

Kızılberisi Algılayıcılardan Elde Edilen Sinyallerle Yüzey Özelliklerinden Bağımsız Konum Kestirimi

Range Estimation Using Simple Infrared Sensors Without Prior Knowledge of Surface Parameters

Çağrı Yüzbaşıoğlu ve Billur Barshan

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
Bilkent Üniversitesi 06800, Bilkent, Ankara

{cagri, billur}@ee.bilkent.edu.tr

Özetçe

Bu çalışmada, basit ve düşük maliyetli kızılberisi algılayıcılarla, farklı yansımaya özelliklerine sahip yüzeylerin konum kestirimi için yeni bir yöntem ileri sürülmektedir. Kızılberisi algılayıcılardan elde edilen yeğinlik sinyalleri, yüzeyin özelliklerine ve algılayıcılara göre olan konumuna bağlıdır. Bu nedenle, kızılberisi algılayıcılarla yapılan önceki çalışmalarda, yüzeylerin konum kestirimi için öncelikle yüzey özellikleri bulunmakta veya yüzeye ilgili bazı varsayımlarda bulunulmaktadır. Bu çalışma ise yüzey özelliklerine gerek duymaksızın, konum kestirimi için yeni bir yöntem ileri sürmektedir. Önerilen yöntem, çeşitli yüzeyler kullanılarak deneysel olarak doğrulanmıştır. 12.5–45 cm arasına yerleştirilen yüzeylerin konum kestiriminde, ortalama mutlak hata 0.21 cm olarak gerçekleşmiştir. Elde edilen sonuçlar göstermektedir ki, kızılberisi algılayıcılar, önerilen yöntemle özellikleri bilinmeyen bir yüzeyin yüksek doğrulukla konum kestiriminde kolayca kullanılabilirler.

Abstract

This paper describes a new method for range estimation using low-cost infrared sensors. The intensity data obtained with infrared sensors depends highly on the surface properties and the configuration of the sensors and the surface. Therefore, in many of the related studies, either the properties of the surface are determined first or certain assumptions about the surface are made in order to calculate the distance and the orientation of the surface relative to the sensors. In this paper, we propose a novel method for position estimation of surfaces with infrared sensors without the need to determine the surface properties first. The method is verified experimentally with planar surfaces covered with white paper, wooden block, bubbled packing material, white styrofoam, blue and brown cardboard. The overall absolute mean error in the range estimates has been calculated as 0.21 cm in the range from 12.5 to 45 cm. The results obtained demonstrate that infrared sensors can be easily used for localization to an unexpectedly high accuracy without prior knowledge of the surface parameters.

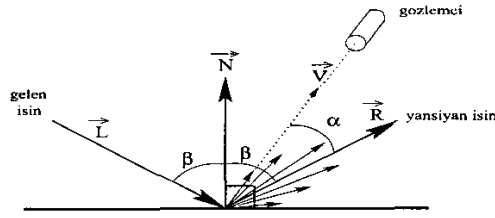
1. Giriş

Kızılberisi algılayıcılar, robotik uygulamalarda çevrenin tanınması için sıkça kullanılan düşük maliyetli cihazlardır. Bu algılayıcılar, genellikle biri alıcı diğeri verici olmak üzere çift olarak kullanılmaktadır. Alıcı tarafından algılanan ışığın yeğinliği esas olarak yüzey özellikleri ile alıcı, verici ve yüzeyin birbirlerine göre olan konumlarına bağlıdır. Dolayısıyla, yeğinlik ölçümleri yeterli doğrulukla konum kestirimi için tek başına yeterli olmamaktadır. Bu sorunun çözümüne bir yaklaşım, uygun sinyal işleme yöntemleriyle öncelikle yüzey özelliklerinin belirlenmesidir [1, 2]. Bu çalışmada sunulan yaklaşım ise yeğinlik ölçümlerindeki parametre sayısını azaltmak üzere, alıcı ve vericiyi önceden bilinen belirli bir konfigürasyona göre yerleştirmektedir. Buradaki yöntem, ortam aydınlatmasını, dağınık ve aynasal yansımaya tek bir formülde birleştiren Phong aydınlatma modeline [3] dayanır:

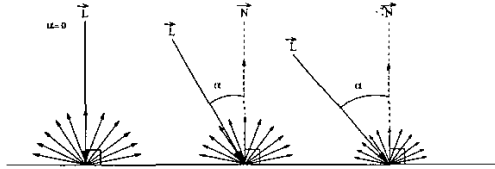
$$I = I_a k_a + I_i [k_d (\vec{L} \cdot \vec{N})] + I_s [k_s (\vec{R} \cdot \vec{V})^n] \quad (1)$$

Burada, I_a ve I_i ortam aydınlatmasını ve gelen ışığın yeğinliğini, k_a , k_d ve k_s yüzeyin ortam aydınlatması, dağınık ve aynasal yansımaya katsayılarını, \vec{L} , \vec{N} , \vec{R} ve \vec{V} ise Şekil 1'de gösterildiği gibi, sırasıyla ışık kaynağını, yüzey normalini, yansıyan ışığı ve gözlemcinin bakış doğrultusunu gösteren birim vektörleri temsil etmektedirler. Yukarıdaki toplamda ilk terim olan ortam aydınlatması kızılberisi alıcısı kaplayan süzgeç tarafından minimize edilmekte, aslında sıfırlanmaktadır. Yine aynı toplamda, ikinci terimle ifade edilen dağınık yansımada ise, Şekil 2'de gösterildiği gibi, gelen ışık tüm yönlere eşit şiddette dağılmaktadır. Bununla birlikte, yansıyan ışığın yeğinliği, gelen ışık ile yüzey normali arasındaki açının kosinüsüyle orantılıdır (Lambert kosinüs yasası) [4]. Son olarak, üçüncü terimle temsil edilen aynasal yansımada ise, Şekil 1'de gösterildiği gibi, yansıyan ışığın yüzey normali ile yaptığı açı gelen ışığın yüzey normali ile yaptığı açıya eşit olmaktadır.

Bu çalışmada, biri alıcı, diğeri verici olmak üzere iki algılayıcı kullanılmaktadır. Alıcı ve verici, üzerinde ayrı ayrı hareket edebilecekleri doğrusal bir platforma



Şekil 1: Aynasal yansıma.



Şekil 2: Farklı geliş açıları için dağınık yansıma.

yerleştirilmişlerdir. Buradaki yöntemin ana fikri, alıcı-verici çifti doğrusal platform boyunca hareket ettirilirken, alıcıdan elde edilen yeğinlik ölçümlerinin maksimum olduğu noktaları kaydetmek ve o anda alıcı-verici çifti arasındaki mesafeyi kullanarak konum kestiriminde bulunmaktadır.

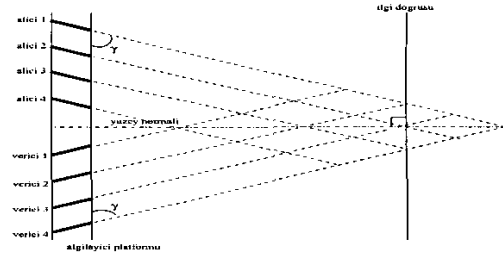
Bölüm 2'de, farklı şekillerde konumlandırılmış yüzeyler için önerilen konum kestirimi teknikleri ayrıntılı olarak anlatılmaktadır. Son bölümde ise, elde edilen sonuçlar irdelenmektedir.

2. Konum Kestirimi

Bu çalışmada kullanılan kızılberisi algılayıcıların herbiri [5], metal muhafaza içinde bir alıcı bir de verici içermektedir. Algılayıcıları değişen uzaklıklarda bir alıcı-verici çifti olarak kullanabilmek için, algılayıcılardan birinin vericisi ve diğer algılayıcının da alıcısı, opak maddelerle kapatılmıştır. Algılayıcılar, 20-28 V dc giriş voltajı ile çalışmakta ve yüzeyden yansıyan ışığın yeğinliğiyle orantılı bir analog çıkış voltajı vermektedirler. Alıcı, ortam aydınlatmasının etkisini minimize edecek bir kızılberisi süzgeç ile kaplanmıştır. Verici kapatıldığında, alıcıdan okunan yeğinlik ölçümü sıfır olmaktadır. Vericinin gönderdiği ışığın yeğinliği bir potansiyometre ile ayarlanabilmektedir. Alıcının çıkışı, 10-bitlik, mikro-işlemci uyumlu, çevirme zamanı 200 μ sec ve çözünürlüğü 1 mV düzeyinde olan bir analog/sayısal çevirici ile işlendikten sonra bir PC'ye gönderilmektedir.

