

KONTRAST ALGILAYICISI KULLANILARAK FPGA TABANLI ŞERİTTEN AYRILMA UYARI SİSTEMİ

Hale Yenginer¹, Çağatay Canbaz¹, S. Ünsal Keser¹, , Hayriye Korkmaz²

¹ Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü

² Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi Marmara Üniversitesi

Özetçe

Bu çalışmada, karayollarında çizili bulunan şerit çizgilerinin durumunu (düz veya kesik) aracın sağ ve sol alt kenarlarına yerleştirilmiş algılayıcılardan gelen bilgileri kullanarak gerçek zamanlı olarak değerlendirebilen; gerektiğinde yazılı ve sesli uyarılar üretebilen bir prototip araç tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Burada amaç, insan kontrolüne gerek kalmaksızın güvenli bir sürüş sağlamak ve insan hatalarından kaynaklanan kazaları engellemeye yardımcı olacak elektronik sistemlerin otomotiv teknolojilerindeki yerine işaret etmektir.

FPGA tabanlı olarak geliştirilen sistemde, VHDL dili kullanılarak ilk olarak algılayıcılardan elde edilen işaretler uygun sayısal formata dönüştürülerek; çizgilerin kesik veya düz olarak devam ettiğini algılayan, araç sürücüsünün istemli (sürücü şerit değiştirme amaçlı sağ/sol sinyali kullanıyorsa) veya istem dışı şerit değiştirme durumlarını (sürücü şerit değiştirme amaçlı sağ/sol sinyali kullanmadan şerit ihlali yapıyorsa) değerlendiren ve yazılı/sesli bir uyarı verilmesi sağlanmıştır.

1. Giriş

Günümüzde trafikte seyir halinde bulunan birçok araçta "sürücü destek sistemleri" olarak adlandırılan otomatik park etme, hız sınırını aşma uyarı sistemi, şerit terk uyarı sistemi, şerit değiştirme yardımı, çarpışma önleyici sistem, trafik lambası renk algılama, sürücü uyuklama algılama, yokuş inme kontrolü gibi bazı uyarı sistemleri geliştirilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır. Bu projenin de içeriğini oluşturan uyarı sistemi tasarımında kullanılan başlıca 2 yöntem bulunmaktadır. Bunlardan birincisi araca yerleştirilen bir kamera ve görüntü işleme teknolojileriyle desteklenen sistemdir.

KONTRAST ALGILAYICISI KULLANILARAK FPGA TABANLI ŞERİTTEN AYRILMA UYARI SİSTEMİ

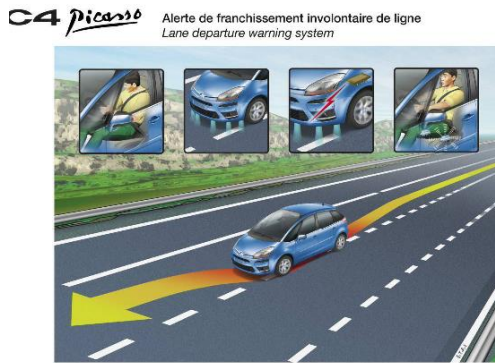
Hale Yenginer, Çağatay Canbaz, S. Ünsal Keser, , Hayriye Korkmaz

İkincisi ise bu projede de önerilen algılayıcı tabanlı olarak geliştirilen sistemlerdir. Görüntü tabanlı sistemlerde havanın yağmurlu olması, gece karanlıkta sürüşün gerçekleşmesi gibi çevresel şartlardan kaynaklanan bazı kısıtlamalar bulunmaktadır. Aslında tek başına bir yöntemin kullanılması yeterli değildir. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda, GPS ve araç üzerinde bulunan ivme ve yön algılayıcıları tümleşik olarak kullanılarak ve hatta yine görüntü tabanlı bir sistem ile de desteklenerek tüm dezavantajların ortadan kaldırılabileceği ifade edilmektedir.[1]

Proje içeriği, otomotiv elektroniği alanında yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır. Sistem tasarımında donanım bileşenleri olarak; şerit tespiti için kontrast algılayıcıları, denetleyici olarak Xilinx Spartan 3E FPGA geliştirme kiti kullanılmıştır. Yazılım ise VHDL dili kullanılarak geliştirilmiştir.

