

GÖRSEL ARABİRİMLİ SAYISAL SES İŞLEYİCİSİ UYGULAMASI

Bülent BOLAT¹

Osman Nuri ERTÜRK²

¹Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
Elektrik-Elektronik Fakültesi

Yıldız Teknik Üniversitesi, 80750, Beşiktaş, İstanbul

²Merck, Sharp & Dohme İlaçları Ltd.Şti.

Gazeteciler M. Yazarlar S. No.30 80300, Esentepe, İstanbul

¹e-posta:bbolat@yildiz.edu.tr

²e-posta: osman.erturk@merck.com

Anahtar sözcükler: Elektro Akustik, Ses İşleme, Ses Etkileri

ABSTRACT

This paper presents a digital sound effect software. The software includes most common sound effects like reverberation, chorus, flanger, distortion, compression, etc. It can also do basic filtering operations and spectral domain demonstration (Short Time Fourier Analysis). The effect algorithms that used in the software are fast enough to use at real-time sound processing operations.

1. GİRİŞ

Ses etkileri oluşturma, bilgisayar tabanlı müziğin temel konularından biridir. Ses etkileri genellikle müzikal bir değişim yaratmak veya doğal bir olayı yapay olarak gerçeklemek amacıyla kullanılmaktadır. Ses etkileri elektronik devreler yardımıyla gerçekleştirilebileceği gibi, çeşitli yazılımlar aracılığıyla da gerçekleştirilebilir. Gerçek zamanlı uygulamalarda elektronik devreler kullanılırken, çevrim dışı uygulamalarda bu etkileri kişisel bilgisayarlar için hazırlanmış çeşitli yazılımlar aracılığıyla elde etmek de mümkündür.

Ses etkileri üç ana grup altında toplanabilir: Dinamik değer etkileri, geciktirme etkileri ve çınlama. Dinamik değer işlemleri gürültü bastırma, sıkıştırma, genişletme ve sınırlandırma gibi sesin yalnızca genliği üzerinde yapılan değişimleri kapsar [1]. Geciktirme etkileri, yankı, koro, dalgalandırma ve titreşim gibi ses işaretinin frekans spektrumu üzerinde değişimler oluşturur [2]. Çınlama ise yansıtıcı yüzeylere sahip geniş hacimli kapalı mekanlarda oluşan akustik bir etkidir [3,4,5].

2. DİNAMİK DEĞER ETKİLERİ

Dinamik değer işlemleri her hangi bir ses işaretindeki gürültüyü azaltmak ya da işaretin kalitesini arttırmak gibi temel işlevlerinin yanında işarete yeni müzikal anlamlar katmayı da amaçlar [6].

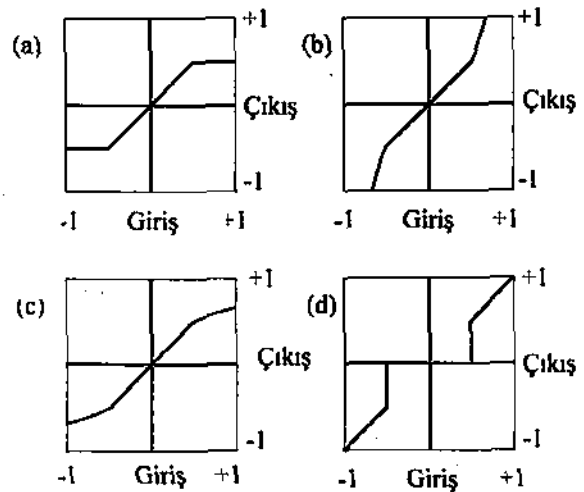
Sıkıştırıcı, sınırlandırıcı ve genişleticiler, kazancı giriş

işaretinin genliğine göre değişen yükselteçler gibi düşünülebilir. Bu etkiler, özgün işaretin örnek değerlerini bir geçiş eğrisi ile çarparak elde edilebilir. Şekil-1'de bu etkilere ilişkin geçiş eğrileri gösterilmiştir.

