandığı NMEA protokolünü iki bölümde inceleyebiliriz. Bunlardan birincisi GPS 25LP'nin RXD1 girişinden, GPS alıcısının programlanması için kullanılan komutlar; diğeri ise GPS 25 LP nin hesapladığı konum, uydu, alıcı, zaman, tarih, hata oranları gibi veri çıkışlarına ait veri paketleridir (TXD1). GPS 25LP veri giriş çıkış pinleri şekil 3.25 de gösterilmektedir.



Şekil 3.25. GPS 25LP veri giriş çıkış pinleri.

Aşağıda GPS alıcına ait girdi ve çıktı paketlerinin kısaca anlamları verilmiş, veri paketinin kısa başlığı ise parantez içerisinde belirtilmiştir.

NMEA girdi komutları :

- Almanak bilgisi (ALM)
- Sensör açılış durum bilgisi (PGRMI)
- Sensör konfigürasyon bilgisi (PRMC)
- Ek sensör konfigürasyon bilgisi (PGRMC1)
- Çıkış veri cümlesini aktive et veya iptal et (PGRMO)
- DGPS alıcı ayarı (PSLIB)

NMEA çıktı komutları:

- GPS Almanak verisi (ALM)
- Pozisyon bilgisi (GGA)
- Aktif uydu bilgisi (GSA)
- Alıcının görebildiği uydular (GSV)
- Minimum belirli konumlama bilgi paketi (RMC)
- İzleme ve hız bilgisi (VTG)
- Tahmini hesaplanan hata (PGRME)
- GPS standart veri paketi (PGRMF)
- Sensör durum bilgisi (PGRMT)
- 3 Boyutlu hız bilgisi (PGRMV)
- DGPS bilgisi (PGRMB)

Yukarıda kısaca verilen NMEA komut cümlelerinden girdi komutları GPS 25LP'i programlamada kullanılmaktadır.

NMEA veri paketi ASCII karakterlerden oluşmaktadır. Her veri paketi "\$" işareti ile başlamakta ve <CR> (Carriage Return ASCII 13) ve <LF> (Line Feed ASCII 10) karakterleri ile son bulmaktadır.³ "\$" başlığından sonra komut cümlesinin kısaltılmış ismi bulunmaktadır. Örneğin "GPALM" veya "PGRMC" gibi. Yukarıda her komut

³ www.nmea.org

cümlesine ait kısaltma eki bildirilmiştir. Veri paketi sonunda hata kontrolü için “Checksum” yani kontrol baytı kullanılmaktadır. Böylece paketin doğru iletilip iletilmediği belirlenebilmektedir.

Çizelge 3.8. NMEA 0183 paket veri formatı.

Açıklama	Bayt Sayısı	Örnek
1. Paket başı :	1	<\$>
2. Komut cümlesi kısaltması:	(n)	<GPRMC>
3. Veri bloğu :	(x)	<...>
4. Veri sonu :	1	<*>
5. Checksum :	2	<7D> hexadecimal

Sensör konfigürasyon bilgi paketi (PGRMC)

GPS alıcısının ilk kullanımdan önce ayarlarının yapılması gerekmektedir. Alıcı konfigürasyon ayarları “PGRMC” komutu ile değiştirilebilmektedir. GPS 25 LP’nin aktif konfigürasyon bilgisini öğrenmek RXD girişinden \$PGRMC komutu girilir. Alıcı bu mesajı aldıktan sonra aktif konfigürasyon ayarlarını TXD çıkışından bildirmektedir. Konfigürasyon bilgi paketi formatı aşağıdaki gibidir.

```
$PGRMC,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7>,<8>,<9>,<10>,<11>,<12>,<13>,<14>*hh<CR><LF>
```

Sensör konfigürasyon bilgisi paketi

Görüldüğü üzere PGRMC paketinde 14 adet alıcı parametresi bulunmaktadır.

<1> Pozisyon verileri 2 mi yoksa 3 boyutlu mu hesaplanacak? (A,2,3)

A : Otomatik

2 : 2 boyutlu

3 : 3 Boyutlu

Bu uygulamada 2 boyutlu konum izleme yapıldığından bu değer 2 olarak seçilmiştir.

- <2> Deniz seviyesinden yükseklik, -1500.0 ile 18000.0 metre arası değer alabilir.
- <3> Dünya datum indeksi. Buraya 96 girilirse 4,5,6,7,8 nolu parametrelerin kullanıcı tarafından girilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde diğer datum numaraları için 4,5,6,7,8 değerleri otomatik olarak hesaplanır. Datum parametresi hakkında daha kapsamlı açıklama sayısal harita bölümünde verilmiştir.

European 1950 : Datum indeksi 27

World Geodetic System 1984 : Datum indeksi 100

- <4> Datum elipsoidi yatay eksen yarı çapı, 6360000m ile 6380000m (0.001m hassasiyet)
- <5> Datum ters düzleştirme faktörü (f) 285 ile 310 arası (10^{-9} hassasiyet.)
- <6> Datum elipsoidi ile WGS84 elipsoidi merkezlerinin farkı: delta x.
- <7> Datum elipsoidi ile WGS84 elipsoidi merkezlerinin farkı: delta y.
- <8> Datum elipsoidi ile WGS84 elipsoidi merkezlerinin farkı: delta z.
- <9> Diferansiyel mod açık / kapalı
A= Otomatik, D=Diferansiyel mod aktif
- <10> NMEA haberleşme baud hızı
1=1200 baud, 2= 2400 baud, 3=4800 baud,
- <11> Hız filitresi
- <12> PPS (Pulse per second) sinyali
1= Sinyal yok, 2=Sinyal var. Frekans 1 Hz.
- <13> PPS sinyali darbe uzunluğu (n)
n=4 ise darbe uzunluğu 20*4ms şeklindedir.
- <14> Geçerli hesaplama süresi (1-30 saniye)

PGRMC parametreleri GPS alıcısına projenin tasarım aşamasında bilgisayar aracılığı ile yüklenmiştir. Bu bilgiler GPS 25LP'nin yedek pili yardımıyla sürekli hafıza kalmakta ve her GPS 25LP'nin enerjilendiğinde aktif olmaktadır.

Bu projede haberleşme veri hızı olarak 1200 baud olarak belirlenmiştir. Bu hız aynı zamanda telsiz üzerinden veri haberleşme hızı ile aynıdır. Dünya datum parametreleri ise harici olarak girilmiş, GPS alıcısının standart değerleri kullanılmamıştır. Bunun sebebi projede kullanılan haritanın bölgesel datum parametrelerinin dünya standartlarına tam uymamasıdır.

Eğer alıcı konfigürasyonunda bir değişiklik yapılmak isteniyorsa tüm parametrelerin tekrar girilmesine gerek yoktur. Değişmesi istenmeyen parametreler boş bırakılabilir. Örneğin GPS alıcısının enlem boylam bilgisini hesaplamada kullandığı elipsoid parametrelerini WGS84 datum'u ile aynı olmasını istiyorsak sadece <3> nolu parametreyi değiştirmemiz yeterli olacaktır. Aşağıdaki veri bloğunu GPS 25LP RXD girişine iletilmesi ile bu değişiklik gerçekleşecektir.

\$PGRMC,,,100

Veri güncelleme başarılı ise PGRMC paketi tekrar yeni haliyle TXD çıkışından gönderilir.

Pozisyon bilgi paketi (GPRMC)

GPS 25LP çalışma esnasında her 1 saniyelik aralıklarla pozisyon bilgisi üretmektedir. Bu bilgi TXD1 çıkışından alınır. Pozisyon bilgisini taşıyan paketin başlığı GPRMC veri dizisi ile başlamaktadır. GPRMC paket formatı aşağıdaki şekildedir.

\$GPRMC,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7>,<8>,<9>,<10>,<11>,<12>*hh<CR><LF>

Pozisyon bilgi paket formatı

\$GPRMC , 111721 , V , 2503.7105 , N , 1238.4141 , E , 000.0 , 000.0 , 211101 , 003.4 , W *7D

Örnek paket.