Şeritten ayrılma uyarı sistemi, Toyota Crown Majesta, Ford Focus, Audi gibi araçlarda kamera ile desteklenen görüntü işleme teknolojisi ile yapılırken; Citroen C4-C5-C6 modellerinde ise algılayıcı tabanlı şerit algılama olarak gerçekleştirilmektedir.

İnsan hatalarından kaynaklanan kazaları önlemeye yarayan, güvenli sürücü destek sistemlerini modeller farklı isimlerle ve yöntemlerle gerçekleştirmektedir. Şekil 1’de görüldüğü gibi Citroen’de kullanılan AFIL (İstem dışı Şerit Değiştirme İkazı) sürekli veya kesikli beyaz yol çizgilerinin ihlal edildiğini saptamak için, yere doğru yönlendirilmiş kızılötesi algılayıcılar tarafından sürekli olarak toplanan bilgileri kullanmaktadır. Sinyal lambası devrede değilken araç beyaz yol çizgisini geçtiğinde, sistem çalışmaya başlamaktadır. Sesli uyarı sistemi ile ve/veya değiştirilen şeride ait olan taraftaki koltukta oluşan titreşimlerle ikaz verilmektedir. Sistem aracın kumandalarına müdahale etmez; dolayısıyla, güzergâhı düzeltmek için sürüş ve eylem hareketi sürücüde kalmaktadır.

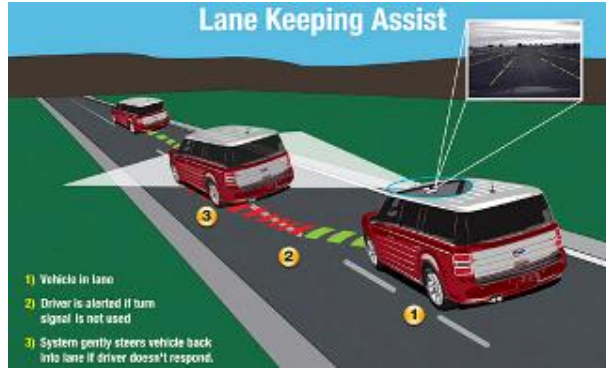


Şekil 1: AFIL

KONTRAST ALGILAYICISI KULLANILARAK FPGA TABANLI ŞERİTTEN AYRILMA UYARI SİSTEMİ

Hale Yenginer, Çağatay Canbaz, S. Ünsal Keser, , Hayriye Korkmaz

Ford'da kullanılan LKA(Lane Keeping Assist) sistemi Şekil 2'de görüldüğü gibi ön cama entegre kamera sayesinde 65km/sa üzerinde hızla seyredirken aracın şerit içerisindeki konumunu sürekli olarak gözlemleyerek istem dışı (sinyal verilmeden veya kesin bir şerit değiştirme manevrası yapılmadan) şerit değişimi yapılması durumunda öncelikle gösterge panelinde beliren görsel bir uyarı yardımıyla, eğer sürücü tepki vermez ise direksiyonun titretilmesi yolu ile sürücüyü uyarmaktadır.



Şekil 2: LKA

Şeritte Kalma Yardımcısı 'Şerit Takip Sistemi'nin yaptığı uyarılara sürücünün tepki vermemesi durumunda Şekil 3'te görüldüğü gibi otomatik olarak devreye girerek direksiyona hafif bir tork uygulamak suretiyle aracı ve yumuşak ve hassas bir şekilde şeridine döndürmektedir.

