ÖZET

GERÇEK ZAMANLI GÖRÜNTÜ TAKİBİNDEN EKRAN KARTI İLE HIZLANDIRILMIŞ ÖZNİTELİKLERİN ÇIKARTILMA AKIŞI VE HARİTALAMA SENKRONİZASYONU

Bu buluş, işlem gücü düşük aygıtlar üzerinde öznitelik haritalama ve konumlandırma uygulamalarının gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilebilmesine olanak tanıyan bir yöntem ile ilgilidir. Buluş ile, bir görüntü piramidinin bir grafik işlem birimi üzerinde oluşturulduğu bir yöntem geliştirilmiştir. Konumlandırma uygulamalarının yüksek hassasiyet ile gerçekleştirilmesine yönelik çözümler de açıklanmıştır.

İSTEMLER

1. Hareketli bir aygıtın içinde hareket ettiği ortamın bir modeli olan bir harita üzerinde öznitelik haritalama ve konumlandırma işlemlerinin, bir birinci işlemci ile birinci işlemciye göre daha yüksek paralel veri işleme kapasitesine sahip bir ikinci işlemci üzerinde paralelizasyonu ve senkronizasyonunu sağlayan,

- aygıt üzerindeki bir kameradan görüntü alınması,
- görüntü için bir görüntü piramidinin oluşturulması,
- görüntü piramidinin her seviyesinde öznitelik çıkarımı yapılması,
- kararlı özniteliklerinin belirlenmesi,
- poz tahmini yapılması,
- poz tahmini sonucunda doğrultusunda kamera konumu ve yönelimi tahmininin yapılması,
- harita durumunun güncellenmesi

adımlarını içeren ve

- görüntü piramidinin oluşturulması, görüntü piramidinin her seviyesinde öznitelik çıkarımı yapılması, kararlı özniteliklerinin belirlenmesi adımlarının ikinci işlemci üzerinde yürütülmesi ve
- poz tahmini yapılması, poz tahmini doğrultusunda kamera konumu ve yönelimi tahmininin yapılması, harita durumunun güncellenmesi adımlarının birinci işlemci üzerinde yürütülmesi

ile karakterize edilen bir yöntem.

2. Ataletsel hareket verisinin alınması adımını da içermesi ile ve kamera konumu ve yönelimi tahmininin yapılması sırasında poz tahmini ile birlikte hareket verisinin de kullanılması ile karakterize edilen istem 1'deki gibi bir yöntem.

3. Belirlenen kararlı öznitelik verisi poz tahmini amacı ile ikinci işlemciden birinci işlemciye iletilmesi sonrasında ikinci işlemciye atanmış bellek alanından silinmesi ile karakterize edilen istem 1'deki gibi bir yöntem.

4. Birinci işlemcinin bir merkezi işlem birimi (CPU), ikinci işlemcinin bir grafik işlem birimi (GPU) olması ile karakterize edilen istem 1'deki gibi bir yöntem.

TARİFNAME

GERÇEK ZAMANLI GÖRÜNTÜ TAKİBİNDEN EKRAN KARTI İLE HIZLANDIRILMIŞ ÖZNİTELİKLERİN ÇIKARTILMA AKIŞI VE HARİTALAMA SENKRONİZASYONU

Teknik Alan

Bu buluş, takip ve öznitelik hesaplamalarının ekran kartı üzerinde gerçekleştirilebilmesini sağlayan bir yöntem ile ilgilidir.

Önceki Teknik

Gerçek zamanlı öznitelik haritalamasından ve donanım tabanlı hızlandırma kullanılabilen görüntü işleme algoritmalarından, savunma, eğitim ve eğlence alanlarında yararlanılabilmektedir. Robotik ve otonom sistemlerde yararlanılan SLAM (simultaneous localization and mapping) yöntemi de bu algoritmalara örnek olarak gösterilebilir. Ancak bu sistemlerde kullanılan işlemcilerin performanslarının kısıtlı olması nedeni ile, fazla iş yükü gerektiren yöntemler, gecikmeler ile ve performanstan ödün verilerek uygulanmaktadır.