- <1> Evrensel UTC zamanı, <hhmmss> , saat/dakika/saniye. (6 bayt)
- <2> Alıcı durumu.(1 bayt)
A=Alıcı çalışıyor.
V=Alıcı hatası.
- <3> Enlem, <ddmm.mmmm>, <d : derece, m: dakika>, (9 bayt)
Konum <dd> derece <mm.mmmm> dakika şeklindedir.
- <4> Enlemin bulunduğu yarı küre, (1 bayt)
N : Kuzey, S : Güney
- <5> Boylam, <dddmm.mmmm>, <d : derece, m: dakika>, (10 bayt)
Konum <ddd> derece <mm.mmmm> dakika şeklindedir.
- <6> Boylamın Greenwich'e göre konumu, (1 bayt)
E : Doğu, W : Batı
- <7> Sürat. 000.0 ile 999.9 knot (5 bayt)
- <8> Derece cinsinden yön. 000.0 ile 359.9 derece, (5 bayt)
- <9> Evrensel tarih, ddmmyy : gün/ay/yıl, (6 bayt)
- <10> Manyetik değişim (5 bayt)
- <11> Manyetik değişim yönü (1 bayt)
- <12> Mod göstergesi (1 bayt)
A: Otomatik
D: Diferansiyel
N: Veri geçerli değil.

Konum sorgusuna bağlı olarak **GPRMC** paketinden enlem, boylam, zaman bilgileri mikro denetleyici tarafından okunmakta ve hata kodu ile birlikte araç takip

merkezine gönderilmektedir. Böylece GPS alıcının üretmiş olduğu pozisyon bilgileri yardımıyla aracın pozisyonu sayısal bir harita üzerinden izlenebilmektedir.

3.2.7 Takip modülü kontrol yazılımı

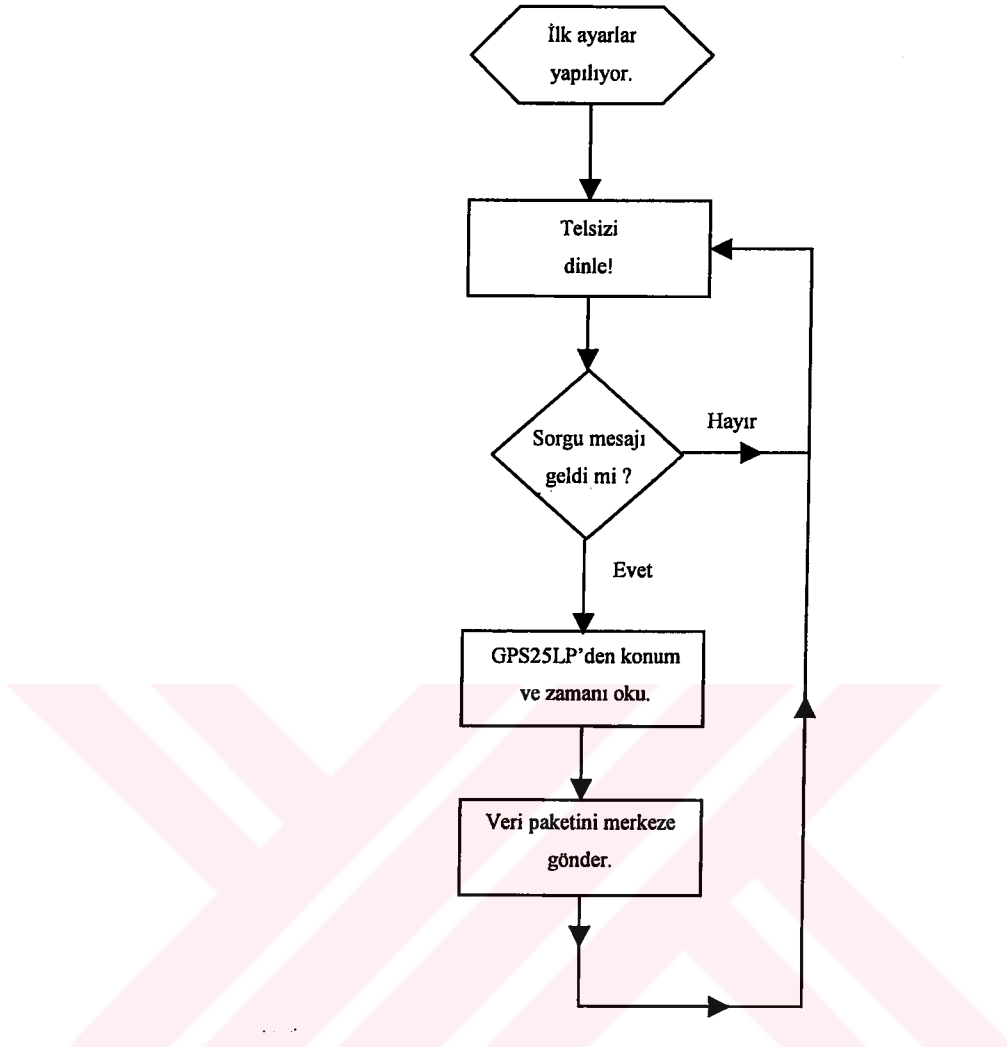
Araca yüklenen takip modülünü 89c51 mikro-denetleyicisi kontrol etmektedir. Program ilk çalışmaya başladığında gerekli haberleşme ayarları yapılır. Daha sonra röle anahtarı 89c51'in seri portunu GM300 telsizine bağlar. Böylece 89c51 sürekli telsizi dinleyebilir ve bir sorgu durumunda anında cevap verebilir. Telsizden konum gönder mesajı geldikten sonra röle devreye girer ve 89c51'in seri portu Garmin GPS 25LP alıcı aygıtına bağlanır. GPS alıcısının TXD çıkışından GPRMC sinyali okunur. Okuma işlemi bittikten sonra röle tekrar aktif olur ve 89c51'in seri portu tekrar telsize bağlanır ve yeni bir sorgu mesajı gelene kadar o şekilde kalır. GPS alıcısından okunan zaman, konum, durum bilgileri yeniden düzenlenir ve telsiz aracılığı ile takip merkezine gönderilir. Kontrol programının akış diyagramı şekil 3.25'te verilmiştir.

Takip merkezine gönderilen veri paketi 32 bayt uzunluğundadır ancak bu paketin uzunluğunun ikili kodlama ve sıkıştırma teknikleri ile daha da kısaltılması mümkündür. Veri paketinin ilk üç baytı "AED" imzasından oluşmaktadır. Veri paketi başına 3 harfli bir imza koyulmasının sebebi, gürültüden dolayı oluşabilecek veri kayıplarını önceden fark etmektir.

[AED] + [Veri bloğu] + [Hata kontrol baytları]

Araç takip merkezine gönderilen veri paketi.

ASCII kodlu "AED" kelimesinin düzgün (uniform) dağılımda rasgele oluşma olasılığı $1 / (256 \times 256 \times 256) = 5,96 \times 10^{-8}$ şeklindedir. Bu olasılık çok düşük olduğundan Takip merkezindeki alıcı rasgele oluşan gürültü sinyalleri içerisinde pozisyon bilgisini içeren veri paketini kolaylıkla ayırabilmektedir.



Şekil 3.26. GPS kontrol programı akış diyagramı.

“AED” imzasından sonra enlem, boylam ve zaman bilgilerini içeren 28 bitlik veri bloğu gelmektedir. Son olarak ise veri bloğundaki her baytın birbiri ile XOR’lanması sonucu elde edilen iki baytlık hata kontrol verisi (Checksum) bulunmaktadır. Eğer veri paketinden herhangi bir bayt değişirse, paketi tekrar bir birinde XOR’ladığımızda hata kontrol verisini elde edemeyiz. Böylece paketin hatalı olduğu anlaşılır.