Toyota araçlarda görüntü algılayıcısı, radar ve LIDAR gibi algılayıcı çeşitleri birlikte kullanılarak, bir şerit koruma sistemi(LKS) tasarlanmıştır. Tüm bu algılayıcılardan gelen bilgiler fren sistemini ve direksiyondaki sistemi aktif hale getirerek güvenli sürüş imkânı sunmaktadır.[2]



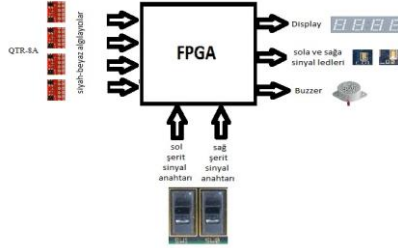
Şekil 3: Direksiyon Uyarı Sistemi

KONTRAST ALGILAYICISI KULLANILARAK FPGA TABANLI ŞERİTTEN AYRILMA UYARI SİSTEMİ

Hale Yenginer, Çağatay Canbaz, S. Ünsal Keser, , Hayriye Korkmaz

2. Materyal ve Yöntem

Şeritten ayrılma uyarı sistem yapısı, Şekil 4'te görüldüğü gibi toplam 8 adet kontrast algılayıcısı (QTR...) , 2 adet switch (sağ ve sol sinyal), 4 adet 7 parçalı gösterge (görsel uyarı) ve bir adet buzzerdan(sesli uyarı) oluşmaktadır.



Şekil 4: Sistem Yapısı

2.1.Donanım Bileşenleri

- ✓ QTR-8A Kontrast Algılayıcıları
- ✓ Xilinx Spartan 3E FPGA Geliştirme Kiti
- ✓ Uyarı sistemi:
 - Buzzer (1 adet)
 - Sinyal ledleri (2 adet)
 - 7 parçalı gösterge (4 adet)
- ✓ Kontrol sistemi:
 - Sürgülü anahtar (2 adet)

2.2.Yazılım Bileşenleri

- ✓ ISE Design Suite 12.2
- ✓ VHDL donanım tanımlama dili

FPGA (Field Programmable Gate Array - Alanda Programlanabilir Kapı Dizileri), programlanabilir mantık blokları ve bu bloklar arasındaki ara bağlantılardan oluşan ve geniş uygulama alanlarına sahip olan sayısal tümleşik devrelerdir. Tasarımcının ihtiyaç duyduğu mantık işlevlerini gerçekleştirme amacına yönelik olarak üretilmişlerdir. Dolayısıyla her bir mantık bloğunun işlevi kullanıcı tarafından düzenlenebilmektedir.

Hale Yenginer, Çağatay Canbaz, S. Ünsal Keser, , Hayriye Korkmaz

FPGA'ya ait JA[0-3], JB[0-3], JC[0-3] ve JD[0-3] olarak belirtilen 4 adet pin giriş-çıkış olarak, besleme ve toprak olmak üzere 2 adet pin de konnektörler ile dışarıdan FPGA'ya veya FPGA'dan dışarıya veri aktarımı sağlamak üzere kullanılmıştır. JA pinleri aracın solunda bulunan kontrast algılayıcıları (QTR); JD pinleri ise aracın sağında bulunan QTR'lardan bilgi almak için kullanılmaktadır. Bu pinler ile QTR'den FPGA kitine siyah (şerit yok), beyaz(şerit var) bilgisi işlenmek üzere gönderilmektedir. Ayrıca QTR algılayıcısına gereken enerji de JA ve JD konnektörlerinin 5. ve 6. pinlerinden alınmaktadır. Yine araçta bulunan uyarı sistemine ait buzzer JB-4 pinine, sağ sinyali temsil eden led JC-1, sol sinyali temsil eden led ise JB-1 pinlerine bağlanmaktadır.

3. HDL

HDL bir donanım parçasını modellemek için kullanılan yazılım dilidir. VHDL ile Verilog en yaygın kullanılan iki yazılım dili türüdür. Xilinx Ise Design Suite programı HDL kodlarıyla yazılan programı derlemek için kullanılmaktadır ve FPGA'nın programlanması için ilk olarak Xilinx Ise Design Suite programının bilgisayara yüklenmesi gerekmektedir.[4]

3.1. VHDL

VHDL sayısal devrelerin tasarlanması ve denenmesi amacıyla yaygın olarak kullanılan bir donanım tanımlama dilidir. Dilin adı "yüksek hızlı tümleşik devreler için donanım tanımlama dili" teriminin İngilizce karşılığı olan *Very high speed integrated circuit Hardware Description Language* tümcesindeki sözcüklerin baş harflerinin bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur.

