

ÖZET

SES SİNYALİ İŞLEME

Bir ses sinyal işleme aparatı, bir birinci örnekleme frekansında örneklenen bir ses
5 sinyalini alan bir alıcı (403) içermektedir, ses sinyali, bir birinci frekans kenar
boşluğu tarafından birinci örnekleme frekansının yarısının altında bir maksimum
frekansa sahiptir. Bir süzgeç kümesi (405), üst üste binen alt-süzgeçler
kullanılarak dijital ses sinyali için altbant sinyallerini üretmektedir. Bir birinci
frekans kaydırma cihazı (407), bir frekans kaymasını bir alt altbant takımının en
10 az bir altbandına uygulamaktadır ve bir desimatör (409), üst üste binen alt-
süzgeçlerin her birinin bir bant genişliğinin en az iki katı olan bir örnek olarak
seyreltilmiş örnekleme frekansı ile sonuçlanan bir örnek seyreltme faktörü ile
altbant sinyalini örnek olarak seyreltilmektedir. Bir altbanda yönelik frekans
kayması, sıfırdan örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekansının yarısına kadar
15 bir frekans aralığının bir katı olan bir frekans aralığına altbandın kayması için
düzenlenmektedir. Altbant, ayrı ayrı işlenebilmektedir ve işlenmiş altbantlar, bir
tambant çıktı sinyalinin üretilmesi için daha sonra katıştırılabilmektedir.

İSTEMLER

1. Bir ses sinyali işleme aparatı olup, aşağıdakileri içermektedir:

- 5 bir birinci örnekleme frekansında örneklenen bir ses sinyalinin alınmasına yönelik bir alıcı (403), ses sinyali, bir birinci frekans kenar boşluğu tarafından birinci örnekleme frekansının yarısından daha düşük bir eşikdeğer frekansını aşmayan bir maksimum frekansa sahiptir;
- 10 dijital ses sinyali için altbant sinyallerinin üretilmesine yönelik bir süzgeç kümesi (405), süzgeç kümesi bir altbant takımını sağlayan üst üste binen bir alt-süzgeç takımı içermektedir;
- 15 altbant takımının en az bir altbandına bir frekans kaymasının uygulanmasına yönelik bir birinci frekans kaydırma cihazı (407);
- örnek seyreltme katsayısı tarafından bölünen birinci örnekleme frekansına eşit örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekansına sahip örnek olarak seyreltilmiş altbant sinyalleri ile sonuçlanan bir örnek seyreltme faktörü ile altbant sinyallerinin örnek olarak seyreltilmesine yönelik bir desimatör (409), örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekansı, üst üste binen alt-süzgeçlerin her birinin bir bant genişliğinin en az iki katıdır;
- 20 ve
- burada bir altbanda yönelik frekans kayması, sıfırdan örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekansının yarısına kadar bir frekans aralığının bir katı olan bir frekans aralığına altbandın kayması için düzenlenmektedir.
- 25 2. Ayrıca her altbantta ayrı altbant sinyal işlemenin uygulanmasıyla ses sinyaline bir sinyal işleme algoritmasının uygulanmasına yönelik düzenlenen bir sinyal işlemcisi (601, 603) içeren, İstem 1'e göre ses sinyali işleme aparatı.
- 30 3. Sinyal işleme algoritmasının, bir konuşma işleme algoritması olduğu, ve sinyal işlemcisinin (601, 603) farklı altbantlarda farklı algoritmaların uygulanması için düzenlendiği, İstem 2'ye göre ses sinyali işleme aparatı.

4. Sinyal işleme algoritmasının, bir uyarlanır süzgecin uygulanmasını içerdiği, ve sinyal işlemcisinin (601, 603) farklı altbantlarda ayrı ayrı uyarlanır süzgecin uyarlanması için düzenlendiği, İstem 2'ye göre ses sinyali işleme aparatı.

5

5. İstem 4'e göre ses sinyali işleme aparatı olup, burada ses sinyali ve uyarlanır süzgeç ses sinyalinin bir yankısının tahmin edilmesine yönelik bir yankı giderme süzgecidir, yankı giderme süzgeci her altbant için bir alt-yankı giderme süzgeci içermektedir; ve sinyal işlemcisi (601, 603) aşağıdakiler için düzenlenmektedir:

10

her altbantta örnek olarak seyretilmiş altbant sinyaline bir alt-yankı giderme süzgecinin uygulanmasıyla her altbant için örnek olarak seyretilmiş yankı sinyallerinin belirlenmesi;

15

her altbantta tahmin edilmiş yankı sinyali ile ses sinyalinin bir yankısını içeren bir yakalanmış ses sinyali karşılaştırılarak her altbant için bir hata sinyalinin belirlenmesi; ve

karşılık gelen altbant için hata sinyaline yanıt olarak her alt-yankı giderme süzgecinin güncellenmesi.

20

6. Ayrıca her altbantta altbant sinyal işleme tarafından üretilen işlenmiş altbant sinyallerinden birinci örnekleme frekansında bir ses çıktı sinyalinin birleştirilmesine yönelik bir birleştirici (605) içeren İstem 2'ye göre ses sinyali işleme aparatı olup; birleştirici (605) aşağıdakileri içermektedir:

25

sık örneklenen işlenmiş altbant sinyallerinin üretilmesi için birinci örnekleme frekansına işlenmiş altbant sinyallerinin sık örneklenmesi için bir sık örnekleyici (701);

30

sık örneklenen işlenmiş altbant sinyallerine bir ters frekans kaymasının uygulanmasına yönelik bir ikinci frekans kaydırma cihazı (703), birinci altbant ile sonuçlanan bir birinci altbant için ters frekans kayması, birinci

altbant için alt-süzgecin bir frekans aralığına kaymaktadır;

ters frekans kaymasının uygulanmasının ardından, bir işlenmiş ses sinyalinin üretilmesi için sık örneklenmiş işlenmiş altbant sinyallerinin tümleştirilmesine yönelik bir altbant tümleştirme (705);

- 5 her altbant için sık örnek örtüşme spektrumlarının zayıflatılması için sık örneklenmiş işlenmiş altbant sinyallerinin süzgeçlenmesine yönelik bir altbant süzgeç takımı (707), süzgeç takımının her süzgeci, birinci örnekleme frekansının yarısını aşmayan bir bant genişliğine sahiptir.

- 10 7. Altbant tümleştirmesinin (705) altbant süzgeç takımının en azından birini, ve altbant süzgeçlemesinin ardından sık örneklenmiş işlenmiş sinyaller altbandının katıştırılmasıyla işlenmiş ses sinyalinin üretilmesine yönelik bir katıştırıcı içerdiği, İstem 6'ya göre ses sinyali işleme aparatı.

- 15 8. İstem 1'e göre ses sinyali işleme aparatı olup, burada bir birinci altbant için frekans kayması büyük oranda aşağıdaki şekilde verilmektedir:

$$f_s = \frac{f_d}{4} + n \frac{f_d}{2} - f_m$$

- 20 burada f_d örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekansıdır, f_m frekans kayması öncesinde birinci altbandın bir merkez frekansıdır ve n bir tamsayıdır ($n \geq 1$).

9. Bir birinci altbant için bir alt-süzgecin bir zayıflatmasının frekans kaymasına karşılık gelen bir değer tarafından kaydırılan örnek olarak seyreltilmiş
25 örnekleme frekansının yarısının bir katının bir frekansında 6dB'den daha az olmadığı, İstem 1'e göre ses sinyali işleme aparatı.

10. Süzgeç kümesinin, büyük oranda güç tümleyici alt-süzgeç takımı ile oluşturulduğu, İstem 1'e göre ses sinyali işleme aparatı.

11. Alt-süzgeç takımının her süzgecinin, örnek seyreltme frekansının yarısını aşmayan bir 6 dB bant genişliğine sahip olduğu, ses sinyali işleme aparatı.

5 12. Eşikdeğer frekansının, birinci örnekleme frekansının yarısından %10 daha düşük olmadığı, İstem 1'e göre ses sinyali işleme aparatı.

13. Bir ses sinyali işleme aparatı olup, aşağıdakileri içermektedir:

10 bir birinci örnekleme frekansında bir ses sinyalini temsil eden ve bir birinci frekans kenar boşluğu tarafından birinci örnekleme frekansının yarısından daha düşük bir eşikdeğer frekansını aşmayan bir maksimum frekansa sahip olan bir örnek olarak seyreltilmiş örnekleme oranında örnek olarak seyreltilmiş altbant sinyal takımının alınmasına yönelik bir alıcı (605), örnek olarak seyreltilmiş altbant sinyalleri örnek olarak seyreltilmiş örnekleme
15 frekansının yarısına sıfırdan bir frekans aralığının bir katı olan bir frekans aralığına kaydırılan ve daha sonra bir örnek seyreltme faktörü tarafından örnek olarak seyreltilen frekanstır; ve örnek olarak seyreltilmiş altbant sinyalleri takımından birinci örnekleme frekansında bir ses çıktı sinyalinin birleştirilmesine yönelik bir birleştirici (605); birleştirici (605) aşağıdakileri
20 içermektedir:

sık örneklenen altbant sinyallerinin üretilmesi için birinci örnekleme frekansına örnek olarak seyreltilmiş altbant sinyallerinin sık
örneklenmesine yönelik bir sık örnekleyici (701);
25 sık örneklenmiş altbant sinyallerine bir ters frekans kaymasının uygulanmasına yönelik bir ikinci frekans kaydırma cihazı (703), bir birinci örnek olarak seyreltilmiş altbant sinyali için ters frekans kayması, frekans kayması ve örnek seyreltme öncesinde ses sinyalinde örnek olarak seyreltilmiş altbant sinyalinin frekans aralığına karşılık gelen bir frekans
30 aralığına kayan birinci örnek olarak seyreltilmiş altbant sinyali ile sonuçlanmaktadır;

ters frekans kaymasının uygulanmasının ardından, bir tümleşmiş ses sinyalinin üretilmesi için sık örneklenmiş altbant sinyallerinin tümleştirilmesine yönelik bir altbant tümleştirme (705);

- 5 her altbant için sık örnek örtüşme spektrumlarının zayıflatılması için sık örneklenmiş işlenmiş altbant sinyallerinin süzgeçlenmesine yönelik bir altbant süzgeç takımı (707), süzgeç takımının her süzgeci, birinci örnekleme frekansının yarısını aşmayan bir bant genişliğine sahiptir.

14.Ses sinyali işlemeye yönelik bir yöntem olup, aşağıdakileri içermektedir:

10

bir birinci örnekleme frekansında örneklenen bir ses sinyalinin alınması, ses sinyali, bir birinci frekans kenar boşluğu tarafından birinci örnekleme frekansının yarısından daha düşük bir eşikdeğer frekansını aşmayan bir maksimum frekansa sahiptir; ses sinyali için altbant sinyallerini üreten bir süzgeç kümesi, süzgeç kümesi bir altbant takımını sağlayan üst üste binen bir alt-süzgeç takımı içermektedir;

15

altbant takımının en az bir altbandına bir frekans kaymasının uygulanması; örnek seyreltme katsayısı tarafından bölünen birinci örnekleme frekansına eşit örnek olarak seyreltilmiş bir frekansa sahip örnek olarak seyreltilmiş altbant sinyalleri ile sonuçlanan bir örnek seyreltme faktörü ile altbant sinyallerinin örnek olarak seyreltilmesi, örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekansı, üst üste binen alt-süzgeçlerin her birinin bir bant genişliğinin en az iki katıdır; ve

20

burada bir altbanda yönelik frekans kayması, sıfırdan örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekansının yarısına kadar bir frekans aralığının bir katı olan bir frekans aralığına altbandı kaydırmaktadır.

25

15.Söz konusu programın bir bilgisayarda yürütülmesi durumunda, İstem 14'ün tüm adımlarının gerçekleştirilmesi için uyarlanan bilgisayar programı kod araçlarını içeren bir bilgisayar program ürünü.

30

TARİFNAME

SES SİNYALİ İŞLEME

5 TEKNİK ALAN

Buluş, ses sinyali işleme ve özellikle ancak bununla sınırlı olmayarak ses konuşma sinyallerinin işlenmesine yönelik bir yöntem ve aparat ile ilgilidir.

10 ÖNCEKİ TEKNİK

Ses sinyallerinin dijital işlenmesi, artan bir şekilde yaygın hale gelmiştir ve şimdi çoğu pratik uygulamanın parçasıdır. Aslında, mevcut durumda örneğin cep telefonları, müzik dağıtımı ve çalınması, televizyon, vb.'ni kapsayan tüketici elektronik cihazlarında çoğunlukla her gün gerçekleştirilmektedir.

Gelişmiş, yeni veya esnek işlemenin sağlanması için, kullanılan ses işleme algoritmaları artan bir şekilde karmaşık hale gelmeye meyillidir ve aslında çoğu durumda sinyal işleme, mevcut hesaba dayalı kaynak tarafından sınırlandırılmaktadır. Bir örnek, konuşma geliştirme ile birlikte konuşma programlamasının tipik olarak çok önemli bir kısmını tükettiği konuşma iletişim cihazlarına yönelik konuşma sinyal işlemesidir. Bu yüzden, ses işleme algoritmalarının hesaba dayalı etkililiğinin geliştirilmesine yönelik genel bir talep bulunmaktadır.

25

Bazı uygulamalarda ve durumlarda, bir dijital ses sinyalinin işlenmesi, avantajlı bir şekilde paralel altbantlarda gerçekleştirilebilmektedir. Altbantlar bir azalmış bant genişliğine sahip oldukça, bu tür işleme, örnek olarak seyreltilmiş altbant sinyalleri üzerinde gerçekleştirilebilmektedir, yani örnekleme frekansı azaltılabilmektedir. Örneğin, bir ses sinyali, ayrı ayrı işlenmeden önce iki faktörü ile örnek olarak seyreltilmiş altbant sinyalleri ile iki eşit altbanda

bölünebilmektedir.

Bir spesifik örnek olarak, bir konuşma sinyali, sırasıyla bir düşük frekanslı banda ve bir yüksek frekanslı banda karşılık gelen iki ayrı bileşene bölünebilmektedir.

- 5 Kodlama daha sonra, her bantta ayrı ayrı gerçekleştirilebilmektedir, yani ayrık ve ayrı ses işlemenin iki altbant sinyaline uygulanmasıyla gerçekleştirilebilmektedir. Diğer örnek olarak, bir yankı giderme prosesi, farklı altbantlarda ayrı ayrı gerçekleştirilebilmektedir.

- 10 Ayrık altbantların işlenmesinin ardından, bunlar, girdi sinyali için olduğu gibi aynı örnekleme frekansına sahip bir tekli tam bandı işlenmiş ses sinyalinin üretilmesi için tekrar katıştırılabilmektedir.

- 15 Sinyalin altbantlara bölünmesiyle ve farklı altbantlarda ayrı ayrı bir işlemenin uygulanmasıyla bir ses sinyalinin işlenmesi, çoğu durumda çok önemli faydalar sağlayabilmektedir.

Örneğin, çoğu işleme algoritması için, hesaba dayalı kaynak kullanımı, frekans bant genişliği veya örnekleme frekansı ile lineer olarak ölçeklenmemektedir.

- 20 Ayrıca, çoğu işleme algoritması için, hesaba dayalı gereklilik örnekleme frekans bant genişliği/ örnekleme frekansının karesi ile artabilmektedir.

Altbant işlemenin diğer avantajı, işlemenin, ses sinyalinin farklı karakteristiklerine daha yakın bir şekilde uyarlanmasına olanak sağlayabilmesidir.