Veri bloğunun içerdiği bilgiler :

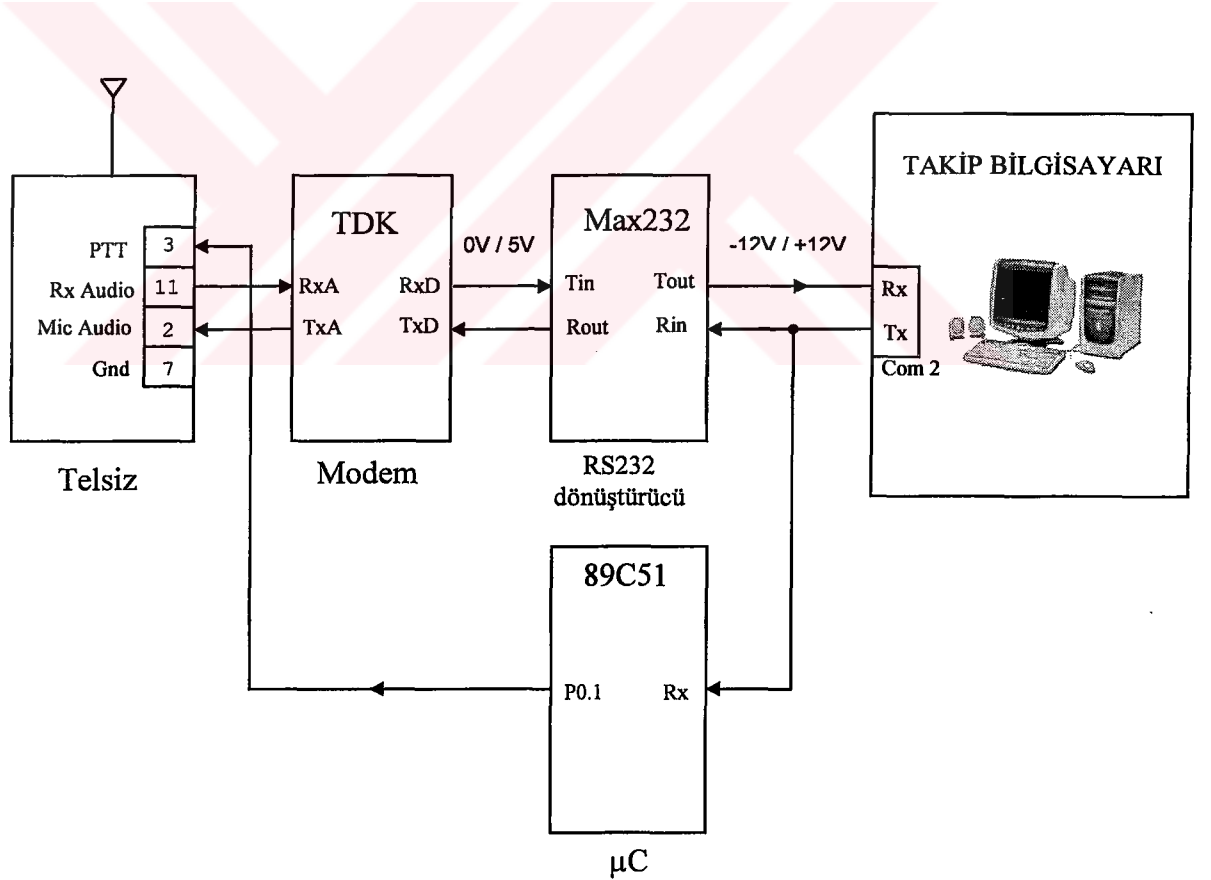
- GPS UTC Zamanı : [111003] -> 11:11:03
- GPS alıcısı durumu : “V”: çalışıyor / “A”: geçersiz veri.

- Enlem : [4013.4532N] -> 40 derece 13.4532 dakika kuzey enlemi
- Boylam : [02853.6974E] -> 028 derece 53.6974 dakika doğu boylamı

Veri bloğunun ilk 6 baytı GPS alıcısının zamanını, 7. bayt ise alıcının konum bilgisi üretip üretmediğini göstermektedir. Daha sonra 10 baytlık enlem ve 11 baytlık boylam bilgileri gelmektedir.

3.2.8 Takip merkezi

Takip merkezi araçların sayısal bir harita üzerinden izlendiği bir bilgisayar ve bu bilgisayara bağlı kontrol devresi ve GM300 Motorola telsizinden oluşmaktadır. Takip bilgisayarında araç izleme için geliştirilmiş bir yazılım vasıtası ile istenildiği anda konum sorgulama yapılabilmektedir.



Şekil 3.27. Takip merkezi blok diyagramı.

Sorgulama esnasında ilk olarak telsizin veri gönderme için aktif duruma sokulması gerekmektedir. Bunun için bilgisayarın seri portundan telsiz aç mesajı taşıyan bir paket gönderilir. Bu paket “789” şeklinde 3 bayttan oluşmaktadır. 89c51 seri kanal girişinde “789” paketini alınca telsiz PTT girişini sıfıra çeker.

Telsiz açıldıktan sonra bilgisayar yazılımı tarafından araç sorgu mesajı seri port aracılığı ile telsize, telsiz üzerinden de izlenecek araçlara iletilir. Sorgu mesajı gönderildikten sonra bilgisayar telsizi iletme kapa sinyali gönderir. Bu sinyalin 89c51 denetleyicisi tarafından algılanması ile GM300’ün PTT girişi +5V’a yükseltilerek sorgu paketinin gezici araçlara gönderilme işlemi gerçekleşmiş olur.

Sorgu verisi gönderildikten en geç 2 sn sonra ilgili araca ait konum bilgisi takip merkezine ulaşır. Eğer GPS alıcısı araç pozisyonunu belirleyebilmiş ise ilgili araç bilgisayar ekranında harita üzerinde gösterilir.

Şekil 3.14’teki devrede modem ile bilgisayar arasında Max232 adlı RS232 dönüştürücü entegresi bulunmaktadır. Bilgisayarın seri portundaki çıkış gerilim seviyeleri +12V ve -12V şeklinde olduğundan, bu gerilimlerin modem’de işlenebilmesi için +5V ile 0V seviyesine çekilmesi gerekmektedir. Max232 entegresi bu dönüşümü iki taraflı olarak gerçekleştirebilmektedir.

3.2.9 Sayısal harita

Uygulamada kullanılan sayısal harita Bursa Su ve Kanalizasyon İşletmesi Kurumundan (BUSKİ) temin edilmiştir. BUSKİ bu haritaları bir başka aracı kuruma yaptırdığından, haritanın hangi datum’a bağlı olarak hazırlandığı öğrenilememiştir. Türkiyede sayısal haritaların hazırlanmasında European Datum 1950 (ED 50) ve hayford elipsoidi kullanılmaktadır (Kıran ve Ersoy 2000). Bu bilgiye dayanarak GPS alıcısı ED50 datum’una ayarlanarak konum ölçümleri yapılmış, ancak 60m civarında bir konum hatası ile karşılaşmıştır. Bu sonuç, haritanın ED50 standartlarına tam uymadığını göstermektedir. Ancak ED50 datum’u farklı coğrafi bölgelerde farklı parametreler ile de kullanılmaktadır.

Yapılan denemeler ve araştırmalar sonucu farklı datum parametreleri GPS alıcısına girilmiş, deneme yanılma metodu ile konum hataları ölçülmüş ve minimum hatayı veren datum’un bulunmasına çalışılmıştır. Bu denemeler sonucunda Yunanistan coğrafi

bölgesine ait ED50 parametrelerinin, 10-20 m arasında bir konum hatası ile en iyi sonucu verdiği görülmüştür.

Aynı elipsoid parametrelerini kullanan ülkeler, coğrafi yapılardaki farklılıklardan dolayı elipsoid merkezi olarak dünya kütle merkezini kullanmayabilirler. Bundan dolayı dünyanın kütle merkezi ile hesaplamalarda kullanılan elipsoid merkezi arasında bir fark oluşmaktadır. Bu iki nokta arasındaki fark delta X, delta Y ve delta Z ile belirtilmiştir. Bu uygulamada en düşük hata oranını veren mesafe elipsoid merkezinin dünya kütle merkezinden sapma oranları

$$\text{delta X} = 84 \text{ m}$$

$$\text{delta Y} = 95 \text{ m}$$

$$\text{delta Z} = 130 \text{ m}$$

şeklindedir. Bu parametrelere bağlı olarak gerçekleştirilen takip sisteminde konum hata oranlarının 10 ile 20 metre arasında değiştiği gözlenmiştir.

