

ÖZET

SADECE MONOKÜLER KAMERA KULLANAN YAPAY ZEKA TABANLI GÖRSEL BİR DERİNLİK ALGILAMA, EŞZAMANLI KONUMLANDIRMA VE HARİTALANDIRMA YÖNTEMİ VE SİSTEMİ

Buluş, yapay zeka (derin öğrenme) tabanlı bilgisayarlı görü kullanarak sadece monoküler kamera görüntüsünden semantik olarak derinlik algılama, eşzamanlı konumlandırma ve haritalandırma yöntemi ve sistemi ile ilgilidir.

İSTEMLER

1. Sadece monoküler kameradan (1) semantik olarak harekete müsait çarpışmasız uzay tespiti yapan yapay zeka tabanlı görsel bir derinlik algılama, eşzamanlı konumlandırma ve haritalandırma sistemi olup, özelliği;
- Monoküler kameranın (1) kendi konum değişimini sağlayan görsel odometri yazılım modülü (2),
 - Monoküler kameradan (1) gelen her yeni görüntüyü teşhis etmek üzere eğitildiği nesne sınıflarından görüntüde var olanlarından teşhis edebildiklerinin görüntüde kapladığı alanın çerçevesinin köşe piksel konumlarını ve nesnenin sınıfını çıktı olarak veren derin sinir ağı yazılım modülü (3),
 - boyut oranına (genişlik/yükseklik) bakılarak nesnenin kameraya göre duruş açısı (poz) kestirimi yapılmasını sağlayan monoküler kameradan (1) gelen görüntüden teşhis edilen nesnenin imaj düzlemindeki (8) çerçevesi (11),
 - Nesnenin merkezinin monoküler kameraya (1) göre tanımlı z eksenindeki konumunu nesnenin gerçek yüksekliği, kameranın odak uzaklığı ve çerçevenin piksel yüksekliği yardımıyla; nesnenin merkezinin x eksenindeki konumunu derinlik, çerçevenin merkezinin imaj düzleminde tanımlı u eksenindeki (12) kayma miktarı yardımıyla; nesnenin merkezinin y eksenindeki konumunu derinlik, çerçevenin merkezinin imaj düzleminde tanımlı v eksenindeki (13) kayma miktarı değerleri yardımıyla nesnelerin kameraya göre konumunu hesaplayan yazılım modülü (4),
 - Monoküler kamera (1) ile nesne arasında piramitin tanımlanmasını sağlayan çarpışmasız (boş) uzayı hesaplayan yazılım modülü (5),
 - Nesneleri durağan, yarı hareketli ve hareketli olmak üzere üç sınıfta teşhis edilmesini sağlayan haritalandırma yazılım modülü (6) ile karakterizedir.

TARİFNAME

SADECE MONOKÜLER KAMERA KULLANAN YAPAY ZEKA TABANLI GÖRSEL BİR DERİNLİK ALGILAMA, EŞZAMANLI KONUMLANDIRMA VE HARİTALANDIRMA YÖNTEMİ VE SİSTEMİ

5

TEKNİK ALAN

Buluş, yapay zeka (derin öğrenme) tabanlı bilgisayarlı görü kullanarak sadece monoküler kamera görüntüsünden semantik olarak derinlik algılama, eşzamanlı konumlandırma ve haritalandırma yöntemi ve sistemi ile ilgilidir.

10

ÖNCEKİ TEKNİK

Derinlik algılama için kullanılan önceki teknikler ultrasonik dalga kullanarak mesafe ölçümü, lazer ışını (LIDAR vb.) kullanarak mesafe ölçümü, ışığın uçuş süresini (time of flight) kullanarak mesafe ölçümü ve binoküler kamera kullanılarak üretilen stereo görüntüden mesafe ölçümü şeklindedir. Bu tekniklerden sadece binoküler kamera kullanılarak stereo görüntüden derinlik algılama tekniği görsel bir tekniktir diğer teknikler görsel değildir. Binoküler kamera ile stereo görüntü oluşturmak için birbirlerine göre konumları sabit ve değişmeyen iki adet kameraya ihtiyaç duyulur. Ayrıca stereo görüntüden algılanabilecek derinliğin menzili kameraların birbiri arasındaki mesafeye bağlıdır. Buluş ile iki kamera kullanıp stereo görüntü oluşturma yerine tek kameradan elde edilen monoküler görüntüden derinlik algılama mümkün kılınmıştır. Binoküler kamera kullanan tekniğe göre daha uzun menzilli derinlik algılama mümkün kılınmıştır.