- 25 Örneğin, bir konuşma sinyali 4 kHz'e kadar olan frekans aralığında, 4 kHz'in üzerindeki frekans aralığında olduğundan çok farklı özelliklere sahiptir. Bu yüzden, gelişmiş konuşma programlamaya genellikle farklı frekans bantlarında spesifik karakteristiklerde hedeflenen kodlama algoritması ile ulaşılabilmektedir ve böylece 4 kHz üzerinde bir altbant için olanın ardından 4 kHz altındaki bir altbant için farklı bir kodlama uygulanabilmektedir. Örneğin, bir farklı konuşma modeli kullanılabilmektedir.
- 30

Ayrıca, farklı altbantlarda çalıştırılarak, işlemenin farklı karakteristiklere uyarlanmasıyla hesaba dayalı etkililiğin ideal hale getirilmesi mümkün olabilmektedir. Örneğin, daha yüksek frekanslardan ziyade daha düşük frekanslar için yansımanın daha uzun sürdüğü bilinmektedir. Bu yüzden, düşük frekanslar için bir yansıma tahmin süzgecinin (örneğin bir yankı gidericide kullanıldığı gibi), uzun yansıma etkisine sahip modeli için yeterli bir darbe yanıtının sağlanması için yeterli katsayılara (bir FIR süzgeci) sahip olması gereklidir. Bununla birlikte, ses sinyallerinin örneğin bir düşük frekanslı ve yüksek frekanslı banda ayrılmasıyla, uzun süzgecin sadece düşük frekans bandına (örnek olarak seyreltilmiş örnek oranı) uygulanması gerekli iken, daha kısa bir süzgeç (kısa yüksek frekans yansımasını yansıtmaktadır), yüksek frekans bandında (örnek olarak seyreltilmiş örnek oranı) uygulanabilmektedir. Toplam hesaba dayalı kaynak kullanımı, uzun yansıma süzgeci kullanılarak tam örnek oranında tam bant genişliği sinyalinin süzgeçlendirilmesi ile karşılaştırıldığında bu durumda büyük oranda azaltılabilmektedir.

Mevcut durumda ses sinyallerinin (örneğin, konuşma veya müzik sesi için) bant genişliğinin artışına doğru bir eğilim bulunmaktadır ve bu, artan örnek oranından dolayı büyük oranda artan bir hesaba dayalı kaynak kullanımı ile sonuçlanmaya meyillidir. Altbant işlemenin kullanılmasının önemi, ses sinyalinin bant genişliğinin arttırılmasına yönelik artabilmektedir ve aslında çoğu durumda cihazdaki kaynak kısıtlamalarından dolayı bir tam oranlı daha yüksek bant genişliği sinyalleri için gerçekleştirilemeyen ses işlemenin yürütülmesine olanak sağlayabilmektedir.

Örneğin, konuşma iletişim cihazlarının bant genişliği (eller serbest), hızlı bir şekilde artmaktadır. Dar bant (4 kHz bant genişliği) ve geniş bant (8 kHz) sistemleri kapsamlı bir şekilde kullanılmaktadır, ancak süper geniş bant (16 kHz) ve hatta tam bant (24 kHz) sistemleri, piyasaya girmektedir (özellikle VoIP uygulamaları için).

Bir spesifik örnek olarak, konuşma geliştirme algoritmalarının, bant genişliğindeki bu artış ile baş etmesi gerekmektedir. Tüm frekans bandı için aynı konuşma geliştirme algoritmasının kullanılması bazı zorluklar doğurmaktadır.

- 5 Çözülecek konuşma geliştirme problemleri, yüksek ve düşük frekanslar için farklıdır. Örneğin 16 kHz bant genişliğine sahip bir süper geniş bant algoritmasını alın. 0 ila 8 kHz aralığındaki konuşma sinyali, 8 ila 16 kHz aralığındaki konuşma sinyalinden oldukça farklıdır. Kendi önemli birinci üç biçimlendiricisine sahip ünlü harfler, düşük bantta mevcut iken, bazı ünsüz harfler büyük oranda 8 kHz
- 10 ötesine uzamaktadır. Ayrıca insan işitmesinin frekans seçiciliği, düşük frekanslarda daha yüksektir.

Diğer örnek olarak, çoğunlukla artan frekans ile hava absorpsiyonunun bir artışından dolayı, bir odanın akustiği normalde frekans ile değişmektedir. Bunun

15 bir sonucu olarak, yüksek frekanslarda yansıma süresi, daha yüksek frekanslar için daha düşük olacaktır. Bir sonuç olarak, yansımanın önlenmesi düşük frekansları için özellikle önemlidir. Örneğin akustik yankı gidermesi için uyarlanırlar süzgeç uzunluğu, yansıma tipik olarak daha yüksek frekanslar için daha kısa oldukça, daha yüksek frekanslar için de daha kısa olabilmektedir.

20

Örneğin akustik yankı gidermesi için, iki faktörü ile bant genişliğinin ve dolayısıyla örnekleme frekansının uzatılması ve sonra aynı algoritmanın uygulanması, düşük frekans bandı için aynı yankı dengelemesinin gerçekleştirilmesi için iki faktörü ile uyarlanırlar süzgeç uzunluğunun bir artışına yol

25 açmaktadır.

Süper geniş bant konuşma yankı gidermesi için, tipik olarak 4096 veya daha fazla süzgeç uzunluklarına ihtiyaç vardır. Uyarlanırlar süzgeçlerin, hızlı uyarlanmaya olanak sağlaması için iyi düzeltme önleyici özelliklere ihtiyacı vardır. Özü

30 itibarıyla, bu, uyarlanırlar süzgecin güncelleme teriminin, girdi sinyalinin (hoparlör sinyali) otomatik düzeltmesi ile evrıştırilmesinin önlenmesi gerektiği anlamına

gelmektedir. Yüksek frekans bantlarında konuşmanın düşük seviyelerinden dolayı, bu otomatik düzeltme zaman alanında uzun bir desteğe sahiptir ve mükemmel olmayan yeniden düzeltme ve böylece yüksek frekanslar için daha düşük uyarlama hızlarına yol açmaktadır.

5

Bu tür uygulamalar için bir cazip çözüm, bir süzgeç kümesinin uygulanmasıyla sinyallerin ayrı frekans bantlarına ayrılmasıdır. Bu tür bir süzgeç kümesinde, sinyaller, örneğin daha sonra seyrek örneklenen (örnek olarak seyreltilmiş) ve sonra ayrı ayrı işlenen iki (süper genişbant için) veya üç (tambant için) altbanda bölünebilmektedir. Ayrı işlemeden sonra, nihai işlenmiş sinyaller, sık örneklenmektedir ve yeniden katıştırılmaktadır.

Değinildiği gibi, belirli bantlara ayrılma, her bandın her bantta spesifik karakteristiklerini bağımsız olarak yansıtarak işlenebilmesi avantajını sunmaktadır. Örneğin, 0 ila 8 kHz bandının işlenmesi, tam olarak geniş bant durumu için aynı olabilmektedir ve yüksek frekanslar için farklı işleme mümkündür. Özellikle, akustik yankı gidermesi için, 0 ila 8 kHz bandı için tipik olarak 2048 katsayılarının bir uyarlanır süzgeci kullanılabilirken, örneğin 1024 katsayıları 8 ila 16 kHz bandı için kullanılabilir. Bu, süper genişbant için 4096 katsayısının veya hatta tam bant için 6144 katsayısının kullanılmasıyla bir tekli bant çözümü ile karşılaştırılabilir.

Bununla birlikte, bu tür bir altbant işlemeye ilişkin bir problem, prensipte ses sinyalinin ideal süzgeçler (yani, sonsuz keskin geçişlere sahip üst üste binmeyen süzgeçler) kullanılarak altbantlara bölünmesidir. Bu mümkün olmadığından dolayı, süzgeçler arasındaki bir kısım üst üste binme tipik olarak, iki komşu altbant sinyalinde bulunan orijinal sinyalin bir kısım sinyal frekanslarına yol açması ile sonuçlanmaktadır.

İdeal olmayan süzgeçlemeye dair özel bir problem, örtüşmenin tipik olarak örnek seyreltmenin parçası olarak meydana gelebilmesidir. Örnek olarak seyreltilmiş

frekans, tercihen, olabildiğince düşüktür ve tipik olarak altbant sayısı tarafından bölünen orijinal örnekleme frekansına karşılık gelecek şekilde ayarlanmaktadır. Bununla birlikte, bu tür durumlarda ideal olmayan süzgeçler kullanıldığında, bir altbant için frekans bileşenlerinin diğer altbanda hafif oranda örtüşmesinden kaçınılmamaktadır.

Bununla birlikte, bu örtüşme, örtüşme bileşenlerini dengeleyen tamamlayıcı süzgeçleri kapsayan birleştirme birimi (işlenmiş altbant sinyallerinden çıktı dijital ses sinyalini üreten) tarafından belirtilebilmektedir. Bu yüzden, ideal olmayan süzgeçlerden kaynaklanan örtüşme, iptal edilen örtüşme ile sonuçlanan tam bant genişliği sinyalinin üretilmesine yönelik birleştirme fonksiyonelliğinde süzgeçlerin seçilmesiyle konvansiyonel belirtilmektedir.

Altbant işleme, önemli gecikmeler ortaya koyabilmektedir. EP0721251 A1 sayılı patent dokümanı, süzgeç kümelerinin hem analizinde hem de birleştirmesinde minimum faz süzgeçleri kullanılarak ses sisteminin altbant işleminde gecikmeyi azaltmaktadır.

Bununla birlikte, bu tür bir dengelemeden dolayı, buluş sahipleri, bunun, gelişmiş ses sinyali işlemlerini sağlamaya yönelik bir istek olduğunu gerçekleştirmiştir. Özellikle bir gelişmiş ses sinyali işleme, avantajlı olabilmektedir ve özellikle artan esneklik, azalan karmaşıklık, azalan hesaba dayalı kaynak talebi, ve/veya gelişmiş performansa olanak sağlayan ses işleme avantajlı olabilmektedir.

25 BULUŞUN KISA AÇIKLAMASI

Buna uygun olarak, buluş, tercihen yukarıda değinilen dezavantajların bir veya daha fazlasını yalnız başına veya kombinasyon halinde hafifletmeye, azaltmaya veya ortadan kaldırmaya çare aramaktadır. Dolayısıyla, buluşun bir amacı, önceki teknikteki dezavantajların üstesinden gelinmesidir. Buluşun amacı, bağımsız istemler tarafından çözülmektedir. Spesifik yapılandırmalar bağlı istemlerde

tanımlanmaktadır.

Buluşun bir yönüne göre, şunları içeren bir ses sinyali işleme aparatı sağlanmaktadır: bir birinci örnekleme frekansında örneklenen bir ses sinyalinin alınmasına yönelik bir alıcı, ses sinyali, bir birinci frekans kenar boşluğu tarafından birinci örnekleme frekansının yarısından daha düşük bir eşikdeğer frekansını aşmayan bir maksimum frekansa sahiptir; dijital ses sinyali için altbant sinyallerinin üretilmesine yönelik bir süzgeç kümesi, süzgeç kümesi bir altbant takımını sağlayan üst üste binen bir alt-süzgeç takımı içermektedir; altbant takımının en az bir altbandına bir frekans kaymasının uygulanmasına yönelik bir birinci frekans kaydırma cihazı; örnek seyreltme katsayısı tarafından bölünen birinci örnekleme frekansına eşit örnek olarak seyreltilmiş bir frekansa sahip örnek olarak seyreltilmiş altbant sinyalleri ile sonuçlanan bir örnek seyreltme faktörü ile altbant sinyallerinin örnek olarak seyreltilmesine yönelik bir desimatör, örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekans, üst üste binen alt-süzgeçlerin her birinin bir bant genişliğinin en az iki katıdır; ve burada bir altbanda yönelik frekans kayması, sıfırdan örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekansının yarısına kadar bir frekans aralığının katı olan bir frekans aralığına altbandın kayması için düzenlenmektedir.

20

Buluş, çoğu uygulama için gelişmiş ses sinyalleri sağlayabilmektedir ve/veya ses sinyallerinin işlenmesini kolaylaştırabilmektedir ve çoğu durumda gelişmiş ses kalitesi sağlayabilmektedir. Yaklaşım azalmış altbant örtüşen bileşenlere sahip bir ses sinyalinin spesifik olarak altbant işlemesine olanak sağlayabilirken, altbant bölünmesi, boşluklar olmadan ses sinyalinin tam frekans spektrumunu temsil etmesine olanak sağlamaktadır. Spesifik olarak, çoğu yapılandırmada, yaklaşım altbant örtüşen bileşenler olmadan kolaylaştırılabilirken, geliştirilebilirken veya buna olanak sağlayabilirken, altbantlara bölünme için büyük oranda düz tam frekans yanıtını sağlayabilmektedir.

30

Altbant işleme, örneğin işlemenin farklı frekans aralıklarında ses sinyalinin

spesifik karakteristiklerine uyarlanmasına olanak sağlayabilmektedir. Örneğin, süzgeç uzunlukları, ses sinyali için toplamda en kötü durumdan ziyade ayrık altbantlarda spesifik gereklilikleri yansıtması için özelleştirilebilmektedir. Altbantlarda bir sinyalin işlenmesi tipik olarak karmaşıklığı ve hesaba dayalı

5 kaynak gerekliliklerini büyük oranda azaltabilmektedir. Altbant örtüşmesinin azalması, çoğu yapılandırmada, örneğin ayrık altbant uyarlanır süzgeçlerin gelişmiş uyarlaması gibi gelişmiş performans ile sonuçlanabilen ayrık altbantlar arasında gelişmiş ayırım sağlayabilmektedir.

10 Ayrı işlemlerin tam sırası veya dizisi farklı yapılandırmalarda değişkenlik gösterebilmektedir. Örneğin, çoğu yapılandırmada, desimatör, frekans kaymasından sonra örnek seyreltmenin gerçekleştirilmesi için düzenlenmektedir. Bununla birlikte, bazı yapılandırmalarda, frekans kayması, örnek seyreltmeden sonra parçası olarak veya hatta örnek seyreltmeden sonraki bazı durumlarda

15 gerçekleştirilebilmektedir.

Sıfırdan örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekansının yarısına kadar bir frekans aralığının katı olan bir frekans aralığına altbandın kaydırılması, sıfırdan örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekansının yarısına kadar bir frekans aralığının katı

20 içinde olacak altbant için altbandın bir bant genişliğinin spesifik olarak kaydırılması olabilmektedir. Bant genişliği, örneğin bir 6 dB, 10 dB, 20 dB, veya 30 dB bant genişliği olabilmektedir. Düşünülen bant genişliği, ayrık yapılandırmamaya ve örneğin örtüşme bileşenlerinin kabul edilebilir seviyesine ve işlemin gerekliliklerine bağlı olabilmektedir.

25

Her altbant, girdi ses sinyalinin bir frekans aralığı ile ilişkilendirilmektedir. Ayrık altbant, altbant sinyalinin frekansının değiştirilebildiği frekansta hareket edebilmektedir/kaydırılabilmektedir. Bununla birlikte, altbant veya altbant sinyalinin frekansı değiştirilebilmesine rağmen, altbant, ses sinyalinin hala aynı

30 frekans aralığına karşılık gelmektedir/ temsil etmektedir.

Frekanslara atıflar, pozitif frekansları ifade etmektedir. Frekans alanında Hermitian özelliğe sahip gerçek fiziksel zaman alan sinyali için, bu tür frekansların negatif frekanslar ile nasıl ilgili olduğu teknikte uzman kişi için açıktır.

5

Sıfırdan örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekansının yarısına kadar bir frekans aralığı katı olan frekans aralığı, bir katı kapsamaktadır, yani, bu, sıfırdan örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekansına kadar frekans aralığını kapsamaktadır.

