

ÖZET

İNSANSIZ OTONOM SİSTEMLER İÇİN LİDER-TAKİPÇİ SÜRÜ KONTROL YÖNTEMİ VE BU YÖNTEME UYGUN OLARAK ÇALIŞAN BİR SİSTEM

- 5 Buluş, homojen veya karma lider-takipçi sürü sistemlerinde bulunan takipçi platformlar için sürü içi koordinasyonu sağlayacak, formasyonu koruyabilecek ve navigasyonu gerçekleştirebilecek görü tabanlı bir kontrol yöntemi ve bu yöntemeye uygun olarak çalışan bir sistem ile ilgilidir. Buluşta, temel olarak her araçta (platformda) bir kamera ve bir işaret yer almaktadır. Yine her platformda alınan
- 10 görüntünün işlendiği bir görüntü işleme birimi yer almaktadır. Platformlar, ilk formasyonu oluşturacak şekilde konumlandırıldıktan sonra kameraların görüntü açılarından görüntüler alınmaya başlamaktadır. Eğer görüntü içinde bir işaret varsa, platform takipçi olacak ve ilgili işareti takip edecektir. Eğer görüntüde herhangi bir işaret yoksa, o zaman lider pozisyona geçecek ve önceden
- 15 belirlenmiş formasyona uygun global seyrüsefer görevine uygun davranacaktır.

İSTEMLER

1. Buluş homojen veya karma lider-takipçi sürü sistemlerinde bulunan takipçi platformlar (1) için sürü içi koordinasyonu sağlayacak, formasyonu koruyabilecek ve navigasyonu gerçekleştirebilecek görü tabanlı bir kontrol yöntemi olup,
5
- Her bir platformda (1) yer alan kameradan (2) renkli (RGB) 30 FPS, HD (1280x720) görüntü alınması,
- Görüntü üzerinde işaret (3) yoksa, platformun (1) lider olarak belirlenmesi ve global seyrüsefer görevini üstlenmesi,
- 10 - Görüntü üzerinde bir işaret (3) varsa, platformun (1) takipçi olarak belirlenmesi ve işaretin (3) takip edilmesine başlanması,
- Takipçi platformdaki (1) kameradan (2) alınan renkli (RGB) 30 FPS, HD (1280x720) görüntünün, görüntü işleme birimi (4) içerisinde bulunan yapay zeka tabanlı obje takipçisi algoritmasına (5) gönderilmesi ve işaretin (3) seçilerek takip işlemine başlanması,
15
- Takipçi platform (1) tarafından takip edilecek platform (1) üzerindeki işarete (3) ait sınırlayıcı kutu alanının koordinatlarının SiamMask algoritmasıyla belirlenmesi,
- Görüntü üzerinde takip edilen işarete (3) ait dikdörtgensel bölgenin köşe koordinatlarının piksel değeri olarak çıkarıldıktan sonra 0 – 1 aralığına normalize edilmesi,
20
- Normalize edilmiş köşe koordinatlarının, sonrasında görüntü işleme birimi (4) içerisinde bulunan imge tabanlı görsel servolama algoritması (6) bloğuna iletilmesi,
- 25 - İmge tabanlı görsel servolama algoritmasında (6) normalize edilmiş köşe koordinatları üzerinden ilgili alanın hesaplanması,

- İmge tabanlı görsel servolama algoritmasında (6) platformun (1) tipine göre açısal ve lineer hedef (setpoint) hızlarının üretilerek otopilota (7) gönderilmesi,
 - Otopilotun (7) platformun (1) açısal ve lineer hareketini sağlayacak darbe modülasyonlu (Pulse Width Modulation, PWM) sinyalleri üretmesi,
- 5 böylece formasyon korunarak seyrüsefer gerçekleştirilmesi,

işlem adımlarını içermesi ile karakterize edilmektedir.

