

ÖZET

İNSANSIZ HAVA VE KARA ARAÇLARINDAN OLUŞAN KARMA SÜRÜLERLE YAPAY ZEKÂ TABANLI ROBOTİK BİR SALDIRI VE SAVUNMA SİSTEMİ

5

10

Buluş konusu ürün her tür coğrafyada zaman ve mekandan bağımsız olarak operasyon gerçekleştirmek için kullanılacak bir sürü araç yönetim sistemidir. Buna göre buluş konusu ürün insansız hava ve kara araçlarından müteşekkil sürü halinde sürü zekası ile bir göreve yönelik operasyon yapabilen, operasyon sırasında GNSS ihtiyacı duymayan ve görsel hareket edebilen, haritalama yapabilen ve ihtiyaç dahilinde saldırı ve savunma gerçekleştirebilen sistemler teknik alanında bulunmaktadır.

İSTEMLER

1. Buluş konusu ürün en az bir hava ve bir kara aracı ve her bir araç üzerinde yerleşik en az bir kamera, lidar, radar, bir sayısal işlem bilgisayarı, bir haberleşme birimi üzerinde çalışmak üzere tasarlanmış bir yöntem olup özelliği;
 - 5 a. gelen görüntülerden öznitelik çıkarımı yapılması;
 - b. aletsel ölçümlerden konum ve hız integral tahminleri oluşturulması;
 - c. lidar ve radar verilerinden nokta bulutu üzerinde tarama eşleştirme yapılması;
 - d. kıymetlendirilmiş görüntü üzerinde demet dengeleme yapılması;
 - e. yine kıymetlendirilmiş görüntü üzerinde konum grafik eniyilemesi yapılması;
 - 10 f. odometri tabanlı en iyi konum tahmini yapılması;
 - g. küresel referansa göre konumu ve görüntüsü bilinen nesnelerin kamera verileri ile yapay zeka algoritmaları tarafından eşleştirilmesi;
 - h. bu eşleştirme sonucunda önceki adımlarda oluşabilecek kayma tespit edilirse düzeltilmesi;
 - 15 i. taranan alana ait nokta bulutunun oluşturulması;
 - j. nokta bulutu içerisinde gidilebilir alan tespiti yapılması;
 - k. yapılan tespitin diğer sürü elemanlarına gönderilerek uygulanması adımlarını sırası ile yerine getirmesi ile karakterize edilmesidir.

TARİFNAME

İNSANSIZ HAVA VE KARA ARAÇLARINDAN OLUŞAN KARMA SÜRÜLERLE YAPAY ZEKÂ TABANLI ROBOTİK BİR SALDIRI VE SAVUNMA SİSTEMİ

TEKNİK ALAN

Buluş konusu ürün her tür coğrafyada zaman ve mekandan bağımsız olarak operasyon gerçekleştirmek için kullanılabilecek bir sürü araç yönetim sistemidir. Buna göre buluş konusu ürün insansız hava ve kara araçlarından müteşekkil sürü halinde sürü zekası ile bir göreve yönelik operasyon yapabilen, operasyon sırasında GNSS ihtiyacı duymayan ve görsel hareket edebilen, haritalama yapabilen ve ihtiyaç dahilinde saldırı ve savunma gerçekleştirebilen sistemler teknik alanında bulunmaktadır.

TEKNİĞİN BİLİNER DURUMU

Tekniğin bilinen durumunda insansız hava ve kara araçları konum bilgilerini GPS sinyalleri ya da yer kontrol istasyonlarından yayınlanan veriler yardımıyla belirlemektedir. Uydu ve yer kontrol istasyonu bağlantıları vadi, dağ gibi yerle iletişimin zayıfladığı ya da meskün mahal gibi uydu sinyalinin güvenilirliğini kaybettiği ortamlarda konumlandırma kalitesini düşürmektedir. Ayrıca, konumlandırmanın doğruluğu hava şartlarına duyarlıdır. Konumlandırmanın hava şartlarına ve coğrafi koşullara bağımlı olması insansız araçların otonomi özelliklerinde kısıtlar yaratmaktadır. Bunun yanında GPS karıştırıcı sistemlerin aktif olması durumunda araçların konum bilgileri bozulmaktadır. Yapay zekâ tabanlı görsel seyrüsefer, bu kısıtları ortadan kaldırmaktadır.