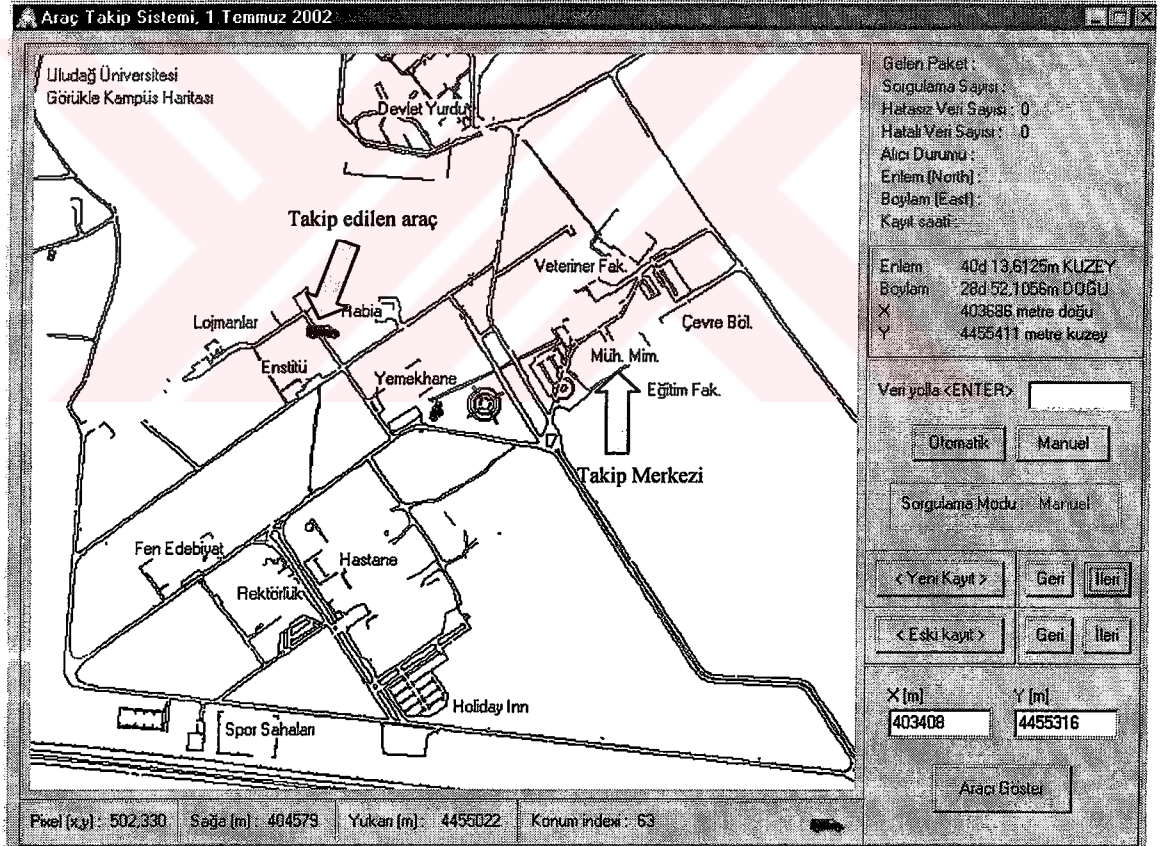
GPS alıcısı konum bilgisini enlem ve boylam cinsinden vermektedir. GPS alıcısı ile elde edilmiş olan enlem ve boylam cinsinden pozisyonların metrik sisteme dönüştürülmesi gerekmektedir. Ancak bundan sonra metrik sistemde hazırlanmış sayısal harita üzerinde araç konumu doğru olarak gösterilebilmektedir. BUSKİ'den elde edilen sayısal haritaların metrik koordinatları UTM 3 projeksiyonu ile hazırlanmıştır. Bu çalışmada hazırlanmış olan bilgisayar yazılımı ile GPS alıcısından elde edilen pozisyon bilgileri UTM 3 projeksiyonu ile metrik sisteme çevrilmiş, böylece araç pozisyonları 2 boyutlu düzleme indirgenerek sayısal harita üzerinde gösterilebilmiştir.

3.2.10 Takip yazılımı

Gezici araçların takip edilmesi ve sayısal haritada konumlarının görüntülenmesi, araç takip programı ile sağlanmıştır. Geliştirilen Windows 98 ortamında hazırlanmış, Intel Pentium işlemcili bir bilgisayarda çalıştırılmıştır.

Bu çalışmada geliştirilen takip yazılımının özellikleri:

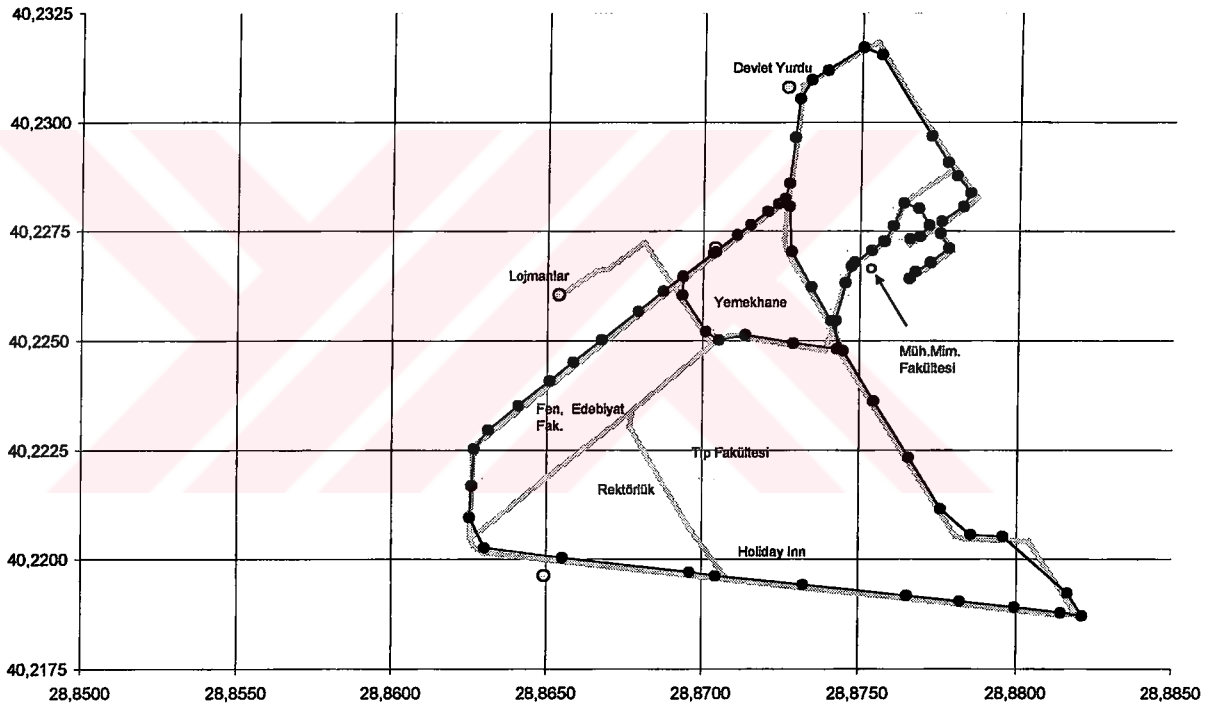
- Sayısal haritayı görüntülemek.
- Takip sorgusu için gerekli sinyalleri üretmek ve seri port aracılığı ile ilgili devrelere aktarmak (Şekil 3.26).
- Gezici araçtan gelen pozisyon, zaman, alıcı durum vb. bilgileri toplamak.
- ED 50 standartlarına göre hazırlanmış enlem ve boylam cinsinden araç pozisyonlarını UTM 3 projeksiyonu ile 2 boyutlu kartezyen düzleme çevirmek.
- Elde edilen yeni metrik konumları, raster kodlu sayısal harita üzerinde görüntülemek.