10

Altbant sayısı, çoğu yapılandırmada avantajlı bir şekilde iki altbant olabilmektedir. Tipik olarak, göreceli bir şekilde az sayıda altbant kullanılmaktadır ve genellikle sayı beşten fazla değildir. Eşikdeğer frekansı, çoğu yapılandırmada 20 kHz, 14 kHz, 12 kHz, 10 kHz, 8 kHz veya 6 kHz'den daha fazla olmayabilmektedir. Çoğu yapılandırmada, her altbandın bant genişliği, avantajlı bir şekilde 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 6 kHz veya 8 kHz'den daha fazla değildir.

15

Buluşun bir opsiyonel özelliği ile uyumlu olarak, ses sinyali işleme aparatı ayrıca her altbantta ayrı altbant sinyal işlemenin uygulanmasıyla ses sinyaline bir sinyal işleme algoritmasının uygulanmasına yönelik düzenlenen bir sinyal işlemcisi içermektedir.

20

Buluş, altbantlar arasında azalmış örtüşmeye sahip bir sinyalin gelişmiş ve/veya kolaylaşmış altbant işlemlerini sağlayabilmektedir. Altbant işleme, aynı yaklaşım kullanılarak karşılık gelen altbantlara dönüştürülebilen veya dönüştürülemeyen diğer sinyallerin işlenmesini kapsayabilmektedir.

25

Buluşun bir opsiyonel özelliği ile uyumlu olarak, sinyal işleme algoritması, bir konuşma işleme algoritmasıdır, ve sinyal işlemcisi farklı altbantlarda farklı algoritmaların uygulanması için düzenlenmektedir.

30

Buluş, her alt-bantta işlemenin, farklı frekans bantlarında spesifik konuşma karakteristiklerine uyarlanabildiği özellikle avantajlı bir konuşma işleme sağlayabilmektedir. Konuşma özellikleri, farklı altbantlar arasında büyük oranda değişkenlik göstermektedir ve örtüşen bileşenler olmadan altbant işleme, gelişmiş kalite ve/veya azalmış karmaşıklık/ kaynak kullanımına sahip özellikle etkili bir işleme sağlayabilmektedir.

Konuşma işleme özellikle konuşma kodlama veya konuşma geliştirme olabilmektedir.

Buluşun bir opsiyonel özelliği ile uyumlu olarak, sinyal işleme algoritması, bir uyarlanır süzgecin uygulanmasını içermektedir ve sinyal işlemcisi, farklı altbantlarda ayrı ayrı uyarlanır süzgecin uyarlanması için düzenlenmektedir.

Yaklaşım, özellikle farklı frekans aralıklarında değişen ses özelliklerine etkili bir uyarlama sağlayabilmektedir. Uyarlanır süzgeç, her altbant için bir uyarlanır altsüzgeç içerebilmektedir ve aparat, bu altbant için süzgeç güncelleme sinyaline yanıt olarak güncellenen karşılık gelen uyarlanır altbant süzgeci ile her altbant için bir süzgeç güncelleme sinyalinin üretilmesi için düzenlenebilmektedir.

Buluşun bir opsiyonel özelliği ile uyumlu olarak, ses sinyali ve uyarlanır süzgeç ses sinyalinin bir yankısının tahmin edilmesi için bir yankı giderme süzgecidir, yankı giderme süzgeci her altbant için bir alt-yankı giderme süzgecini içermektedir; ve sinyal işlemcisi şunlar için düzenlenmektedir: bir alt-yankı giderme süzgecinin her altbantta örnek olarak seyreltilmiş altbant sinyaline uygulanarak her altbant için tahmin edilmiş yankı sinyallerinin belirlenmesi; her altbantta tahmin edilmiş yankı sinyali ile ses sinyalinin bir yankısını içeren bir yakalanmış ses sinyali karşılaştırılarak her altbant için bir hata sinyalinin belirlenmesi; ve karşılık gelen altbant için hata sinyaline yanıt olarak her alt-yankı giderme süzgecinin güncellenmesi.

Yaklaşım, yüksek performanslı ve etkili bir yankı giderme verebilirken, düşük karmaşıklığı ve kaynak kullanımını koruyabilmektedir.

- 5 Buluşun bir opsiyonel özelliği ile uyumlu olarak, ses sinyali işleme, her altbantta altbant sinyal işleme ile üretilen işlenmiş altbant sinyallerinden birinci örnekleme frekansında bir ses çıktı sinyalinin birleştirilmesiyle bir birleştirici içermektedir; birleştirici şunları içermektedir: sık örneklenen işlenmiş altbant sinyallerinin üretilmesi için birinci örnekleme frekansına işlenmiş altbant sinyallerinin sık
- 10 örneklenmesi için bir sık örnekleme; sık örneklenen işlenmiş altbant sinyallerine bir ters frekans kaymasının uygulanmasına yönelik bir ikinci frekans kaydırma cihazı, birinci altbant ile sonuçlanan bir birinci altbant için ters frekans kayması, birinci altbant için alt-süzgecin bir frekans aralığına kaymaktadır; ters frekans kaymasının uygulanmasının ardından, bir tümleşmiş ses sinyalinin üretilmesi için
- 15 sık örneklenmiş altbant sinyallerinin tümleştirilmesine yönelik bir altbant tümleştirme; her altbant için sık örnek örtüşme spektrumlarının zayıflatılması için sık örneklenmiş işlenmiş altbant sinyallerinin süzgeçlenmesine yönelik bir altbant süzgeç takımı, süzgeç takımının her süzgeci, birinci örnekleme frekansının yarısını aşmayan bir bant genişliğine sahiptir.

20

Yaklaşım, bir tam bant ses sinyalinin azaltılan altbant işleme tarafından kaynaklanan yapay olgular veya bozulmalar ile altbant işleme tarafından işlenebildiği yüksek oranda avantajlı bir yaklaşım sağlayabilmektedir. Özellikle, altbant örtüşmesinin etkisi, çok büyük oranda azaltılabilmektedir.

25

Buluşun bir opsiyonel özelliği ile uyumlu olarak, altbant tümleştirme, en az bir takım altbant süzgeci, ve altbant süzgeçlenmesini takiben sık örneklenmiş işlenmiş sinyaller altbantının katıştırılmasıyla işlenmiş ses sinyalinin üretilmesine yönelik bir katıştırıcı içermektedir.

30

Bu, çoğu yapılandırmada, özellikle etkili işleme sağlayabilmektedir.

Buluşun bir opsiyonel özelliği ile uyumlu olarak, bir birinci altbant için frekans kayması büyük oranda aşağıdaki gibi verilmektedir:

$$f_s = \frac{f_d}{4} + n \frac{f_d}{2} - f_m$$

- 5 burada f_d örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekansıdır, f_m frekans kayması öncesinde birinci altbandın bir merkez frekansıdır ve n bir tamsayıdır ($n \geq 1$).

Bu, özellikle etkili bir yaklaşım sağlayabilmektedir ve çoğu yapılandırmada, altbant örtüşme bileşenlerinin bir artmış zayıflaması ile sonuçlanabilmektedir.

10

Çoğu yapılandırmada, bir altbant için frekans kayması, altbandın bir merkezi frekansının, örnek olarak seyreltilmiş çoklu örnekleme frekansının yarısına ek olarak büyük oranda örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekansına kaydırılacak şekilde olabilmektedir.

15

Buluşun bir opsiyonel özelliği ile uyumlu olarak, bir birinci altbant için bir alt-süzgecin bir zayıflatması, frekans kaymasına karşılık gelen bir değer tarafından kaydırılan örnek olarak seyreltilmiş birçoklu örnekleme frekansının yarısının bir frekansında 6dB'den daha az olmamaktadır.

20

Bu, altbant sinyallerinde altbant örtüşme bileşenlerinin yüksek oranda etkili bir zayıflatmasına olanak sağlayabilmektedir. Çoğu yapılandırmada, bir birinci altbant için bir alt-süzgecin zayıflatılması, frekans kaymasına karşılık gelen bir değer tarafından kaydırılan örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekansının yarısının bir katısının bir frekansında 10dB, 20dB, veya 30dB'den daha az olmayabilmektedir.

25

Buluşun bir opsiyonel özelliği ile uyumlu olarak, süzgeç kümesi, büyük oranda güç tamamlayıcı alt-süzgeçlerin bir takımı tarafından oluşturulmaktadır.

- Bu, tam bant ses sinyalinin bozulması azaltılabilmektedir. Büyük oranda güç tamamlayıcı alt-süzgeçler, çoğu yapılandırmada, 1 dB ila 2dB hassasiyetine güç tamamlayıcı olabilmektedir. Dolayısıyla, çoğu yapılandırmada, süzgeç kümesi, 1
- 5 dB veya 2dB içinde düzeltilen bir toplam katıştırılmış yanıt sağlamaktadır.

Çoğu yapılandırmada, üst üste binen süzgeçlerin bir kombinasyonu tarafından oluşturulan bir katıştırılmış süzgeç, en fazla 2 dB (veya çoğu yapılandırmada en fazla 1 dB) bir geçirme bandı genlik varyasyonuna sahiptir.

10

Buluşun bir opsiyonel özelliği ile uyumlu olarak, alt-süzgeç takımının her süzgeci, örnek seyreltme frekansının yarısını aşmayan bir 6 dB bant genişliğine sahiptir.

- 15 Bu, altbant örtüşme bileşenlerinin etkili bir zayıflatması ile etkili işleme olarak sağlayabilmektedir. Çoğu yapılandırmada, alt-süzgeç takımının her süzgeci, örnek seyreltme frekansının yarısını aşmayan bir 10 dB, 20 dB veya 30 dB bant genişliğine sahip olabilmektedir.

- 20 Buluşun bir opsiyonel özelliği ile uyumlu olarak, eşikdeğer frekansı, birinci örnekleme frekansının yarısından %10 daha düşük değildir.

- Bu, çoğu yapılandırmada pratik bir ek yük sağlayabilmektedir ve altbant örtüşme bileşenlerini yeterli seviyelere zayıflatmak için pratik süzgeçler tarafından etkili
- 25 süzgeçlemeye olanak sağlayabilmektedir. Çoğu yapılandırmada, eşikdeğer frekansı, birinci örnekleme frekansının %90'ından daha fazla değildir. Çoğu yapılandırmada, eşikdeğer frekansı, birinci örnekleme frekansının %60'ından daha fazla değildir. Bu, çok yüksek örnekleme frekanslarının kullanılmamasıyla düşük karmaşıklığı koruyabilmektedir.

30

Buluşun bir yönüne göre, şunları içeren bir ses sinyali işleme aparatı

sağlanmaktadır: bir birinci örnekleme frekansında bir ses sinyalinin temsil eden ve bir birinci frekans kenar boşluğu tarafından birinci örnekleme frekansının yarısından daha düşük bir eşikdeğer frekansını aşmayan bir maksimum frekansına sahip olan bir örnek olarak seyretilmiş örnek oranda örnek olarak seyretilmiş

5 altbant sinyal takımının alınmasına yönelik bir alıcı, örnek olarak seyretilmiş örnekleme frekansının yarısına sıfırdan bir frekans aralığının bir katı olan bir frekans aralığına kaydırılan ve daha sonra bir örnek seyretilme faktörü tarafından örnek olarak seyretilen frekanstır; ve örnek olarak seyretilmiş altbant sinyalleri

10 takımından birinci örnekleme frekansında bir ses çıktı sinyalinin birleştirilmesine yönelik bir birleştirici; birleştirici şunları içermektedir: sık örneklenen altbant sinyallerinin üretilmesi için birinci örnekleme frekansına örnek olarak seyretilmiş altbant sinyallerinin sık örneklenmesine yönelik bir sık örnekleyici; sık örneklenmiş altbant sinyallerine bir ters frekans kaymasının uygulanmasına yönelik bir ikinci frekans kaydırma cihazı, bir birinci örnek olarak seyretilmiş

15 altbant sinyali için ters frekans kayması, frekans kayması ve örnek seyretilme öncesinde ses sinyalinde örnek olarak seyretilmiş altbant sinyalinin frekans aralığına karşılık gelen bir frekans aralığına kayan birinci örnek olarak seyretilmiş altbant sinyali ile sonuçlanmaktadır; ters frekans kaymasının uygulanmasının ardından, bir tümleşmiş ses sinyalinin üretilmesi için sık

20 örneklenmiş altbant sinyallerinin tümleştirilmesine yönelik bir altbant tümleştirme; her altbant için sık örnek örtüşme spektrumlarının zayıflatılması için sık örneklenmiş işlenmiş altbant sinyallerinin süzgeçlenmesine yönelik bir altbant süzgeç takımı, süzgeç takımının her süzgeci, birinci örnekleme frekansının yarısını aşmayan bir bant genişliğine sahiptir.

25

Buluşun bir yönüne göre, ses sinyali işlemeye yönelik yöntem şunları içermektedir: bir birinci örnekleme frekansında örneklenen bir ses sinyalinin alınması, ses sinyali, bir birinci frekans kenar boşluğu tarafından birinci örnekleme frekansının yarısından daha düşük bir eşikdeğer frekansını aşmayan bir maksimum frekansa sahiptir; ses sinyali için altbant sinyallerini üreten bir süzgeç

30 kümesi, süzgeç kümesi bir altbant takımını sağlayan üst üste binen bir alt-süzgeç

takımı içermektedir; altbant takımının en az bir altbandına bir frekans kaymasının uygulanması; örnek seyreltme faktörü tarafından bölünen birinci örnekleme frekansına eşit örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekansına sahip örnek olarak seyreltilmiş altbant sinyalleri ile sonuçlanan bir örnek seyreltme faktörü ile altbant sinyallerinin örnek olarak seyreltilmesi, örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekansı, üst üste binen alt-süzgeçlerin her birinin bir bant genişliğinin en az iki katıdır; ve burada bir altbanda yönelik frekans kayması, sıfırdan örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekansının yarısına kadar frekans aralığının bir katı olan bir frekans aralığına altbandı kaydırmaktadır.

10

Buluşun bu ve diğer yönleri, özellikleri ve avantajları, burada açıklanan yapılandırma(lar)a atıftan bariz olacaktır ve bu atıf ile aydınlatılacaktır.

ŞEKİLLERİN KISA AÇIKLAMASI

15

Buluşun yapılandırmaları, şekillere referans ile sadece örnek aracılığıyla açıklanacaktır, burada

- Şekil 1, bir ses altbant işleme yaklaşımının bir örneğini göstermektedir;
- 20 Şekil 2, Şekil 1'in ses altbant işleme yaklaşımının sinyallerinin frekans spektrumlarının bir örneğini göstermektedir;
- Şekil 3, bir yankı giderme sisteminin bir örneğini göstermektedir;
- Şekil 4, buluşun bazı yapılandırmaları ile uyumlu olarak bir ses altbant işleme sistemi için bir altbant üreticinin bir örneğini göstermektedir;
- 25 Şekil 5, Şekil 4'ün ses altbant işleme yaklaşımının sinyallerinin frekans spektrumlarının bir örneğini göstermektedir;
- Şekil 6, buluşun bazı yapılandırmaları ile uyumlu olarak bir ses altbant işleme sisteminin bir örneğini göstermektedir;
- Şekil 7, buluşun bazı yapılandırmaları ile uyumlu olarak bir ses altbant işleme sisteminin bir ses sinyali birleştiricisinin bir örneğini göstermektedir;
- 30 Şekil 8, buluşun bazı yapılandırmaları ile uyumlu olarak bir ses altbant işleme

sisteminin bir örneğini göstermektedir;

Şekil 9, buluşun bazı yapılandırmaları ile uyumlu olarak bir ses altbant işleme sistemi için bir süzgeç kümesinin bir örneğini göstermektedir;

5 Şekil 10, buluşun bazı yapılandırmaları ile uyumlu olarak bir ses altbant işleme sistemi için bir süzgeç kümesinin bir örneğini göstermektedir;

Şekil 11, buluşun bazı yapılandırmaları ile uyumlu olarak bir ses altbant işleme sistemi için bir frekans kaydırma cihazının bir örneğini göstermektedir;

Şekil 12, buluşun bazı yapılandırmaları ile uyumlu olarak bir ses altbant işleme sistemi için bir süzgeç kümesinin bir örneğini göstermektedir; ve

10 Şekil 13, buluşun bazı yapılandırmaları ile uyumlu olarak bir altbant işleme sistemi kullanılarak bir yankı gidericinin bir örneğini göstermektedir;

BULUŞUN BAZI YAPILANDIRMALARININ AYRINTILI AÇIKLAMASI

15 Aşağıdaki açıklama, bir dijitalleştirilmiş konuşma sinyalinin etkili bir işlenmesine ve özellikle bir konuşma uygulamasına yönelik yankı gidermeye uygulanabilir buluşun yapılandırmalarına odaklanmaktadır. Bununla birlikte, buluşun bu uygulama için sınırlandırılmadığı, ancak çoğu diğer ses sinyali ve ses uygulamalarına uygulanabildiği takdir edilecektir.