Bir yapay zeka tekniği olan derin öğrenme ile görüntüde yer alan nesnelerin teşhis edilip sahne ile ilgili semantik bilgi sahibi olunması literatürdeki bir çok görüntü işleme probleminde paradigma değişimine sebep olmuştur. Derin öğrenmenin ortaya çıkışından önce görüntüdeki geometrik özelliklerden öznitelikler belirlenip çıkarımlar ve teşhisler yapılmaktaydı. Derin öğrenmenin nesne teşhis performansı önceki tüm tekniklerin performanslarını geride bırakarak, önceki tekniklerin yerini kısa sürede almıştır.

Şekiller Listesi

Şekil 1. Sistemin Blok Diyagramı

Şekil 2. Harekete Müsait Boş Uzay Piramidi

Şekillerde Yer Alan Numaraların Karşılıkları

1. Monoküler Kamera
2. Görsel Odometri Yazılım Modülü
- 5 3. Derin Sinir Ağı Yazılım Modülü
4. Nesnelerin Kameraya Göre Konumunu Hesaplayan Yazılım Modülü
5. Çarpışmasız (Boş) Uzayı Hesaplayan Yazılım Modülü
6. Haritalandırma Yazılım Modülü
7. Sistem Çıktısı Harita
- 10 8. Kameranın İmaj Düzlemi
9. Nesnenin Uzaydaki Kesit Alanının Merkezi
10. Nesnenin Uzaydaki Kesit Alanı
11. Nesnenin İmaj Düzlemindeki Çerçevesi
12. Kameranın İmaj Düzleminin Merkezine Referansla Tanımlanan u Eksen
- 15 13. Kameranın İmaj Düzleminin Merkezine Referansla Tanımlanan v Eksen
14. Kameranın Konumu ($x=0, y=0, z=0$)
15. Kameranın İmaj Düzleminin Merkez Noktası
16. Kameranın Taban Doğrusu

20 BULUŞUN KISA AÇIKLAMASI

Buluş ile çözülmek istenen problem, insansız platformun (robot, insansız hava aracı, insansız kara aracı, insansız deniz aracı, insansız demiryolu aracı vb.) daha önce bilgi sahibi olmadığı bir ortamda kendi başına sadece monoküler kamera (1) kullanarak semantik olarak nesne seviyesinde görsel eşzamanlı konumlandırma ve haritalandırma yapabilmesi ve bu sırada harekete müsait boş uzayı teşhis edebilmesidir. Ortamdaki nesnelerin görüntü üzerinde teşhis edilmesi bir yapay zeka tekniği olan derin öğrenme (derin yapay sinir ağı) kullanılarak yapılmaktadır.

BULUŞUN DETAYLI AÇIKLAMASI

30 İnsansız platformlar uzayda bir konumdan başka bir konuma gidebilmek için rota belirlemek zorundadır. İnsansız platformun kendi başına rota planlayabilmesi için ortamdaki nesnelerin kendisine referansla nerede bulunduklarını bilmesi gerekir yani nesnelerin ve kendisinin konum bilgilerini içeren bir haritaya ihtiyacı vardır. Bu haritada nesne bulunmayan bölgeler robotun kapladığı hacmi içine alacak

büyükölükteyse bu bölgeler harekete müsait boş uzaydır, başka bir değışle çarpışmasız uzaydır.

Buluş ile çözülmek istenen problem, insansız platformun daha önce bilgi sahibi olmadığı bir ortamda kendi başına sadece monoküler kamera (1) kullanarak semantik görsel eşzamanlı konumlandırma ve haritalandırma yapabilmesidir. Bunun başarılılabilmesi için insansız platformun hem kendi konumunun (kameranın) hem de etraftaki nesnelerin konumlarının takip edilmesi gerekmektedir.

