

Buz Yüküyle Mücadelede Yeni Bir Yaklaşım Önerisi:
Lidar ve Lazer Donanımlı Otonom İHA
Faik Delibalta, Levent Gökrem, Fatih Kaymak, Mustafa Çelikpençe
125



Özet

Enerji iletim hatlarındaki buzlanmanın neden olduğu kesinti ve ekonomik kayıplara karşı otonom bir çözüm önerisi sunulmaktadır. Geleneksel buz temizleme yöntemlerinin (mekanik, ısıtma vb.) yüksek maliyetli ve riskli olduğuna dikkat çekilerek, bu sorunlar için kavramsal bir insansız hava aracı (İHA) tasarımı. Bu çalışma, literatürde mevcut olan bu teknolojileri bütünsel bir platformda birleştiren teorik bir çerçeve sunmakta ve gelecekteki simülasyon, prototip ve saha testleri için teknik bir altyapı oluşturmayı amaçlamaktadır.

Yöntem

Önerilen otonom sistemin çok katmanlı yönetsel yapısını açıklamaktadır. Bu yapı dört ana katmandan oluşur:

- **Algılama Katmanı:** LiDAR ve kamera sensörleri ile buz yükü ve çevre verileri toplanır.
- **Karar Katmanı:** Toplanan veriler işlenir, MPC algoritmasıyla rota optimize edilir ve buz temizleme planı oluşturulur.
- **Müdahale Katmanı:** Lazer modülü hedefe yönlendirilerek buz eritilir ve sonuç görüntü işleme ile doğrulanır.
- **Enerji ve İletişim Katmanı:** Şarj yönetimi, veri aktarımı (GSM/yerel) ve görev raporlama işlemleri yürütülür. Metin, bu bütünsel yöntemin, daha önce ayrı ayrı çalışılmış teknolojileri tek bir platformda birleştirilerek enerji hatları için yenilikçi bir çözüm sunduğunu belirtmektedir.

Sonuç

Bu çalışma, enerji iletim hatlarındaki buzlanmayı gidermek amacıyla otonom bir İHA mimarisi sunulmaktadır. Bu mimari; LiDAR ile buz tespiti, lazerle noktasal buz bertarafı ve görev sürekliliği için manyetik enerji hasadı (MEH) bileşenlerini, hat üzerine ek bir bileşen yerleştirmeden ve mekanik tutunma (perching) yöntemiyle birleştirmektedir. Temel amaç, bu unsurları entegre ederek otonom, hedef odaklı ve sürdürülebilir bir çözüm geliştirmektir. Yol haritası; laboratuvar doğrulamaları, saha prototipi testleri ve güvenlik çerçevesinin oluşturulması olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır.

Literatür Destekli Doğrulamalar

Önerilen otonom İHA sistemi mimarisinin her bir bileşeni, literatürdeki çalışmalarla kısmen doğrulanmıştır. Yapılan laboratuvar deneyleri, lazer modülleriyle (1064nm, Nd:YAG) 5-15mm kalınlığındaki buz tabakalarının saniyeler içinde etkili bir şekilde eritilebildiğini göstererek lazer tabanlı bertarafın uygulanabilirliğini desteklemektedir [5]. Benzer şekilde, İHA'lar üzerine monte edilen LiDAR sensörleri ile enerji iletim hatlarının başarılı bir şekilde 3B modellenmesi ve buz yükünün nokta bulutu üzerinden hassas tespiti de farklı araştırmacılar tarafından kanıtlanmıştır [6], [7], [8].

Sistemin görev sürekliliği ve operasyonel güvenliği açısından, literatürde temaslı, indüktif ve lazer tabanlı kablosuz şarj yöntemleri ile İHA operasyon sürelerinin uzatılabileceği görülmektedir [3], [4]. Ayrıca, perception-aware MPC algoritmaları ve AERIAL-CORE gibi projeler, enerji hattı boyunca güvenli ve otonom navigasyonun mümkün olduğunu göstermiştir [2], [6]. Dolayısıyla, bu deneysel bulgular, sistemin her bir bileşeninin ayrı ayrı teknik olarak uygulanabilir olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak, tüm bu bileşenlerin hat üzerine ek kuplaj gerektirmeden, mekanik tutunma (perching) yaklaşımıyla tek ve entegre bir otonom platform altında birleştirilmesi, bu çalışmanın en önemli ve yenilikçi katkısı oluşturmaktadır.

Değerlendirme ve Sınırlılık

Önerilen otonom İHA sistemi, enerji iletim hatlarındaki buz yükünü gidermek için dört temel fonksiyona odaklanmaktadır: Algılama (LiDAR), Müdahale (Lazer), Enerji Yönetimi (MEH) ve Otonomi/Güvenlik (MPC). LiDAR, düşük görüş koşullarında dahi 3B geometri karşılaştırması yaparak buz tespiti sağlarken, lazerle noktasal ısıtma (1064nm Nd:YAG, 50-100W) saniyeler içinde buz tabakasını eritebilmektedir. Enerji sürekliliğine ana strateji, İHA'nın robotik kol ile yalnızca mekanik tutunarak hattan temaslı manyetik enerji toplamasıdır (trickle-charge); bu, yüksek güç tüketimini karşılamaz, ancak bekleme anlarında görev süresini uzatarak güvenliği artırır. Otonomi için ise perception-aware MPC algoritmaları güvenli rota takibine olanak tanır. Sistemin uygulanabilirliği, üç aşamalı bir yol haritasıyla doğrulanacaktır. İlk aşamada, farklı buz tiplerinde LiDAR tespit oranları, lazer-buz etkileşiminde erime hızı ve manyetik enerji hasadı (MEH) güç bütçesi laboratuvar ortamında doğrulanacaktır. Ardından, saha prototipi aşamasında mekanik tutunma stabilitesi ve otonom rota takibi pilot uygulamalarıyla test edilecektir. Literatürde ayrı ayrı kanıtlanmış bu unsurları entegre eden bu mimari, otonom, hedef odaklı ve sürdürülebilir bir çözüm potansiyeli sunmakta; MEH ile bakım odaklı görev döngüsünü desteklemektedir.