TARİFNAME

İNSANSIZ OTONOM SİSTEMLER İÇİN LİDER-TAKİPÇİ SÜRÜ KONTROL YÖNTEMİ VE BU YÖNTEME UYGUN OLARAK ÇALIŞAN BİR SİSTEM

5 Teknik Alan

Buluş, homojen veya karma lider-takipçi sürü sistemlerinde bulunan takipçi platformlar için sürü içi koordinasyonu sağlayacak, formasyonu koruyabilecek ve navigasyonu gerçekleştirebilecek görü tabanlı bir kontrol yöntemi ve bu yöntemeye uygun olarak çalışan bir sistem ile ilgilidir.

10 Önceki Teknik

Birden çok insansız aracın, bir ekip halinde (sürü) birbirleri ile uyumlu bir şekilde hareket etmelerinin sağlanması gerekmektedir. Bu insansız araçların tamamının, insansız hava aracı olduğu veya insansız deniz aracı olduğu veya insansız kara aracı olduğu sürüler homojen sürü olarak adlandırılırken, sürü içinde farklı tip insansız araçlar bulunduğu bu tür sürüler karma sürü olarak adlandırılmaktadır.

Çok sayıda aracın (platformun) birbirleri ile uyumlu bir şekilde hareket etmeleri ve istenilen harekate veya plana veya formasyona uygun davranmaları gerekmektedir. Örneğin çok sayıda insansız hava aracının uçuş yaptığı bir durumda, tüm insansız hava araçlarının birbirleri ile haberleşmesi gerekmektedir. Aksi halde, sürü içinde uyumsuzluk sonucu çarpışma gibi istenmeyen durumlar olabilmektedir. Keza karma sürülerde de, insansız hava araçları, diğer hava aracı ve deniz veya kara araçlarıyla haberleşmeli ve koordinasyonu sağlamalıdır.

Sürü içinde birlikte hareket eden araçların birbirleriyle haberleşmeleri ve operasyon yönetim merkezi ile haberleşmeleri, kablosuz haberleşme sistemleri ile

yapılmakta ve eş zamanlı olarak ve küresel konumlandırma sistemleri (GPS, KKS) ile de konumları belirlenebilmektedir. Ancak kablosuz haberleşme sistemleri askeri operasyon sahasında sinyal karıştırma ile sinyal kirliliği oluşturulup doğru ve güvenilir bir haberleşme alt yapısını bozabilmektedir. Bu
5 durum insansız sistemlerin sürü halinde formasyon ve navigasyon görevini kusursuz gerçekleştirmesi için büyük risk oluşturmaktadır. Yine askeri alandaki kablosuz haberleşme alt yapıları için uygulanan sinyal karıştırmalara karşı anti-jam (İHA'ların GPS sistemine yapılacak karıştırma saldırılarını önlemeye çalışma) sistemleri kullanılabilmektedir. İnsansız sistemlerde sürü olarak
10 formasyon ve navigasyon için anti-jam kullanmanın oldukça maliyetli olduğu bilinmektedir. Bundan dolayı da anti-jam kullanılması da her zaman mümkün olmamaktadır.

Tekniğin bilinen durumunda yer alan WO2018213860 sayılı patent dokümanında bir sürü uçuşunda en az iki insansız hava aracını kontrol etmeye yönelik bir sistem
15 açıklanmaktadır. Sistemde hava aracı ile kablosuz iletişim için en az bir sürü kontrol ünitesi bulunmaktadır.

Tekniğin bilinen durumunda yer alan CA3088752 sayılı patent dokümanında sürü halinde uçan nesnelerin çarpışmasının engellenmesi için bir sistem açıklanmaktadır.

20 Tekniğin bilinen durumunda yer alan WO2022261678 sayılı patent dokümanında insansız hava aracı sürüsünün yönetilmesi için bir merkezi komuta sisteminden bahsedilmektedir.

Teknikte var olan sistemler ve yöntemler incelendiğine karma sürüler için kablosuz haberleşmeye ve küresel konumlandırma sistemine ihtiyaç duymayan bir
25 yöntemin ve bu yöntemeye uygun olarak çalışan bir sistemin gerçekleştirilmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır.