Tekniğin bilinen durumuna dahil askeri aygıtlarda bulunan işlemcilerin performansının kısıtlı olması sebebiyle algoritmalar gerçek zamanlı çalışamamaktadır. Mobil aygıtlarda ise, algoritmalar genellikle matematiksel hesaplamalar için daha uygun olan ekran kartına yönlendirilmekte ancak bu durumda da görüntü ile model arasında senkronizasyon ve gecikme sorunlarına neden olmaktadır.

KR101206213B1 sayılı dokümanda, grafik işlemci kullanımına dayanan bir SLAM yöntemi açıklanmaktadır. Grafik işlemci ve bununla ilişkili bileşenler üzerinde görüntü piramidinin oluşturulması, piramidi oluşturan görüntülerden öznitelik çıkarımı yapılması ve haritanın oluşturulmasına değinilmiştir.

WO2019209833A1 sayılı dokümanda, paralelleştirilmiş bir optik akış yöntemi açıklanmaktadır. Görüntü piramidine ilişkin belirli işlemlerin merkezi ve grafik işlemciler arasında dağıtılmasına değinilmiştir. Bir görüntü piramidinin farklı seviyelerine ilişkin işlemlerin merkezi işlemci ve grafik işlemcisi arasında dağıtılmasına da değinilmiştir.

US11430134B2 sayılı dokümanda, optik akış için bir donanım hızlandırması yöntemi açıklanmaktadır. Görüntü piramidi oluşturulmasına ilişkin işlemlerin grafik işlemci tarafından yürütülebileceğine de değinilmiştir.

CN107170017A sayılı dokümanda, merkezi ve grafik işlemcinin uzaktan algılama uygulamalarında bir arada kullanımına yönelik bir yöntem açıklanmaktadır. Görüntü piramidi bir görüntü işlemci üzerinde üretilmekte, ardından da görüntü piramidi verisi harici bir ana bilgisayara aktarılmaktadır.

CN105321145A sayılı dokümanda, bir görüntü gömme yöntemi açıklanmaktadır. Bu amaçla bir görüntü piramidi oluşturulması sonrasında, bir renk düzeltme vektörü hesaplanmaktadır. Renk düzeltme vektörünün tercihen bir grafik işlemci tarafından hesaplanmaktadır.

Buluşun Amaçları

Bu buluşun amacı, işlem gücü düşük aygıtlar üzerinde öznitelik haritalama ve konumlandırma uygulamalarının gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilebilmesine olanak tanıyan bir yöntemin geliştirilmesidir.

Bu buluşun başka bir amacı da, konumlandırma uygulamalarının yüksek hassasiyet ile gerçekleştirilmesine olanak tanıyan bir yöntemin geliştirilmesidir.

Buluş ile, görüntü piramidinin (image pyramid) grafik işlem birimi üzerinde oluşturulduğu bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntem ile işlem gücü yetersiz aygıtlarda performans iyileştirmesi elde edilmiştir. Harita ve ilgili ortamdaki nesneler ile ilgili senkronizasyon doğruluğu da arttırılmıştır. İşlemciden elde edilen kazanç ile çizim katmanında bulunan model konumlandırmasına ait hesaplamalar eş zamanlı olarak tek “pipeline” üzerinde yapılmaktadır. Görüntü takibini sağlamak üzere tutulan kopya görüntü matriksleri ekran kartı üzerinde tek kopya üzerinden işlenmekte ve anında işleme alınmaktadır.

Buluşun Ayrıntılı Açıklaması

Bu buluşun amaçlarına ulaşmak için gerçekleştirilen yöntem ekli şekillerde gösterilmiştir.

Şekil 1 Buluşa göre bir yöntemin akış şemasıdır.