20

Değinildiği gibi, ses sinyalinin farklı frekans bantlarına karşılık gelen birkaç altbant sinyaline bir ses sinyalinin bölündüğü bilinmektedir. Bölünme tipik olarak iki altbanda olmaktadır ve aşağıdaki açıklama, ses sinyalinin daha sonra ayrı ayrı ve ayrık bir şekilde işlendiği iki altbanda bölündüğü bir yapılandırmaya odaklanacaktır.

25

Altbantlara (ve sinyal iki altbanda) bölünmeyi takiben, sinyaller, sonraki işlemenin karmaşıklığını ve kaynak talebini azaltmak için örnek olarak seyreltilebilmektedir. Ses sinyallerini altbantlara bölen süzgeçlerden dolayı, bu

30 örnek seyreltme, diğer altbantların yetersiz bir şekilde zayıflatılmış sinyal bileşenlerinin mevcut altbanda kıvrılıp yerleştirildiği örtüşmeyi tipik olarak

uygulayacaktır. Bu örtüşme, karşılık gelen tam bant çıktı sinyali birleştirildiğinde, yani işlenen altbantlar bir tam bant genişliği çıktı ses sinyalinin oluşturulması için katıştırıldığında örtüşen bileşenlerin dengelenmesiyle ve iptal edilmesiyle konvansiyonel olarak belirtilmektedir. Bununla birlikte, Buluş sahipleri, bu tür

5 dengeleme, çoğu sistemde örtüşme etkisini giderebilirken, örtüşmenin diğer yapılandırmalarda performansı bozabildiğini fark etmişlerdir. Ayrıca, Buluş sahipleri, birleştirmenin bir kısmı olarak örtüşmenin dengelenmesine dair geleneksel yaklaşım olarak, ayrık altbantlarda örtüşmeyi azaltan bir yaklaşımın elverişli olduğunu ve bunun, çoğu yapılandırmada büyük oranda gelişmiş

10 performans sağlayabildiğini ve aslında bu tür bir yaklaşımın, birleştirme işleminin bir kısmı olarak örtüşen dengelemeyi de kapsayan sistemler için büyük oranda gelişmiş performans sağlayabildiğini fark etmişlerdir.

Daha ayrıntılı olarak, Şekil 1'in önceki teknik yaklaşımı düşünülebilmektedir.

15 Şekil, analiz kümesindeki örtüşme, birleşme kümesinde dengelenecek şekilde, birbirine uydurulan analiz ve birleşme bant süzgeçlerine sahip örneklenmiş süzgeç kümelerini önemli bir oranda kullanan tipik bir önceki teknik yaklaşımını göstermektedir. Diğer açıklama, örneğin P.P. Vaidyanathan, Multirate sistemleri ve süzgeç kümeleri, Prentice Hall 1993'te bulunabilmektedir.

20

Şekil 1'in sistemi, analiz süzgeçlerine ($A_{LP}(\omega)$ ve $A_{HP}(\omega)$) sahip bir analiz süzgeç kümesi ve birleştirme süzgeçlerine ($F_0(\omega)$ ve $F_1(\omega)$) sahip bir birleştirme süzgeç kümesini kullanmaktadır. Ayrıca analiz süzgeçleri arasındaki çapraz-geçiş, ses sinyalinin ($X(\omega)$) örnekleme oranının yarısıdır ve süzgeçlerin çıktısı, faktör 2 ile

25 örnek olarak seyreltilmektedir. Örnek olarak seyreltilmiş altbant sinyalleri, ayrı ayrı işlenebilmektedir, ancak birleştirme işleminin bir kısmı olan sık örnekleycilere doğrudan beslenecek şekilde gösterilen Şekil 1'in örneğindedir. Sık örnekleme faktörü analiz desimatörlerinin örnek seyreltme faktörüne karşılık gelmektedir, bu sayede örnekleme frekansını girdi örnekleme frekansına geri

30 getirmektedir.

Analiz süzgeçlerinin genlik karakteristiğinin bir örneği, örnek seyreltme öncesinde nihai karakteristikler tarafından takip edilen ilk olarak genlik karakteristiklerini gösteren Şekil 2’de gösterilmektedir. Düz çizgiler, örtüşme olmayan katkıları temsil ederken, kesikli çizgiler örtüme olan dağılımları temsil etmektedir. Frekans, girdi sinyalinin (yani, $f_{s1}=2\pi$, burada f_{s1} , birinci örnekleme frekansı olarak da ifade edilen girdi ses sinyalinin örnekleme frekansıdır) örnekleme oranı için normalize edilmiş radyan frekans tarafından temsil edilmektedir.

- 10 Şekil 2’de gösterildiği gibi, $\pi/2$ altında alçak geçiren analiz süzgecinin ($A_{LP}(\omega)$) frekans karakteristiğinin bir kısmı, $\pi/2$ örnek olarak seyreltilmiş sinyal için Nyquist frekansına karşılık geldiğinden dolayı etkilenmemektedir. Bununla birlikte, örnek seyreltmeden dolayı, $\pi/2$ ’nin üzerinde genlik karakteristiği, Nyquist frekansının altında frekans bandına kıvrılarak yerleştirilmektedir, yani,
- 15 $\pi/2$ Nyquist frekansı etrafında kıvrılmaktadır. Bunun bir sonucu olarak, altbant sinyali, önemli örtüşme sinyal bileşenlerini kapsayacaktır.

- Benzer şekilde, yüksek frekans altbandı için, $\pi/2$ altında yüksek geçiren analiz süzgecinin ($A_{HP}(\omega)$) frekans karakteristiğinin bir kısmı etkilenmezken, $\pi/2$
- 20 üzerindeki genlik karakteristiği Nyquist frekansının altında frekans bandına geri kıvrılıp yerleştirilmektedir, yani $\pi/2$ Nyquist frekansı etrafında kıvrılmaktadır. Bunun bir sonucu olarak, yüksek frekanslı altbant sinyali, önemli örtüşme sinyal bileşenlerini kapsayacaktır. Seyrek örneklemeden sonra yüksek-bandın çıktısının, çoğunlukla, sık örneklemeden sonra örtüşme olmayan terimlere geri kıvrılan
- 25 örtüşen terimlerden oluşmaktadır.

Şekil 2’nin, $[0, \pi/2]$ frekans bantlarında ilgili altbantların sadece sinyal bileşenlerini gösterdiği hesaba katılmalıdır.

- 30 Dolayısıyla, altbantlara bölünme süzgeçler (üst üste binme bölgesinde sinyal bileşenlerinin göz ardı edilmemesi için) arasında bir üst üste binme

- gerektirdiğinden, üretilen örnek olarak seyreltilmiş altbantlar, doğal olarak diğer altbantlarda örtüşen bileşenlerin fazla miktarını kapsayacaktır. Ayrıca, süzgeç kümeleri, bir düz tam genlik yanıtı ile sonuçlanan bir tamamlayıcı güce sahip olacak şekilde tasarlanmaktadır. Örnek olarak seyreltilmiş altbant sinyalleri için
- 5 Nyquist frekansında zayıflatma buna göre sadece 3dB olmaktadır ve dolayısıyla bu frekans etrafında örtüşme bileşenleri, sadece yaklaşık 3dB ile doğal olarak zayıflatılmaktadır.

- Analitik olarak, bir sinyali $X(\omega)$ beslediğinde, analiz süzgeçlerinin örnek olarak
- 10 seyreltilmiş çıktıları aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir:

$$X_L(\omega) = A_{LP}(\omega)X(\omega) + A_{LP}(\pi - \omega)X(\pi - \omega)$$

ve

$$X_H(\omega) = A_{HP}(\omega)X(\omega) + A_{HP}(\pi - \omega)X(\pi - \omega).$$

15

Sık örneklemeden ve birleştirmede toplama gerçekleştirildikten sonra, nihai çıktı sinyali aşağıdaki şekilde verilmektedir:

$$\begin{aligned}\tilde{X}(\omega) = & A_{LP}(\omega)F_0(\omega)X(\omega) + A_{LP}(\pi - \omega)F_0(\omega)X(\pi - \omega) + \\ & A_{HP}(\omega)F_1(\omega)X(\omega) + A_{HP}(\pi - \omega)F_1(\omega)X(\pi - \omega)\end{aligned}$$

20

Bundan görülebildiği gibi, $F_0(\omega) = A_{HP}(\pi - \omega)$ ve $F_1(\omega) = -A_{LP}(\pi - \omega)$ oluşturulması mümkündür, bu da iptal edilen örtüşen terimler ile sonuçlanmaktadır. Bu, aşağıdaki ile sonuçlanmaktadır:

25
$$\tilde{X}(\omega) = A_{LP}(\omega)A_{HP}(\pi - \omega)X(\omega) - A_{HP}(\omega)A_{LP}(\pi - \omega)X(\omega)$$

Dolayısıyla, süzgeçlerin $(A_{LP}(\omega))$ ve $(A_{HP}(\omega))$ tasarlanmasıyla, uygun bir şekilde

arzu edilen lineer yanıtı ulaşılabilmektedir (ref. örn. P.P. Vaidyanathan, Multirate systems and filter banks, Prentice Hall 1993).

- Örneğin bir tek sıralı yarı bant elipsi şeklinde alçak-geçiren süzgeç ($A_{LP}(\omega)$) ve
 5 bunun güç tamamlayıcı yüksek geçiren süzgeci ($A_{HP}(\omega)$) kullanılarak, çıktı sinyali aşağıdaki gibi verilebilmektedir:

$$\tilde{X}(\omega) = A(\omega)X(\omega),$$

burada $A(\omega)$ tamamen-geçiren bir süzgeçtir.

10

Buna uygun olarak, bu durumda, girdi sinyali, örneğin istenen konuşma için genlik karakteristiği sabit kalmaktadır. Faz çarpıtması (çapraz-geçişli frekans etrafında) tipik olarak mevcuttur, ancak bu, spesifik olarak çoğu konuşma işleme algoritmaları gibi birçok uygulamaya yönelik kabul edilmemektedir. Bununla
 15 birlikte, çapraz geçişli frekansta, alçak-geçiren ve yüksek-geçiren süzgeç, sadece 3 dB'nin bir zayıflatmasını sağlamaktadır ve bunun bir sonucu olarak, altbantlarda önemli bir örtüşme bulunacaktır. Bununla birlikte, bu, etkili bir şekilde birleştirme aşamasında dengelenmektedir veya iptal edilmektedir ve bu yüzden yaklaşım, çoğu pratik uygulama için kullanılmaktadır.

20

Bununla birlikte, buluş sahipleri, birleşmenin bir kısmı olarak gerçekleştirilen örtüşme dengelemesi çoğu durumda kabul edilebilir performans sağlayabilirken, altbant sinyallerinde örtüşme bileşenlerinin varlığının, çoğu uygulamada hala performansı bozabildiğini ve bazı durumlarda hatta yaklaşımı kullanılmayan hale
 25 getiren kabul edilemez bir seviyeye getirebildiğini fark etmişlerdir.

- Bir özel örnek yankı-gidericilere yöneliktir. Şekil 3, bir alınan sinyalin hem bir arzu edilen konuşma sinyali ($S(\omega)$) hem de bir hoparlör sinyalinin ($X(\omega)$) görselleştirilmesinden kaynaklanan bir istenmeyen yankı bileşenini ($E(\omega)$)
 30 içerebildiği bir yankı-gidericinin bir örneğini göstermektedir. Yankı bileşeni

($E(\omega)$), hoparlörden mikrofonta (ve bunların karakteristiklerini ve ayrıca herhangi bir bununla ilişkili sinyal devreler şemasını kapsamaktadır) sinyal yolunun yanıtı ile modifiye edilen hoparlör sinyali ($X(\omega)$) olarak verilmektedir. Dolayısıyla,

$$E(\omega) = X(\omega)H_{lm}(\omega),$$

5

burada $H_{lm}(\omega)$ hoparlör ve mikrofon arasındaki akustik yoldur.

Uyarlanır süzgeç ($\hat{H}_{lm}(\omega)$), hoparlör sinyali ($X(\omega)$) buna uygulandığında, yankının ($\hat{E}(\omega)$) bir tahminini sağlayacak şekilde, akustik yolu ($H_{lm}(\omega)$) tahmin etmeyi denemektedir. Bir kalıntı sinyali, mikrofon sinyalinden tahmin edilmiş yankının çıkartılmasıyla elde edilmektedir yani,

10

$$R(\omega) = S(\omega) + (E(\omega) - \hat{E}(\omega)).$$

15 Kalıntı sinyali, bunların konuşma olmadığı, yani $S(\omega) = 0$ olduğu zaman aralıklarında süzgecin güncellenmesi için kullanılmaktadır.

Tipik olarak, akustik yankı gidermesi için, uyarlanır süzgecin, söz konusu Yankı Dönüş Kaybı Geliştirme (ERLE) en az 20 dB olacak şekilde tasarlanması
20 gereklidir. ERLE, aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır

$$ERLE = 10 \log_{10} \frac{|E(\omega) - \hat{E}(\omega)|^2}{|E(\omega)|^2}.$$

Tipik akustik durumlarda, bu, bir tipik örneğin 8 kHz bant genişliği için zaman alanında en az 2048 katsayısının bir süzgeç uzunluğunu gerektireceği şekilde
25 olacaktır. Bu, frekans çözünürlüğünün 4 Hz üzerinde $H_{lm}(\omega)$ 'de önemli değişikliklerin olabildiğini göstererek en az 4 Hz'de olması gerektiği anlamına gelmektedir. Daha yüksek konuşma bant genişlikleri için, büyük oranda daha

uzun süzgeçler gereklidir. Örneğin, 16 kHz bant genişliği ve böylece çift bant genişliği ve örnek oranının iki katı için, aynı yankı süresinin belirtilmesi için zaman alanında en az 4096 katsayılı bir süzgeç uzunluğu gereklidir. Bununla birlikte, tipik olarak yankı, 0 ila 8 kHz yerine 8 kHz ila 16 kHz aralığında daha kısıdır. Bu yüzden, işlemenin bunun yerine iki ayrı bantta, birinin 0'dan 8 kHz'ye ve diğeri 8 kHz'den 16 kHz'ye kadar, gerçekleştirildiği durumda, 2048 katsayısının uyarlanır süzgeci, birinci bant için kullanılabilir ve tipik olarak 512 katsayısının bir süzgeci ikinci bant için kullanılabilir. Dolayısıyla, karmaşıklıkta önemli bir azalmaya ulaşılabilir.

