

Tomografik Görüntülemeye Filtreli Ters İzdüşüm Algoritmasının Paralel İşlenmesi

Fatih Enes Ömeroğlu

Sedef Kent*

NTV / Eski Büyükdere Caddesi No:61 USO Center Maslak 80660 İstanbul
omeroglu@ntv.com.tr

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik- Elektronik Fakültesi, 80626, Maslak, İstanbul
kent@ehb.itu.tr

Özet: Bilgisayarlı tomografide kullanılan algoritmalar uzun bilgisayar zamanı harcanmasına neden olur. Birçok uygulamada işlemlerin gerçek zamanda yapılması gerekir. Paralel işleme teknikleri harcanacak zamanı önemli ölçüde azaltırlar. Bu çalışmada filtreli ters izdüşüm algoritmasının iki boyutlu kesit dağılımına sahip bir cisme uygulanması ve paralel işleme tekniği ile görüntüsü elde edilmiştir. Yazılan bilgisayar programında ilk olarak seri algoritma kullanılmış, ardından aynı verinin paralel olarak işlenmesi ile oluşan zaman kazancı belirlenmiştir.

1. Giriş

Bilgisayarlı tomografi tıpta ve tahribatsız deneylerde olduğu gibi cismin iç yapısının analiz edilmesinin gerekli olduğu hallerde uygulama alanı bulmaktadır [1]-[7]. Ancak burada kullanılan algoritmalar uzun bilgisayar zamanı harcanmasına neden olur. Bilindiği gibi birçok uygulamada işlemler gerçek zamanda yapılmalıdır. Paralel işleme teknikleri harcanacak zamanı önemli ölçüde azaltırlar. Bu çalışmada filtreli ters izdüşüm algoritması iki boyutlu kesit dağılımına sahip bir cisme uygulanmış ve paralel işleme tekniği ile görüntüsü elde edilmiştir. Geliştirilen bilgisayar programında ilk olarak seri algoritma kullanılmış, ardından aynı verinin paralel olarak işlenmesi ile oluşan zaman kazancı belirlenmiştir.

Temel olarak tomografi cismin izdüşümlerinin kullanılması ile kesit dağılımının belirlenmesi esasına dayanır. Tomografi tekniğinde cisim içinden geçen ışın serileri (paralel, konik veya yelpaze demetli) cismin karşısındaki yerleştirilen detektörlerce alınarak zayıflama miktarları ölçülür. Cisim karakteristiği $f(x,y)$ ise izdüşüm

$$P(\theta, t) = \int_{yol} f(x, y) ds \quad (1)$$

şeklinde belirlenir. Toplanan veri 0 ile 180 derece arasında değişebilir. Cismin iki boyutlu (2-B) kesit görüntüsünü oluşturacak algoritmalar mevcuttur [1]. Fourier dilim teoremi uyarınca izdüşümün 1-B Fourier transformu cismin Fourier uzayında 2-B Fourier dönüşünün (F(u,v)) bir dilimini verir. Yani

$$S_{\theta}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) e^{-j2\pi\omega t} dx dt \quad (2)$$

Burada $t = x \cos\theta + y \sin\theta$, $S_{\theta}(\omega) = F(u,v)$ 'dir. Gerekli koordinat dönüşümleri yapıldığında

$$f(x, y) = \int_0^{\pi} \left[\int_{-\infty}^{\infty} S_{\theta}(\omega) |\omega| e^{j2\pi(x \cos\theta + y \sin\theta)} d\omega \right] d\theta \quad (3)$$

elde edilir. Verinin toplanması farklı yükseklikler için tekrar edilirse cismin 3-B görüntüsünü elde etmek de mümkün olur. Bu çalışmada paralel ışın demeti ile yapılacak görüntüleme ele alınacaktır. Bazı değişikliklerle yelpaze demetli aydınlatma için de sonuç elde etmek mümkündür.

Filtreli ters izdüşüm algoritmasının [4] seri olarak gerçekleşmesi oldukça zaman alıcıdır ve gerçek zamanlı görüntüler vermez. Bu çalışmada seri algoritma papaleleştirilerek önemli bir zaman kazancı (dakika dan saniyelere) sağlanmıştır. Papaleleştirme sırasında uygulan yöntem verinin satır bazında dağıtılması yani her farklı açıdaki verinin farklı bir işlemcide işlenecek şekilde yönlendirilmesidir. Gerçek zamanda 3-B görüntü elde edilmek istendiğinde Bilgisayarlı Tomografi algoritmalarının paprale olarak geliştirilmesi kaçınılmazdır [8]. Yapılan çalışmalar 3-B görüntüleme için paralel işlemenin tek yol olduğunu göstermektedir [9]-[10].

2. Filtreli ters izdüşüm algoritması

Filtreli ters izdüşüm algoritması cismin kesit alanı içindeki zayıflama sabitlerinin değerlerinin belirlenmesi için Fourier teorisinden hareket eder. Burada kullanılan aydınlatma kaynağı paralel ışın demeti olarak ele alınmıştır. Pratikte kullanılan yelpaze veya konik demet için de yöntem geliştirmeye açıktır. Filtreli ters izdüşüm algoritmasının temel işaret işleme adımları:

1. 1-Boyutlu izdüşümlerin Fourier dönüşümünün alınması
2. Filtreli izdüşümlerin bulunması
3. Ters izdüşümlerin bulunmasıdır.