Hareketli bir aygıtın içinde hareket ettiği ortamın bir modeli olan bir harita üzerinde öznitelik haritalama ve konumlandırma uygulamalarının gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilebilmesi için, işlemlerin iki işlemci üzerinde paralelizasyonu ve senkronizasyonunu sağlayan buluş konusu yöntem, temelde,

101. aygıt üzerindeki bir kameradan görüntü alınması,
102. görüntü için bir görüntü piramidinin oluşturulması,
103. görüntü piramidinin her seviyesinde öznitelik çıkarımı yapılması,
104. kararlı, yani görüntü piramidinin farklı seviyeleri boyunca süreklilik gösteren özniteliklerinin belirlenmesi,
105. poz tahmini yapılması,
106. poz tahmini doğrultusunda kamera konumu ve yönelimi tahmininin yapılması ve poz bilgilerinin güncellenmesi,
107. harita durumunun güncellenmesi

adımlarını içermektedir. Harita durumu, kamera poz bilgisi ışığında haritalanmış ortamın kameraya göre konum ve yönelimi biçiminde ifade edilebilmektedir. Poz ise, harita ve ilgili ortamdaki nesnelerin görüntülenen bölümü ve bunların görüntülendiği bir yönelim biçiminde ifade edilebilmektedir.

Yöntem ile işlemlerin bir birinci işlemci ile birinci işlemciye göre daha yüksek paralel veri işleme kapasitesine sahip bir ikinci işlemci üzerinde paralelizasyonu ve senkronizasyonu gerçekleştirilmektedir. Buluşun örnek bir uygulamasında birinci işlemci bir merkezi işlem birimi (CPU), ikinci işlemci ise bir grafik işlem birimidir (GPU). GPU, tercihen OpenCL destekli bir ekran kartı üzerindedir.

Görüntü piramidinin oluşturulması, görüntü piramidinin her seviyesinde öznitelik çıkarımı yapılması, kararlı özniteliklerinin belirlenmesi adımları ikinci işlemci üzerinde yürütülmektedir. poz tahmini yapılması, poz tahmini doğrultusunda kamera konumu ve yönelimi tahmininin yapılması, harita durumunun güncellenmesi adımları ise birinci işlemci üzerinde yürütülmektedir. Bunun için belirlenen kararlı öznitelik verisi poz tahmini amacı ile ikinci işlemciden birinci işlemciye iletilmektedir. Kararlı öznitelik verisinin ikinci işlemciden birinci işlemciye iletilmesi sonrasında ikinci işlemciye atanmış bellek alanından silinmektedir. İkinci işlemcinin bir GPU olduğu örnek uygulamada, bu bellek alanı bir ekran

kartı üzerinde yer alan RAM ve önbellek bileşenlerinden ve sistem RAM'inden ekran kartına ayrılmış bölümden oluşabilmektedir.

Kamera konum ve yöneliminin hassas olarak gerçekleştirilebilmesi için

108. ataletsel hareket verisinin alınması

adımını da içerebilmektedir. Ataletsel hareket verisi, bir ivmeölçer ve bir jiroskop kaynaklı öteleme ve dönme hareketi verilerinden oluşmaktadır. Bu durumda kamera konumu ve yönelimi tahmininin yapılması sırasında poz tahmini ile birlikte hareket verisi de kullanılmaktadır. Bunun için harita durumunun güncellenmesi öncesinde poz tahmini ve hareket verisi birleştirilebilmektedir. Poz tahmini ve hareket verisi birleştirilmesi sırasında, görüntü kaynaklı poz tahminin hareket verisine göre daha düşük frekans olduğu için Kalman filtresi ile eksik veri tamamlanarak veya başka bir yöntem ile bu iki veri eş zamanlı hale getirilebilmektedir.

Poz tahmini ile birlikte hareket verisinin kullanılabilmesi, hassasiyet artışının yanısıra, güncelleme sıklığının arttırılabilmesine, hataların düzeltilebilmesine ve görüntü veya hareket verisi kaynağında gerçekleşebilecek arızalar durumunda da güncelleme gerçekleştirilebilmesine olanak tanımaktadır.

Alınan görüntü, anlık tek bir görüntü karesinde oluşmakta ve her bir işlem döngüsünde tek bir kare işlenmektedir. Kamera tarafından alınan yeni görüntü kareleri için işlem adımları yinelenmekte ve böylece harita durumu sürekli olarak güncellenmektedir.

