

BİR ÇEVİRİM İÇİ UZAKTAN TAKİP SİSTEMİ TASARIMI

Ahmet Emir DİRİK

Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektronik Mühendisliği Bölümü, Görükle /Bursa

Geliş Tarihi : 12.06.2003

ÖZET

Bu çalışmada düşük maliyetli bir çevrim içi takip sistemi geliştirilmiştir. Takip sistemi, konum belirleme, kablosuz haberleşme ve sayısal harita modülleri olmak üzere üç 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. Geliştirilen sistem ile kampüs içerisinde hareket eden araçların konumları 10m civarında bir hata ile tespit edilebilmekte ve araç hareketleri takip merkezinden on-line izlenebilmektedir. Sistemde kablosuz veri haberleşmesi için analog araç telsizleri kullanılmıştır. Böylece haberleşme için uydu ya da GSM şebekelerinin kullanılmasına gerek kalmamış ve düşük maliyetli-yüksek performanslı bir çevrim içi araç takip sistemi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Küresel konumlama sistemi, Araç takip sistemi, Geodezik datum, Sayısal harita

DESIGN OF A REAL TIME REMOTE VEHICLE LOCATION SYSTEM

ABSTRACT

In this study, a low-cost, real-time vehicle location system is developed. The vehicle location system includes three main modules, i.e. positioning, wireless communication and digital map modules. The positioning module used in location systems computes position of the mobile vehicle. These vehicle location data are transmitted through a wireless communication system to host. The host has a capability to monitor a fleet of vehicles by analyzing data collected from wireless communication system. In this project, mobile vehicle location positions can be computed in a range of 10m position error and by using these position data, its possible to monitor the fleet of mobile vehicles on a digital map in the observation and control center. In this study, vehicle analog mobile radios are used to establish wireless communication system. Thus, there is no need to use satellite or GSM systems for communication and a low-cost and high-performance vehicle location system is realized.

Key Words : Global positioning system, Vehicle location systems, Geodesic datum, Digital map.

1. GİRİŞ

Araç takip ve yön bulma araştırmaları ilk olarak 1960'lı yıllarda başlamıştır. 1960'ların teknolojileri ile bu tip sistemlerin tasarlanması oldukça pahalıya mal oluyordu. Bu yüzden takip ve yön bulma sistemleriyle ilgili çalışmalar 1980'lere kadar oldukça yavaş ilerlemiştir. 80'lerden sonra

elektronik ve haberleşme teknolojilerindeki büyük gelişmeler sonucu sistem tasarım maliyetleri önemli ölçüde düşmüş, böylece takip ve yön bulma sistemleri üzerine yapılan çalışmalar büyük bir ivme ile tekrar başlatılmıştır (Parkinson et al. 1996). Araç yönlendirme sistemleri iki 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 kıtalararası 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, bilgisayar, mikro denetleyiciler, çeşitli sensörler, izleme istasyonu ile 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 araçlar bu sistem aracılığı ile uzaktan da yönlendirilebilmektedir.

Yön bulma ve takip sistemlerinin bir diğer şekli ise gezici araçlara rehberlik edebilen araç içi konum belirleme sistemleridir. Bu tip uygulamalar literatürde “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 mikro denetleyici, haritanın gösterildiği bir ekran, ve hoparlörlerden oluşmaktadır.

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 araç konumunu tespit edebilir. Bu teknikler uydu tabanlı küresel konum belirleme sistemi GPS (Global Positioning System), 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 (White et al. 2000). 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 algoritmaları hakkında daha detaylı bilgi için Collier (1990)'a başvurulabilir.

Bu çalışmada gerçekleştirilen takip sisteminin farklı bir versiyonu 1996 yılında Almanya'da gerçekleştirilmiştir (Sterzbach and Wolfhag, 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.

2. ARAÇ TAKİP SİSTEMLERİ

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

1. Konum belirleme modülü,
2. Kablosuz haberleşme sistemi,
3. Sayısal haritalar,
4. Haritaya oturtma yazılımları (Map matching), Kullanıcı destek yazılımları.

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 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 diğer modül 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.

3. KONUM BELİRLEME

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 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 20 m'den düşük hata payları ile konum belirleme işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Hata oranını daha da düşürmek için, GPS alıcısının yanı sıra, mesafe ölçer, pusula, jiroskop gibi yön, ivme ve mesafe değişimlerini algılayan sensörler de kullanılabilir.