Buluş, sadece monoküler kamera (1) kullanan önceki görsel eşzamanlı konumlandırma ve haritalandırma tekniklerinde olmayan

- Görüntüdeki nesnelerin kameraya olan mesafelerini hesaplayabilme,
- Haritayı nesne tabanlı oluşturabilme,
- Tanınan nesne ile kamera arasında oluşan piramit şeklindeki harekete müsait boş uzayı hesaplayabilme biricik ve özgün özelliklerine sahiptir.

Buluş ile yöntemde monoküler kameranın (1) kendi konum değışimi görsel odometri yazılım modülü (2) ile sağlanmaktadır. Etraftaki nesnelerinin konumlarının takibi için ise yapay zeka ile görüntüden nesne teşhisi ve kamera geometrisi birlikte kullanılmaktadır.

Buluş kapsamında ortamdaki nesnelerin teşhis edilmesi alt problemi bir yapay zeka tekniğı olan derin öğrenme (derin sinir ağı) kullanarak yapılmaktadır. Monoküler kameradan (1) gelen her yeni görüntü önceden eğitilmiş derin sinir ağı barındıran derin sinir ağı yazılım modülünden (3) geçirilir. Derin sinir ağı çıktı olarak daha önce teşhis etmek üzere eğitildiğı nesne sınıflarından görüntüde var olanlarından teşhis edebildiklerinin görüntüde kapladığı alanın çerçevesinin köşe piksel konumlarını ve nesnenin sınıfını (insan, araba vb.) çıktı olarak vermektedir.

Teşhis edilen nesnenin monoküler kameraya (1) göre konumunun hesaplanması alt problemi, kamera geometrisi denklemleri kullanılarak nesnelerin kameraya göre konumunu hesaplayan yazılım modülü (4) ile çözülmektedir. Görüntüden teşhis edilen nesnenin imaj düzlemindeki çerçevesinin (11) boyut oranına (genişlik/yükseklik) bakılarak nesnenin kameraya göre duruş açısı (poz) kestirimi yapılmaktadır. Çerçevenin piksel boyutları ile nesnenin gerçek boyutlarının ortalama değeri (örneğin bir insan ortalama 30cm eninde 60cm boyunda 170cm yüksekliğinde, araba 180cm eninde 450cm boyunda 150cm yüksekliğindedir.) kullanılarak nesnenin merkezinin monoküler kameraya (1) göre tanımlı z eksenindeki konumu Şekil-2'deki referansa göre Denklem-1 üzerinden yapılmaktadır. Nesnenin

merkezinin x ve y eksenlerindeki konumları ise Denklem-2 ve Denklem-3 ile Şekil-2'deki referanslara göre hesaplanmaktadır.

Denklem-1

$$z = ((\text{nesnenin gerek ykseklięi} \times \text{kameranin odak uzaklıęı}) / \text{erevenin piksel ykseklięi})$$

Denklem-2

$$y = ((\text{derinlik} \times \text{erevenin merkezinin imaj dzleminde tanımlı v eksenindeki kayma miktarı}) / \text{kameranin odak uzaklıęı})$$

Denklem-3

$$x = ((\text{derinlik} \times \text{erevenin merkezinin imaj dzleminde tanımlı u eksenindeki kayma miktarı}) / \text{kameranin odak uzaklıęı})$$

15

Nesne ile kamera arasındaki mesafe hesaplandıktan sonra arpışmasız (boş) uzayı hesaplayan yazılım modl (5) zerinden monokler kamera (1) ile nesne arasında bir piramit tanımlanmaktadır. Bu piramidin tepe noktası monokler kameranın (1) olduęu konum, piramidin tabanı ise nesnenin imaj dzlemindeki erevesidir (11). Piramidin iinde yer alan ve derin sinir aęının tanıdıęı başka nesne yok ise bu piramit uuša msait uzay olarak tanımlanmaktadır.