VHDL in özellikleri aşağıdaki gibidir:[5]

- Tasarımlar hiyerarşik şekilde bileşenlerine ayrılabilir.
 - Her bir tasarım elemanı iyi tanımlı bir ara yüze (diğer elemanlarla bağlantı için) ve hatasız davranışsal tanımlamaya sahip olmalıdır.
- Davranışsal tanımlama yapılırken algoritma veya gerçek donanım yapıları kullanılarak elemanların işlemleri belirtilir.
- Uyumluluk, zamanlama ve saat ile denetim modellenenabilir. VHDL senkron ve asenkron ardışıl devre yapılarını gerçekleyebilir.
- Bir tasarımın lojik işlemleri ve zaman davranışının simülasyonu yapılabilir.

4. Tasarım

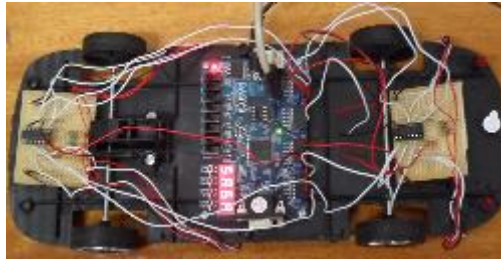
KONTRAST ALGILAYICISI KULLANILARAK FPGA TABANLI ŞERİTTEN AYRILMA UYARI SİSTEMİ

Hale Yenginer, Çağatay Canbaz, S. Ünsal Keser, , Hayriye Korkmaz

Şeritten ayrılma uyarı sistemi, temsili bir yol üzerinde hareket ettirilen, temsili bir araçtan oluşmaktadır. Temsili aracın üzerinde Şekil 5'te görüldüğü gibi ön sağ-sol köşelerde ve yan ortalara yerleştirilmiş toplam 8 adet kontrast algılayıcısı (QTR) bulunmaktadır. Algılayıcılardan gelen veriler Xilinx Spartan 3E FPGA kitinin sayısal girişlerine bağlanmıştır. FPGA'ya yüklenen program ile bu algılayıcı çıkışları kontrol edilmektedir. Ayrıca araç sürücüsünün istemli olarak şerit değiştirme isteği geliştirme kiti üzerinde bulunan 2 adet switch (sağ ve sol sinyal) ile temsil edilmektedir. Uygun uyarı mesajı şerit çizgisini tespit eden algılayıcı çıkışlarına ve sinyal durumuna göre değerlendirilmektedir. Uyarı mesajı kit üzerinde var olan 4 adet 7 parçalı gösterge üzerinde metin olarak belirirken; aynı zamanda tehlikeli durumlarda bir buzzer ile de sesli uyarı yapılmaktadır. Temsili araç ve şerit genişlikleri ile şerit çizgi boyutları gerçek hayattaki ortalama bir aracın ve şerit ölçülerinin belli oranlarda ölçeklendirilmesiyle oluşturulmuştur.



a)Temsili Aracın Alt Panelindeki Algılayıcıların Görünümü



b)Temsili Aracın Üstten Görünümü

Şekil 5: Temsili Aracın Alt ve Üst Görünümü

Projede sol ve sağ sinyali vermek için FPGA kiti üzerinde bulunan 8 adet anahtardan 2 tanesi (SW0 sağ sinyali vermek için, SW1 sol sinyali vermek için) kullanılmaktadır.