4 KÜRESEL KONUMLAMA SİSTEMİ

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.

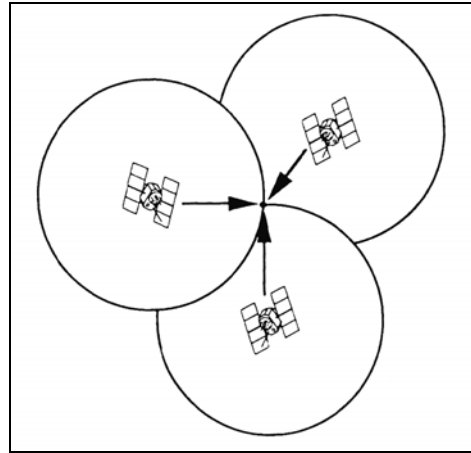
1. Uzay segmenti,
2. Kullanıcı segmenti,
3. Kontrol segmenti. Uzay segmenti dünya yörüngesinde bulunan konum belirleme uydularından oluşmaktadır. Kontrol segmenti bu uyduları ve yörüngelerini sürekli kontrol ederek sistemin sağlıklı çalışmasını sağlamaktadır. Kullanıcı segmenti ise izlenecek objeye takılan bir GPS alıcısından oluşmaktadır. Bu alıcı GPS uydularından aldığı sinyalleri işleyerek dünya üzerinde her hangi bir noktanın konumunu enlem, boylam ve yükseklik cinsinden hesaplayabilmektedir (Kaplan, 1996).

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. Uydu konumları ve uyduların GPS alıcısına olan uzaklıkları bilindiğine göre en az 4 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. 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 geodetik koordinat sistemlerinde (enlem, boylam, yükseklik) hesaplanabilmektedir. GPS sistemi konum hesabını zaman farklarına göre gerçekleştirdiğinden çok hassas zamanlayıcılar ile çalışması gerekmektedir. Bundan dolayı GPS uyduları 4 atomik saat kullanılmaktadır. GPS alıcılarında ise ekonomik nedenlerden ötürü atomik saatler kullanılmamaktadır. Bunun yerine GPS alıcıları kendi saatlerini uydulara senkronize etmektedirler.

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).

Yer yüzünde veya atmosferde her hangi bir noktanın koordinatının belirlenmesi için 4 veya daha fazla GPS uydusuna ihtiyaç vardır; ayrıca bu uyduların, GPS alıcısının bulunduğu noktaya olan uzaklıklarının da bilinmesi gerekmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. GPS uyduları ile konum belirleme

Bu uzaklıklar, GPS uydularından gönderilen sinyalin alıcıya ulaşana kadar geçen sürelerin ışık hızı ile çarpılması ile elde edilmektedir ($x = c.t$). GPS ile yer yüzünde herhangi bir noktanın koordinatı aşağıdaki denklem takımlarının çözülmesi ile tespit edilmektedir.

$$p1 = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2} + c(dt - dT_1)$$

$$p2 = \sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2} + c(dt - dT_2)$$

$$p3 = \sqrt{(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 + (z - z_3)^2} + c(dt - dT_3)$$

$$p4 = \sqrt{(x - x_4)^2 + (y - y_4)^2 + (z - z_4)^2} + c(dt - dT_4)$$

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

5. SAYISAL HARİTALAR

Seyahat eden bir birimin harita olmadan yönünün bulunması çok zordur. Bir harita yardımıyla gezici aracın hangi konumda olduğu ve yönünün nasıl bulunacağı kolayca görülebilmektedir. 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. 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 2a ve Şekil 2b'de bu çalışmada geliştirilen takip sisteminde kullanılan raster ve vektör kodlu kampüs haritası verilmiştir.

Bu haritalar Bursa Su ve Kanalizasyon İşletmesi (BUSKİ)'den temin edilmiştir. Şekil 2a, kampüsün uydu fotoğrafıdır. Fotoğraftaki renk farklılıkları farklı paftalardan kaynaklanmaktadır. Her paftanın rengi haritada farklı görülmektedir. U. Ü. Görükle

Kampüsü 4 farklı paftanın kesişiminde olduğundan resimde renk farklılıkları oluşmuştur. Şekil 2b'de 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.