3. Paralel İşleme

Her açı için satır düzeninde yerleşen veri kullanılmıştır. Veri uzunluğu 2'nin kuvveti olarak seçildiğinden Fourier dönüşümü için hızlı Fourier dönüşümü (FFT) alınmaktadır. Her satırın FFT'si diğerinden bağımsız olarak alınabilir ve işlemcilerle gönderilebilir. FFT algoritması işlemcilerde seri olarak koşturulmaktadır. Ters izdüşüm adımında ise işlemciler arasında iletilecek mesaj sayısı çok az tutulmuştur. Hamming penceresinin uygulanması her satırda papalele yapılmaktadır.

4. Sayısal Sonuçlar

Paralel işleme sırasında verinin her bir satırı belli bir açı altındaki izdüşümü gösterdiğinden filtreli izdüşümlerin hesaplanması kolay olacaktır. Seri algoritmada her satır için ayrı ayrı FFT uygulanmasına karşılık paralel algoritmada her işlemciye eş sayıda satır gönderilerek paralellik sağlanmıştır. Seri ve paralel algortimalar karşılaştırıldığında dakikalardan saniyeler mertebesine inildiği görülmüştür.

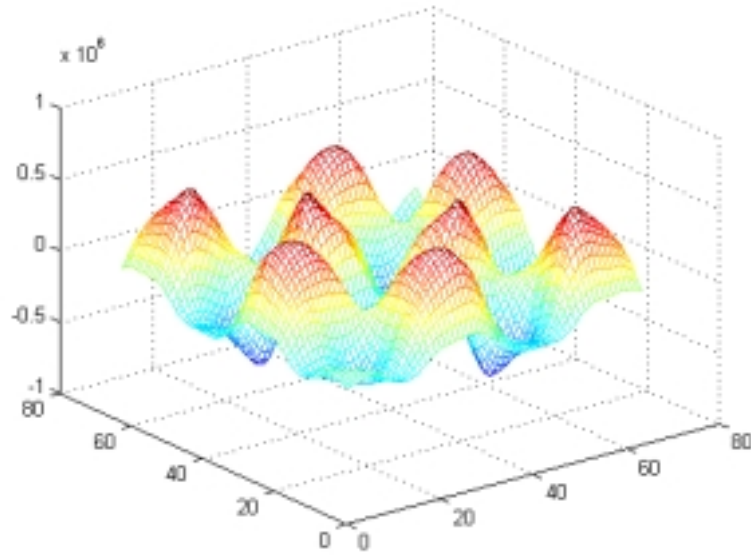
Örnek olarak seçilen 64 örnek noktalı ve 64 açıda elde edilmiş izdüşüm kümesi için ilk olarak MATLAB ile yazılan Ele alınan cisim sekiz noktasında yoğun zayıflatıcı bulunan bir kare yapıdır. Filtreli ters izdüşüm algoritması uygulanmış Tablo 1, ardından paralel işleme sonucu elde edilen sonuçlar verilmiştir, Tablo 2. Algoritmanın uygulanması sonucu elde edilen görüntü ise Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo 1- MATLAB Sonuçları

Ortalama Süre (sn)	Filtreli izdüşüm için işlem sayısı	Ters izdüşüm için işlem sayısı
710	777 449	12 002 122

Tablo 2- Paralel İşleme Sonuçları

İşlemci sayısı	Ortalama Toplam Süre (sn)	Filtreli izdüşüm için Ortalama Süre (sn)
1	8.96	0.33
2	4.58	0.23
4	2.48	0.18
8	2.25	0.90



Şekil 1- Örnek çıktı

Kaynaklar

- [1] A.C. Kak and M. Slaney, "Principles of Computerized Tomographic Imaging." IEEE, Inc., New York: IEEE Press, 1988.
- [2] H.H. Barrett and W. Swindell, "Radiological Imaging: The Theory of Image Formation, Detection and Processing". New York: Academic Press, 1981.
- [3] L. Shepp and B. Logan, "The Fourier reconstruction of a head section," IEEE Transactions on Nuclear Science, NS-21, sf. 21-43, 1974.
- [4] A.V. Lakshminarayanan, "Reconstruction from divergent ray data," Tech. Rep., Dept. Computer Science, State University of New York at Buffalo, 1975.
- [5] T.Günel, S.Kent, "Genetic Approach for the Determination of Object Parameters from X-Ray Projections", Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences, 1998.
- [6] Sedef Kent, Tayfun Günel, "Dielectric Permittivity Estimation of Cylindrical Objects Using Genetic Algorithm", Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy, 32, No.2, sf.109-113, 1997.
- [7] S. Kent, S. Parker, B. Yazgan, "Imaging of arbitrary dielectric bodies and improving their qualities", Modeling, Simulation and Control, A. AMSE Press, 35, No.3, sf.31-37, 1991
- [8] C.M. Chen, S.Y. Lee, and Z.H. Cho, "A parallel implementation of 3D CT image reconstruction on hypercube multiprocessor," IEEE Transactions on Nuclear Science, 37, no. 3, sf. 1333 - 1346, 1990.
- [9] Z. Cho, C. Chen, and S. Y. Lee, "Incremental algorithms: fast back projection schemes for parallel beam geometries," IEEE Transactions on Medical Imaging, 1991.
- [10] S. Barresi, D. Bollini, and A.D. Guerr, "Use of a transputer system for fast 3D image reconstruction in 3D", IEEE Transactions on Nuclear Science, 37, no. 2, sf. 812-816, 1990.