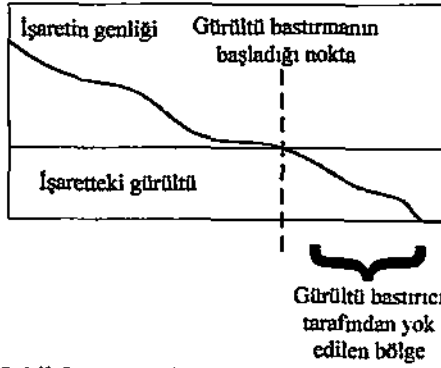
Gürültü bastırıcılar, müzikal bir işarete yer alan uğultu veya tıslama gibi sabit değerli gürültü bileşenlerinin duyulabilirliğini azaltmak amacıyla kullanılır. Gürültü bastırıcılar, girişindeki işaret belirli bir eşik değerinin altına düştüğünde çıkışının sıfırlanması ilkesine dayanır. Böylece işaret gücünün gürültü gücünden daha küçük olduğu bölgeler kırılarak toplam gürültü gücü azaltılmış olur (Şekil-2).

3. GECİKTİRME ETKİLERİ

Zaman geciktirme, müzikal işaret işleme uygulamalarında sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Geciktirici ya da gecikme hattı, girişine gelen işarete



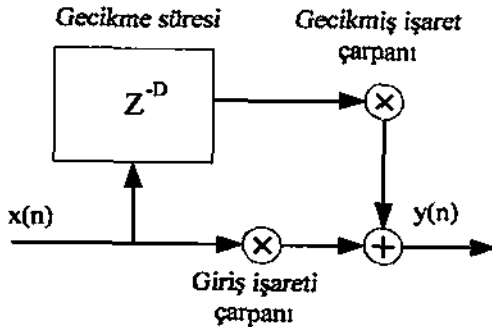
Şekil-1. Dinamik ses etkileri için geçiş eğrileri. (a) Kırıcı, (b) Genişletici, (c) Sıkıştırıcı, (d) Gürültü bastırıcı



Şekil-2. Gürültü basurıcının çalışma prensibi

ait örnek değerlerini belleğinde saklayarak belli bir süre sonra çıkışına ileten bir yapıdır. Geciktirilmiş işaretlerle özgün işaretin karıştırılmasıyla pek çok farklı müzikal etki elde edilebilir [2].

Şekil-3'te basit bir geciktirici yapısı verilmiştir. Bu yapı, tarak süzgeç (TS) ve alçak geçiren süzgeç (AGS) yapılarıyla benzerlikler göstermektedir. Geciktirme süresi D , bu yapıları birbirinden ayıran özelliktir. Gecikme süresi 0-0,1 ms aralığındayken yapı AGS özellikleri gösterir. Sürenin 0,1-1 ms arasında seçilmesi durumunda tarak süzgeç elde edilir. Sayısal geciktiricilerde ise bu süre 10 ms'den daha büyüktür.



Şekil-3. Basit gecikme hattı

En basit geciktirme etkisi çiftleme (doubling) etkisidir. Çiftleme etkisi, özgün işaret üzerine 10-50 ms arasında geciktirilmiş işaretin eklenmesiyle elde edilir. Böylelikle özgün işarettaki uğultu, boğukluk gibi istenmeyen oluşumlar azaltılarak işaret belirginleştirilir.

Daha uzun süreli geciktiriciler kullanıldığında gecikmiş işaret, özgün işarettan ayrı olarak duyulabilir. Özgün işaretin bir gecikmeyle kendini tekrarladığı bu olaya yankı etkisi adı verilir. Yankı etkisi elde etmek için 50 ms veya daha uzun gecikmeler kullanmak gereklidir.

Sayısal geciktiricinin gecikme süresinin düzenli aralıklarla değiştirilmesi ile bir dizi etki daha elde edilebilir. Bu etkiler titreşim, dalgalandırma ve koro etkileridir.

Dalgalandırma etkisi 1960'lı yıllarda makaralı teypler ile elde edilirdi. Bir teyp özgün sesi üretirken, bir teknisyen diğer teypin devrini yavaşça değiştirerek ses kaynağı sanki hareket ediyormuş gibi bir etki üretti.