10

Bu yüzden, Şekil 3'ün sisteminde, hoparlör sinyali ($X(\omega)$) ve yakalanan mikrofon sinyali ($S(\omega) + E(\omega)$) Şekil 1 ve 2'nin yaklaşımı kullanılarak iki altbanda bölünebilir. Uyarlanır süzgeç ($H_{lm}(\omega)$), düşük frekanslı altbanda uygulanan düşük frekanslı süzgece ve yüksek frekans altbanda uygulanan bir yüksek frekanslı süzgece benzer şekilde bölünebilir. Nihai çıktı sinyali ($R(\omega)$), buna göre iki ayrık altbandta üretilmektedir ve her alt-süzgecin güncellemesi, bu altbandta kalıntı sinyaline bağlı olabilir. Ayrıca, bir yankısı giderilmiş tam oranlı çıktı sinyali, Şekil 1'in birleştirme kısmının $R(\omega)$ 'nin üretilmiş iki altbandına uygulanmasıyla sağlanabilir.

20

Buluş sahipleri tarafından fark edileceği gibi, seyrek örneklendikten sonra ayrık bantlarda uygulanan uyarlanır süzgeçler üzerinde örtüşme terimlerinin etkileri, çıktı ses sinyali birleştirildiğinde dâhil edilen örtüşme dengelemesinden dolayı bozulma ile sonuçlanabilir.

25

Sırasıyla düşük frekanslı altbant ve yüksek frekanslı altbandın ifade edilmesi için endeksler (LP ve HP) kullanılarak, aşağıdaki ifadeler, uyarlanır süzgecin yaklaşımının meydana geldiği (sıfır olan kalıntı sinyaline ve böylece yakalanan sinyale eşit olan uyarlanır süzgecin çıktısına karşılık gelen) durum için türevlendirilebilir: Belirli bir biçimde, ayarlar:

30

$$\hat{E}_{LP}(\omega) = E_{LP}(\omega)$$

aşağıdakine yol açmaktadır

$$\begin{aligned} (A_{LP}(\omega)X(\omega) + A_{LP}(\pi - \omega)X(\pi - \omega)) \hat{H}_{LP}(\omega) \\ = A_{LP}(\omega)H_{lm}(\omega)X(\omega) + A_{LP}(\pi - \omega)H_{lm}(\pi - \omega)X(\pi - \omega). \end{aligned}$$

5

Dolayısıyla:

$$\hat{H}_{LP}(\omega) = \frac{A_{LP}(\omega)H_{lm}(\omega)X(\omega) + A_{LP}(\pi - \omega)H_{lm}(\pi - \omega)X(\pi - \omega)}{A_{LP}(\omega)X(\omega) + A_{LP}(\pi - \omega)X(\pi - \omega)}$$

$$\hat{H}_{LP}(\omega) = \alpha(\omega)H_{lm}(\omega) + (1 - \alpha(\omega))H_{lm}(\pi - \omega),$$

ile

$$\alpha(\omega) = \frac{A_{LP}(\omega)X(\omega)}{A_{LP}(\omega)X(\omega) + A_{LP}(\pi - \omega)X(\pi - \omega)}.$$

10

Dolayısıyla, düşük frekanslı altbantta yankının tahmini, örtüşmeyen katkı ($H_{lm}(\omega)$) ve bir örtüşen katkının ($H_{lm}(\pi - \omega)$), bir ağırlıklı toplamından oluşmaktadır. Spesifik örnekte, ω ve $\pi - \omega$, 4 Hz'den daha fazlası ile farklılaştığı

15 sürece, ($H_{lm}(\omega)$) ve ($H_{lm}(\pi - \omega)$) arasında önemli farklılıklar bulunabilmektedir.

Bir problem, $\alpha(\omega)$ 'nin veriye bağlı olması ve (tipik konuşma uygulamaları için) zamanla hızlı bir şekilde değişkenlik göstermesidir. Aslında, uygulamada $\alpha(\omega)$, uyarlanır süzgecin izleyebildiğinden daha hızlı değişkenlik göstermektedir.

20 Bunun bir sonucu olarak, ideal çözüme ulaşamayacaktır ve hem örtüşen hem örtüşme olmayan bileşenler iptal edilecektir.

Aynı türevler $A_{LP}(\omega)$ 'nin $A_{HP}(\omega)$ ile yer değiştirmesiyle daha yüksek altbant

yapılabilmektedir. Dolayısıyla, daha düşük frekans bandı için olduğu gibi, ne örtüşen ne de örtüşme olmayan terimler iptal edilecektir. Bir sonuç olarak, çapraz geçişli frekans (normal olarak birkaç yüz Hz) civarında çıktı sinyalinde çok büyük yankı katkılarının olmasına meyilli olacaktır. Bu yankı katkıları, hem örtüşen hem de örtüşmeyen katkıları kapsayacaktır. (Her iki bant için uyarlanır süzgeç bağımsız olarak çalıştığından dolayı örtüşmeyen katkı, ve örtüşen katkılar birbirini mükemmel bir şekilde iptal etmemektedir). Dolayısıyla, büyük çapta bozulma, bu durumda altbant işleme tarafından ortaya çıkartılabilmektedir.

Diğer örnek olarak, ayırık konuşma kodlama, farklı altbantlarda bir konuşma sinyaline uygulanabilmektedir. Örneğin, 8 kHz'ye kadar bir frekans bandının bir CELP kodlaması gerçekleştirilebilirken, 8 kHz'den 16 kHz'ye kadar frekansta konuşma bileşeninin kodlaması bir düşük karmaşık spektral kodlama ile olabilmektedir. Böyle bir durumda, çapraz-altbant örtüşmesi, CELP kodlamasının lineer olmayan doğasından dolayı programlama yapay olguları ile sonuçlanacaktır ve buna uygun olarak örtüşme, bir kod açma ucunda tamamen iptal edilememektedir.

Şekil 4, açıklanan durumların azaltılabildiği bir yaklaşımı göstermektedir. Şekil 4, bir ses işleme aparatı için bir altbant üreticini (401) spesifik olarak göstermektedir. Altbant üretici (401), aşağıda açıklanan farklılıklar dışında Şekil 1'in sisteminin analiz kısmına karşılık gelmektedir.

Altbant üretici (401), ses sinyalini alan bir alıcı (403) içermektedir. Ses sinyali, birinci örnekleme frekans olarak ifade edilen aşağıdaki bir frekansta örneklenmektedir. Şekil 2'nin sistemine zıt olarak, ses sinyalinin sinyal bileşenleri birinci örnekleme frekansı i.in Nyquist frekansından daha düşük olan bir eşikdeğer altındaki bir frekans ile sınırlandırılmaktadır, yani, ses sinyalinin maksimum frekansı verilen bir kenar boşluğu tarafından Nyquist frekansı altındadır. Doğru kenar boşluğu, ayırık yapılandırmanın spesifik tercihler ve gerekliliklere bağlı olabilmektedir. Bununla birlikte, çoğu yapılandırmada, ses

sinyalinin maksimum frekansı, %10'dan fazla olmayan bir eşikdeğer frekansı altında olacak veya bazı yapılandırmalarda hatta örneğin birinci örnekleme frekansının yarısının %20 altında olacak şekilde sınırlandırılmaktadır.

- 5 Maksimum frekansın, frekans bileşenlerinin sinyal enerjisi üzerindeki frekans yeterince düşük olduğundan dolayı düşünülebildiği takdir edilecektir. Örneğin, çoğu yapılandırmada, sinyal bileşenlerinin en az 20dB veya 30dB'nin üzerinde olduğu, bir maksimum genliğin altında olduğu maksimum frekans düşünülebilmektedir. Bazı durumlarda, maksimum frekans, frekansın üzerindeki
- 10 sinyal bileşenlerinin katıştırılmış enerjisinin, ses sinyalinin toplam sinyal enerjisinin verilen bir oranından daha az olduğu frekans olarak düşünülebilmektedir. Oran, kabul edilebilir örtüşme seviyesine bağlı olabilmektedir ve tipik olarak %5, %1, %0.5, %0.1 veya hatta daha azı olabilmektedir.

15

Çoğu yapılandırmada, ses sinyali bir süzgeçlenmiş ses sinyali olabilmektedir ve maksimum frekans, zayıflatmanın verilen bir eşikdeğeri aştığı bir frekans olabilmektedir. Örneğin, maksimum frekans, ses sinyalinin bir (önceki) süzgeçlenmesinin en az örneğin 20 dB, 30 dB veya 40dB zayıflatması sağladığı

20 bir frekans olabilmektedir.

- Süzgeçlemenin, bir analog veya dijital süzgeçlenme olabildiği takdir edilecektir. Örneğin, süzgeçleme, örnekleme öncesinde gerçekleştirilen bir analog alçak geçiren süzgeçleme olabilmektedir. Spesifik olarak, süzgeçleme, birinci
- 25 örnekleme frekansında örnekleme öncesinde gerçekleştirilen bir örtüşme-önler süzgeçlemesi olabilmektedir. Ses sinyalinin maksimum frekansı, buna göre analog örtüşme-önler süzgeçlemesinin en az örneğin 10 dB, 20 dB, 30 dB veya 40dB zayıflatmayı aştığı bir frekans olabilmektedir.

- 30 Bazı yapılandırmalarda, alıcı (403), Nyquist frekansına bir kenar boşluğunun sağlanması için sinyalin maksimum frekansını azaltmak için bir örneklenmiş ses

sinyaline uygulanan bir dijital süzgeci kapsayabilmektedir. Örneğin, en az örneğin 20dB ile Nyquist frekansının %90'ından fazla frekans bileşenlerini zayıflatan bir dijital süzgeç uygulanabilmektedir. Dolayısıyla, bazı yapılandırmalarda, bir dijital (alçak geçiren) süzgecin, en az örneğin 10 dB, 20dB, 30 dB veya 40dB

5 zayıflatmasını aştığı bir frekans olabilmektedir. Bu tür bir süzgecin süzgeç kümesi ile, örneğin maksimum frekanslar üzerindeki frekansların bir zayıflatmasını sağlayan en yüksek altbant için süzgeç kümesi süzgeci tarafından katıştırılacak şekilde takdir edilecektir.

10 Dolayısıyla, Nyquist frekansına kadar bir bant genişliğine sahip sinyallerin uyarlanabildiği konvansiyonel sistemlere zıt olarak, Şekil 4'ün sistemi, genellikle yaklaşık %10 kadar Nyquist frekansından daha az bir eşikdeğer frekansının altına maksimum frekansı sınırlamaktadır. Dolayısıyla, sistem, frekans spektrumunda bir kenar boşluğu veya ek yük yaratmaktadır. Örneğin, alınan bir konuşma

15 sinyalinin bir 32 ksps (saniye başına Kiloörnek(ler)) örnekleme oranı ve bir 16 kHz bant genişliği için, sistem, Nyquist frekansının altında bir eşikdeğer üzerinde güçlü bir zayıflatma (yani 20dB) sağlayan bir alçak geçiren süzgecin uygulanmasıyla Nyquist frekansı civarında boşluk payı oluşturabilmektedir. Örneğin, bir eşikdeğer frekansı, başka deyişle 14 kHz kullanılabilir.

20

Dolayısıyla, altbantların üretildiği örneklenmiş ses sinyali, uygun bir kenar boşluğu (örneğin, %10) ile Nyquist frekansının altında olan bir eşikdeğer frekansını aşmayan bir maksimum frekansa sahiptir.

25 Şekil 5, Şekil 1'in altbant üreticinin (401) işleminde çeşitli sinyaller için spektrumları göstermektedir. Bu, sinyalin maksimum frekansının, verilen bir kenar boşluğu tarafından girdi ses sinyalinin Nyquist frekansının altında olduğunu garanti etmesi için bir süzgeçlemenin gerçekleştirilmesine yönelik bir birinci adımı göstermektedir.

30

Alıcı (403), süzgeç kümesinin bir altbant takımını sağlayan bir takım üst üste

binen alt-süzgeçleri içerdiği ses sinyali için altbant sinyallerinin üretilmesi için düzenlenen bir süzgeç kümesine (405) eşleştirilmektedir. Her altbant, (girdi) ses sinyalinin bir frekans aralığını temsil etmektedir.

- 5 Spesifik örnekte, süzgeç kümesi (405), iki süzgeci kapsamaktadır ve ses sinyali, iki altbanda ayrılmaktadır. Bununla birlikte, diğer yapılandırmalarda, sinyalin daha fazla altbanda ayrılması takdir edilecektir. Buna rağmen tipik olarak, en iyi ödünleşim göreceli olarak düşük sayıda altbantlar için bulunmaktadır ve spesifik olarak altbant sayısı çoğu yapılandırmada beşi aşmamaktadır.

10

Süzgeç kümesi (405), frekans bandını (ses sinyalinin) birden çok altbanda bölen birden çok üst üste binen süzgeci içermektedir. Süzgeçler, süzgeçlerin birlikte altbantların (tipik olarak 4-5dB'den fazla olmayan bir eşikdeğeri aşmayan bir zayıflatma ile) en az birinde ses süzgecinin tüm sinyal bileşenlerini kapsadığı şekilde üst üste binmektedir. İki komşu süzgecin zayıflatmasının aynı olduğu frekans olarak verilen farklı süzgeçler arasındaki çapraz geçiş, 3 dB'ye olabildiğince yakın bir zayıflatma ile çoğu yapılandırmada sağlanmaktadır (bu frekansta bir sinyal bileşeninin iki altbanda düzgün ayrılmasına karşılık gelerek) ve tipik olarak 1 veya 2dB'den fazla olarak bundan sapmamaktadır.

20

Süzgeç kümesinin (405) komşu süzgeçleri, çoğu yapılandırmada büyük oranda güç tamamlayıcısı olacak şekilde üretilmektedir. Dolayısıyla, süzgeçlerin katıştırılmış zayıflatması tercihen çoğu yapılandırmada büyük oranda düzdür ve spesifik olarak tipik şekilde 1dB veya 2dB doğruluğu ile düz olabilmektedir.

- 25 Dolayısıyla, $A_{LP}(\omega)$ ve $A_{HP}(\omega)$ olarak Şekil 4'ün süzgeç kümesinde (405) iki süzgecin genlik yanıtı belirtilerek, ölçüm aşağıdaki gibidir:

$$A_{LP}(\omega)^2 + A_{HP}(\omega)^2$$

girdi ses sinyalinin eşikdeğer frekansı/ maksimum frekansına kadar frekanslar için büyük oranda sabittir.

30

Bir kısım varyasyonun pratik uygulamalarda meydana gelebildiği, ancak tipik olarak sapmanın frekans bandı karşısında en fazla 1-2 dB olduğu takdir edilecektir. Bu düşüncelerin kolayca daha fazla altbanda kolayca uzandığı, yani n altbant/ süzgeç için ölçümün büyük oranda frekans bandına karşı sabit olduğu
5 takdir edilecektir

$$A_1(\omega)^2 + A_2(\omega)^2 + A_3(\omega)^2 \dots A_n(\omega)^2$$

Süzgeç kümesi (405), bir frekans kaydırma cihazına (407) ve bir desimatöre (409)
10 eşleştirilmektedir. Frekans kaydırma cihazı (407), ayrıca desimatöre (409) eşleştirilmektedir.

Desimatör (409), süzgeç kümesi (405) tarafından üretilen her altbandın örnekleme frekansının örnek olarak seyreltilmesi için düzenlenmektedir. Belirli bir biçimde,
15 desimatör (409), örnek seyreltme katsayısı tarafından bölünen birinci örnekleme frekansına eşit bir örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekansına sahip örnek olarak seyreltilmiş altbant sinyalleri ile sonuçlanan bir örnek seyreltme faktörü tarafından süzgeç kümesi (405) ile üretilen altbant sinyallerini örnek olarak seyreltebilmektedir. Çoğu yapılandırmada, örnek seyreltme faktörü, bir tamsayı
20 değeridir, ancak bunun çok önemli olmadığı takdir edilecektir.