Şekil 3.28. Takip yazılım ekranı.

Geliştirilen araç takip yazılımının sağlıklı çalışabilmesi için minimum Win95 işletim sistemi, Pentium işlemci ve 16 Mb RAM gerekmektedir. Yazılım ekranı Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsünü gösteren bir harita ve kontrol butonlarından oluşmaktadır.

Takip merkezinin konumu şekil 3.28’de okla gösterilmektedir. Gezici araç ise harita üzerinde minibüs simgesi ile gösterilmektedir. Geliştirilen yazılımda araç takibi için sorgulama işlemi otomatik ve manuel olmak üzere iki türlü yapılabilmektedir. Manuel modda konum sorgulama işlemi “Veri yolla” bölümünde <Enter> tuşuna basarak gerçekleştirilmektedir. Otomatik modda ise her 8 saniyede bir gezici araç pozisyonları sorgulanmaktadır.



Şekil 3.29. Araç takip deneme sonuçları.

Şekil 3.29’de dikey çizgiler doğu meridyenlerini, yatay çizgiler ise kuzey enlemlerini göstermektedir. Araç izleme işlemi başladıktan sonra tüm konum pozisyonları “takip.txt” adlı bir dosyada saklanmaktadır. Kayıt edilen pozisyonlar istenildiği zaman tekrar ekranda görüntülenebilmektedir. Ancak bu işlem için programın kapatılması, ve “takip.txt” dosyasının isminin “takip1.txt” olarak değiştirilmesi

gerekmektedir. Böylece yeni kayıtların eski pozisyon dosyasının üzerine yazılması engellenmektedir. “Yeni kayıt” butonuna basıldığı zaman program “takip1.txt” dosyasını açar ve tüm pozisyon bilgilerini hafızaya yükler. İleri ve Geri tuşları yardımı ile eski kayıt üzerinde ilerleme ve görüntüleme yapılabilir.

Konum sorgulama esnasında ekranın sağ üst köşesinde kaç sorgulama yapıldığı, bu sorgular içerisinde başarısız olan sorgulama sayısı, GPS alıcısının durumu, enlem, boylam ve metre cinsinden araç pozisyonu, GPS alıcı durumu gibi veriler izlenebilmektedir.

Araç takip yazılımı otomatik modda çalışırken sürekli olarak konum bilgilerini sorgulamakta ve bu bilgileri bir dosyaya kayıt etmektedir. Şekil 3.29 deki konum noktaları bu kayıt bilgilerinden yararlanılarak elde edilmiştir. Şekilde 3.29’de dairesel noktalar araç konumlarını, gri renkli yollar ise Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsündeki ana yolları göstermektedir.



4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada araç takip sistemleri incelenmiş ve GPS tabanlı bir çevrim içi araç takip sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem ile gezici araçların konum ve hız parametreleri uzaktan takip edilmiş ve araç hareketleri takip merkezinde bulunan sayısal harita üzerinde başarı ile gözlenmiştir.

Bu uygulamada kullanılan GPS alıcısı, pozisyon bilgilerini belli bir hata sınırı içinde hesaplamaktadır. Bu hata miktarı, geliştirilen takip sisteminde 15-20 m civarında ölçülmüştür. Bu tezde kullanılan GPS 25LP GPS alıcısının teknik dökümanlarında mesafe ölçüm hatası RMS 15m olarak verilmektedir. Böylece uygulama sonuçları ile kullanılan GPS alıcısına ait teknik dökümanda verilen bilgiler doğrulanmıştır.

15 metrelik konum hatası, hareketli araçların sayısal haritada yol sınırları içerisinde görüntülenmesi için yeterlidir. Sistem testlerinde de gezici araçların kampüs içerisindeki yol hareketleri incelendiğinde, sayısal harita ekranında gezici araçların yol güzergahı içinde görüntülediği gözlenmiştir.

Araç takip sistemlerinde haberleşme sistemlerinin büyük önemi bulunmaktadır. Gezici araçlarda ölçülen pozisyonların, kablosuz haberleşme ile gözlem merkezine iletilmesi gerekmektedir. Kablosuz veri haberleşmesi bir çok farklı teknik kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir Uydu haberleşmesi, RF haberleşmesi ve GSM şebekeleri bu tekniklerden bir kaçıdır. Bu uygulamada ekonomik nedenlerden dolayı RF haberleşme tekniği kullanılmıştır.

Bu çalışmada kablosuz haberleşme altyapısı UHF frekansında çalışan telsizler aracılığı ile kurulmuştur. Kullanılan telsizler ses haberleşmesi için üretilmişlerdir. Bu telsizlere modem devreleri eklenerek 1200 baud hızı ile veri iletişimi gerçekleştirilebilmiştir. Kablosuz veri haberleşmesi için uydu yada GSM şebekelerinin kullanılmaması sistem maliyetlerini oldukça düşürmüş, böylece düşük maliyetli-yüksek performanslı çevrim içi araç takip sistemi gerçekleştirilebilmiştir.

Tasarlanan sistemin performansı çeşitli donanım ve yazılım çözümleri ile daha da geliştirilebilir. Örneğin şu anda gezici araçlar 15m'lik bir hata ile izlenmektedir. Bu hata oranı takip sistemleri için yeterlidir ancak çok özel uygulamalarda veya insansız araçların geliştirilmesinde çok hassas konum bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Pozisyon hatasını daha da azaltabilmek için aşağıdaki teknikler kullanılabilir.

- Hareketli araca jiroskop, pusula, mesafe ve ivme ölçer gibi sensörler takılarak GPS alıcısının ürettiği konum bilgisindeki hatalar düzeltilir.
- Diferansiyel GPS tekniği yardımıyla atmosferden ve çevresel koşullardan dolayı oluşan konum hataları engellenebilir.
- Haritaya oturtma (map matching) tekniği ile konum hataları düzeltilir.

Yukarıda açıklanan hata düzeltme sistemlerinin geliştirilmiş olan sisteme eklenmesi ile “cm” mertebesinde pozisyon tespiti gerçekleştirilebilir. Bu çalışmada geliştirilen çevrim içi araç takip sistemi çok çeşitli uygulamalarda, çok farklı amaçlarla kullanılabilir. Bu tezde geliştirilen takip sisteminin kullanılabileceği uygulamalar aşağıda verilmiştir.

- Uzaktan izleme ve yönlendirme sistemleri
- Uzaktan bilgi toplama ve denetleme sistemleri
- Ambulans, itfaiye ve polis araçlarının en kısa sürede istenen noktaya gidebilmesine olanak sağlanması.
- İnsansız, akıllı araç ve robotların geliştirilmesi
- Trafik araçlarında benzin tasarrufunun sağlanması
- Trafik sıkışıklıklarının engellenmesi
- Otomatik yol rehberlik ve yön bulma sistemlerinin geliştirilmesi
- Geodezik araştırmalarda veri toplanması
- Sayısal haritaların hazırlanması
- Güvenlik ve imdat cihazlarının geliştirilmesi (acil bir durumda olay yeri adresini, gerekli kurumu otomatik olarak arayarak bildiren sistemler)
- Bölgesel reklam ve bilgi sistemlerinin geliştirilmesi.

Görüldüğü gibi bu tezde geliştirilmiş olan takip sistemi bir çok farklı uygulamaya temel teşkil etmektedir. Sistemde yapılacak iyileşmeler ve çalışmalar ile akıllı araçların üretilmesinden, trafik sorunlarının çözümlenmesine, benzin sarfiyatlarının düşürülmesinden ambulans, itfaiye gibi araçların görevlerini daha hızlı ifa etmesine olanak tanıyan çok geniş bir yelpazede uygulamaları geliştirmek mümkün olmaktadır.