Dalgalandırma etkisini sayısal olarak elde etmek için geciktirme süresi düşük frekanslı bir salıngaçla değiştirilen bir geciktiricinin çıkışı ile özgün işaret karıştırılır. Özgün işaretin kullanılmadığı durumda ise titreşim etkisi elde edilir.

Koro etkisi, adından anlaşılacağı gibi, tek bir kaynaktan gelen ses işaretini, bir çok benzer kaynaktan aynı anda gelen bir ses işaretine dönüştürmektedir. Bu etkiyi elde etmek için birbirlerine göre küçük farklılıklar gösteren bir dizi ses işaretine gereksinim vardır.

Koro etkisini elde etmenin bir yolu, geciktirme süreleri farklı bir dizi dalgalandırıcıyı paralel olarak kullanmaktır. Her dalgalandırıcının çıkışı, özgün işarete oldukça benzeyen ancak biraz faz farklı ve zamanla faz farkının değiştiği bir işaret oluşturur. Dalgalandırıcıların sayısı, koro etkisinin büyüklüğünü belirler. Dalgalandırıcılar negatif geri beslemeli olarak kullanıldığında hem çıkışta taşma olasılığı azaltılır, hem de koro etkisi belirginleştirilmiş olur.

Koro etkisi oluşturmamanın bir başka yolu ise giriş işaretini frekans bileşenlerine ayırıp her bileşeni bir miktar öteleyerek işaretin harmonik yapısını zayıflatmaktır. Öteleme işlemi her bileşenin frekansına sabit bir değer eklenerek yapılabilir [7].

4. ÇINLAMA

Çınlama, diğer etkilere göre gerçekçi olarak elde edilmesi en zor olan etkidir. Doğal çınlama olayında, özgün ses ortamdaki tüm yansıtıcı yüzeylerden yansır. Bu yansıyan işaretlerin yaklaşık 1000 kadarı dinleyiciye ulaşabilmektedir. Yansıyan işaretlerin fazlalığı, çınlama etkisinin geciktiriciler yardımıyla elde edilmesini zorlaştırmaktadır.