Karma sürü sistemleri birçok insansız araçtan oluşmaktadır. Birden çok aracın yürüttüğü operasyonlarda konumlandırmanın coğrafi ve atmosferik koşullardan etkilenmesi, görev başarı performansını olumsuz etkilemektedir. Ayrıca, çoklu otonom sistemlerden oluşan sürü hareketlerinde sürü elemanı olan bir insansız aracın uydu bağlantısının kopması ya da konumlandırma performansının gereksinimlerin altına inmesi yüksek risk dâhilindedir. Olası uydu bağlantısının kaybına da zayıflaması durumunda sürü yapısı bozulup, sürü elemanları

arasında çarpışmalar yaşanmakta, sürülerde ciddi araç kayıplarına operasyonların sekteye uğratılmaktadır. Bu durumlar operasyonel başarı açısından yüksek risk oluşturmaktadır.

Haritalama çalışmalarında yaygın olarak insansız hava araçları kullanılmaktadır. İnsansız hava araçları, havadan daha çok alanın gözlemlenebilme yeteneği açısından kara araçlarına göre avantajlı olmaktadır, ancak kara araçları, yerde bulunan engellerin ve detayların tespiti açısından hava platformlarına göre üstündür. İlgili çalışmalarda genellikle tekil otonom platformlar kullanılmaktadır. Haritalama için yüksek hassasiyetli kamera, lidar, radar gibi ölçüm cihazlarının eklenmesi ve cihazların üzerinde bulunduğu otonom platformun konumunun düşük hatayla belirlenmesini gerektirir. Bu durum, haritalama çalışmasında kullanılan insansız araç, faydalı yük bütçesinin tüketimini ve araç maliyetini artırır. Ayrıca, haritalanacak alanın tek bir araçla baştan aşağı taranmasında görev süresi uzun olmaktadır.

Mevcut otonom sistemlerde gidilebilir alan tespiti için detaylı bir üç boyutlu harita oluşturulması gerekmektedir. Bu durum, öncesinde bilinmeyen bir alanda gerçekleşen görev sırasında hareket eden tekil aracın performansının sağlanmasına neden olmaktadır.

Askeri istihbarat sistemlerinde tekil sistemler platformların sahip olduğu sensörlerden dolayı tekil olarak kullanıldığında etkinlikleri sınırlı kalmaktadır. Yüksek başarımlı operasyonlar için karma sürü yetenekleri birleştirilmelidir.

Bahsedilen olumsuzluklar nedeniyle mevcut sistemler ihtiyaçları karşılamamakta, güvenilir sürü operasyonlarına olanak tanımamaktadır. Buluş konusu yöntem herşeyden önce bir sürü ile güvenilir bir biçimde operasyon yapılmasını sağladığı için teknikte aynı alanda bulunan çözümlere benzer olarak değerlendirilmemiştir.

BULUŞUN AYRINTILI AÇIKLAMASI

Buluş konusu sistem insansız hava ve kara araçlarına entegre edilip, araç üzerinde yazılım ve donanım olarak konfigüre edildikten sonra kullanıma hazır hale gelen ve sürüdeki elemanlara yapay zeka tabanlı görsel seyrüsefer, formasyon, haritalama, gidilebilir yol tespiti kabiliyetlerini sunan, istihbarat, saldırı ve savunma operasyonlarında kullanılabilen tam otonom robotik sürü kabiliyeti kazandırmaktadır.

Buluş konusu ürün öncelikle en az birer adet şu donanımlardan içerir; kamera, ataletsel ölçüm birimi, lidar, radar. Bunların yanında diğer sensörler de eklenebilir, fakat operasyonel ekonomi çerçevesinde çalışmalarımız bu sensörlerin yeterli olduğunu göstermiştir. Ayrıca buluş konusu ürün en azından bu sensörlerin verilerini işleyen ve araç kontrol bilgisayarına

erişebilen yapay zeka birimi ve sürü elemanları arasında haberleşmeyi sağlayan haberleşme modülü bulundurulur.

Buluş konusu ürün aynı zamanda bir grup araç sürü olarak komuta etmek için öncelikle görüntü verisini işleyerek öznitelik çıkarımı (feature extraction) yapar. Bu öznitelikleri üzerinde bulunan hafıza elemanına kaydeder. Diğer yandan ataletsel ölçüm birimi verisini işleyerek konum ve hız integral tahminleri oluşturur. Bu tahminleri de üzerinde bulunan hafıza elemanına kaydeder. Bunun yanında lidar ve radar verilerini işleyerek nokta bulutunda tarama eşleştirme (scan matching) yapar. Bu süreçler, karar mekanizması ve modüller arasında haberleşme birimi yazılımı ile kuyumlendirilmiş verileri değerlendirilmek üzere saklanır.