KAYNAKLAR

- ABBOTT, E. 1997. Land vehicle navigation systems: An examination of the influence of individual navigation aids on system performance. Ph.D. dissertation. Dep. Mechanical Eng., Stanford Univ., Stanford, CA.
- ANONİM. 1996. National program plan for intelligent transportation systems: Final draft. U.S. DOT and ITS America. U.S. Department of Transportation, Washington, DC.
- ANONİM 2000. 73M223 Technical Specifications. TDK Semiconductor Corp. 7 p.
- ANONİM 2001. GARMIN GPS 25LP Series Technical Specification, 37 p.
- BLACKWELL, E.G. 1986. Overview of differential GPS methods. *Global Positioning Sys.* 3, 89-100.
- COLLIER, W.C. 1990. In vehicle route guidance systems using map matched dead reckoning. in *Proc. IEEE Position, Location and Navigation Symp.*, p. 359-363.
- DANA, P. 1994. Map Projection Overview in *Geographers Craft*. Virtual Geography Department. University of Texas. Austin. 17 p.
- DIVIS, D.A. 1996. U.S. Senate approves nationwide DGPS funds. *GPS World.*, vol. 7, no. 5, p. 12.
- ENGE, P, P. Levin, A. Hansen, R. Kalafaus. 1992. Coverage of DGPS/radiobeacons. *Navigation: J. Inst. Navigation*, 39(4):363-381.
- FRENCH, R. L. 1993. The evolution of automaobile navigation systems in Japan. in *Proc. 49th Annu. Meeting Institue of Navigation*, June 1993, p. 69-74.
- KAPLAN, Elliot D. 1996. *Understanding GPS: Principles and Applications*. Artech House. Norwood, 554 p.
- KLAUS, B. 2001. NMEA 0183 Protocol. 28 p.
- KRAKIWSKY, E. 1996. IVHS navigation. *GPS World*. vol. 7, no. 10, p. 50
- LONG, T. 1996. *Advanced Transport Telematics (ATT). A European Forecast Study for the In-Car System Market to 2005*. Elsevier Advanced Technology. Oxford, UK.
- O'CONNOR, M., T. BELL, G. ELKAIM, B. PARKINSON. 1996. Automatic steering of farm vehicles using GPS, in *Proc. 3rd Int. Conf. Precision Farming*, p. 767-777.

PARKINSON, B.W., J. SPILKER, P. ENGE, P. AXELROD. 1996. Global Positioning System: Theory and Applications, vol. 2. Washington, DC: American Institute of Aeronautics and Astronautics.

SAMUEL, P. 1996. Unit Prices Key to Market for In-Vehicle Guidance. ITS International, June. p. 57-58.

STERZBACH. B., WOLFHANG. A. H. 1996. A mobile vehicle on-board computing and communicating system. Comput. & Graphics. Elsevier Science Ltd. 20 (4):659-667.

TATAR, H. 2000. Coğrafi Bilgi Sistemleri. Aselsan Dergisi, Ocak. sayı 55.

TACHIBAMA, T. 1994. Car Navigation Forecat Data. Autoparts Group. Nikko Research Center, Nov.

TOHUM, E. 1996. Küresel Yer Bulum Sistemi. Aselsan Dergisi. Eylül, sayı 35.

TOHUM, E. 2000. Hangi GPS. Aselsan Dergisi. Eylül. sayı 59.

WHITE, C.E., D. BERNSTEIN, A. L. KORNHAUSER. 2000. Some map matching algorithms for personel navigation assistants. Transportaion Research Part C (8):91-108.

YENİKAYA, G. 2000. GPS ile Çevrim Dışı Araç Takip Sistemi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa. 84 s.

ZHAO, Y. 1997. Vehicle Location and Navigation Systems. Artech House. Norwood, 345 p.

İNTERNET KAYNAKLARI

www.aero.org/education/index.html

www.batlabs.com

www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/datum/edlist.html

www.garmin.com

www.itsa.org

www.mercat.com/QUEST/Error.htm

www.nmea.org

www.posc.org/Epicentre.2_2/DataModel/ExamplesofUsage/eu_cs34.html

www.utexas.edu/depts/grg/gcraft/notes/mapproj/mapproj.html

anadongu:

; 1) Paket gelene kadar bekle...

```

        clr    paket_flag
        call   paket_al
        jnb    paket_flag,anadongu

```

; 2) Paket geldi ise -> Garmin'e baglan ve konum al

```

        call   koordinat_oku
        jnb    garmin_bit,anadongu
        clr    garmin_bit

```

; 3) Konum aldıysan -> konum bilgisini gonder

```

        call   paket_gonder

```

; 4) Basa don

```

        jmp    anadongu

```

```

;////////////////////////////////////
;                                F O N K S i Y O N L A R
;////////////////////////////////////

```

```

; set_timer_baud: Baud Rate ayarla
;

```

```

; inputs   : yok
; outputs  : 1200 baud ayarlanir.
; calls    : yok
; modified : PCON, TH1, TMOD, TCON, SCON
;////////////////////////////////////

```

```

set_timer_baud:

```

```

        ANL    87h, #07fh           ; smod = 0
        mov    TH1, #0E8h          ; (-24)
        mov    TMOD, #00100000b    ; auto reload & 16 bit
;        mov    TCON, #10h          ; TR0=1 timer0 calisiyor.
        setb   TR1
        mov    SCON, #01010000b

```

```

        ret

```

```

;////////////////////////////////////
; PUTCH: ACC'deki bir ASCii byte'ın ekrana basılmasını sağlar.
;

```

```

; inputs: ACC'de bir ASCii byte.
; outputs: Ekrana basılan ASCii karakter.
; calls: Yok.
; modified: Ti, SBUF.
;////////////////////////////////////

```

```

PUTCH:  JNB    Ti, $                ;Ti 1 değilse 1 olmasını bekle.
        CLR    Ti                    ;Ti'yı temizle.
        MOV    SBUF, A              ;ASCii karakteri gönder.
        RET

```

```

;////////////////////////////////////
; GETCH: Kullanıcıdan bir ASCii byte'ın karta alınmasını sağlar.

```

```

;
; inputs: Klavyeden bir ASCii byte.
; outputs: ACC'de bir ASCii karakter.
; calls: Yok.
; modified: Ri, A.
;//////////////////////////////////////

GETCH:  JNB      Ri, $           ;ASCii karakter geldi mi ?
        CLR      Ri             ;Ri'yi yeni karakterler için
temizle.
        MOV      A, SBUF        ;Gelen ASCii karakteri al.
        RET

;//////////////////////////////////////
; PSTRiNG: Sonu NULL karakteri ile biten string'i ekrana basar.
;
; inputs: DPTR'ın belirlediği adresteki string.
; outputs: Ekrana basılan string.
; calls: Yok.
; modified: Ti, SBUF, DPTR, A.
;//////////////////////////////////////

cputs1: JNB      Ti, $           ;Ti 1 değilse 1 olmasını bekle.
        CLR      Ti             ;Ti yi temizle.
        MOV      SBUF, A        ;ASCii karakteri gönder.
        INC      DPTR           ;Yeni karakteri hazırla.
PSTRiNG:
        CLR      A
        MOVC     A, @a+DPTR     ;Gönderilecek yeni karakteri al.
        CJNE     A, #NULL, cputs1 ;Mesaj bitti mi?
        RET

; ////////////////////////////////////////////////////
; delay_1sec: 1 sn bekle
;
; modified : TR0,R7
; ////////////////////////////////////////////////////

delay_1sec:

        setb     TR0            ;start
        mov      R7,#Say        ;yazilim sayici 122 den baslasin.

loop:   ; Zamanlayici 0'in suresi doluncaya tekrar...
        jnb     TF0, loop       ; TF0 1 oluncaya kadar bekle
        clr     TF0             ; TF0'i temizle
        djnz   R7,loop         ; 122*8192 (0,99904 sn) bekle

        mov     R7,#Say        ;Yazilim sayacini tekrar yukle
        clr     TR0           ;Sayiciyi durdur.
        ret

; ////////////////////////////////////////////////////
; koordinat_oku:
;
; inputs :
; outputs :
; calls :
; modified : R0,A,garmin_bit