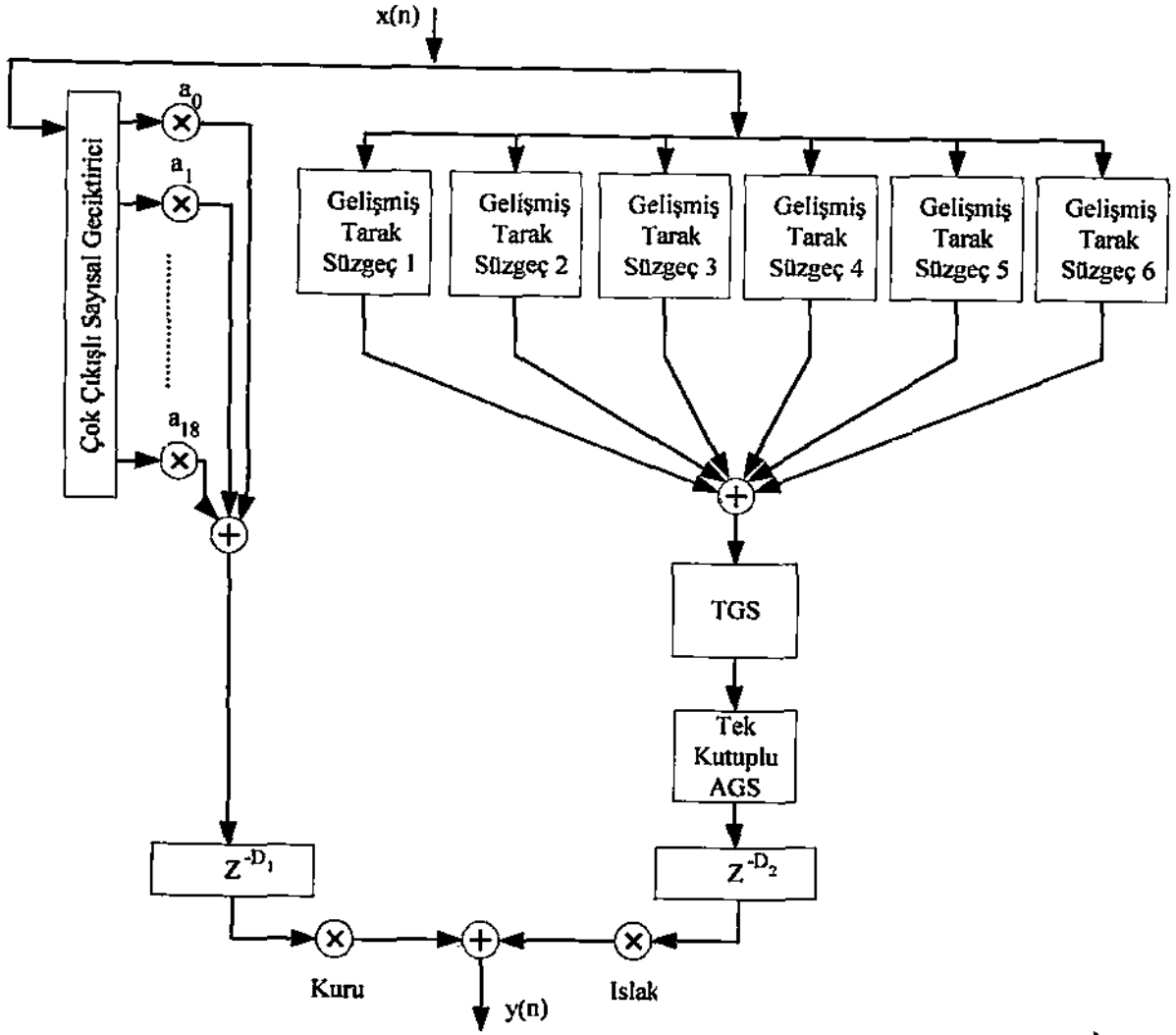
Çınlama birimi, dürtü yanıtı Şekil-4'teki bir odanın dürtü yanıtına benzeyen bir süzgeçtir. İlk çınlama birimleri, Schroeder tarafından çeşitli süzgeçler ve geciktiriciler kullanılarak tasarlanmıştır [3,4].

Çınlama olayı, Şekil-4'teki gibi üç ana kısma ayrılabilir. İlk kısım olan doğrudan gelen işaret, kaynaktan dinleyiciye hiç bir yerden yansımada ulaşır. Bu işareti izleyen ikinci kısım ise en kısa yoldan yansıyarak gelen bir dizi ayırık yankıdan oluşan ilk yansımalar. Dinleyiciye en son ulaşan yoğun çınlama kısmı ise diğer kısımlara göre daha düşük genlikli, birbirine oldukça yakın fazla sayıda yansıyan işareten oluşur.

İlk yansımalar bir çok çıkışlı geciktirici yardımıyla elde edilebilir. Yoğun çınlama ise bir dizi TS'in paralel ya da bir dizi tüm geçiren süzgecin (TGS) seri bağlanmasıyla gerçekleştirilebilir [3,4,8].



Şekil-4. Bir odanın dürtü yanıtı



Şekil-5. Çınlatıcı

Doğal bir çınlama etkisi elde edebilmek için, çınlatıcıyı oluşturan birimlerin geciktirme sürelerinin birbirlerine göre asal değerlerde olacak şekilde seçilmesi gerekmektedir [9,10]. Aksi takdirde, çınlama birimlerinin oluşturduğu yankı işaretleri, belirli zamanlarda üst üste çıkışarak çıkışta ani sıçramalar oluşturmakta; bu sıçramalar da kulağı rahatsız edici ve doğal olmaktan uzak etkilere yol açmaktadır.

