

Kararlı Görüntü Neden Daha Bulanık Olabilir?

İşaret Kadar Boşlukları da İzleyin



Şekil 1: Mavi endüstriyel havalandırma gövdesinde gümüş renkli ızgara kanatları arasında ince boşluklar ve yanlarında geniş beyaz boya işareti var

Geniş işareti izlemek kolaydır; dar ızgara boşlukları ince ayrıntının korunup korunmadığını sınar.

Havalandırma gövdesindeki boya işareti videoda izlemek kolaydır. Iızgara kanatları arasındaki ince boşluklar daha zor bir soru sorar: Kamera hareket ederken bu ayrıntıyı koruyabilir mi? İşaretin konumu neredeyse hiç değişmeyen bir dizide boşluklar yine de belirsiz olabilir. Başka bir dizi belirgin biçimde titrerken her karede keskin boşluklar gösterebilir.

Ayrım, pozlama sırasında gerçekleşenlerden kaynaklanır. Piksel belirli bir süre boyunca ışık toplar. Bu aralıkta kameranın yönü değişirse sabit bir ayrıntı, görüntünün birden çok konumuna ışık taşır. Ortaya çıkan görüntüde hem ortalama ayrıntı konumu hem bu konumun çevresine yayılmış hareket bulunur. Bunlar kaydedilen ayrıntının farklı yönlerini açıklar. [Gu ve çalışma arkadaşlarının pozlama modeli](#).

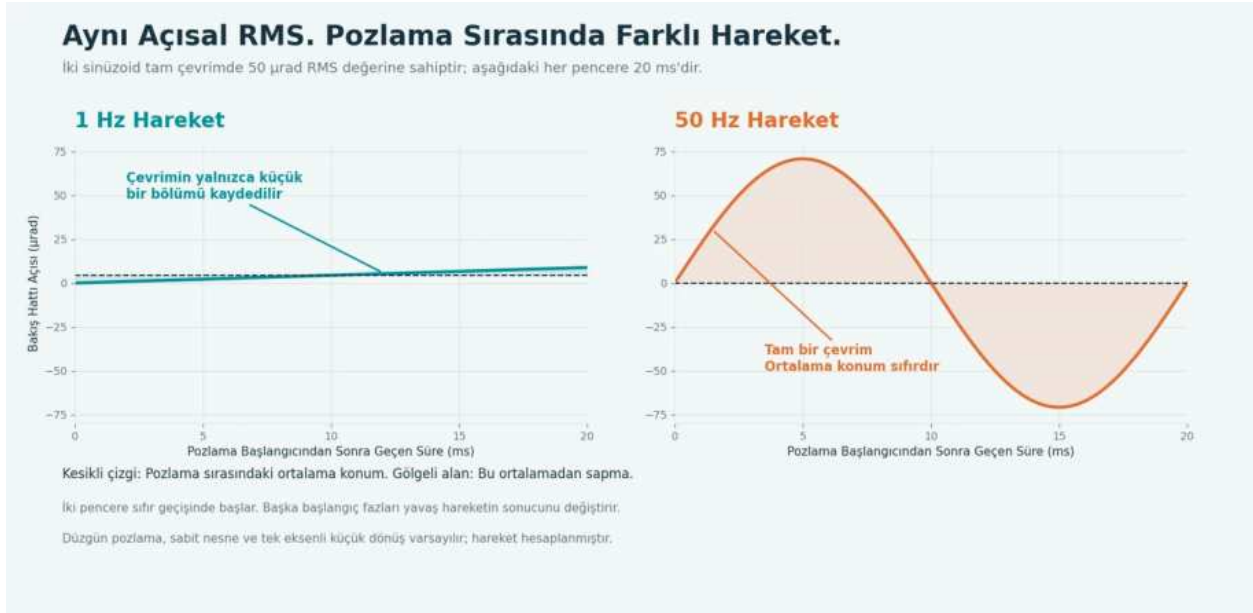
Karelerin tamamını sonradan hareket ettirmek diziye izlemeyi kolaylaştırabilir. Yalnızca yeniden konumlandırma, her pozlamanın içinde oluşan karışmayı geri almaz. Bulanıklık giderme ayrı bir yeniden oluşturma sorunudur. Stanford araştırmacıları, stabilizasyondan sonra videoda düşük ışık hareket bulanıklığı kaldığında bu ayrımı gösterdi. [Stanford teknik raporu](#).

Görüş açısı hareketi görüntü birimlerine dönüştürür. 1920 piksel boyunca 2° yatay görüş alanına sahip hesaplanmış kamera örneğinde bir piksel, merkeze yakın yaklaşık 18,2 mikroradyan kapsar. Mikroradyan, radyanın milyonda biridir. Aynı piksel sayısı ile görüş alanını daraltmak, belirli açısal hareketin daha çok piksele yayılmasına yol açar.