Algılayıcılar, Şekil 3'de gösterildiği gibi, doğrusal platformla önceden belirlenmiş sabit bir açı (bu çalışmada $\gamma = 60^\circ$) yapmakta ve PC kontrollü adım motorları tarafından hareket ettirilmektedirler. Adım motorların adım boyu 1.8° 'dir ve her bir adım algılayıcıların doğrusal platform üzerinde 0.25 cm'lik yer değiştirmesine karşılık gelmektedir. Dolayısıyla, algılayıcılar arasındaki uzaklığı ölçmek için motorların attıkları adım sayısını kaydetmek yeterlidir.

Bu çalışmada alıcının topladığı yeğinlik ölçümleri ile alıcı-verici çifti arasındaki uzaklığı kullanarak konum kestirimi yapmak için izlenen süreç şöyledir: vericinin bir konu-

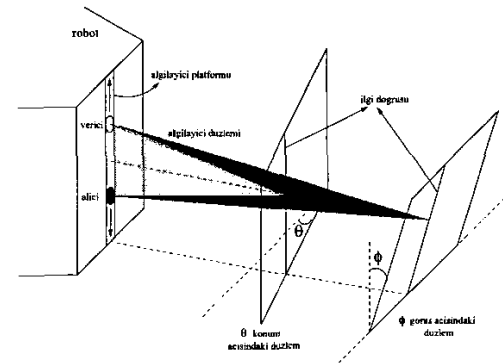


Şekil 3: İlgü doğrusu, algılayıcılar platformuna paralel olduğunda ($\phi = 0^\circ$) deneysel düzeneğin yandan görünüşü.

mu için, alıcı, doğrusal platform boyunca kayarak yeğinlik ölçümü toplar ve ölçümler, motorun her adımı için alıcı-verici çifti arasındaki uzaklık ile birlikte kaydedilir. Alıcı, platform üzerindeki hareketini tamamladığında, kaydedilmiş olan yeğinlik ölçümleri karşılaştırılarak, en büyük ölçüm ve ona karşılık gelen alıcı-verici çifti arasındaki uzaklık bulunur. Vericinin o anki konumu için bulunan bu maksimum ölçüm ve alıcı-verici uzaklığı bilgileri kaydedilir. Bu süreç, vericinin farklı konumları için tekrarlanarak bir grup alıcı-verici uzaklığı ve yeğinlik ölçümü bilgisi elde edilir. Şekil 3'de gösterildiği gibi, verici 4. konumdayken, alıcıdan okunan ölçüm, alıcının 2. konumu için ve benzer olarak verici 3. konumdayken, alıcıdan okunan ölçüm, alıcının 3. konumu için elde edilir.

Algılayıcı düzlemi ve uzaklığın ölçüldüğü ilgü doğrusu Şekil 4'te gösterilmiştir. Yüzeyin konumu, Şekil 4'te gösterildiği gibi, θ ve ϕ açılarıyla belirlenir. ϕ 'nin sıfır olması, algılayıcıların hareket platformu ile ilgü doğrusunun birbirlerine paralel olması anlamına gelir ve bu durumda sistemin geometrisi oldukça basitleşir. ϕ 'nin sıfıra eşit olması için şu iki koşulun sağlanması gerekir: (i) Vericinin tüm konumları için, maksimum yeğinlik ölçümlerinin birbirine eşit olması gerekir. (ii) Maksimum yeğinlik ölçümlerine karşılık gelen, alıcı-verici uzaklıkları da tüm durumlarda eşit olmalıdır.

$\phi = 0^\circ$ ve $\phi \neq 0^\circ$ durumları sonraki bölümlerde ayrı ayrı incelenecektir.



Şekil 4: Genel durum, $\theta \neq 0^\circ$ ve $\phi \neq 0^\circ$.