Uygulamada, Schroeder'in Şekil-5'te görülen çınlatıcı birimi [8] temel alınmıştır. Burada çok çıkışlı geciktirici doğrudan gelen işareti ve ilk yansımaları oluştururken, paralel çınlatıcı birimi de yoğun çınlama kısmını oluşturmaktadır. Çınlatıcı çıkışına eklenen AGS ile yüksek frekanslı bileşenler bastırılarak çınlama etkisinin doğallığı artırılmıştır.

5. GENEL AMAÇLI GECİKTİRME ETKİSİ ÜRETECİ

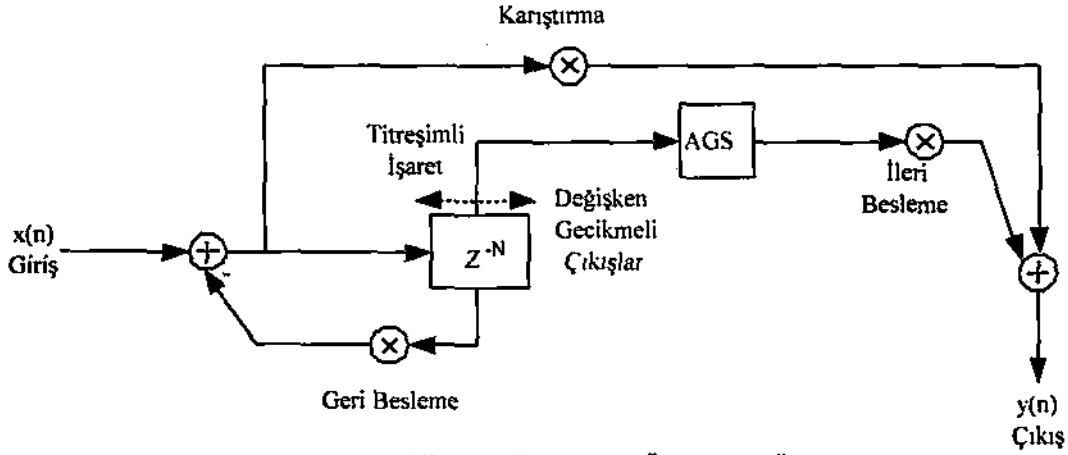
Gecikme etkilerini elde etmek için her etki için yeni bir yapı kurulabilir. Ancak etkin programlama açısından, bu etkileri mümkün olduğu kadar az sayıda

elemanla gerçeklemek gereklidir. Şekil-6'da gösterilen Genel Amaçlı Etki Üreteci (GEÜ) ile tüm gecikme etkilerini tek bir yapı ile elde etmek mümkün olmuştur. GEÜ'nin karıştırma, ileri besleme ve geri besleme katsayılarına uygun değerler verilerek farklı etkiler elde edilebilir (Tablo-1).

GEÜ'nde kullanılan çok çıkışlı gecikme hattı, bir çevrimsel tampondan ibarettir. Bu tamponun her bir gözünden bağımsız olarak okuma yapmak mümkündür. Okuma göstergesi ile yazma göstergesi arasındaki mesafe sabit tutulduğunda sabit zamanlı gecikmeler elde edilirken, bu mesafenin bir salıngaca bağlı olarak değiştirilmesiyle de değişken zamanlı gecikmeler elde edilir [6].

Sayısal işaretlerde zaman indisinin tam sayı olma zorunluluğu, değişken zamanlı geciktirici kullanılan etkilerde geciktirici çıkışında süreksizliklere yol açmaktadır. Geciktirici çıkışında doğrusal ilişkilendirme kullanılarak, örneğin 3,4 örnek geciktirilmiş çıkış işareti şu şekilde elde edilir:

$$y(3.4) = (1 - 0.4)y(3) + 0.4y(4) \quad (1)$$



Şekil-6. Gecikme Etkisi Üretici (GEÜ)

Tablo-1. Gecikme etkileri için GEÜ katsayıları

Gecikme Etkisi	Karıştırma	İleri Besleme	Geri Besleme
Titreşim	0.0	1.0	0.0
Dalgalandırma	0.7071	0.7071	-0.071
Standart Koro	1.0	0.7071	0.0
Koro	0.7071	1.0	0.7071
Çiftleme	0.7071	0.7071	0.0
Yankı	1.0	≤ 1.0	< 1.0

6. GÖRSEL ARABİRİM VE YAZILIMIN DİĞER ÖZELLİKLERİ

Görsel Ses İşleyici (GSI) yazılımı, Microsoft Windows ortamında, Borland C++ Builder ile nesne yönelimli olarak tasarlanmıştır.