Buluşun Amaçları ve kısa açıklaması

Bu buluşun amacı, insansız araçların karma sürüler halinde belirlenen formasyona uygun olarak hareket ettiği bir yöntemin ve bu yönteme uygun olarak çalışan bir sistemin gerçekleştirilmesidir.

- 5 Bu buluşun bir başka amacı, insansız araçların kablosuz haberleşme veya küresel konumlandırma sistemi kullanmadan görü tabanlı bir yöntemin gerçekleştirilmesidir.

- 10 Buluşta, temel olarak her araçta (platformda) bir kamera ve bir işaret yer almaktadır. Yine her platformda alınan görüntünün işlendiği bir görüntü işleme birimi yer almaktadır. Platformlar, ilk formasyonu oluşturacak şekilde konumlandırıldıktan sonra kameraların görüntü açılarından görüntüler alınmaya başlamaktadır. Eğer görüntü içinde bir işaret varsa, platform takipçi olacak ve ilgili işareti takip edecektir. Eğer görüntüde herhangi bir işaret yoksa, o zaman lider pozisyona geçecek ve önceden belirlenmiş formasyona uygun global
- 15 seyrüsefer görevine uygun davranacaktır.

- Takipçi platformlara entegre edilecek olan bu sistemde seyrüsefer için kamera sensörü (KKS ve hız sensörleri yerine) kullanımı yeterli olabilecektir. Görü bazlı takip işlemi yapay zeka tabanlı obje takipçisi ve imge tabanlı görsel servolama (İTGS) yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilecektir. Obje takipçisinin yapay zeka
- 20 tabanlı olması, takip işleminin kesintisiz, oryantasyondan bağımsız, ilüminasyon değişikliklerine dirençli ve platform hareketlerine duyarsız olması açısından kritik önem arz etmektedir. Diğer yandan İTGS yöntemi sayesinde konum ve hız kestirimi olmaksızın (piksel hataları kullanılarak) kontrol sistemi beslenebilecektir. Geliştirilecek seyrüsefer sistemini icra edecek olan sürü kuralı
- 25 hem lideri, hem de takipçilerini içerecek şekilde; önünde platform yok ise global seyrüsefer görevini üstlen, önünde platform varsa önündekini takip et kuralıdır.

Bu kurala göre ister lider olsun ister takipçilerinden biri / birkaçı kaybedildiğinde sürü göreve devam edebilecektir.

Muharebe alanında tehdit sistemlere karşı savunma veya taarruz gerçekleştirilirken iki önemli problem söz konusu olmaktadır. İlki, KKS alıcılarının operasyon sırasında gürültü veya aldatma karıştırmasına uğraması, ikincisi ise kablosuz haberleşme sistemlerinin karıştırılmasıdır. KKS alıcısı karıştırıldığında İHA (İnsansız Hava Aracı), İKA (İnsansız Kara Aracı) veya İDA (İnsansız Deniz Aracı) gibi platformlar konumlarını bulamamakta ve seyrüseferi gerçekleştirememektedir. Haberleşme sistemi karıştırıldığında ise platformlar arası koordinasyon sekteye uğradığı için çoklu halde seyrüsefer veya taarruz gerçekleştirilememektedir. Bu projede savunma veya taarruz amaçlı kullanılacak bir Lider-Takipçi sürü sisteminde bulunan takipçi platformların formasyonu koruyarak seyrüsefer gerçekleştirmelerini sağlayacak görü bazlı bir yöntem geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Geliştirilecek sistem sayesinde herhangi bir KKS alıcısı olmadan ve sürü elemanları arasında kablosuz haberleşme olmaksızın koordinasyon sağlanacak, formasyon korunacak ve seyrüsefer gerçekleştirilebilecektir.

Buluşun Ayrıntılı Açıklaması

Bu buluşun amacına ulaşmak için gerçekleştirilen yöntemin ve bu yönteme uygun olarak çalışan sistem ve platformların şematik gösterimi ekli şekillerde gösterilmiştir.