Şekil 2a. Raster kodlu, Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü haritası



Şekil 2b. Vektör kodlu, Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü haritası

5. 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 yerkabuğu tam olarak elipsoid değil geoiddir. 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 (datum) yer yüzeyinin tanımlanmasında ve haritacılık işlemlerinde kullanılmaktadır. Dünya çapında genel kabul gören datum, “World Geodetic System 1984” yani WGS 84’tür. Ancak bazı datum’larda elipsoit merkezleri ile dünyanın kütle merkezleri arasında 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.

Tablo 1 ve 2’de datum parametrelerinin farklılıkları net olarak görülebilmektedir. Doğru datum’da ölçüm yapabilmek için GPS alıcısına girilecek parametreler:

1. -Dünya elipsoidinin yatay eksen yarıçapı, (a)
2. -Dünyanın kutuplardan basıklığının tersi, (1/f)
3. -Elipsoidin merkez noktası ile, Dünyanın kütle merkezi arasındaki mesafe farkı (delta x, delta y, delta z) şeklindedir.

Tablo 1. Bazı Referans Elipsoitleri

Datum	Elipsoid	dX	dY	dZ	Bölge	eX	EY	eZ	#S
WGS 84	a = 6378137, 1/f = 298.257223563	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	a = 6378137, 1/f = 298.257223563	0	0	0	Küresel	-1	-1	-1	0

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

Tablo 2. Bazı Geodezik Datum Dönüşüm Parametreleri

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

Her datum’un kullandığı elipsoit 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.

5. 2. UTM Dönüşümü

Üç boyutlu 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. 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. UTM 6 projeksiyonunda, yeryüzü 60 adet 6 derecelik dilime yani bölgeye bölünmektedir. Bu

bölgeler 180 derece batı meridyeninden başlayarak doğuya doğru ilerler. 180° 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° ile 30° 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 meridyeninin metrik karşılığının 500.000m olmasının sebebi bölge içinde kalındığı müddetçe negatif metrik koordinatların oluşmasını engellemektedir. Küresel koordinatlardaki meridyenler, UTM projeksiyonu ile 2 boyutlu “sağa” değerlere, boylamlar ise “yukarı” değerlere dönüştürülür. Sağa değerler, x eksenine, yukarı değerler ise zone içinde y eksenine tekabül etmektedirler. Kuzey yarım küre için ekvator boylamı “yukarı” değerlerin başlangıç noktasıdır ve kuzeye doğru ilerledikçe 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 çalışmada gerçekleştirilen araç takip sisteminde kullanılan sayısal harita Yunanistan'a ait ED50 Datum parametrelerine göre hazırlandığından UTM dönüşümü için kullanılacak parametreler aşağıdaki şekilde olmalıdır.

delta x = 84 m, delta y = 95 m, delta z = 130 m

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.

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.

Enlem : φ (radyan)

Boylam : λ (radyan)

Merkez meridyen : λ_0

(3° bölge orta meridyeni)

UTM Projeksiyonu ile 2 boyutlu kartezyen koordinatlara dönüşüm için (1) ve (2) formüllerinden yararlanılmaktadır.

X (E) : Sağa (Doğu) değerler:

$$E = FE + k_0 v \left[A + (1 - T + C) \frac{A^3}{6} + (5 - 18T + T^2 + 72C - 58e^2) \frac{A^5}{120} \right] \quad (1)$$

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

$$N = k_0 \left\{ M + v \tan \varphi \left[\frac{A^2}{2} + (5 - T + 9C + 4C^2) \frac{A^4}{24} + (61 - 58T + T^2 + 660C - 330e^2) \frac{A^6}{720} \right] \right\} \quad (2)$$

E ve N, UTM dönüşümü sonucunda elde edilen silindirik düzlemine ait metrik koordinat bilgisidir. Böylece derece cinsinden hesaplanmış olan koordinatlar, UTM projeksiyonu ile silindirik düzlemine aktarılmıştır. (1) ve (2)'de kullanılan parametreler dünya elipsoidine ait a, f değişkenlerine, enlem, boylam ve UTM zone

merkez meridyenine bağlı olarak hesaplanmaktadır. (3) ve (4)'te bu ilişkiler gösterilmiştir.

$$A = (\lambda - \lambda_0) \cos \varphi \quad T = \tan^2 \varphi$$

$$v = \frac{a^2}{b\sqrt{1+C}} \quad C = \frac{e^2}{1-e^2} \cos^2 \varphi \quad (3)$$

$$e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2} \quad e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$$

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

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'

UTM 3 dönüşümü ile bu noktalar aşağıdaki metrik koordinatlar çevrilir.