Ayrıca, çoğu yapılandırmada, örnek seyreltme faktörü, süzgeç kümesi (405) tarafından üretilen altbantların sayısına eşittir. Dolayısıyla, iki altbandın üretildiği Şekil 4'ün spesifik örneğinde, desimatör (409) iki örnek seyreltme faktörünü
25 kullanmaktadır. Dolayısıyla, desimatör, her biri örnek seyreltme faktörü tarafından bölünen birinci örnekleme oranına eşit bir örnekleme frekansına sahip birkaç altbant üretmektedir ve spesifik olarak Şekil 4'te, desimatör (409), iki altbant üretmektedir, bunların her biri birinci örnekleme frekansının yarısının bir örnekleme frekansına sahiptir.

30

Şekil 4'ün örneğinde, en düşük frekans altbandı (bundan sonra daha düşük altbant olarak ifade edilmektedir), örnek seyreltme için desimatöre (409) doğrudan beslenmektedir. Bununla birlikte, en yüksek frekans altbandı (bundan sonra daha yüksek altbant olarak ifade edilmektedir), örnek seyreltme için desimatöre (409)

5 beslenmesinden önce frekans kaydırma cihazı (407) tarafından kaydırılan frekanstır. Dolayısıyla, örnek seyreltme, daha yüksek altbandın bir frekansı kaymış versiyonu üzerinde gerçekleştirilmektedir.

Sistemde, süzgeç kümesinin (405) altbant süzgeçleri, örnek olarak seyreltilmiş

10 örnek oranının yarısından daha düşük olan, yani örnek olarak seyreltilmiş frekans bantları için Nyquistz frekansından daha düşük olan bir bant genişliğine sahiptir. Dolayısıyla, sistemde, örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekansı, yani örnek seyreltme faktörü tarafından bölünen birinci örnekleme frekansı, her altbant süzgecinin bant genişliğinden daha büyüktür. Bant genişliği, spesifik olarak 6dB,

15 10 dB, 20 dB veya hatta 30 dB bant genişliği olabilmektedir.

Buna uygun olarak, iki süzgeç örneğinde altbant süzgeçleri arasındaki çapraz-geçişli frekans, örnek olarak seyreltilmiş sinyalin Nyquist frekansından daha azdır ve sinyal birinci örnekleme frekansının bir çeyreğinden daha azdır. Aslında,

20 çapraz-geçişli frekans, sinyalin zayıflatılmasının örnek olarak seyreltilmiş Nyquist frekansında (dörde bölünen birinci örnekleme frekansı) yeterince yüksek bir değere ulaşmasına olanak sağlayan yeterli bir eşikdeğer ile düşürülmektedir.

Örnek olarak seyreltilmiş Nyquist frekansının (birinci örnekleme frekans için

25 $\pi/2$ 'ye karşılık gelen) altında bir kesim frekansına sahip ve örnek olarak seyreltilmiş Nyquist frekansında çok yüksek bir zayıflatmaya sahip alçak geçiren süzgeçlemeyi gösteren Şekil 5'te bu gösterilmektedir. Ayrıca, zayıflatma, örtüşme bileşenlerinin yeterince zayıflatılması için yeterlidir. Tipik olarak, zayıflatma, en fazla 10 dB, 20 dB veya hatta bundan daha yüksek bir değerdir.

30

Bu süzgeçlemenin bir sonucu olarak, bir alçak altbant sinyali, (önemli) örtüşme

5 bileşenleri dâhil edilmeden desimatör (409) tarafından kolayca örnek olarak seyreltilebilen birinci örnekleme frekansında üretilmektedir. Bu, nihai alçak geçiren süzgeci gösteren Şekil 5'te gösterilmektedir (seyrek örnekleme/ örnek seyreltmeyi takiben örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekansına göre normalize edilmiş).

Bununla birlikte, daha düşük çapraz-geçişli frekanstan ve dolayısıyla önemli olmayan örneklenmiş süzgeçlerin kullanımından dolayı, daha yüksek frekanslı bant, doğrudan örnek olarak seyreltilirse, çok büyük oranda örtüşme üretecektir.

10 Bununla birlikte, Şekil 5'te gösterildiği gibi, daha yüksek altbant, birinci örnekleme frekansına normalize edildiğinde, bir frekans aralığı $\pi/2$ ile π arasında bulunacak şekilde kaydırılan frekanstır. Ayrıca, daha yüksek altbant süzgecinin bant genişliği örnek olarak seyreltilmiş Nyquist frekansından daha düşük oldukça, hem birinci örnekleme frekansı için Nyquist frekansı hem de örnek

15 olarak seyreltilmiş örnekleme frekansı için Nyquist frekansındaki zayıflatma çok yüksek olabilmektedir. Aslında, tipik olarak süzgeç, en fazla 10 dB, 20 dB veya hatta daha yüksek olacak bu frekanslarda zayıflatma için tasarlanacaktır.

Ayrıca, daha yüksek altbanda kaydırılan frekans büyük oranda azaltıldığında,

20 bant, 0 ile örnek olarak seyreltilmiş Nyquist frekansının frekans aralığı ile örtüşecektir. Dolayısıyla, daha yüksek altbandın bir taban-bant temsili üretilmektedir. Buna ek olarak, sırasıyla birinci örnekleme frekansının Nyquist frekansına ve örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekansının Nyquist frekansına kaydırılan frekanslarda daha yüksek altbant süzgecinin zayıflatılmasından dolayı,

25 bu örnek seyreltme, tabanbandı temsiline dahil edilen diğer bantlarda herhangi (önemli) örtüşen bileşen ile sonuçlanmamaktadır.

Ayrıca, süzgeç kümesinin (405) altbant süzgeçleri, frekans kaymasını takiben örnek olarak seyreltilmiş çoklu örnekleme frekanslarının yarısı olduğu

30 frekanslarda yüksek bir zayıflatma sağlamaktadır. Zayıflatma, çoğu yapılandırılmada bu frekanslar ve sıklıkla 10dB, 20 dB veya hatta 30 dB için en az

6 dB'dir.

- Örnek seyreltmeden kaynaklanan ve taban-bant içine örtüşmeden kaynaklanan taban-bant temsilinden dolayı, daha yüksek altbant sinyalinin spektrumunun, taban-bant temsilinde tersine çevrileceği hesaba katılmalıdır. Şekil 5'in, açıklanan (ve örneğin aynı sinyal, altbant sinyali veya süzgeç karakteristiğinin örtüşen versiyonları olmayan ve negatif frekanslar olmayan) aralıklarda sadece spektrumları gösterdiği ayrıca hesaba katılmalıdır.
- 10 Dolayısıyla, Şekil 4'ün sisteminde işlemenin bir sonucu olarak, diğer altbantlardan örtüşme bileşenlerinin çok düşük seviyelerine sahip iki altbant sinyali üretilmektedir. Bu sinyaller, performansı bozan bu tür örtüşme bileşenleri olmadan ayrı ayrı ve ayrık bir şekilde buna uygun olarak işlenebilmektedir.
- 15 Şekil 4'ün açıklanan sistemi üst frekans altbandını $\pi/2$ ile π (birinci örnekleme frekansına normalize olan) frekans aralığına kaydırırken, prensipte 0 ile $\pi/2$ diğer çoklu taban-bant bant genişliğine kaydırılabildiği takdir edilecektir. Ayrıca bazı yapılandırmalarda, frekans kayması, üst altbant sinyalini 0 ile $\pi/2$ taban-banda doğrudan kaydırabilmektedir.
- 20 Yaklaşımın, iki altbant ile sınırlandırılmadığı, ancak daha fazla altbanda uygulanabildiği takdir edilecektir. Bu tür durumlarda, frekans kayması, örnek olarak seyreltilmiş Nyquist frekansı tarafından verilen tabanbandının bir katı içinde bulunması için altbandın bant genişliğinin kaydırılması araştırılabilmektedir, yani f_{s1}/d , burada f_{s1} birinci örnekleme frekansıdır ve d ise örnek seyreltme faktörüdür. Örneğin, üç altbant için, iki daha yüksek altbant, 3 ile bölünen çoklu birinci örnekleme frekansı olan uç noktalara sahip bir frekans aralığına kaydırılabilmektedir. Örneğin, orta altbant, $\pi/3$ ile $2\pi/3$ aralığına kaydırılabilmektedir ve üst altbant $2\pi/3$ ile π aralığına kaydırılabilmektedir; veya
- 30 ayrıca her iki altbant da 0 ile $\pi/3$ aralığına kaydırılabilmektedir.

Dolayısıyla, yaklaşımda yüksek hızda örnekleme, ayrık alt bantların örtüşmesini sınırlamak için ciddi örnekleme yerine kullanılmaktadır. Bu, bir düz genlik karakteristiğinin arzu edildiği gerekliliğine zıt olarak

- 5 ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, yaklaşım, daha sonra ortaya çıkan spektrumun üst ucunda bir kısım boşluk payı/ kenar boşluğu üretmektedir. Örneğin, 32 kHz örnekleme frekansına sahip bir süper genişbant konuşma sinyali için, tam geçiren bant 14 kHz ile sınırlandırılabilir ve 48 kHz'lik bir örnekleme frekansına sahip tam bant için, geçiren bant 20 kHz'de sınırlandırılabilir. Bir frekans kayması ile kombinasyon halinde bu boşluk
- 10 payı, her bandın yüksek hızda örneklenmesine olanak sağlamakta ve büyük oranda altbant örtüşmesini azaltmakta iken, büyük oranda düz toplam genlik karakteristiğine olanak sağlamaktadır.

- Dolayısıyla, spesifik örnekte, bir bant dağıtıcı, $\omega = \pi/2$ 'de alçak geçiren yeterli
- 15 zayıflatmaya (20 dB'den daha fazla) sahip olacak şekilde $\pi/2$ altında bir çapraz geçişli frekans ile oluşturulmaktadır. Alt bandın, bu yüzden güvenli bir şekilde seyrek örneklenebilir. Yüksek altbandın doğrudan seyrek örnekleme, önemli örtüşmeden muzdariptir. Bununla birlikte seyrek örneklemeden dolayı, daha yüksek altbant sinyali, frekans bandı frekansta kaydırılacak ve $\omega = \pi/2$ ve ω
- 20 $= \pi$ 'de zayıflatma, seyrek örneklemeden (veya en azından bunu yeterince düşük tutulmasından) sonra örtüşmeden kaçınmak için yeterli olacak (en az 20 dB) şekilde bir frekans kaydırma cihazına beslenmektedir.

- Buna uygun olarak, altbant örtüşme bileşenleri olmadan altbantlar üretilmektedir.
- 25 Konuşma geliştirme algoritmaları, özellikle uyarlanır süzgeç algoritmaları gibi ses işleme, şu an örtüşme içermeyen altbant sinyalleri üzerinde uygulanabilmektedir.

- Şekil 6, bir ses işleme sisteminin bir örneğini göstermektedir. Sistem, Şekil 4'e göre açıklandığı gibi, bir altbant üreticini (401) içermektedir. Dolayısıyla, altbant
- 30 üretici (401), bir ses sinyali almaktadır ve birinci örnekleme frekansının yarısının bir örnek olarak seyreltilmiş frekansında iki altbant sinyali üretmektedir. İki

altbandın her biri, her birinin ses sinyalinin bir ayrı ve ayrık işlemlerini gerçekleştirdiği bir ayrı ses işlemcilerine (601, 603) beslenmektedir. Örneğin, ses işlemcileri (601, 603), bir konuşma geliştirme prosesini gerçekleştirebilmektedir. İşlenmiş altbant sinyalleri, işlenmiş altbant sinyallerinden bir tekli tam bant ses 5 çıktı sinyalinin üretilmesi için düzenlenen bir birleştiriciye (605) beslenmektedir. Dolayısıyla, birleştirici (605), bir tekli çıktı sinyalinin üretilmesi için altbandı tümleştirmektedir.

Birleştirici (605), esasen altbant üreticinin (401) sırasının değiştirilmesini temsil 10 edebilmektedir. Şekil 4'ün altbant üreticisine (401) tamamlayıcı bir birleştiricinin (605) bir örneği, Şekil 7'de gösterilmektedir.

Örnekte, birleştirici (605) tarafından alınan altbant sinyalleri, yani işlenmiş altbant sinyalleri, ilk olarak bir sık örnekleyici (701) tarafından birinci örnekleme 15 frekansına sık örneklenmektedir. Dolayısıyla, sık örnekleyici (701), desimatör (409) tarafından kullanılan örnek seyreltme faktörüne karşılık gelen bir sık örnek faktörü ile ayrık altbantların sık örneklemesini gerçekleştirmektedir. Spesifik örnekte, faktör 2 ile bir sık örneklenme, buna uygun olarak gerçekleştirilmektedir.

20 Sık örnekleme, örneğin sıfır dolgulama ile gerçekleştirilebilmektedir, örneğin spesifik örnekte, bir ilave sıfır örneği, her alınan örnek arasına yerleştirilebilmektedir. Tipik sık örnekleyicilerde, sıfır dolgulama, sık örneklenmiş sinyalin uygun frekans kopyasını seçen uygun bir süzgeç tarafından takip edilmektedir.

25

Spesifik olarak, sıfır dolgulama veya sıfır doldurma ile sık örneklendiğinde, fazla örneklerin bir sonucu, temel frekans spektrumunun, örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekansına karşılık gelen bir tekrar faktörü ile frekans alanında tekrarlanmasıdır. Dolayısıyla, spesifik örnekte, sıfır dolgulama ile birinci 30 örnekleme frekansına sık örnekleme, sık örnekleme faktörü (analiz ucunda örnek seyreltme faktörüne karşılık gelen) tarafında bölünen birinci örnekleme frekansına

karşılık gelen bir tekrarlama frekansı ile tekrarlanan örnek olarak seyreltilmiş spektrum ile sonuçlanmaktadır.

5 Dolayısıyla, örnek seyreltme faktörünün iki olduğu örnekte, sık örneklenmiş spektrum, π (birinci örnekleme frekansına normalize edilen) frekansı ile tekrar edilecektir.

10 Daha düşük altbant için, bu, $\pi/2$ ile π (veya, $\pi/2$ ile $3\pi/2$ spektrumunun bir kopyasına yakın $-\pi/2$ ile $\pi/2$ frekans aralığında negatif frekanslar olarak düşünüldüğünde) spektrumunun bir kopyasına yakın olan 0 ile $\pi/2$ frekans aralığında taban bant spektrumu ile sonuçlanacaktır. Uygun frekans bandında (yani, örnek seyreltme öncesindeki bant) altbant bileşenlerinin korunması için, 0 ile $\pi/2$ frekans spektrumunu seçen bir alçak geçiren süzgeç uygulanabilmektedir. Daha düşük altbant $\pi/2$ 'ye (önemli süzgeç örnekleme sıklığından ziyade sık 15 örneklemeden kaynaklanan) tamamen uzamadığından dolayı, burada aşırı hesap yükü olmadan pratik süzgeçlerden iyi sonuçlara ulaşılabilmektedir.

20 Bununla birlikte, daha yüksek bant genişliği için, bu, örnek seyreltme öncesinde spektrumun frekansına karşılık geldiğinden dolayı seçilen $\pi/2$ ile π spektrumunun kopyasıdır. Dolayısıyla, bir alçak geçiren süzgecin yerine, bir yüksek geçiren süzgeç, uygun kopyanın seçilmesi için kullanılmaktadır. Bu geçiren bant süzgeci, $\pi/2$ ile π (0 ile π taban bant aralığında) bant genişliğine sahiptir, bu sayede 0 ile $\pi/2$ sık örnek örtüşme kopyasını gidermektedir. Bunun bir sonucu olarak, altbant üreticinden (401) (örnek seyreltme öncesinde ancak frekans kayması sonrasında) 25 altbant sinyali, basit bir sık örnekleme ve süzgeçleme ile geri kazanılmaktadır.