GSI, yukarıda bahsi geçen etkilerin yanında kes/kopyala/yapıştır, farklı kaydet gibi temel işlevleri de gerçekleyebilmektedir. Kullanıcının hatalı işlem yapabileceği göz önüne alınarak yine temel bir işlev olan geri al işlevine de yer verilmiştir. Ses etkilerinin uygulanmasında kimi durumlarda gerekebileceği düşünüldüğü yazılıma iki de süzgeç işlevi eklenmiştir. Basit Parametrik Süzgeç [6] ile temel alçak geçiren, bant geçiren, yüksek geçiren ve bant söndüren süzgeç işlemleri yapılırken, Müzikal Süzgeç [11] ile de çentik, kesici, rezonatör süzgeçler elde edilir.

GSI'nde yer alan tüm işlevler için ön tanımlı değerler atanmıştır. Kullanıcı, her işlevde bulunan kullanıcı tanımlı seçeneği ile ön tanımlı değerler dışında değerler seçebilmekte ve istediği etkiyi elde edebilmektedir.

GSI, işlenen ses dalgasını üç ayrı şekilde gösterebilmektedir. Zaman Domeni Gösterimi'nde işlenen sesin dalga şekli ekrana çizdirilir. Spektral Analiz Gösterimi'nde, işlenen dalganın Kısa Süreli Fourier Dönüşümü (KSFD) 1024 örneklilik Hanning penceresi kullanılarak hesaplanır ve x eksenini çerçeve sayısını, y eksenini örnek sayısını göstermek üzere ekrana çizdirilir. Genlik bilgisi renk kodları ile ifade edilmiştir. Renk skalası, parlak renkler yüksek genlikleri ifade edecek şekilde seçilmiştir. Son gösterim şeklinde ise dalganın tamamı ya da kullanıcı

tarafından seçilen kısmının Fourier dönüşümü ekrana çizdirilmektedir.

REFERENCES

- [1] McNally G., *Dynamic Range Control of Digital Audio Signals*, JOURNAL OF THE AUDIO ENGINEERING SOCIETY, Vol. 32, (5), pp. 316-327, 1984.
- [2] Dattoro J., *Effect Design, Part I: Reverberator and Other Filters*, JOURNAL OF THE AUDIO ENGINEERING SOCIETY, Vol. 45, (9), pp. 660-684, 1997.
- [3] Schroeder M., *Improved Quasi-Stereophony and Colorless Artificial Reverberation*, JOURNAL OF THE AUDIO ENGINEERING SOCIETY, Vol. 33, pp. 1061.
- [4] Schroeder M., *Natural Sounding Artificial Reverberation*, JOURNAL OF THE AUDIO ENGINEERING SOCIETY, Vol. 10, (3), pp. 219-223.
- [5] Roads C., *Computer Music Tutorial*, MIT Press, 1996.
- [6] Ertürk, O. N., *Görsel Arabirimli Sayısal Ses İşleyicisi Tasarımı Uygulamaları*, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998.
- [7] Chamberlin H., *Musical Applications of Microprocessors*, Hayden Books, 1985.
- [8] Schroeder M., *Digital Simulation of Sound Transmission in Reverberant Space*, JOURNAL OF THE AUDIO ENGINEERING SOCIETY, Vol. 47, (2), pp. 424-431.
- [9] Moorer J. A., *Signal Processing Aspects of Computer Music*, PROCEEDINGS OF THE IEEE, Vol. 65, (8), pp. 1108-1137, 1977.
- [10] Moorer J. A., *About This Reverberation Business*, Computer Music Journal, Vol. 3, (2), pp. 13-28, 1979.
- [11] Jackson L. B., *Digital Filters And Signal Processing*, Norwell, 1996.