Sağa değer (Doğu) : 403.686 metre

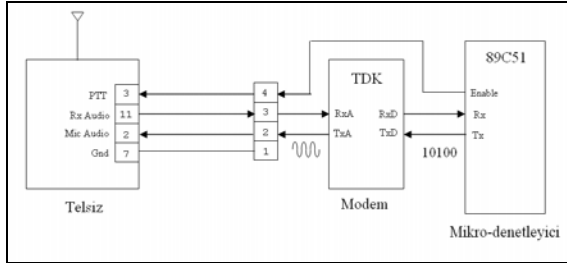
Yukarı değer (Kuzey) : 4.455.411 metre

6. TAKİP SİSTEMİ TASARIMI

Geliştirdiğimiz takip sisteminde 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).

Gezici araçların konum bilgisi Garmin firmasının GPS 25LP OEM alıcısı yardımıyla elde edilmiştir (Anon., 2002). Kullanılan GPS alıcısı maksimum 12 adet GPS uydusundan gelen sinyalleri işleyerek 1sn içerisinde 3 boyutlu pozisyon tespiti

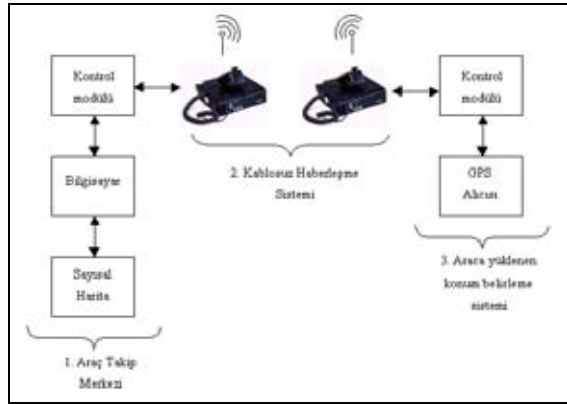
yapabilmektedir. Konum bilgisi hesaplandıktan sonra, GPS 25LP geçerli tüm navigasyon verilerini çıkış kanallarına gönderir. Çıkış kanallarına yollanan veri paketi aşağıdaki bilgileri içermektedir.



Şekil 3. Telsiz, Modem ve Mikro-denetleyici bağlantısı

1. Enlem, Boylam, Yükseklik
2. Hız
3. Tarih ve zaman
4. Hata tahmin verileri
5. Uydular ve alıcıya ait durum bilgileri

Takip edilen aracın konum bilgilerinin sorgulanması ve sorgu akabinde konum bilgilerinin takip merkezine iletimi için UHF-VHF frekans bandında çalışan MOTOROLLA GM300 telsizleri kullanılmıştır. Şekil 4'de bu sistemi oluşturan modüller blok şema halinde gösterilmiştir.



Şekil 4. Araç takip sisteminin bileşenleri

Kullanılan telsizlerin kapsama alanı, vericinin gücü, arazi koşulları gibi parametrelere bağlıdır. Sistemin kapsama alanının genişletilmesi için kuvvetlendirici röle sistemleri kullanılabilir. Daha büyük çapta veya dünya çapında bir takip sistemi kurulmak isteniyorsa RF haberleşmesi yerine uydu haberleşmesinden veya GSM şebekesinden yararlanmak gerekecektir.

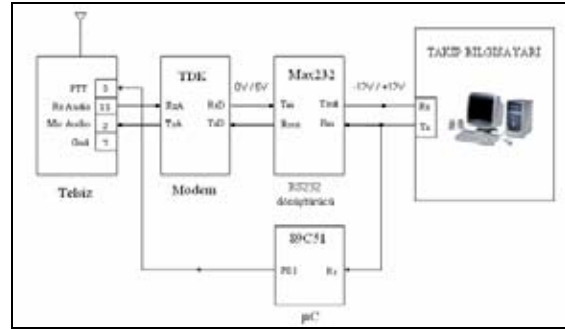
Araç takip merkezi, sayısal harita, takip yazılımı, kontrol devresi ve telsiz modüllerini içermektedir. Hazırlanan yazılım ile gezici araçların konumları "otomatik" veya "manuel" olarak sorgulanabilmekte ve araç konumları sayısal harita üzerinde

izlenebilmektedir. Bu uygulamada araç takip merkezi olarak Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi binası seçilmiştir. Kapsama alanının röle kuvvetlendiricileri kullanılarak daha da genişletilmesi mümkündür.