30 Sık örnekleme ve süzgeçlemenin açıklanan prensibinin (örnek seyreltme faktörü ile bölünen birinci örnekleme frekansının bir katında), genel olarak herhangi bir örnek seyreltme faktörüne ve herhangi bir altbanda uygulanabilir olduğu takdir edilecektir. Spesifik olarak, ikiden daha yüksek bir örnekleme faktörü için, düşük ve yüksek altbantlar, sırasıyla bir alçak ve yüksek geçiren süzgeç kullanılarak geri

kazanılabilirken, ara bantlar bant geçirme süzgeçleri kullanılarak geri kazanılabilmektedir. Aslında, bir alçak geçiren süzgeç ve yüksek geçiren süzgeç bant geçiren süzgeçlerin spesifik örnekleri olarak düşünüldüğünden dolayı, örnek seyreltme öncesinde alçak geçiren frekansına karşılık gelen örtüşme kopyasını seçen bir bant geçiren süzgeçleme tarafından takip edilen sık örnekleme yaklaşımı, tüm altbantlar için uygun olarak düşünülebilmektedir.

Bu tür süzgeçler sık örnekleycinin (701) bir kısmı olabilirken, bunun önemli olmadığı ve diğer yapılandırmalarda süzgeçlerin sinyal yolunun diğer kısımlarına uygulanabildiği takdir edilecektir. Örneğin, süzgeçler, frekans kaymasından sonra gerçekleştirilen bir sonraki altbant tümleştirmenin kısmı olabilmektedir. Süzgeçlerin ayrıca tercihen büyük oranda düz genlik/ güç yanıtını sağlamak için seçildiği takdir edilecektir. Spesifik olarak, tamamlayıcı güç süzgeçleri olarak süzgeçlerin seçilmesiyle, düz tamamen geçiren bir tutum elde edilebilmektedir.

Birleştirici ayrıca altbant üretiminin bir kısmı olarak frekansı kaydırılan sık örneklenmiş işlenmiş altbant sinyallerine bir ters frekans kaymasının uygulanması için düzenlenen bir ikinci frekans kaydırma cihazı (703) içermektedir. Spesifik örnekte, daha yüksek altbant sinyali, ikinci frekans kaydırma cihazına (703) uygun bir şekilde beslenmektedir.

İkinci frekans kaydırma cihazı (703), altbant tarafından temsil edilen frekans aralığına hareket ettirilen altbant ile sonuçlanan bir kaymayı verilen bir altbant için uygulayan bir frekans kaymasını (bir ters frekans kayması olarak ifade edilen) uygulamaktadır, yani, bu, girdi ses sinyalinde orijinal olarak sahip olduğu gibi aynı frekansa altbantın sinyal bileşenlerini geri getirmektedir. Dolayısıyla, ters frekans kayması, altbant, altbandı oluşturmuş altsüzgecin aralığına kaydırılacak şekilde olmaktadır.

Örneğin spesifik örnekte, birinci altbant, 0-7 kHz aralığını kaplayabilirken, ikinci altbant 7-14 kHz aralığını kaplayabilmektedir. Hem örnek olarak seyreltilmiş hem

de işlenmiş altbant sinyalleri taban-bant sinyalleri tarafından temsil edildiklerinden dolayı, ikinci frekans kaydırma cihazı (703), daha yüksek altbant sinyalini, taban-bant temsilinden uygun 7-14 kHz aralığına hareket ettiren bir ters frekans kaymasını uygulayabilmektedir.

5

Ters frekans kayması, birinci frekans kaydırma cihazı (407) tarafından frekans kaymasından kaynaklanan katıştırılmış frekans kaymasını tersine çevirmek için düzenlenmektedir. Daha önceden açıklandığı gibi, örnek seyreltmeden (yani, taban bandına kayma) kaynaklanan frekans kayması, süzgeçler tarafından uygun

10 frekans kopyasının seçimi ile dengelenmektedir.

Örneğin, birinci frekans kaydırma cihazı (407) f_{sh} 'nin bir frekans kaymasının uygulanmasıyla $\pi/2$ ila π (birinci örnekleme frekansına normalize edilmiş) aralığına daha yüksek altbandı hareket ettirmektedir ve desimatör ile örtüşme, bunu, 0 ila $\pi/2$ (birinci örnekleme frekansına normalize edilmiş) geçiren banda hareket ettirmektedir, daha sonra ikinci frekans kaydırma cihazı (703), $-f_{sh}$ 'nin bir frekans kaymasını gerçekleştirebilmektedir.

15

İkinci frekans kaydırma cihazının (703) çıktısı, bunun daha düşük altbant sinyalini aldığı sık örnekleyciye (701) ayrıca eşleştirilen bir altbant tümleştirmeye (705) beslenmektedir. Altbant tümleştirme (705), girdi sinyaline karşılık gelen bir örnek oranına sahip bir işlenmiş çıktı ses sinyalinin üretilmesi için sık örneklenmiş işlenmiş altbant sinyallerinin tümleştirilmesi için düzenlenmektedir.

20

Altbant tümleştirme (705), bunlar şu an uygun frekanslarda konumlandırıldıklarından dolayı, yani altbant frekansları, her altbant sinyali tarafından temsil edilen girdi sinyalinin frekans aralığına karşılık geldiğinden dolayı doğrudan alınan altbant sinyalleri ile katıştırılabilmektedir.

25

Ayrıca, bazı yapılandırmalarda, altbant tümleştirme (705), alınan altbant sinyallerini toplayan bir toplayıcı olarak basit bir şekilde uygulanabilmektedir.

30

Spesifik olarak, uygun süzgeçlerin (örneğin, ayırık altbant için uygun frekans kopyalarının seçilmesi için sıfır dolgulanmış sinyalleri süzgeçleyen bant geçirmeye yönelik örtüşme süzgeçleri) sık örnekleyicide kullanıldığı durumda basit ekleme gerçekleştirilebilmektedir. Diğer yapılandırmalarda, örneğin bant

5 seçimini gerçekleştiren süzgeçler de dahil olmak üzere daha karmaşık tümleştirme gerçekleştirilebilmektedir.

Örneğin, süzgeç kümesinin (405) altbant süzgeçlerinin süzgeçlenmesini karşılayan süzgeçler kullanılabilmektedir. Spesifik olarak, tümleştirme, sık

10 örneklenen işlenmiş altbant sinyallerine uygulanan bir takım altbant süzgecini kapsayabilmektedir. Bir katıştırıcı, daha sonra nihai süzgeçlenmiş altbant sinyallerini katıştırabilmektedir. Bu tür bir örnekte, altsüzgeçler, süzgeç kümesinde (405) altbant süzgecinin ve altbant tümleştirmede (705) karşılık gelen altbant süzgecinin basamaklanması tüm altbantlar için büyük oranda aynı olacak

15 şekilde düzenlenebilmektedir.

Altbant tümleştirmenin (705) çıktısı, birinci örnekleme frekansının yarısından daha az olan bir bant genişliğine (örneğin, bir 6dB, 10 dB veya 20 dB bant genişliği) sahip bir alçak geçiren süzgece (707) beslenen örnektir. Dolayısıyla,

20 alçak geçiren süzgeç (707), bir sıfır dolgulama sık örnekleme gerçeştirilmesinden dolayı yüksek frekans sinyal bileşenlerini üretmeyen sık örnekleme ile sonuçlanan bir sık örnekleme örtüşme önler süzgeçlemeyi gerçekleştirebilmektedir.

25 Alçak geçiren süzgecin (707) çıktısı, buna uygun olarak girdi ses sinyali olarak aynı örnek oranına sahip bir işlenmiş ses sinyalidir. Bununla birlikte, ses sinyalinin işlenmesi, altbant örtüşmesinden dolayı (kabul edilemez) bozulma uygulanmadan önce her altbantta ayrı ayrı ve ayrı bir şekilde gerçekleştirildi.

30 Yukarıda açıklandığı gibi, birinci frekans kaydırma cihazı (407), bunlar, sıfırdan örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekansının yarısına bir çoklu frekans aralığı

olan aralıklara hareket ettirilecek şekilde daha yüksek altbantların kayması için düzenlenmektedir. Tam kayma, farklı uygulamalar ve yapılandırmalar (veya hatta farklı sinyaller için veya farklı altbantlar için) arasında değişkenlik gösterebilmektedir. Bununla birlikte, çoğu yapılandırmada, kayma, avantajlı bir şekilde altbant, bu tür bir frekans aralığı ile merkezi olarak konumlandırılacak şekildedir.

Dolayısıyla, çoğu yapılandırmada, birinci frekans kaydırma cihazı (407), altbantın bir merkezi frekansının, sıfırdan örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekansının yarısına bir çoklu temel aralık olan bir aralığın merkezine büyük oranda kaydırılacak şekilde kayma frekansının seçilmesi için düzenlenebilmektedir.

Spesifik olarak, verilen bir altbant için frekans kayması büyük oranda aşağıdaki gibi verilebilmektedir:

$$f_s = \frac{f_d}{4} + n \frac{f_d}{2} - f_m$$

burada f_d örnek olarak seyreltilmiş örnekleme frekansıdır, f_m frekans kayması öncesinde altbantın bir merkez frekansıdır ve n bir tamsayıdır ($n \geq 1$).

20

Çoğu yapılandırmada, frekans kayması, bir altbant bant genişliğinin %10, veya hatta %5 veya %1'inin frekansından (f_s) büyük oranda bir maksimum sapma üzerinde olarak verilebilmektedir.

Bir analiz tarafını (altbant üreticine (401) karşılık gelen) ve bir birleştirme tarafını (birleştiriciye (605) karşılık gelen) gösteren Şekil 8'de, açıklanan yaklaşımın bir uygulamasının bir spesifik örneği gösterilmektedir. Örnek, 32 kHz örnekleme frekansına sahip bir konuşma işleme süper genişbant sistemidir

Örnekte, altbant üreticinin (401) karşılık gelen analiz kısmı, aşağıdaki spesifik yaklaşımı kapsamaktadır:

14 kHz’de bir kesme frekansına sahip başlangıç alçak geçiren süzgeçleme. Bu süzgeç örneğin bir elips şeklinde süzgeç olabilmektedir.

5

7.5 kHz’de bir çapraz geçişli frekansa sahip bir bant dağıtıcı (süzgeç kümesini (405) uygulayan).

(14 kHz-7.5 kHz)/2) = 10.750 kHz daha yüksek altbandın merkezi frekansının 8 kHz ile 16 kHz’ye ($\pi/2 - \pi$) aralığına karşılık gelen), yani 12 kHz’ye frekans aralığının merkezi frekansına kayması için 1250 Hz frekans kayması.

10

Örnekleme hız azaltıcıları, faktör 2 ile altbant sinyallerini örnek olarak seyreletmektedir.

15

Sentez kısmında, ters işlem gerçekleştirilmektedir:

Alınan sinyaller, faktör 2 tarafından sık örneklenmektedir.

Yüksek bant için, -1250 Hz frekans kayması bir doğrudan frekans kayması olarak uygulanmaktadır.

20

7.5 kHz’de çapraz geçişe sahip bir bant tümleştirme.

14 kHz’de bir kesme frekansına sahip Nyquist etrafında bir alçak geçiren süzgeç uygulanmaktadır.

25

Ayrık varlıklar ve işlemcilerin herhangi uygun bir yaklaşım ile uygulanabildiği takdir edilecektir.

Örneğin, süzgeç kümesi (405) için, 7.5 kHz’e bir tek-sıralı elips şeklinde alçak geçiren süzgeç ve bunun güç tamamlayıcı yüksek geçiren süzgeci, Şekil 9’dan

30

gösterildiği gibi kullanılabilir.

- 5 Bu tür süzgeçler, örneğin tüm geçiren süzgeçler ile uygulanabilmektedir. İki süzgecin güç tamamlayıcı süzgeç olduğu durumda, bunlar aynı tamamen-geçiren süzgeçleri ayrılmaktadır. Şekil 10'un yapısı, örneğin tamamen geçiren bölmeler $A_0(z)$ ve $A_1(z)$ ile uygulanabilmektedir.

- 10 Frekans kaydırma cihazları, Şekil 11'de gösterildiği gibi bir analitik sinyal kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir. Bir analitik sinyal, gerçek kısmı oluşturan orijinal sinyale ve sanal sinyali oluşturan Hilbert dönüştürülen kısma sahip bir karmaşık (zaman) sinyaldir. Frekans alanında, bu tür bir sinyal, pozitif frekanslar için sadece katkılara sahiptir. Bu sinyalin $e^{j\omega_s t}$ ile çoğaltılması, ω_s tarafından spektrumu kaydırmaktadır. Bu sinyalin gerçek kısmının alınması, ω_s tarafından kaydırılan orijinal sinyali vermektedir. Karmaşık süzgeç, hem FIR hem de IIR
- 15 süzgeçleri ile tasarlanabilmektedir.

Sentez kısmında, aynı yapıtaşları kullanılabilir. Altbant tümleştirme (705), örneğin Şekil 12'de gösterildiği gibi uygulanabilmektedir.

- 20 Yaklaşım, çoğu farklı uygulamada kullanılabilir ve ses sinyalinin ve ses işlemenin çoğu farklı türleri için avantajlar sağlayabilmektedir.

- 25 Bununla birlikte, yaklaşım, konuşma işleme için özellikle yüksek oranda uygun olabilmektedir. Ayrıca, konuşma için, karakteristikler farklı bantlarda çok farklı olmaya meyillidir ve istenen yaklaşım, yansıtılabilir ve uyarlanabilen bir altbant işlemenin karakteristik olarak bu tür varyasyonlarına olanak sağlamaktadır. Etki, konuşma artışlarının temsil edilmesi için kullanılan frekans bandı mevcut durumda trend olduğundan dolayı artan bir şekilde önemlidir.

- 30 Dolayısıyla, bir örnek olarak, Şekil 6'nın sinyal işlemcileri (601, 603) tarafından uygulanan algoritma bir konuşma işleme algoritması olabilmektedir ve spesifik

olarak bir konuşma geliştirme işleme algoritması olabilmektedir. İki altbantta (örneğin, 0-7.5 kHz'den ve 7.5-14 kHz'den) konuşmanın önemli oranda farklı özelliklerinden dolayı, sinyal işlemcileri (601, 603), farklı altbantlarda farklı algoritmaların uygulanması için düzenlenebilmektedir.

5

Bir spesifik örnek olarak, sabit parazit gidermeyi alın. Hareketsiz gürültü bastırma ile, genellikle faz değişmeden kalırken, temizlenmiş sinyalin spektral genliği istenen sinyalin spektral genliğine benzeyecek şekilde, girdi sinyalinin spektral genliğinin sessizleştirilmesi ve değiştirilmesi sırasında arka plan gürültüsünün spektral genliğinin tahmin edilmesi denenmektedir. Spektrumlar, genellikle üst üste binen Hanning pencereli zaman sinyallerinin bir kısa süreli Hızlı Fourier Dönüşümü (STFFT) ile hesaplanmaktadır. Gerekli frekans çözünürlüğü, düşük frekanslarda yüksek ve yüksek frekanslarda düşük olan insan işitmesinin frekans çözünürlüğü tarafından belirlenmektedir. Bant ayrılması, yeterli frekans çözünürlüğü sağlamak için yeterli bir STFFT uzunluğuna sahip bir düşük bantta bir hareketsiz gürültü bastırma algoritmasını ve daha düşük frekans çözünürlüğü, ancak sonuç olarak yüksek zamanlı alan çözünürlüğü sağlayan daha küçük boyutlu bir STFFT'ye sahip daha yüksek bantta bir hareketsiz gürültü bastırma algoritmasını uygulamamıza olanak sağlamaktadır.