Görsel - ataletsel konumlandırma algoritması, kuyumlendirilmiş görüntü ve ataletsel ölçüm birimi verilerini, verilerin toplandığı zaman damgalarıyla birlikte alı ve demet dengeleme (bundle adjustment) ve konum-grafik eniyilemesi (pose-graph optimization) yöntemleri ile verilerin toplandığı esnalarındaki (farklı sensörlerden gelen) araç konumu tahminlerini geçmişe yönelik olarak minimum hata elde edilecek şekilde en iyileme algoritmalarıyla çözer. Görsel odometri girdisi, ataletsel ölçüm birimi verilerinin integrallerinden elde edilen odometri bilgisi ile, geçmişe yönelik olarak çözülür.

Görsel - ataletsel konumlandırma algoritması çöktü olarak, odometri tabanlı en iyi konum tahmini elde edilir. Bu tahmin, her odometri tahmini gibi kaymaya mahkumdur ancak, elde edilen tahmin, teker, optik akış, ataletsel ölçüm birimi gibi odometri kaynaklarına göre daha az akışa sahiptir. Bunun sebebi araç öznitelik çıkarımı sonuçlarının araç aynı noktadan tekrar geçtiğinde eşleştirilmesi ve döngü kapalı algoritmaların kaymayla minimuma indirmesidir. Ayrıca, sürü içerisindeki birbirlerini gören elemanların birbirlerine göre konularında görsel – ataletsel navigasyon algoritmasına girdi olarak verilerek kaymalar en aza indirgenir.

Yapay zeka algoritmaları, küresel referansa göre konumu ve görüntüsü bilinen coğrafi ve beşeri unsurların kamera verileriyle eşleştirilmeleri sonucu belirli sıklıklarla düzeltmeler elde edilerek görsel navigasyondaki kaymalar belirli sıklıklarla elemine edilir.

Sürü içerisindeki farklı otonom araçlarla toplanan kuyumlendirilmiş nokta bulutu verileri, o verilerin toplandığı zaman damgalarındaki konumlandırma algoritmasının çöktüleriyle birlikte, haritalama algoritmasının döndüğü modüle girdi olarak verilir. Haritalama algoritmaları, veriler toplandıktan sonra tüm araçların ortak çözdüğü çevrimdışı bir problem olarak değerlendirilebilir ve yüksek çözünürlüklü harita çöktü elde edilebilir. Haritalama algoritması, üç boyutlu nesne tanıma amaçlı yapay zeka algoritmalarından faydalanır. Haritalama algoritmasının çöktü, taranan alana ait üç boyutlu nokta bulutudur.

Haritalama algoritmasının çıktısı olan nokta bulutu, gidilebilir alan tespit algoritmasına girdi olarak verilir. Sürüdeki her araç için gidilebilirliği tanımlayan fiziksel sınırlar önceden belirlidir. Gidilebilir alan algoritmasının çıktısı karma sürüdeki her bir elemanın gidilebilir alanını ifade eden özel geometriye sahip dolu/boş haritasıdır. Sürü motoru, araç sınırlarına göre her bir elemana rota referansı oluşturur.

Karar mekanizması ve haberleşme modülü, tüm alt modüller, sürü motoru ile iletişimi kurarak, operasyonel girdiği sağlamak amacıyla sürüyü oluşturan elemanlara harekât için referans gönderir. Sürüdeki elemanların araç kontrol bilgisayarları ise kendilerine ait referansları uygular.

BULUŞUN SAĞLADIĞI FAYDALAR

Buluş konusu ürünün sağladığı yapay zekâ tabanlı görsel seyrüsefer, mevcut uygulamalarda uydu bağımlılığından kaynaklanan kısıtları ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca mevcut sistemleri devre dışı bırakan GPS karışıklığı gibi sistemlerin bozucu/durdurucu etkileri elimine edilmektedir.

Bunun yanında buluş konusu ürünün kullanılması karma sürü sistemlerindeki sürü elemanlarının birbirine ve küresel referans sistemine göre konumlarının önem ve hassasiyeti, önerilen yapay zekâ tabanlı görsel seyrüsefer yöntemi ile olası kısıtları aşarak korunmaktadır. Seyrüsefer sırasında sürü içerisinde elemanlar, etrafı gördükleri sürece görsel seyrüsefer devam eder. Görsel odometri ve derinlik-mesafe algısı ile sürü elemanları birbirlerinin konum tahminlerini iyileştirir sürü içerisindeki diğer elemanlar ile haberleşme halinde olur. Sürü sistemi hareket halindeyken daha öncesinde küresel referans eksenine göre konumu bilinen noktaları yapay zekâ tabanlı nesne algılama algoritmalarıyla görsel olarak tespit ettiğinde, sürüdeki pozisyon kaymaları düzeltilmektedir. Görsel seyrüsefer ile sürü harekâtının başarı performansı gözle görünür biçimde artmaktadır.