KONTRAST ALGILAYICISI KULLANILARAK FPGA TABANLI ŞERİTTEN AYRILMA UYARI SİSTEMİ

Hale Yenginer, Çağatay Canbaz, S. Ünsal Keser, , Hayriye Korkmaz

Sinyaller ise aracın sol ön ve sağ ön paneline yerleştirilen, konektörlerden çıkış olarak alınan harici 2 adet LED ile gösterilmektedir.

Sistem yazılım ve donanımı aracılığıyla gerçekleştirilecek işaret ve uyarı durumları için Tablo-1'deki durumlar baz alınmaktadır.

Tablo 1: Sistem Tasarımının Doğruluk Tablosu

Sinyal		Sağ sensörler				Sol sensörler				Sinyal ledi		Display	Buzzer	Açıklaması	
Sol	Sağ	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	Sol	Sağ				
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	Araç şeritte ilerliyor
		0	0	0	0	0	0	0	0	1			SAGA	1	Sinyal yok, araç sol şeride geçiyor
		0	0	0	0	0	1	1	1	1			SOLA	1	Sinyal yok, araç sağ şeride geçiyor
		1	1	1	1	0	0	0	0	0					
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1			
		0	0	0	1	0	0	0	0	0			SAG	0	Sinyal var, araç sağ şeride geçiyor
		1	1	1	0	0	0	0	0	0			SOLA	1	Düz çizgi, şerit değiştirilemez
		1	1	1	1	0	0	0	0	1			SAGA	1	Sağa sinyal verildi, araç sol şeride geçiyor
		0	0	0	0	1	1	1	1	1					
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0			
		0	0	0	0	0	0	0	0	1			SOL	0	Sola sinyal verildi, araç sol şeride geçiyor
		0	0	0	0	1	1	1	1	0			SAGA	1	Düz çizgi, şerit değiştirilemez
		0	0	0	1	0	0	0	0	0			SOLA	1	Sola sinyal verildi, araç sağ şeride geçiyor
		1	1	1	1	0	0	0	0	0					
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1			-	

Şekil-6'da gösterilen program akış diyagramındaki “SSL1 = 1” sorgusu ile sol ön QTR kontrast algılayıcı çiftinin şeridi görüp görmediğinin sorgusu yapılmaktadır. Eğer şeridi algıladıysa dijital ‘1’ çıkışı vermektedir. DSP üzerinde ‘SAĞA veya SOLA ’ mesajı var ise: Bu bir HATA mesajıdır. Sola sinyal verip dönerken eğer sol şerit düz ise veya sola sinyal vermeden sola dönersek göstergede “sağa”, sağa sinyal verip dönerken eğer sağ şerit düz ise veya sağa sinyal vermeden sağa dönersek göstergede “sola” gibi sürücünün ters yöne direksiyonu döndürmesi için yazılı, buzzer ile de sesli bir uyarı yapılmaktadır.

DSP üzerinde ‘SAĞ veya SOL ’ mesajı var ise: Bu bir hata mesajı DEĞİLDİR. Bu sürücünün istemli sağa ya da sola verdiği sinyali ifade etmektedir.

Temsili aracın ön ve iki yanında bulunan algılayıcılar (4 adet QTR algılayıcı çifti) yardımıyla alınan veriler doğrultusunda (*Beyaz için '1', siyah için '0'*) şerit çizgisinin durumu algılanmaktadır. Elde ettiğimiz sonuç (kesikli çizgi, düz çizgi veya çizgi yok (şeritte ilerliyoruz) durumları) ile kullanıcı tarafından verilen sinyal (sağ ve sol sinyal)

KONTRAST ALGILAYICISI KULLANILARAK FPGA TABANLI ŞERİTTEN AYRILMA UYARI SİSTEMİ

Hale Yenginer, Çağatay Canbaz, S. Ünsal Keser, , Hayriye Korkmaz

göz önünde bulundurularak aracın şerit değiştirmesinin uygunluğuna karar verilmektedir.