Bu dönüşüm yararlıdır, ancak evrensel kabul edilebilir bulanıklık değeri belirlemez. Ayrıntının genişliği ve kontrastı, odak ve inceleme görevi de önemlidir. Önce ayrıntının ortalama konumundaki hareketi, ayrıntının yayılmasından ayırın.

Kararlı ayrıntı konumu, ince ayrıntı kaybıyla birlikte görülebilir.

Aynı RMS Değerine Sahip İki Hareket



Şekil 2: Hesaplanan 1 Hz ve 50 Hz açısal sinüs dalgaları tam çevrimde aynı RMS değerine sahip, ancak 20 milisaniyelik pozlamada çok farklı aralıkları kat ediyor

Seçilen tek pozlama fazı, tam çevrim RMS değerlerinin eşit olmasının neden eşit bulanıklık anlamına gelmediğini gösterir.

Tek bir eksen çevresinde hesaplanmış iki kamera hareketini ele alalım. İkisi de tam çevrimler boyunca ölçülen 50 mikroradyan açısal RMS değerine sahip düzgün sinüs dalgalarıdır. Karekök ortalama, yani RMS, sıfır ortalama çevresindeki tipik büyüklüğü tanımlar; her dalga iki yönde de yaklaşık 70,7 mikroradyana ulaşır. Biri saniyede bir, diğeri 50 çevrim tamamlar.

İki kameraya da 20 milisaniye pozlama verin. Sabit nesne, küçük kamera dönmesi ve aralık boyunca ışığı eşit ağırlıklandıran global shutter varsayın. Diğer bulanıklık kaynaklarını yok sayın. Bu koşullar, herhangi bir ürün performansı varsaymadan zamanlamanın etkisini yalıtır.

20 milisaniyede yavaş hareket bir çevrimin yalnızca ellide birini tamamlar. Hareketin çoğu tek pozlamanın dışında gerçekleşir. Hızlı hareket ise her pozlamada tam bir çevrim tamamlar: Bir yöne gider, geri döner ve öteki yöne gider. Görüntü geniş bir konum aralığını örneklemiş olsa da ortalama konumu sıfırdır.

Karşılaştırmayı kesinleştirmek için her pozlamadaki ortalama açıyı hesaplayın. Ardından açının, o pozlamanın kendi ortalaması çevresindeki varyansını hesaplayın. Şanslı bir shutter zamanlamasının sonucu belirlememesi için işlemi eşit dağılmış başlangıç fazlarında tekrarlayın. Pozlama içi yayılımı mikroradyan cinsinden ifade etmek için ortalama varyansın karekökünü alın.

Nişan alma analizi pozlama yer değiştirmesini, düzensiz hareket izini ve artık jitter değerini birbirinden ayırır. Buradaki pozlama içi yayılım, hem düzensiz hareket izini hem ortalama çevresindeki daha hızlı hareketi kapsar; bu nedenle jitter'ın biçimsel tanımından daha geniştir. [Seiler ve çalışma arkadaşları, Bölüm 2.](#)

İzler seçilen tek başlangıç fazını gösterir. Başka fazdan başlamak yavaş izi değiştirir; sayısal karşılaştırmada bu yüzden fazların ortalaması alınır.

Pozlama süresi, hareketin ne kadarının konum değişimine, ne kadarının yayılıma dönüşeceğini belirler.

Daha Kısa Pozlama Dengeyi Değiştirir



Şekil 3: Eşleştirilmiş çubuklar; 20 milisaniyede 1 Hz, 20 milisaniyede 50 Hz ve 2 milisaniyede 50 Hz için faz ortalamalı pozlama konumu ile pozlama içi yayılımı karşılaştırıyor

Hesaplanan pozlama istatistikleri, ortalama konumu her kare içindeki hareket yayılımından ayırır.

20 milisaniye pozlamalı yavaş 1 Hz hareketinde, pozlama ortalama konumlarının hesaplanmış RMS değeri yuvarlama sonrası 50,0 mikroradyandır. Pozlama içi yayılım yalnızca 1,8 mikroradyandır. Kareler farklı başlangıç fazlarında belirgin biçimde farklı konumlara gelebilirken, her pozlamanın içinde az hareket birikir.

Aynı pozlamadaki 50 Hz hareketinde her aralık tam bir çevrimi kapsar. Pozlama ortalama konumu her zaman sıfırdır; ancak pozlama içi yayılım 50,0 mikroradyandır. Ayrıntı kareden kareye sabit görünürken kenarları genişleyebilir. Konumun ortalamasını almak, salınımı basit kare konumu ölçümünden gizlemiştir.

Şimdi hızlı hareketin pozlamasını 2 milisaniyeye indirin. Pozlama içi yayılım 9,0 mikroradyana düşer. Pozlama ortalama konumlarının RMS değeri başlangıç fazları boyunca 49,2 mikroradyana çıkar. Kameranin fiziksel hareketi değişmemiştir. Daha kısa aralık, her çevrimin daha küçük bölümünü kaydeder ve hareketin daha büyük bölümünü farklı pozlama konumları olarak görünür bırakır.