Poz tahmini yapılması adımında, işlenen ardışık görüntü karelerinde belirlenen kararlı öznitelikler karşılaştırılmakta ve örtüşen kararlı öznitelikler takip edilerek poz çıkarımı yapılmaktadır.

Harita durumunun güncellenmesi adımında elde edilen poz tahmininin harita içinde bulunması durumunda haritanın takip edilebildiği, aksi durumda ise haritanın kaybedildiği bilgisi de kaydedilebilmektedir.

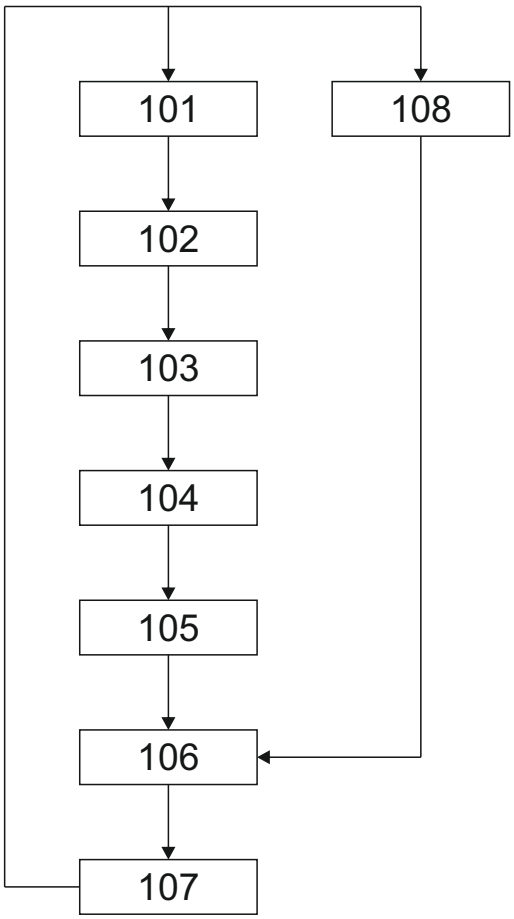
Görüntü piramidi tercihen tek renk kanalı kullanılarak oluşturulmaktadır. Bunun için görüntü önce gri tonlamalı biçime dönüştürülmektedir.

Görüntü piramidi, alınan görüntünün ardışık her seviye için çözünürlüğünün düşürülmesi ile oluşturulmaktadır. Çözünürlük sabit bir oran ile düşürülebilmektedir.

Öznitelik çıkarımı, 5×5 boyutlarında Gauss filtresi kullanılarak yapılabilmektedir.

Kararlı özniteliklerin belirlenmesi için, görüntü piramidinin farklı seviyelerinde bulunan öznitelikler karşılaştırılarak eşleşen öznitelikler saptanmaktadır. Hassasiyet gereksinimleri doğrultusunda seviyelerin tümünde veya belirli bir eşik orana göre belirlenen sayıda seviye eşleşen öznitelikler kararlı öznitelikler olarak belirlenebilmektedir.

Buluş konusu yöntem ile kararlı özniteliklerin GPU gibi bir ikinci işlemci üzerinde belirlenmesi sayesinde, işlem döngüsünün bu adımının tamamlanması beklenmeksizin yeni işlem döngüsüne başlanabilmektedir. Poz ve yönelim tahmini amacı ile iletilen verinin ikinci işlemciye atanmış bellek alanından silinmesi ve harita durumunun güncellenmesi adımının CPU gibi bir birinci işlemci üzerinde yürütülmesi sayesinde, ikinci işlemcinin kullanımından elde edilen performans artışına ek olarak işlemlerin bu iki işlemci üzerinde paralelizasyonu ve senkronizasyonu da gerçekleştirilmektedir. Buluş sayesinde görüntünün işlenmesi sırasında karşılaşılan gecikmeler, görüntünün ikinci işlemci üzerinde işlenmesi ve haritalamanın birinci işlemci üzerinde gerçekleştirilmesi sayesinde giderilebilmektedir.



Şekil 1