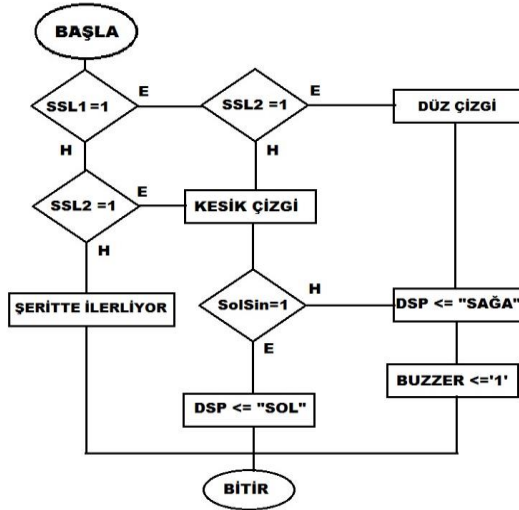
Programda şerit kontrolü, aralarındaki mesafe bir kesik çizgi boyu kadar olan iki algılayıcının eş zamanlı olarak sorgulanmasıyla yapılmaktadır. Sol taraftaki şeridin durumu yine soldaki algılayıcıların sorgulanması ile belirlenmektedir:

Eğer (Sol ön QTR çifti = 1 && Sol yan QTR çifti = 0) ise Şerit çizgisi “Kesik çizgi” dir.

Eğer (Sol ön QTR çifti = 0 && Sol yan QTR çifti = 1) ise Şerit çizgisi “Kesik çizgi” dir.

Eğer (Sol ön QTR çifti = 0 && Sol yan QTR çifti = 0) ise araç şeritte ilerlemektedir.

Eğer (Sol ön QTR çifti = 1 && Sol yan QTR çifti = 1) ise Şerit çizgisi “Düz çizgi” dir.



Şekil 6: Program Akış Diyagramı

- SSL1: Sol ön QTR kontrast algılayıcı çifti
- SSL2: Sol yan QTR kontrast algılayıcı çifti
- SolSin: Sol sinyal için kullanılan anahtar (SW1)
- DSP: 7 segment Display (7 parçalı Gösterge)

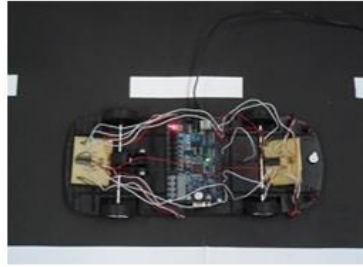
KONTRAST ALGILAYICISI KULLANILARAK FPGA TABANLI ŞERİTTEN AYRILMA UYARI SİSTEMİ

Hale Yenginer, Çağatay Canbaz, S. Ünsal Keser, , Hayriye Korkmaz

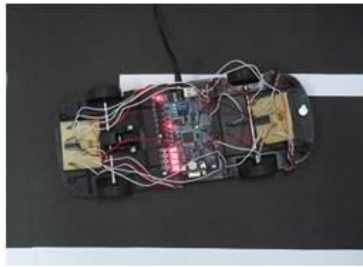
Hem sağ hem de sol taraftaki algılayıcıların ayrı ayrı kontrol edilmesiyle iki taraftaki şeritlerin de durumu birbirinden bağımsız olarak değerlendirilebilmektedir. Şerit değiştirmek için sürücü tarafından belirlenen yön seçimi, FPGA kartı üzerinde bulunan iki adet iki konumlu anahtar yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Anahtarlardan birisi sağ; diğeri ise sol sinyali temsil etmektedir. Durum değerlendirmesinden sonra verilen yazılı uyarı FPGA kartının üzerinde bulunan gösterge ile bildirilmektedir.

Sürücünün sinyal verdiği yöndeki şerit kesik çizgi ise göstergede sinyalin verildiği yönün adı (“sağ” veya “sol”) yanıp sönmektedir. Şerit düz ise göstergede “sağa” veya “sola” gibi sürücünün ters yöne direksiyonu döndürmesi için yazılı, buzzer ile de sesli bir uyarı yapılmaktadır. Sinyal verilmeden yapılan tüm şerit değiştirmelerde de yine aynı şekilde uyarılar verilmektedir.