Daha önce verilen 2° görüş alanında üç pozlama içi yayılım yaklaşık 0,10, 2,75 ve 0,50 piksele karşılık gelir. Bunlar hareket dağılımının hesaplanmış RMS genişlikleridir; tam bulanıklık izi uzunlukları veya çözülebilir ayrıntı için garanti sınırları değildir. Farklı yollar aynı RMS genişliğine sahip olup kontrastı farklı dağıtabilir.

Bir de ışık bütçesi vardır. Aydınlatma ve açıklık değişmeden pozlamayı 20 milisaniyeden 2 milisaniyeye indirmek, sinyal fotonlarının onda birini toplar. Foton sayım gürültüsü baskın olduğunda sinyal-gürültü oranı önceki değerın yaklaşık 0,32'sine düşer. Diğer gürültü kaynakları bu ilişkiyi değiştirebilir. [STScI sinyal-gürültü kılavuzu](#).

Yeterli ışık yoksa kısa pozlama bir sorunu diğeriyle değiştirir. Ekran parlaklığını artırmak, eksik foton bilgisini geri getirmez.

Pozlama sırasındaki yayılımın azalması, kameranin daha az hareket ettiği anlamına gelmez.

Kamerayı Yanıltmadan Karşılaştırma Yapın



Şekil 4: Alacakaranlıkta cıvatalı boru flanşına bakan kompakt kamera ve flanşa yöneltmiş taşınabilir inceleme lambası

Önerilen düşük ışık inceleme düzeneği, aydınlatmayı pozlama kararının parçası yapar.

Hem izlenecek geniş bir ayrıntısı hem incelenecek ince kenarları veya boşlukları bulunan sabit hedef kullanın. Görüş alanını, odağı ve hedef mesafesini sabit tutun. Gerçek kare zamanlamasını kaydederken birkaç pozlama süresini karşılaştırın. Kazancı ve aydınlatmayı da kaydedin; çok daha fazla gürültü içeren temiz kenar görevi iyileştirmeyebilir.

İki sonucu ayrı ölçün: Ayrıntının her karedeki ortalama konumu ve ince ayrıntısının korunması. İşleme ayarlarını sabit tutun; kare yeniden konumlandırma, keskinleştirme veya gürültü azaltma varsa belirtin. Değişen işleme modu aksi hâlde mekanik iyileştirme gibi görünebilir.

Kare zamanlaması özel dikkat gerektirir. Saniyede 25 kare kaydeden kamera, pozlamaların başlangıçları arasında tam iki çevrimden sonra 50 Hz titreşimi örnekler. Zamanlamalar kilitli kalırsa her kısa pozlama aynı fazda başlar. Kamera salınıyor olsa bile kare konumları sabit kalabilir. Bu nedenle grafikteki faz ortalama konum değerleri, her kare hızında ardışık kareler arasındaki farkı öngörmez.

Daha hızlı ve bağımsız açısal kayıt bu gizli hareketi ortaya çıkarabilir. Kare zamanlamasındaki bilinçli değişiklik de hareketi görünür kılabilir. Kararlı dizi veya tek kare konumu izi, pozlama bulanıklığının küçük olduğunu kanıtlamaya yetmez.

Son olarak shutter türünü kontrol edin. Rolling shutter farklı satırları farklı zamanlarda pozlar. Her satırın pozlamasını kısaltmak bulanıklığı azaltırken satırlar arasındaki geometrik bozulmayı koruyabilir. Buradaki tek aralık hesabı global pozlama varsayar ve bu etkiyi modellemez. [Rolling shutter zamanlama modeli](#).

Inventra S3 kamera yapılandırması için ilgili pozlama, kare zamanlaması ve lens ayarları eklenmiş görüntü kanıtı isteyin. Gerekli ayrıntının her pozlamada korunup korunmadığını ve dizi boyunca konumunun kararlı kalıp kalmadığını ayrı değerlendirin.

Pozlama ve kare zamanlamasını kaydedin, ardından konum ile ince ayrıntıyı ayrı değerlendirin.

İlgili İçerikler: [Enkoder Doğruyu Gösteriyor. Optik Sistem Hareket Etti.](#) · [Daha İyi Stabilizasyon Oranı Daha Kötü Sonuç Verebilir](#)

Kaynaklar ve İleri Okuma

- [Özgün Inventra S3 Makalesi](#)
- [Optik Faydalı Yüklerde Nişan Alma Yer Değiştirmesi, Hareket İzi ve Jitter Kovaryanslarını Hesaplama Yöntemi](#)
- [Kodlanmış Rolling Shutter Fotoğrafçılığı: Esnek Uzun-Zaman Örneklemesi](#)

- [Jiroskoplarla Sayısal Video Stabilizasyonu ve Rolling Shutter Düzeltmesi](#)
- [WFPC2 Cihaz El Kitabı, Bölüm 6.5: Sinyal-Gürültü Oranı Tahmini](#)

© 2026 Inventra Inc. Atıf yapılan kaynakların hakları saklıdır.