20

Haritalandırma yazılım modl (6), teşhis edilen nesneleri duraęan, yarı hareketli ve hareketli olmak zere  sınıfta sınıflandırır. Duraęan olan nesneler aęaç, bina vb. kendi başına veya dıřarıdan bir etken ile hareket edemeyen nesnelerdir. Yarı hareketli olan nesneler sandalye, masa gibi ancak başka bir dıř etken ile hareket edebilen nesnelerdir. Hareketli olan nesneler ise insan, araba gibi kendi başına hareket edebilen nesnelerdir. Her bir teşhis edilen nesne iin bu sınıflandırma bilgisi ve konumu nesne veritabanında saklanmaktadır. Teknięin dng kapanışları duraęan ve yarı hareketli nesneler zerinden yapılmaktadır. Haritalandırma modl (5) ıktı olarak harita (6) retir.

30

rneęin, 60 derece grş alanı olan bir monokler kamera kullanılarak sistemin bir drone zerinde bilinmeyen bir uzayı keşfetme amalı kullanılmasının rnek adımları ařaęıda verilmiřtir.

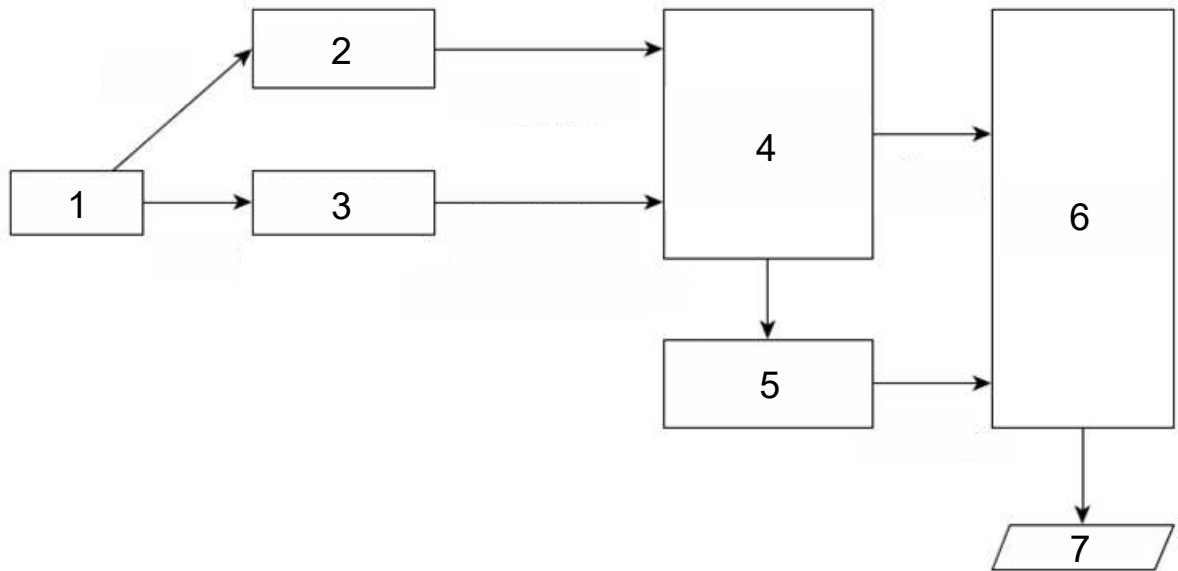
- Drone'nin havalanması,
- Görüş alanındaki nesnelerin teşhis edilmesi
- Nesnelerin çerçevelerinin boyut oranının (genişlik/yükseklik) hesaplanması ve pozlarının kestirilmesi
- 5 – Nesnelerin kameraya göre konumlarının hesaplanması
- Nesneler ile kamera arasında oluşan uçuşa müsait piramitlerin hesaplanması,
- Piramitlerin haritaya eklenmesi ve kesişen hacime sahip olan piramitlerin uzaysal olarak birleştirilmesi,
- Drone'nin saat yönünde 60 derece dönmesi,
- 10 – Eğer 360 derece turu tamamladıysa
 - görüş alanındaki piramitlerden birinin içinden rastgele konum seçilmesi
 - seçilen konuma uçulması
 - adım-2'ye dönülmesi
- 15 – Adım 2'ye dönülmesi

