

ASELSAN Kızılötesi Arayıcı Başlık Geliştirme Çalışmaları



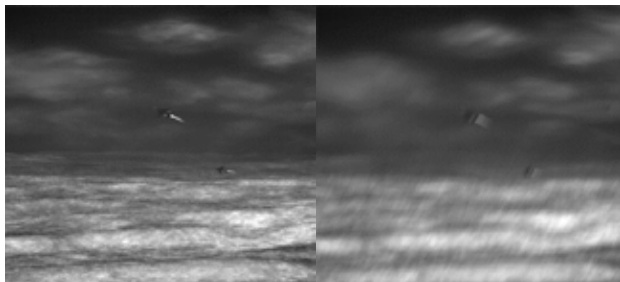
Kızılötesi arayıcı başlık, bir füze sisteminde hedeften ve arka planından yayılan kızılötesi dalgaları algılayarak oluşturduğu termal görüntü üzerinde hedefin tespitini ve hedef imha edilene kadar takibini yapan füze alt sistemidir.

Arayıcı başlıkların operasyonel isterlerinin (hedef/arkaplan, senaryo tanımları vb), ortam koşullarının (aerothermal etkiler, yüksek arkaplan ışınması, yüksek uçuş titreşim değerleri vb) ve tasarım kısıtlarının (ağırlık, güç, göreve hazır olma süresi vb) diğer termal görüntüleme sistemlerine göre son

derece zorlayıcı olması nedeni ile sistem ve alt sistem seviyesi tasarımların füze uygulamalarına özel olarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Kızılötesi Arayıcı Başlık Teknolojileri

Kızılötesi arayıcı başlığın füzenin burnunda yer alması sebebiyle füzenin zorlu koşullarına en fazla maruz kalan alt sistem olmasının getirdiği zorluklar bulunmaktadır. Kızılötesi arayıcı başlık tasarımını genel olarak zorlu hale getiren etmenlerden bazıları şunlardır [1]:



Şekil-1 Normal görüntü ve hareket kaynaklı bulanıklaşmış görüntü örnekleri

- Yüksek hız ve manevralara bağlı olarak ivme ve titreşim seviyelerinin çok yüksek olması,
- Hedeflerin yüksek hızlı hareketleri,
- Çok kısa zaman içinde atışa hazır hale gelmesine ihtiyaç duyulması,
- Yüksek hız ve manevralara bağlı olarak karşılaştığı kubbe ısınması,

Söz konusu zorlayıcı ortamlar ve gereksinimler, kızılötesi arayıcı başlık tasarımında çok özel teknik ve teknolojilerinin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

Stabilizasyon

Füze uçuşu, arayıcı başlık üzerinde açısal titreşim etkisi yaratmaktadır. Bu titreşimlerin görüntüye etkisinin ortadan kaldırılması için arayıcı başlıkta görüntü stabilizasyon uygulanır. Stabilizasyon için dedektörü taşıyacak üzerinde ataletsel hızları ölçmek için bir dönüölçer bulunan gimballı yapı kullanılmaktadır.

Arayıcı başlık üzerindeki yüksek açısal titreşimlerin yanı sıra;

- Füzenin ve hedefin yüksek hızlarından kaynaklanan yüksek gimbal hız gereksinimleri,
- Yüksek toplam bakış açısı gereksinimi,
- Füzedeki hacimsel kısıtlar,

özel bir gimbal tasarımını gerekli kılmaktadır.

Görüntü Sıklığı ve Görüntü Bulanıklığı

Füze ve hedeflerin çok hızlı olması görüntü alma sıklığının oldukça yüksek olması ve görüntü oluşturma süresinin oldukça düşük olması ihtiyacını doğurur. Füzedeki görüntünün bozulmaması için, yer uygulamalarında kullanılan kızılötesi termal kameralardan çok daha yüksek hızda bir görüntü sıklığına ulaşılması ihtiyacı bulunmaktadır. Aksi takdirde görüntüde "hareket kaynaklı bulanıklaşma" (motion blur) oluşur.

Bu da görüntüde hedeflerin tespit ve takibini neredeyse imkânsız kılacağından füzenin kilitlenme menzillerini oldukça düşürür. Görüntü sıklığının yüksek olması yüksek performanslı bir kızılötesi dedektör, yüksek bir işlem gücü ve paralel işlem yetenekleri gerektirir.