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.

7. ARAÇ TAKİP MERKEZİ

Geliştirdiğimiz sistemde takip merkezi gezici araçların sayısal harita üzerinden izlendiği bir bilgisayar ve bu bilgisayara bağlı kontrol devresi ve haberleşme telsizinden oluşmaktadır (Şekil 5). Takip bilgisayarında araç izleme için geliştirilmiş bir yazılım vasıtası ile istenildiği anda konum sorgulama yapılabilmektedir.



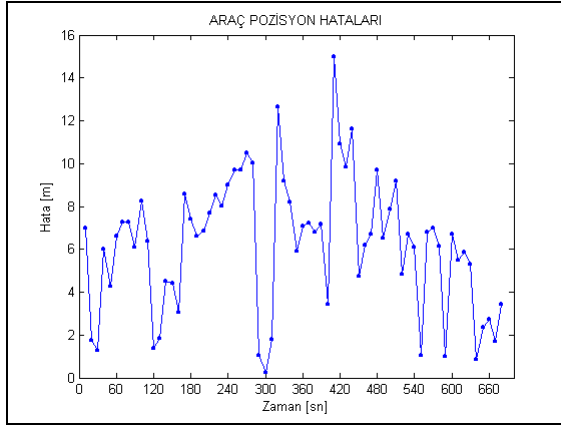
Şekil 5. Takip merkezi blok diyagramı

Türkiyede sayısal haritaların hazırlanmasında European Datum 1950 (ED 50) ve hayford elipsoidi kullanılmaktadır Bu bilgiye dayanarak GPS alıcısı ED50 datum'una ayarlanarak konum ölçümleri yapılmış, ancak 60 m 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, 10m arasında bir konum hatası ile en iyi sonucu verdiği görülmüştür. Aynı elipsoit parametrelerini kullanan ülkeler, coğrafi yapılarıdaki farklılıklardan dolayı elipsoit merkezi olarak dünya kütle merkezini kullanmayabilirler. Bundan dolayı dünyanın kütle merkezi ile hesaplamalarda kullanılan elipsoit 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

$$\text{delta X} = 84 \text{ m}, \text{delta Y} = 95 \text{ m}, \text{delta Z} = 130 \text{ m}$$

şekindedir. Bu parametrelere bağlı olarak gerçekleştirilen takip sisteminde konum hata oranları Şekil 6'da verilmiştir.



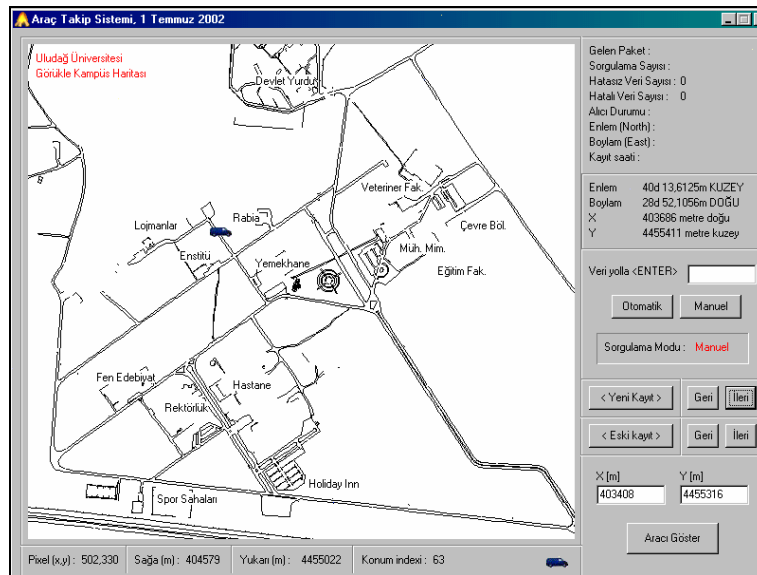
Şekil 6. Pozisyon hataları

Şekil 6'da gösterilen farklı zamanlarda ölçülmüş pozisyon hatalarının ortalaması 6.2291 m ve standart sapması 3.1241 m olarak hesaplanmıştır. Bu değerler dar sokaklar ve şehir içinde daha yüksek çıkmakta ancak sistemin ortalama hatası 15m'i geçmemektedir. Bu çalışmada hazırlanmış olan bilgisayar yazılımı ile GPS alıcından elde edilen pozisyon bilgileri UTM 3 projeksiyonu ile metrik sisteme çevrilmiş, böylece araç pozisyonları 2 boyutlu düzleme indirgenerek sayısal harita üzerinde gösterilebilmiştir.