Bu şekil;

Şekil 1: Buluş konusu yöntemin uygulandığı homojen bir sürünün şematik görünümüdür.

Şekil 2: Buluş konusu yöntemin uygulandığı heterojen sürünün şematik görünümüdür.

Şekil 3: Buluş konusu yöntemin uygulandığı platformlarda yer alan parçaların şematik görünümüdür.

Şekilde yer alan parçalar tek tek numaralandırılmış olup, bu numaraların karşılıkları aşağıda verilmiştir.

- 5 1. Platform
2. Kamera
3. İşaret
4. Görüntü işleme birimi
5. Yapay zeka tabanlı obje takipçisi algoritması
- 10 6. İmge tabanlı görsel servolama algoritması
7. Otopilot

Buluş konusu kontrol yöntemi,

- Her bir platformda (1) yer alan kameradan (2) görüntü alınması,
- Görüntü üzerinde işaret (3) yoksa, platformun (1) lider olarak belirlenmesi ve global seyrüsefer görevini üstlenmesi,
- 15 - Görüntü üzerinde bir işaret (3) varsa, platformun (1) takipçi olarak belirlenmesi ve işaretin (3) takip edilmesine başlanması,
- Takipçi platformdaki (1) kameradan (2) alınan görüntünün, görüntü işleme birimi (4) içerisinde bulunan yapay zeka tabanlı obje takipçisi algoritmasına (5) gönderilmesi ve işaretin (3) seçilerek takip işlemine başlanması,
- 20 - Takipçi platform (1) tarafından takip edilecek platform (1) üzerindeki işarete (3) ait sınırlayıcı kutu alanının koordinatlarının SiamMask algoritmasıyla belirlenmesi,
- 25 - Görüntü üzerinde takip edilen işarete (3) ait dikdörtgensel bölgenin köşe koordinatlarının piksel değeri olarak çıkarıldıktan sonra 0 – 1 aralığına normalize edilmesi,

- Normalize edilmiş köşe koordinatlarının, sonrasında görüntü işleme birimi (4) içerisinde bulunan imge tabanlı görsel servolama algoritması (6) bloğuna iletilmesi,
 - İmge tabanlı görsel servolama algoritmasında (6) normalize edilmiş köşe koordinatları üzerinden ilgili alanın hesaplanması,
 - İmge tabanlı görsel servolama algoritmasında (6) platformun (1) tipine göre açısal ve lineer hedef (setpoint) hızlarının üretilerek otopilota (7) gönderilmesi,
 - Otopilotun (7) platformun (1) açısal ve lineer hareketini sağlayacak darbe modülasyonlu (Pulse Width Modulation, PWM) sinyalleri üretmesi,
- 10 böylece formasyon korunarak seyrüsefer gerçekleştirilmesi,

işlem adımlarını içermektedir.

- Buluş konusu yöntemde, her bir platformda (1) bir adet kamera (2), her bir platforma (1) özgü bir işaret (3) (marker), görüntü işleme birimi (4) ve otopilot (7) bulunmaktadır. Görüntü işleme birimi (4) içinde, yapay zeka tabanlı obje takipçisi algoritması (5) ve imge tabanlı görsel servolama algoritması (6) bulunmaktadır.

Her bir platforma (1) önceden tanımlanmış olan formasyon ve hareket bilgileri yüklenmektedir. Dolayısı ile, her bir platformun (1) lider bir platform (1) olduğu zaman nasıl hareket edeceği (global seyrüsefer görevi) belirlenmektedir.