Kısa Sürede Atışa Hazır Hale Gelme

Tehdidin belirlenmesini takiben füzenin çok hızlı bir şekilde atışa hazır olması gerekmektedir. Füze elektronik donanımının göreve hazır hale gelmesi yanısıra atış öncesi süre gerektiren en önemli işlemlerden birisi kızılötesi dedektörün performans isterlerini karşılayacak görüntü sağlayabilir hale gelmesidir. Bu işlem için gerekli süre, dedektör teknik özellikleri ile soğutmalıya da soğutmasız tip kızılötesi dedektör

kullanımına göre farklılık göstermektedir. Soğutmalı kızılötesi dedektörlerin algılama yapabilmesi için dedektör sıcaklıklarının kriyojenik seviyelere kadar düşürülmesi gerekir. Bu amaç için kullanım ihtiyaçlarına göre Joule Thomson (JT) tipi ya da Stirling tipi soğutma teknolojileri kullanılır.

Özellikle hava savunma füzelerinin yüksek hızı, uçuş sırasında çok kısa sürede arayıcı başlık kubbesini çok yüksek sıcaklıklara ulaştırabilmektedir. Füzenin yüksek hızı sadece kubbeyi ısıtmakla kalmayıp, füze önündeki havayı da sıkıştırarak ısıtır. Bu durum füze önünde bir sıcak hava duvarı oluşturur. Isınan hava, hem bir ısı duvarı hem de bir mercek gibi davranmaktadır. Bu durum, ısıya duyarlı bir algılayıcı ile çok yüksek sıcaklığa sahip bir ısı duvarının arkasından kilometrelerce uzakta yer alan bir hedefi görmeye çalışmak olarak özetlenebilir. Söz konusu etkiler arayıcı başlık üzerinde aşağıda ifade edilen oldukça yüksek bozucu etkilere yol açar.

- Kızılötesi dedektör üzerinde çok ciddi bir gürültü ve ısıma oluşması,
- Sıcaklığı çok hızlı bir şekilde artan kubbe ve lenslerin kırılma indislerinde meydana gelen değişim sonucu görüntü netliğinin kaybolması,



Şekil-2 Kubbenin ısınmasının görüntü üzerindeki etkileri

- Arayıcı başlık bileşenlerinin maruz kalacağı yüksek sıcaklıklar.

ASELSAN, geliştirdiği kızılötesi arayıcı başlıklarda, kubbe ısınması ve ısıma analizleri ile optik analizler gerçekleştirmekte ve performansı düşürmeyecek şekilde arayıcı başlık elektro-optik tasarımını, özel bileşen, teknik ve teknolojiler kullanarak gerçekleştirmektedir.

Özellikle hava savunma uygulamalarında kubbe ve kubbe önündeki hava ısınması, yüksek yük kapasiteli özel dedektör geliştirilmesini ve sıcaklık değişiminden etkilenmeyen optik tasarımı gerektirmektedir.

Arayıcı Başlık Algoritmaları

Kızılötesi arayıcı başlığın sahip olduğu görüntü işleme yetenekleri arasında kullanım ihtiyacına göre hedef tespiti, hedef takibi ve karşı tedbir tespiti bulunabilir.

Hedefin tespit edilmesinin ardından takip algoritması devreye girer. Takip algoritması hem görüntü hem de ataletsel verileri kaynaştırarak hedefin takibini gerçekleştirir. Takip hem çoklu hedef pencereleri hem de bu pencerelere ait hareket modelleri kullanılarak yapıldığı için hem güvenilir hem de uçuşun farklı aşamalarına uyarlanabilir olmaktadır. Takip esnasında oluşacak karşı tedbirler için de bir karşı tedbir tespit algoritması da eşzamanlı olarak koşturulmaktadır.