8. ARAÇ TAKİP YAZILIMI

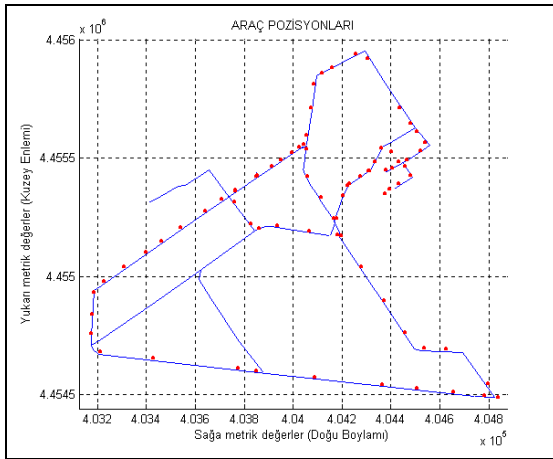
Gezici araçların takip edilmesi ve sayısal haritada konumlarının görüntülenmesi, araç takip programı ile sağlanmıştır (Şekil 7). Çalışmada geliştirilen takip yazılımının özellikleri:

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



Şekil 7. Takip yazılım ekranı

Gezici araç harita üzerinde minibüs simgesi ile gösterilmektedir. Geliştirilen yazılımda araç takibi için sorgulama işlemi otomatik ve manuel olmak üzere iki türlü yapılabilmektedir. Araç izleme esnasında elde edilen tüm veriler, bir dosyada daha sonra kullanılmak üzere saklanabilmektedir. 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 8'deki konum noktaları bu kayıt bilgilerinden yararlanılarak elde edilmiştir. Şekilde dikey çizgiler doğu meridyenlerini, yatay çizgiler ise kuzey enlemlerini göstermektedir. Şekildeki noktalar araç konumlarını, vektörel yol ağı ise Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsündeki ana yolları göstermektedir.



Şekil 8. Araç takip deneme sonuçları

9. SONUÇLAR

Geliştirilen takip sistemi 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 10 metrelik bir hata sınırı içinde hesaplamaktadır. Bu hata oranı, hareketli araçların sayısal haritada yol sınırları içerisinde görüntülenmesi için yeterlidir. Sistem testlerinde de gezici araçların kampus

içerisindeki yol hareketleri incelendiğinde, sayısal harita ekranında gezici araçların yol güzergahı içinde görüntülediği gözlenmiştir. Geliştirilen sistemde, kablosuz veri haberleşmesi için uydu yada GSM şebekelerinin kullanılmaması sistem maliyetlerini oldukça düşürmüştür, böylece düşük maliyetli-yüksek performanslı çevrim içi araç takip sistemi gerçekleştirilebilmiştir. Geliştirilen takip sistemi bir çok farklı uygulamaya temel teşkil etmektedir. Sistemde yapılacak iyileştirmeler ile kendi kendine hareket edebilen akıllı araçların üretilmesinden, trafik sorunlarının çözülmesinden, benzin sarfiyatlarının düşürülmesinden ambulans, itfaiye sistemlerinin verimliliklerinin artırılmasına kadar çok geniş bir yelpazede uygulama geliştirmek mümkün olmaktadır.

10. KAYNAKLAR

Anonymous, 2002. GARMIN GPS 25LP Series Technical Specification, 37 p.

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.

Kaplan, E. D. 1996. Understanding GPS: Principles and Applications. Artech House. Norwood, 554 p.

Krakiwsky, E. 1996. IVHS Navigation. GPS World. Vol. 7, No. 10, p. 50

Parkinson, B.W., J. Spilker, P. Enge, Axelrod, P. 1996. Global Positioning System: Theory and Applications, Vol. 2. Washington, DC: American Institute of Aeronautics and Astronautics.

Sterzbach, B., Wolfhang, A. H. 1996. A Mobile Vehicle on-board Computing and Communicating System. Comput. & Graphics. Elsevier Science Ltd. 20 (4): 659-667.

White, C. E., Bernstein, D. and Kornhauser, A. L. 2000. Some Map Matching Algorithms or Personal Navigation Assistants, Transportation Research Part C 8, Elsevier Science Ltd.

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