Haritalama çalışmalarında karma sürü ile insansız hava araçlarının havadan tarama yeteneği ile insansız kara araçlarının detaylı tarama yeteneği optimum seviyede birleştirilerek harita çıkarımı gerçekleştirilecektir. Ayrıca sürü sistemleri ile tekil sistemlerdeki yüksek hassasiyetli sensör gereksiniminden doğan yüksek maliyet, ayrılan fiyat efektif sensörlerle birden çok defa otonom araçlarla taranması ve birden çok araçtan toplanan verilerin eniyileme algoritmaları ile birleştirilmesi sonucunda ayrı kalitede harita çıktısı elde edilmesine olanak sağlamaktadır.

Sürü haldeki halindeki hava ve kara araçlarından optimum eforla elde edilen haritaların diğer haritalara göre iki üstünlüğü vardır. Bu haritalar, sadece hava araçlarından elde ettiği haritalara göre daha detaylıdır. Diğer yandan sadece kara araçlarından elde ettiği haritalara göre küresel referans sistemine yansımaya daha uygundur. Elde edilen üç boyutlu harita, otonom

5 hava ve kara araçlarından oluşan sürülerin görev alanındaki gidilebilir alan tespiti algoritmasına direkt girdi yapmaktadır. Elde edilen özel geometriye sahip üç boyutlu haritaya (Dolu-Boş Haritası) dönüştürülerek sürüdeki diğer elemanlar için gidilebilir alan tespit edilebilir. Sürü motoru, gidilebilir alan bilgisine uygun şekilde elemanların hareket senaryolarını ve harekât girdisini değerlendirerek, sürü içerisindeki elemanlara komut referansları oluşturmaktadır.

10 Askeri istihbarat çalışmalarında hava ve kara platformlarından sahip oldukları özgün yetenekler, karma sürü sistemlerinde birleştirilmekte ve düşman tespiti, alan tarama, gözetleme ve benzeri görev faaliyetlerinde yüksek başarımla elde edilmektedir.

İstihbarat, senaryo gözetimi ve güvenliği, hava ve kara sistemlerini eş zamanlı olarak savunma gibi askeri gereklilikler, uydu bağlanması, hava-kara sürü robotik sistemlerinde uydu

15 bağlanması olmayan ve bireysel elemanlardan oluşan insansız hava ve kara araçlarına göre, personel gereksinimini ve operasyon maliyetini azaltır, askeri operasyon güvenilirliğini ve verimliliğini artırır.

Buluştaki yer alan unsurların işlevleri aşağıda belirtilmiştir.

20 Kamera: Her bir insansız araçta bulunan bu donanım birimi, görsel – ataletsel navigasyon ve konumlandırma algoritmasında kullanılmaktadır. Buna ek olarak çapa tabanlı konumlandırma ve istihbarat ve saldırı amaçlı nesne tespiti çalışmalarında kullanılmaktadır.

Lidar: İnsansız kara araçlarında bulunan bu donanım birimi nokta bulutu verilerini elde ederek haritalama ve gidilebilir yol tespiti için kullanılmaktadır.

25 Radar: Her bir insansız araçta bulunan bu donanım birimi, haritalama ve gidilebilir yol tespiti için kullanılmaktadır.

Ataletsel Ölçüm Birimi: Her bir insansız araçta bulunan bu donanım birimi, irtifa, ivme, yönelim verilerini vererek, görsel-ataletsel navigasyon ve konumlandırma algoritmasında kullanılmaktadır.

30 Görüntü Ve Sensor Verisi İşleme Ve Yapay Zeka Birimi: Her bir insansız araçta bulunan bu donanım birimi ile kamera, lidar, radar ve ataletsel ölçüm biriminden gelen verileri en iyileme ve yapay zeka algoritmalarıyla işlemek için kullanılacaktır. Ayrıca, karar mekanizması, birimler arası haberleşme ve sürü motoru algoritmaları bu birimin işlem gücünden faydalanılmaktadır.

Araç Kontrol Bilgisayarı Operatör insansız araçların görevlerini yerine getirebilmesi için gerekli komutları uygulaması için kullanılmaktadır.

Sürü Elemanları Arası Haberleşme Birimi: Her bir insansız hava aracının birbirleri ve gerektiğinde yer kontrol istasyonu ile haberleşmesi için kullanılmaktadır.

- 5 Faydalı Yükler: Amaca yönelik kullanılması hedeflenen, insansız araçlar tarafından taşınan birimdir. Bu birim elde edilen istihbarata göre yardım sevkiyatı, hedef imhası vb. durumlar için özelleştirilmiş sistemlerdir.