Kızılötesi arayıcı başlık geliştirilmesi kapsamında görüntü işleme algoritmalarının geliştirilmesi, parametre optimizasyonu ve testleri için ASELSAN MGEO bünyesinde daha önce geliştirilmiş döngüde yazılım (software-in-the-loop - SWIL) ve döngüde donanım (HWIL) sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemde hedef, arka plan, atmosfer, donanım birimleri modellenmektedir. Döngüde yazılım altyapısı

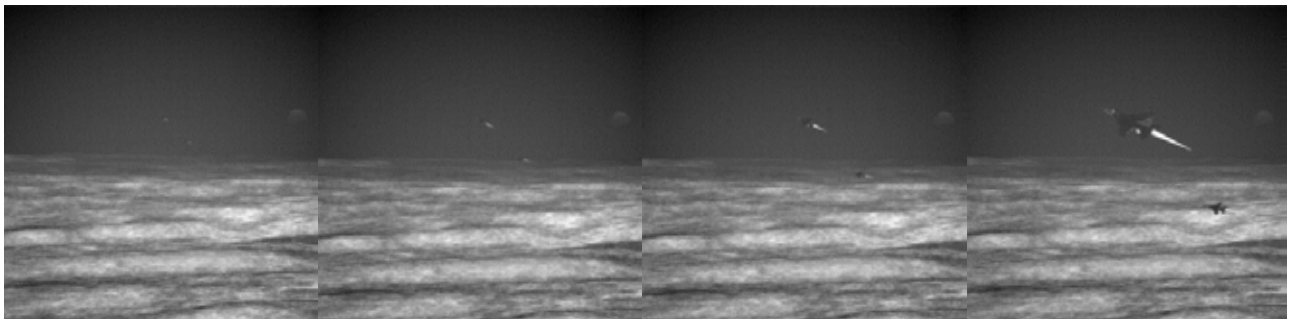
sayesinde donanım tasarımının sonuçlanması beklenmeden tüm algoritmalar paralel olarak geliştirilebilmekte ve ayrıca çok pahalı olan gerçek testlerden önce yazılımların uygunluk seviyesi ve başarımları artırılmaktadır.

Kızılötesi Dedektör

Kızılötesi arayıcı başlık başarımını belirleyen en önemli alt bileşenlerden bir tanesi de kullanılan kızılötesi dedektörün özellikleridir. Kızılötesi dedektörler, görüşün zayıf olduğu gece, sis, toz, duman gibi koşullarda tehditlerin algılanması ve hareket kabiliyetinin artırılması amacıyla; platformlardaki FLIR, POD, Füze Arayıcı Başlık ve Tank Atış Kontrol gibi sistemlerde kullanılmaktadır.

Tepki zamanı ve hassasiyetin çok önemli olduğu füze uygulamalarında arayıcı başlık başarımının yüksek olması için kullanılan kızılötesi dedektörün de başarımının yüksek olması gerekmektedir.

Arayıcı başlıkta kullanılacak dedektör tipi, hedefin algılanacağı dalga boyu aralığı, ihtiyaç duyulan tepki süresi ve algılama hassasiyetine göre belirlenir. Arayıcı Başlık başarımına etki eden kritik dedektör parametreleri aşağıda belirtilmiştir.



Şekil-3 Hedefe yaklaşan bir hava savunma füzesinin kızılötesi arayıcı başlık görüntüsü

1.1.Algılama Dalga Boyu

Algılama dalga boyu seçilirken, tespit edilecek hedeflerin imzaları, dedektör çalışma sıcaklığı gibi gereksinimlere dikkat edilmesi gerekmektedir.

1.2.Dedektör Dizin Formatı:

Dedektör dizin formatı, arayıcı başlık algılama mesafesini doğrudan etkileyen bir parametredir. Aynı piksel adımı ve bakış açısı için dedektör dizin formatının artması algılama mesafesini arttırmaktadır. Diğer tarafta, artan dedektör dizin formatı dedektör alanını da arttırmakta, dolayısıyla dedektörün içerisine yerleştirilecek opto-mekanik taşıyıcının hacmini, bunun sonucu olarak da termal kütlesini arttırmaktadır. Sistemin ihtiyaç duyduğu göreve hazır olma süresini ve menzil ihtiyaçlarını sağlayacak optimum formatlı dedektör dizinlerinin kullanılması gerekmektedir.

1.3.Dedektör Piksel Adımı:

Dedektör piksel adımı büyüdükçe, pikselin Sinyal/Gürültü oranı artmaktadır. Aynı çözünürlük ve bakış açısına sahip iki sistemden, piksel adımı daha büyük dedektöre sahip olanı daha uzak mesafelerdeki hedefleri tespit edebilecektir. Fakat piksel adımını büyütme dedektör alanını arttıracak, bu da opto-mekanik taşıyıcının hacmini ve termal kütlesini arttıracaktır. Bundan dolayı hem üst sistem gereksinimleri tarafından belirlenen göreve hazır olma süresi ve hacim isterlerini hem de maksimum algılama mesafesini sağlayacak optimum piksel adımına sahip dedektör dizinlerinin kullanılması gerekmektedir.