Aracın bağlantıları gerçekleştirilip gerekli yazılım yüklenmiştir. Temsili olarak hazırlanan yolun üzerinde, aracın durumlara cevapları Şekil 7’de görüldüğü gibi gösterilmiştir.



a) Araç şeridinde ilerliyor.

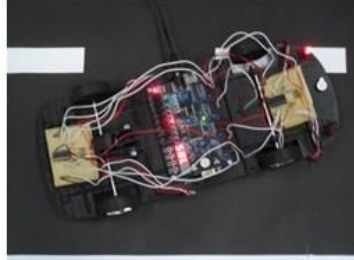


b) Sola sinyal verilmedi. Kesik çizgi alınmadı.
Buzzer çalışıyor.
Mesaj: “SAĞA”

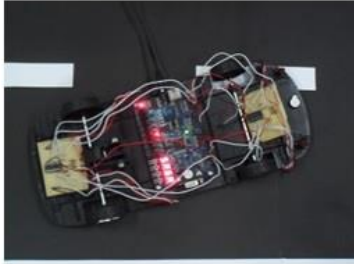
(İstem dışı sola geçilme durumu)

KONTRAST ALGILAYICISI KULLANILARAK FPGA TABANLI ŞERİTTEN AYRILMA UYARI SİSTEMİ

Hale Yenginer, Çağatay Canbaz, S. Ünsal Keser, , Hayriye Korkmaz



c) Sola sinyal verildi. Kesik çizgi algılandı.
Buzzer çalışmıyor.
Mesaj: "SOL"
(Sola sinyal verilme bilgisi)



d) Sola sinyal verildi. Sürekli çizgi algılandı.
Buzzer çalışıyor.
Mesaj: "SAĞA"
(İstem dışı şerit değiştirme durumu)

Şekil 7: Algılanan şeridin ve sürücünün verdiği sinyalin durumuna göre geliştirilen uyarı sisteminin cevabı

5. Sonuçlar

Projede kullanılan QTR algılayıcısının, beyaz şeritleri algılama mesafesi azami 6 mm olduğundan günümüz şartlarında gerçek araçlar üzerinde uygulanabilirliği düşüktür. Ayrıca algılayıcının, ışığın yansımından etkilenmesi olumsuzluklara yol açmaktadır. Zaten günümüzde birçok araçta sensör kullanılarak gerçekleştirilen şerit çizgisi algılama işlemi çoğunlukla görüntü işleme teknolojileriyle desteklenmektedir. En güvenilir sonuç çok ve çeşitli sensörler ile aracın ön camının üst kısmına yerleştirilen kameradan alınan yol görüntüsünün işlenmesi ile elde edilmektedir. Bu yüzden elde edilen tecrübeler ile gerekli maddi destek sağlandığında gerçek hayatta kullanılabilir bir sistemin tasarımı mümkün olacaktır.

Hale Yenginer, Çağatay Canbaz, S. Ünsal Keser, , Hayriye Korkmaz

6. Kaynakça

- [1] Clanton J.M., Bevely D.M., Hodel A.S., (2009) A Low-Cost Solition for an Integrated Multisensor Lane Departure Warning System, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol.10 No.1.
- [2] H.G. JUNG, Y.H. Lee, H.J. Kang, J. Kim,(2009), Sensor Fusion Based Lane Detection For LKS+ACC System, International Journal Of Automotive Technology, Vol:10, No:2, pp:219-228.
- [3]http://www.digilentinc.com/Data/Products/BASYS/Basys_C_rm.pdf
- [4] [5] http://ce.istanbul.edu.tr/erdem/courses/blt/documents/VHDL_Teori.pdf
- [5]http://ce.istanbul.edu.tr/erdem/courses/blt/documents/VHDL_Teori.pdf

KONTRAST ALGILAYICISI KULLANILARAK FPGA TABANLI ŞERİTTEN AYRILMA
UYARI SİSTEMİ

Hale Yenginer, Çağatay Canbaz, S. Ünsal Keser, , Hayriye Korkmaz