20

25

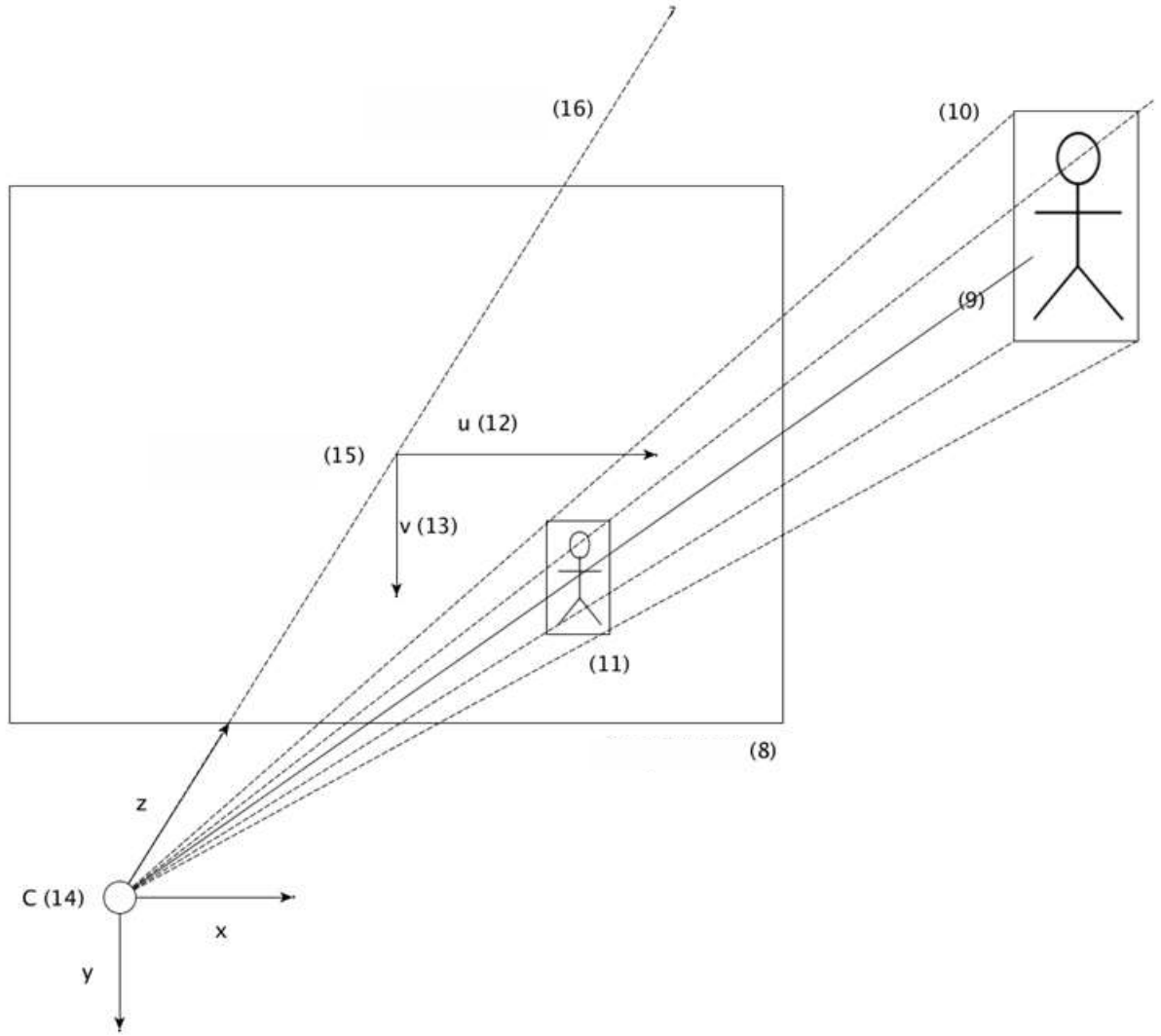
30

1/2



ŞEKİL 1

2/2



ŞEKİL 2