```

```
; //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
```

```
koordinat_oku:
```

```
CALL    delay_1sec           ; Role gecikmesi icin bekle
setb    ROLE                 ; Garmin baglan.
CALL    delay_1sec
clr     garmin_bit           ; koordinat okunursa 1 olur
```

```
; baslik paketini bekle
```

```
lp1:    call    getch         ; Paket basini bekle
        cjne   A, #'$', lp1
```

```
        call    getch
        cjne   A, #'G', bck
        call    getch
        cjne   A, #'P', bck
        call    getch
        cjne   A, #'R', bck
        call    getch
        cjne   A, #'M', bck
        call    getch
        cjne   A, #'C', bck
```

```
;Paket basligi tanindi.
```

```
;veriler aliniyor
```

```
lp2:    mov     R0, #70       ; Ram 70, 46h
        call    getch
        mov     @R0, A
        cjne   a, #44, lp3   ; Ascii 44=','
        sjmp   lp2
lp3:    inc     R0
        cjne   R0, #98, lp2  ; Ram 70+28-1
```

```
        setb   garmin_bit
bck:
```

```
        clr    ROLE         ; Garmin bagnetisini sona erdir.
        CALL   delay_1sec
```

```
        ;mov    dptr, #mes2;
        ;call   pstring;
        ret
```

```
; //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
```

```
; paket_gonder: [AED] + [28 byte veri] + [xor_byte]
```

```
;
```

```
; inputs :
```

```
; outputs :
```

```
; calls :
```

```
; modified :
```

```
; //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
```

```
paket_gonder:
```

```
        clr    p2.6         ; enable FSK & Telsiz
        CALL   delay_1sec
```

```

        mov     A,#'A'           ; ----> [AED]
        call   putch
        mov     A,#'E'
        call   putch
        mov     A,#'D'
        call   putch

lp03:   mov     R0,#70           ; Time [46h=70 70+28-1=97]
        mov     A,@R0
        call   putch
        inc     R0
        cjne   R0,#98,lp03

        mov     R0,#70           ; paketi XOR'la
        mov     A,@R0
don4:   inc     R0
        xrl    A,@R0
        mov     hata,A
        cjne   R0,#97,don4

        mov     A,hata           ; ----> [hata bayti]
        call   putch

        mov     A,hata           ; ----> [hata bayti]
        call   putch

;mov     DPTR,#satir
;call   PSTRiNG;

        setb   p2.6             ; enable FSK & Telsiz
        CALL   delay_1sec
        CALL   delay_1sec
        CALL   delay_1sec

ret

; ////////////////////////////////////////////////////////////////////
; paket_al:
;
; [AED] + [adres_byte] + [komut byte'i] + [xor_byte] (toplam 6 bayt)
;
; inputs   : seri portan gelen veriler
; outputs  : paket_flag, adres, komut
; calls    : getch
; modified : paket_flag, adres, komut, R0, Acc, hata
; ////////////////////////////////////////////////////////////////////

paket_al:

        clr     paket_flag

        call   getch             ; AED imzasini al
        cjne   A,#'1',geri_don
        call   getch
        cjne   A,#'2',geri_don
        call   getch
        cjne   A,#'3',geri_don

        ;call   getch             ; adresi al
        ;mov     adres,A
        ;call   getch             ; komut al

```

```

;mov      komut,A
;call     getch          ; XOR kodunu al
;mov      hata,A
;mov      A,adres
;XRL     A,komut        ; a <-- XOR
;cjne     A,hata,geri_don

setb     paket_flag      ; PAKET ALINDI !

clr      p2.6           ; enable FSK & Telsiz
CALL     delay_1sec
mov      DPTR,#mes1
call     PSTRiNG
setb     p2.6           ; enable FSK & Telsiz
CALL     delay_1sec

geri_don:
ret

;//////////////////////////////////////
;                                  tanimlar
;//////////////////////////////////////

;      RAM ve PORTLAR

LED      EQU      p2.0
ROLE     EQU      p1.3

;      RAM KULLANIMI

paket_flag EQU 120 ; 47
garmin_bit EQU 121 ; 47

adres     EQU 30h ; 48
komut     EQU 31h ; 49
hata      EQU 32h ; 50
sayac     EQU 33h ; 51

;      SABITLER

Say       EQU 50          ;TIMER degeri 1sn icin =
122/7Ah

;      TANIMLAR

NULL      EQU 00
BELL      EQU 07
LF        EQU 10
CR        EQU 13
ESC       EQU 27
SPACE     EQU 32

;      MESAJLAR

mes1:     DB 'OK',NULL
iletisim: DB 'OK',NULL
satir:    DB '...',CR, LF, NULL

;
;//////////////////////////////////////
/

end

```


EK 2

Takip merkezi telsiz kontrol programı:

Takip merkezi araç konumlarının sorgulandığı ve araçların sayısal bir harita üzerinden izlendiği bir bilgisayar ve ek kontrol devrelerinden oluşmaktadır. Bilgisayar aracılığı ile konum sorgu sinyalinin gönderilebilmesi için ilk olarak GM300 telsizin veri iletimine açılması gerekmektedir. Telsiz sorgu mesajı gönderilmeden önce seri porttan gelen bir sinyal ile (ASCII "789") açılır. Sorgu mesajı telsiz üzerinden gönderildikten sonra telsiz tekrar kapatılır. Bu işlem bilgisayarın seri portuna bağlı 89c51 kontrolör devresi ile mümkün olmaktadır. 89c51 sürekli bilgisayarın seri portunu dinler, telsiz aç/kapa sinyalini algıladığı anda telsizin PTT (Push To Transmit) pinini uygun gerilim seviyesine taşır (Şekil 3.27). Aşağıda yukarıda çalışma yapısı anlatılan 89c51 program kodu verilmiştir.

```

; ////////////////////////////////////////////////////
; Harita'nin yuklu oldugu PC'e bagli karti kotrol eden program
;
; Pc,kart etkilesimi
; "789" <=> Ac / Kapa
; ////////////////////////////////////////////////////

ORG    0000    ; Program RESET adresi
JMP    main

org    0030h   ; program kodlari basliyor

; Program basliyor .....

main:
    anl    psw,#11100111b
    mov    SP,#36h
    call   set_timer_baud ; baud ayarla

    SETB   REN
    setb   Ti;

    setb   p1.0
    mov    B1,#0
    mov    B2,#0
    mov    B3,#0

; .....
;           A N A   D o N G u
; .....

anadongu:

    ; Veri bekle

    CALL   GETCH           ;ilk karakteri bekle.

    ; Veri geldi ise   B1 B2 B3 <<< A

    MOV    B1,B2
    MOV    B2,B3
    MOV    B3,A

```

```

; Karsilastir

mov     A,B1
cjne   A,#'7',anadongu           ; Ascii 71 G

mov     A,B2
cjne   A,#'8',anadongu           ; Ascii 80 P

mov     A,B3
cjne   A,#'9',anadongu           ; Ascii 83 S

; "GPS" kodu gelmis ise

cpl    p1.0

; Basa don

jmp anadongu

;//////////////////////////////////////
;                               F O N K S i Y O N L A R
;//////////////////////////////////////
; set_timer_baud: Baud Rate ayarla
;
; inputs   : yok
; outputs  : 1200 baud ayarlanir.
; calls    : yok
; modified : PCON, TH1, TMOD, TCON, SCON
; ////////////////////////////////////////
set_timer_baud:

ANL    87h, #07fh                ; smod = 0
mov    TH1, #0E8h                ; (-24)
mov    TMOD, #00100000b          ; auto reload & 16 bit
; mov    TCON, #10h              ; TR0=1 timer0 calisiyor.
setb   TR1
mov    SCON,#01010000b

ret

;//////////////////////////////////////
; PUTCH: ACC'deki bir ASCII byte'in ekrana basilmasini saglar.
;//////////////////////////////////////

PUTCH: JNB    Ti, $                ;Ti 1 degilse 1 olmasini bekle.
        CLR    Ti                  ;Ti'yi temizle.
        MOV    SBUF, A             ;ASCII karakteri gonder.
        RET

;//////////////////////////////////////
; GETCH: Kullanıcıdan bir ASCII byte'in karta alınmasını sağlar.
;//////////////////////////////////////

GETCH: JNB    Ri, $                ;ASCII karakter geldi mi ?
        CLR    Ri                  ;Ri'yi yeni karakterler için temizle.
        MOV    A, SBUF             ;Gelen ASCII karakteri al.
        RET

;//////////////////////////////////////
; PSTRiNG: Sonu NULL karakteri ile biten string'i ekrana basar.
;
; inputs: DPTR'in belirlediği adresteki string.
; outputs: Ekrana basılan string.
; calls: Yok.
; modified: Ti, SBUF, DPTR, A.
;//////////////////////////////////////

cputs1: JNB    Ti, $                ;Ti 1 degilse 1 olmasini bekle.
        CLR    Ti                  ;Ti yi temizle.