- 20 Lider ve takipçi platformlar (1), operasyon öncesi belli bir formasyonda dizilir. Takipçi platformlardaki (1) kameralar (2), takip edilen platformu (1) ortalayacak şekilde ayarlanır. Doğru platformların (1) takip edildiğinden emin olmak için her platformun (1) üzerine tekil bir işaret (3) yerleştirilir. Takipçi platformdaki (1) kameradan (2) alınan görüntü, görüntü işleme birimi (4) içerisinde bulunan yapay
- 25 zeka tabanlı obje takipçisi algoritmasına (5) gönderilir ve işaret (3) seçilerek takip işlemi başlatılır. İmge üzerinde otomatik olarak takip edilen dikdörtgensel bölgenin köşe koordinatları (görselin sol üst köşe x-y koordinatları ile yükseklik-

genişlik piksel değerleri) piksel değeri olarak çıkarıldıktan sonra 0 – 1 aralığına normalize edilir. Normalize köşe koordinatları, sonrasında görüntü işleme birimi (4) içerisinde bulunan imge tabanlı görsel servolama algoritması (6) bloğuna iletilir. Buradan da platformun (1) tipine göre açısız ve lineer hedef (setpoint) 5 hızları üretilerek otopilota (7) gönderilir. Otopilot (7) ise platformun açısız ve lineer hareketini sağlayacak darbe modülasyonlu (Pulse Width Modulation, PWM) sinyalleri üretir. Böylece formasyon korunarak seyrüsefer gerçekleştirilir.

Şekil-1’de homojen bir sürü, Şekil-2’de ise heterojen bir sürü gösterilmiştir. Burada her bir platformun (1) kamerasından (2) görüntüler alınmaktadır. Alınan 10 görüntüler, her bir platform (1) üzerinde yer alan görüntü işleme birimine (4) gönderilmektedir.

Görüntü işleme biriminde (4) bulunan yapay zeka tabanlı obje takipçisi algoritması (5) görüntüleri almaktadır. Algoritmaya girdi olarak kamera (2) üzerinden renkli (RGB) 30 FPS, HD (1280x720) olarak görüntüler girmektedir. 15 Eğer görüntü içinde işaret (3) tespit edilmezse, o zaman görüntüyü alan platform (1) lider platform (1) görevini üstlenir. Eğer görüntü üzerinde bir işaret (3) tespit edilirse, o zaman platform (1) takipçi platform (1) olacaktır. Takip eden platform (1) tarafından, takip edilecek platforma (1) ait görüntü üzerindeki işaretin (2) sınırlayıcı kutu alanı belirlenmiş olur. İşaretin (2) sınırlayıcı kutu alanının belirlenmesi için tercihen burada Siammask (Fast Online Object Tracking and 20 Segmentation: A Unifying Approach, QiangWang CASIA ve arkadaşları) algoritması kullanılmaktadır. Takip eden platformun (1) sınırlayıcı kutu alanını daima ilk seçim işlemindeki alana sabitlemesi ya da en yakın değerde olması gerekmektedir. Bundan dolayı takip eden platforma (1) çıktı olarak piksel 25 cinsinden bir hata üretir ve bu hatayı sıfıra indirgemeye çalışır.

Görüntü üzerinde takip edilen işarete (3) ait dikdörtgensel bölgenin köşe koordinatlarının piksel değeri olarak çıkarıldıktan sonra 0 – 1 aralığına normalize edilmesi aşağıdaki şekilde yapılmaktadır;