1.4.Dedektör Performansı:

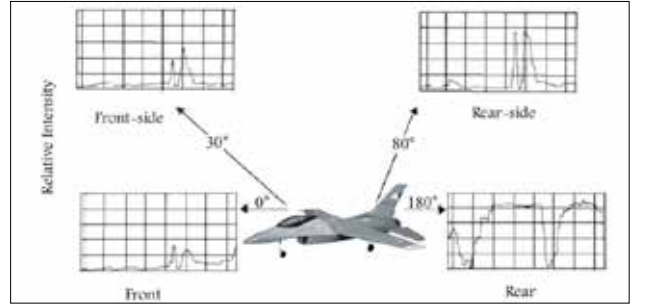
Füze arayıcı başlıklarında kullanılacak kızılötesi dedektörler hem uygun algılama dalga boyu, çözünürlük ve piksel adımına sahip olmalı, hem de çok yüksek başarımlı ölçütlerini sağlayabilmelidir. Kızılötesi dedektörler için önemli performans ölçütleri aşağıda tanımlanmıştır.

a.Kuantum Verimliliği: Algılayıcı malzemesi üzerine düşen fotonların elektrona çevrilme olasılığı olarak tanımlanabilir. Yüksek kuantum verimliliği dedektörün hem yüksek resim hızlarında hem de düşük arka plan ışıması durumunda kullanılabilmesine olanak sağlar.

b.NETD (Gürültü Eşdeğer Sıcaklık Farkı): NETD, kızılötesi dedektörün algılayabileceği en küçük sıcaklık farkı olarak tanımlanabilir. NETD değeri ne kadar düşük ise dedektör performansı o kadar yüksektir.

1.5.Okuma Devresi

Kızılötesi sensörün tümleştirileceği okuma devresi, üst sistem gereksinimlerini karşılayacak



Şekil 4: Örnek bir savaş uçağına ait kızılötesi imza spektrumu [2]

özelliklere sahip olmalıdır ve bu özelliklerden en önemileri aşağıda belirtilmiştir.

a.Resim Hızı: Yüksek füze ve hedef hızları sebebi ile okuma devresi yüksek resim hızlarında çalışabilmeli, okuma devresi ile tümleştirilecek sensör dizini ise yüksek resim hızlarını destekleyebilmelidir.

b.Okuma Devresi Yük Kapasitesi: Kubbenin ısınması nedeniyle kızılötesi dedektör hiçbir hedef bilgisi içermeyen ve tamamen kubbeden kaynaklı bir ışımaya maruz kalmaktadır. Okuma devresi, kubbeden gelen ışımayı saklayacak yeterli yük kapasitesine sahip olmaz ve doyuma ulaşırsa hedeften gelen ışımlar tespit edilemeyecek ve bunun sonucu hedef tespit ve takibi imkânsız olacaktır. Bu sebeple, kullanılacak okuma devresinin çok yüksek yük kapasitesine

sahip olması gerekmektedir ve bu hedefe erişebilmek için tüm devre tasarımında standart olmayan teknikler kullanılmalıdır.

Sonuç

Stinger Füzesi Kızılötesi Arayıcı Başlığı'nın üretimiyle başlayan, bugüne kadar Tanksavar Füzelere ile Hava Savunma Füzelere Kızılötesi Arayıcı Başlıklar'ının yerli ve milli olarak geliştirilmesi ile devam eden çalışmalarla ASELSAN'da Arayıcı Başlık Teknolojileri'ne yönelik dünyada sayılı ülkenin sahip olduğu yetenek, deneyim ve altyapıları kazanılmıştır.

Teknoloji sınırlarında yürütülen arayıcı başlık geliştirme faaliyetlerinin çıktıkları elektro-optik, mikroelektronik ve aviyonik gibi ASELSAN'ın diğer faaliyet alanlarında geliştirilen teknoloji ve ürünlerde de kullanılmaktadır ■