```

```

        MOV     SBUF, A           ;AScii karakteri gönder.
        INC     DPTR             ;Yeni karakteri hazırla.
PSTRiNG:
        CLR     A
        MOVC   A, @a+DPTR       ;Gönderilecek yeni karakteri al.
        CJNE   A, #NULL, cputs1 ;Mesaj bitti mi?
        RET

; delay_1sec: 1 sn bekle
; modified : TR0,R7

delay_1sec:

        setb   TR0              ;start
        mov    R7,#Say          ;yazilim sayici 122 den baslasin.

loop:   ; Zamanlayici 0'in suresi doluncaya tekrar...
        jnb    TF0, loop        ; TF0 1 oluncaya kadar bekle
        clr    TF0              ; TF0'i temizle
        djnz   R7,loop          ; 122*8192 (0,99904 sn) bekle

        mov    R7,#Say          ;Yazilim sayacini tekrar yukle
        clr    TR0              ;Sayiciyi durdur.
        ret

;
;                               tanimlar
;
;   RAM ve PORTLAR
LED     EQU    p2.0
ROLE    EQU    p1.3

;   RAM KULLANIMI
B1      EQU    40h ;
B2      EQU    41h ;
B3      EQU    42h ;
sayac   EQU    33h ; 51

;   SABITLER
Say      EQU    50              ;TIMER degeri 1sn icin = 122/7Ah

;   TANIMLAR
NULL     EQU    00
BELL     EQU    07
LF       EQU    10
CR       EQU    13
ESC      EQU    27
SPACE    EQU    32

;   MESAJLAR
mes1:    DB     'OK',NULL
iletisim: DB     'OK',NULL
satir:   DB     '...',CR, LF, NULL

; ////////////////////////////////////////

end

```

EK 3

Matlab'da UTM Dönüşüm programı

Küresel koordinatlardan silindirik projeksiyon ile düzlemsel koordinatlara geçiş yapmak mümkündür. Bölüm 3.1.1.1'de verilen UTM dönüşümü bu projede ilk olarak Matlab üzerinde test edilmiş ve daha sonra hazırlanan yazılım C++ Builder'a aktarılmıştır. Aşağıda UTM 3 dönüşümünü gerçekleştiren Matlab programı verilmiştir.

```
% UTM DÖNÜŞÜMÜ
%
% (enlem, boylam) -----> (x , y)

clc;clear;
fprintf(' \n WGS84 TO UTM DÖNÜŞÜM PROGRAMI\n\n');
fprintf(' Elipsoid = WGS84 Datum / UTM 3derece, k=1' );

fprintf(' Kuzey Enlemi ve Doğu Boylamı giriniz ...\n\n');
lat_d =input(' Latitude (N) [ derece ] = ');
lat_m =input(' Latitude (N) [ dakika ] = '); fprintf('\n');
long_d=input(' Longtitude (E) [ derece ] = ');
long_m=input(' Longtitude (E) [ dakika ] = ');
lambda0=input(' Merkez Meridyen = ');

% Program Sabitleri WGS84 için a,f
%a=6378137;
%f=1/298.257223563;
%b=a*(1-f);

%Hayford Elipsoid TURKEY
a=6378388;
b=6356911.764;

%k=0.9996;
k=1

% Hatalar (Kuzey yarım küre)
FE=500000;
FN=0;

%Koordinatlar
fi=(lat_d+lat_m/60)*(pi/180);
lambda=(long_d+long_m/60)*(pi/180);
lambda_derece=lambda*180/pi;

%Zone ve Merkezi meridyen lambda0 hesabı
fi0=0;
fi0=fi0*pi/180;
lambda0=lambda0*pi/180;

%Hesaplar
e2=((a*a)-(b*b))/(b^2);
ekare=((a*a)-(b*b))/(a^2);
e=sqrt(ekare);
```

```

T=tan(fi)^2;
C=e2*cos(fi)^2;
v=(a^2)/(b*sqrt(1+C));
A=(lambda-lambda0)*cos(fi);

m1=fi * ( 1 - (e^2)/4 - (3/64)*e^4 - (5/256)*e^6 ) ;
m2=sin(2*fi) * ( (3/8)*e^2 + (3/32)*e^4 + (45/1024)*e^6 ) ;
m3=sin(4*fi) * ( (15/256)*e^4 + (45/1024)*e^6 ) ;
m4=sin(6*fi) * ( (35/3072)*e^6 ) ;
M=a*(m1-m2+m3-m4);

m01=fi0 * ( 1 - (e^2)/4 - (3/64)*e^4 - (5/256)*e^6 ) ;
m02=sin(2*fi0) * ( (3/8)*e^2 + (3/32)*e^4 + (45/1024)*e^6 ) ;
m03=sin(4*fi0) * ( (15/256)*e^4 + (45/1024)*e^6 ) ;
m04=sin(6*fi0) * ( (35/3072)*e^6 ) ;
M0=a*(m01-m02+m03-m04);

x=FE + k*v*( A + (1-T+C)*(A^3)/6 + (5 -18*T + T^2 +72*C - 58*e2)*(A^5)/120
);

y1=(A^2)/2;
y2=(5 - T + 9*C + 4*C^2)*(A^4)/24;
y3=(61 - 58*T + T^2 + 600*C - 330*e2)*(A^6)/720;

y=FN + k * (M - M0 + v*tan(fi)*(y1+y2+y3));

% Ekрана Bas
clc

fprintf(' \n WGS84 TO UTM DÖNÜŞÜM PROGRAMI\n\n');
fprintf(' Latitude = %dd %dm (N) \n',lat_d,lat_m);
fprintf(' Longitude = %dd %dm (E) \n',long_d,long_m);
fprintf(' Merkezi meridyen = %2f derece \n',lambda0*180/pi);

fprintf(' \n');
fprintf(' x (doğu) = %10.2f metre\n',x);
fprintf(' y (kuzey) = %10.2f metre\n',y);
fprintf('\n\n');

```

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında verdiği destek ve yardımlardan ötürü danışmanım Yrd. Doç. Dr. Halil Yeşilçimen'e, çevrim içi takip sisteminin geliştirilmesinde maddi ve manevi katkılarından ötürü araştırma görevlisi Gökhan Yenikaya'ya, elektronik mühendisi Gürcan Kasap'a, harita mühendisi Mehmet Koşak'a, harita mühendisi Adem Şentürk'e, harita mühendisi Mehmet Erol'a, inşaat mühendisi Serdar Budak'a, komser Hakan Aksoy'a, Araştırma Görevlisi Mutlu Demirer'e, Araştırma Görevlisi Ali Akman'a, Araştırma Görevlisi Uğur Yalçın'a, Adem Uzun'a, annem Macide Dirik'e, babam Doç. Dr. M. Zahit Dirik'e, kardeşim Emre Dirik'e, nişanlım Gamze Elif Çınar'a, ve ismini burada sayamadığım ancak bu tezin oluşmasına katkıda bulunan tüm kişilere teşekkürü bir borç bilirim.



ÖZGEÇMİŞ

Ahmet Emir Dirik 1977 tarihinde Bursa'da doğdu. 1999 yılında lisans öğrenimini Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Elektronik Mühendisliği Bölümünde, bölüm birinciliği ile tamamladı. 1999-2000 yılları arasında Bursa'da bir özel şirkette elektronik mühendisi olarak çalıştı. 2000 bahar döneminde Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans programına kayıt oldu ve aynı kurumda araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı. Halen Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Elektronik Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.