x = kameradan seçilen (takip) edilen sınırlayıcı kutunun x eksen koordinatı

y = kameradan seçilen(takip) edilen sınırlayıcı kutunun y eksen koordinatı

w = kameradan seçilen(takip) edilen sınırlayıcı kutunun genişliği

h = kameradan seçilen(takip) edilen sınırlayıcı kutunun yüksekliği

5 img_w = kameradan genel görüntünün genişliği

img_h = kameradan gelen görüntünün yüksekliği

$x_merkez = (x+(x+w))/2$

$y_merkez = (y+(y+h))/2$

10

$x_norm = x_merkez / img_w$

$y_norm = y_merkez / img_h$

$w_norm = w / img_w$

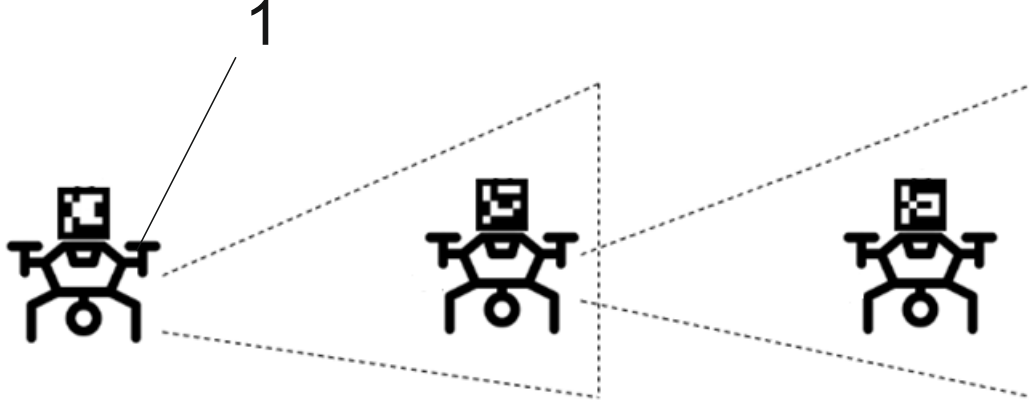
$h_norm = h / img_h$

15 İmge tabanlı görsel servolama algoritmasında (6) bu elde edilen normalize bilgilerinden toplam alan hesaplanmakta ve lineer hedef hızları üretilerek otopilota (7) gönderilmektedir.

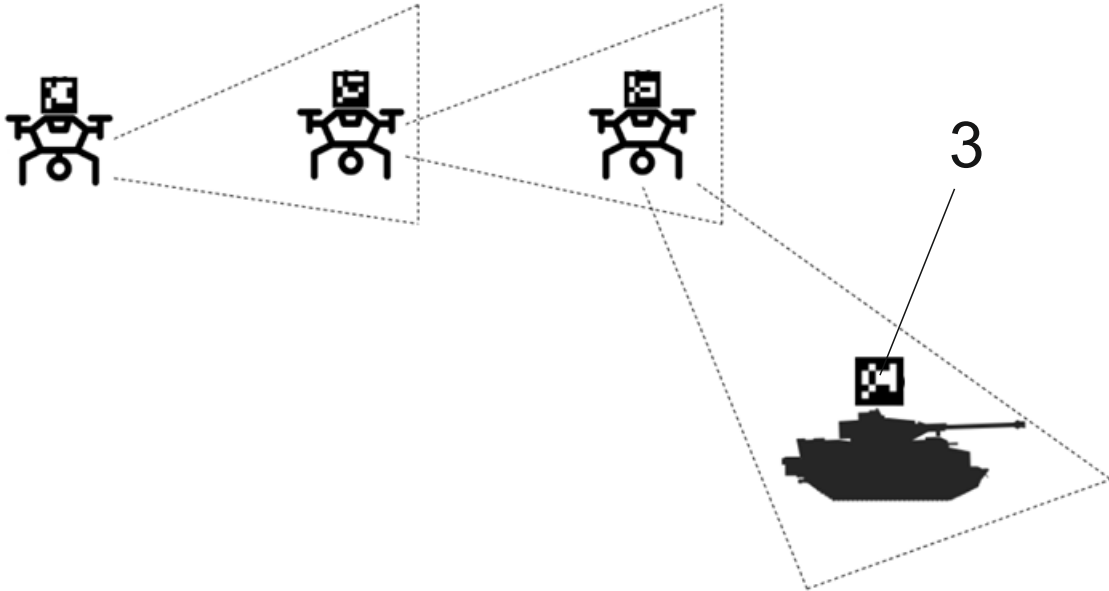
Otopilot (7) ise, platformun (1) hareket aksamalarını kontrol ederek platformun (1) ne yönde hareket edeceğini belirlemektedir.

20

Şekil 1



Şekil 2



2/2

Şekil 3