20

Bazı yapılandırmalarda, sinyal işleme algoritması, bir yankı giderme olabilmektedir. Şekil 13, ayrık altbant işlemenin gerçekleştirilmesi için Şekil 3'ün yankı gidermesinin, ancak modifiye edilmiş bir örneğini göstermektedir.

Görülebildiği gibi, örnekte, hoparlör sinyali ($X(\omega)$), Şekil 4'ün altbant üreticine (401) karşılık gelen bir birinci altbant üreticine (1301) beslenmektedir. İki nihai altbant sinyali, bu örnekte her birinin örnek olarak seyretilmiş frekansta (yani, birinci örnekleme frekansının yarısında) çalışabildiği iki alt-yankı-giderme süzgeci (1305, 1307) tarafından oluşturulduğu yankı giderme süzgecine (1303) beslenmektedir. Dolayısıyla, örnekte, bir alt-yankı-giderme süzgeci, her bant için sağlanmaktadır.

Benzer şekilde, alınan sinyal ($S(\omega) + E(\omega)$), Şekil 4'ün altbant üreticine (401) karşılık gelen bir ikinci altbant üretici (1309) tarafından iki altbant sinyaline bölünmektedir. Kalıntı sinyali her altbantta ayrı ayrı tahmin edilen ve alınan
 5 sinyallerin karşılaştırılmasıyla iki altbant için ayrı ayrı üretilmektedir.

Ayrıca, her uyarlanır alt-yankı giderme süzgeci (1305, 1307), her altbantta kalıntı sinyaline bağlı olarak güncellenmektedir (örneğin, kalıntı sinyalinin gücünü minimuma indirmek için bir En Küçük Ortalama Kare uyarlanır algoritma
 10 kullanılarak). Dolayısıyla, alt-yankı-giderme süzgeçlerinin (1305, 1307) güncellenmesi, her altbantta ayrı ayrı gerçekleştirilmektedir ve aslında yankı gidermesi, iki altbantta iki ayrı proses olarak gerçekleştirilmektedir. Bu, özellikle uyarlanır alt-yankı-giderme süzgeçlerinin (1305, 1307) uzunluğunun, farklı olmasına olanak sağlamaktadır, böylelikle büyük bir karmaşıklığın azalmasına
 15 olanak sağlamaktadır.

Örnekte, kalıntı sinyali, ek olarak Şekil 7'nin örneği ile uyumlu olarak bir birleştiriciye (1311) beslenmektedir. Birleştirici (1311), kalıntı sinyalinin altbantlarını tümleştirebilmektedir, bu sayede bir tam bant yankısı giderilmiş
 20 konuşma sinyalini üretebilmektedir.

Yukarıda, bir sinyal akışı ve işlem sırasına sahip çeşitli örnek yapılandırmalar açıklanmıştır. Bununla birlikte, spesifik işlemede varyasyonların olabildiği ve aslında gerçekleştirilen sıra veya dizinin farklı yapılandırmalarda farklı olabildiği
 25 takdir edilecektir. Örneğin, daha önceden açıklandığı gibi, birleştirmenin altbant süzgeçlemesi, sık örneklemenin bir kısmı veya altbantların tümleştirmesinin bir kısmı olarak gerçekleştirilebilmektedir.

Diğer örnek olarak, Şekil 4, frekans kaymasından sonra örnek seyreltmenin gerçekleştirildiği bir örneği göstermektedir. Bununla birlikte, bazı
 30 yapılandırmalarda, örnek seyreltme, muhtemelen frekans kaymasının öncesinde

veya aslında frekans kaymasının bir kısmı olarak gerçekleştirilebilmektedir.

Yaklaşımın gösterilmesi için, sadece çift sayıda örneklerin tutulmasıyla bir iki örnek seyreltme faktörüne ulaşan bir desimatörün ardından bir FIR süzgeci düşünölebilmektedir. Bu tür bir FIR süzgeci, muhtemelen darbe yanıtının bakış açısından tüm tek sıralı katsayılar sıfır olacak şekilde tasarlanabilmektedir. Bu durumda, sadece sıfır olmayan katsayıları kapsayan ve süzgecin önünde olan desimatör ile yeni bir FIR süzgecinin oluşturulması mümkündür. Bu, FIR süzgecin tam aynı çıktısı, ancak düşük karmaşıklığa sahip olanı ile sonuçlanacaktır.

Örneğin, $N=5$ katsayılarının birkaçı için, $h_1=h_3=0$ olurken, h_0, h_2, h_4 katsayıları sıfır değildir. Girdi x ile ve çıktı y ile belirtilerek, aşağıdaki süzgeç çıktısı üretilebilmektedir:

15

$$y(n) = h(0)x(n) + h(1)x(n-1) + h(2)x(n-2) + h(3)x(n-3) + h(4)x(n-4)$$

$$y(n+1) = h(0)x(n+1) + h(1)x(n) + h(2)x(n-1) + h(3)x(n-2) + h(4)x(n-3)$$

20

$$y(n+2) = h(0)x(n+2) + h(1)x(n+1) + h(2)x(n) + h(3)x(n-1) + h(4)x(n-2)$$

$$y(n+3) = h(0)x(n+3) + h(1)x(n+2) + h(2)x(n+1) + h(3)x(n) + h(4)x(n-1)$$

ve desimatörden sonra:

25

$$y(n) = h(0)x(n) + h(1)x(n-1) + h(2)x(n-2) + h(3)x(n-3) + h(4)x(n-4)$$

$$y(n+2) = h(0)x(n+2) + h(1)x(n+1) + h(2)x(n) + h(3)x(n-1) + h(4)x(n-2)$$

30 $h_1=h_3=0$ olduğundan dolayı, aşağıdaki gibi yazabiliriz:

$$y(n) = h(0)x(n) + h(2)x(n-2) + h(4)x(n-4)$$

$$y(n+2) = h(0)x(n+2) + h(2)x(n) + h(4)x(n-2)$$

- 5 Bu, katsayılar $h(0)$, $h(2)$, $h(4)$ ile bir süzgecin önünde bir desimatöre eşdeğerdir. Dolayısıyla, örnekte, FIR süzgeçleme öncesinde örnek seyreltme gerçekleştirilebilmektedir.

10 Bazı yapılandırmalarda, benzer bir yaklaşım, frekans kaydırma için kullanılabilir. Spesifik olarak, frekansların periyodik olarak tekrarlayan sıfır katsayılarının sağlanması için seçildiği durumda, kalan katsayılar örnek olarak seyreltilmiş bir sinyale (muhtemelen bir kısmi olarak örnek olarak seyreltilmiş sinyal, yani örnek seyreltme iki aşamada gerçekleştirilebilmektedir) uygulanabilmektedir.

15

Frekans kaymasının bir kısmı olarak gerçekleştirilen örnek seyreltmenin bir spesifik örneği olarak, Şekil 11'in frekans kaydırma cihazı düşünülebilmektedir. Örnekte, frekans kaydırma cihazı bir desimatör tarafından takip edilmektedir, ancak frekans kaydırma cihazının çıktısında örneklerin bir alttakımının seçilmesi yerine örnek seyreltmenin ayrı yollarda gerçekleştirilebildiği kolayca görülebilmektedir. Örneğin, örnek seyreltme, toplayıcıya girdideki veya aslında çoğaltıcılara (dolayısıyla (her yolda, iki desimatör gerekli olacaktır) girdideki ayrı yollar üzerinde gerçekleştirilebilmektedir.

25 Yukarıda açıklık için tarif edilen açıklamanın, farklı fonksiyonel devreler, birimler ve işlemcilere referans ile buluşun açıklanan yapılandırmalarına sahip olacağı takdir edilecektir. Bununla birlikte, farklı fonksiyonel devreler, birimler veya işlemciler arasındaki herhangi uygun dağıtım fonksiyonelliğinin, buluştan uzaklaşmadan kullanılabileceği açık olacaktır. Örneğin, ayrı işlemciler veya

30 kontrol kutuları tarafından gerçekleştirilecek şekilde gösterilen fonksiyonellik, aynı işlemci veya kontrol kutusu tarafından gerçekleştirilebilmektedir. Bu

nedenle, spesifik fonksiyonel birimlere veya devrelere yapılan referanslar, sadece sert bir mantıksal veya fiziksel yapı veya organizasyonun göstergesi olması yerine açıklanan fonksiyonelliği sağlamak adına uygun araçlara referans olarak görülmektedir.

5

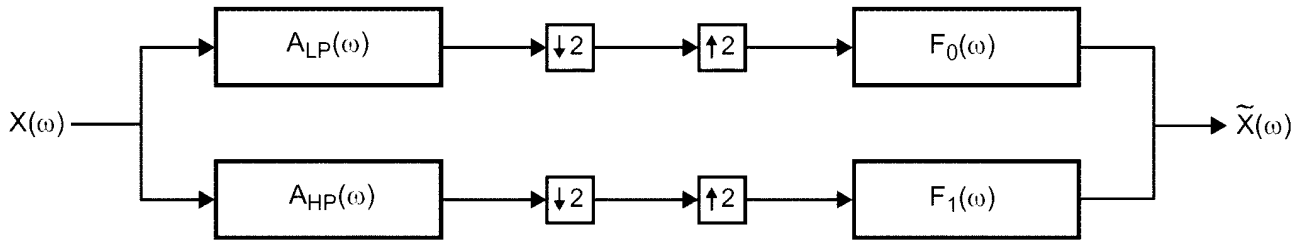
Buluş, donanım, yazılım, bellek veya bunların herhangi bir kombinasyonunu kapsayan uygun bir formda uygulanabilmektedir. Buluş, opsiyonel olarak bir veya daha fazla veri işlemcileri ve/veya dijital sinyal işlemcileri üzerinde çalışan bilgisayar yazılımı olarak en azından kısmi olarak uygulanabilmektedir. Buluşun bir yapılandırmasının elemanları ve bileşenleri herhangi uygun bir şekilde fiziksel olarak, işlevsel olarak ve mantıksal olarak uygulanabilmektedir. Ayrıca, fonksiyonellik, bir tekli birimde, birden çok birimde veya diğer fonksiyonel birimlerin kısmi olarak uygulanabilmektedir. Bu gibi, buluş, tek bir birimde uygulanabilmektedir veya farklı birimler, devreler ve işlemciler arasında fiziksel olarak veya fonksiyonel olarak dağıtılabilmektedir.

Mevcut buluş, bazı yapılandırmalarla bağlantılı olarak açıklanmasına rağmen, burada önerilen spesifik form ile sınırlı olması hedeflenmemektedir. Bundan ziyade, mevcut buluşun kapsamı, sadece ekli istemler ile sınırlı değildir. Ek olarak, bir özellik, özel yapılandırmalar ile bağlantı halinde açıklanmış olarak görünebilmesine rağmen, teknikte uzman bir kişi, açıklanan yapılandırmaların çeşitli özelliklerinin buluş ile uyumlu olarak birleştirilebildiğini fark edecektir. İstemlerde, içeren terimi, diğer elemanlar veya adımların varlığını hariç tutmamaktadır.

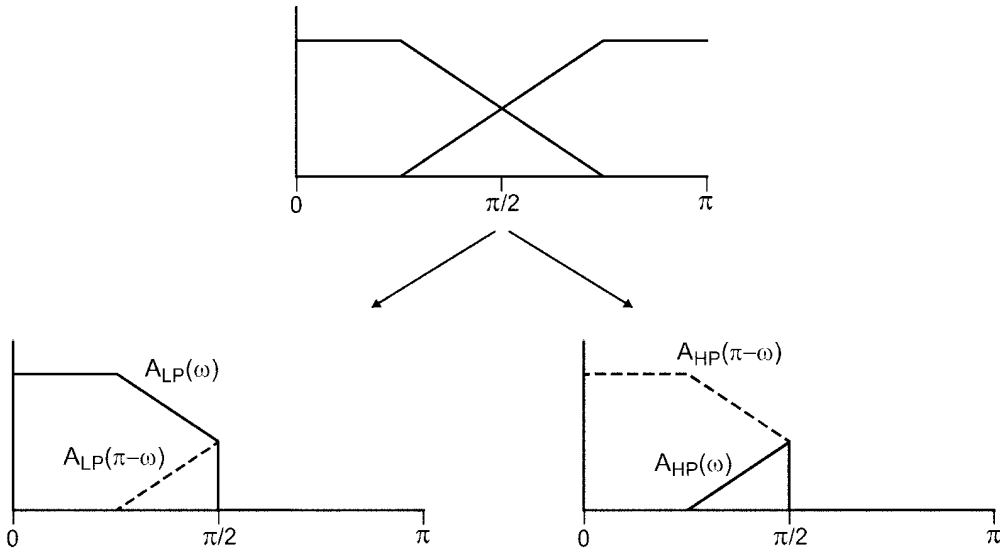
25

Ayrıca, ayrı olarak listelenmesine rağmen, birden çok araç, eleman, devre, veya yöntem adımı, örneğin tek bir devre, birim veya işlemci ile uygulanabilmektedir. Ek olarak, farklı istemlerde ayrı özellikler dahil edilebilmesine rağmen, bunlar, muhtemelen avantajlı olarak katıştırılabilmektedir ve farklı istemlere dahil edilmesi, özelliklerin bir kombinasyonunun kolay ve/veya avantajlı olmadığını işaret etmemektedir. Ayrıca istemlerin bir kategorisindeki bir özelliğin dahil

- edilmesi bu kategoriye bir sınırlayıcılığı ima etmemektedir, ancak bunun yerine özelliğin uygun olarak diğer istem kategorilerine eşit bir şekilde uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Buna ek olarak, istemlerdeki özelliklerin sırası, özelliklerin çalıştırılması gerektiği hiçbir spesifik sırayı ima etmemektedir ve
- 5 özellikle bir yöntem istemindeki ayrık adımların sırası, adımların bu sırada gerçekleşmesi gerektiğini ima etmemektedir. Bunun yerine, adımlar, herhangi uygun bir sırada gerçekleştirilebilmektedir. Buna ek olarak, tekil referanslar birden çoğu kapsam dışında bırakmamaktadır. Dolayısıyla, “bir”, “birinci”, “ikinci” vb.’ne referanslar, birden çoğu dışarıda bırakmamaktadır. Bir açıklayıcı
- 10 örneğin herhangi bir şekilde istemlerin kapsamını sınırlandırıcı olarak oluşturulmayacağından dolayı, istemlerde referans işaretleri sağlanmaktadır.

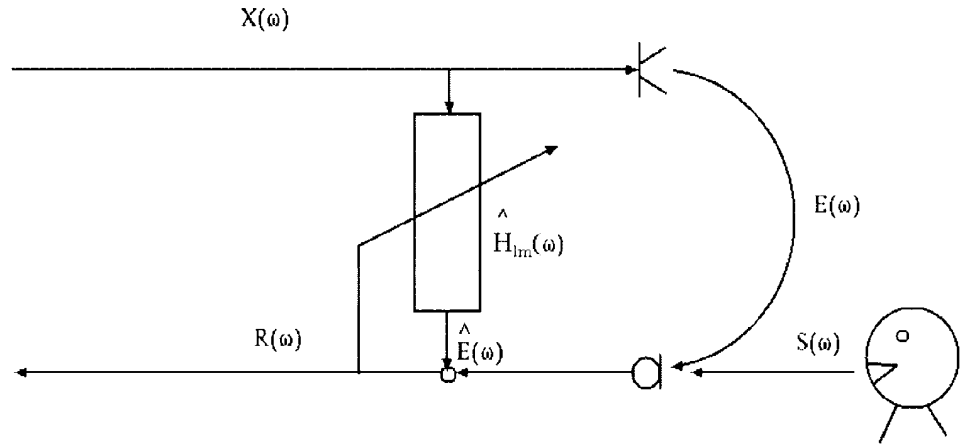


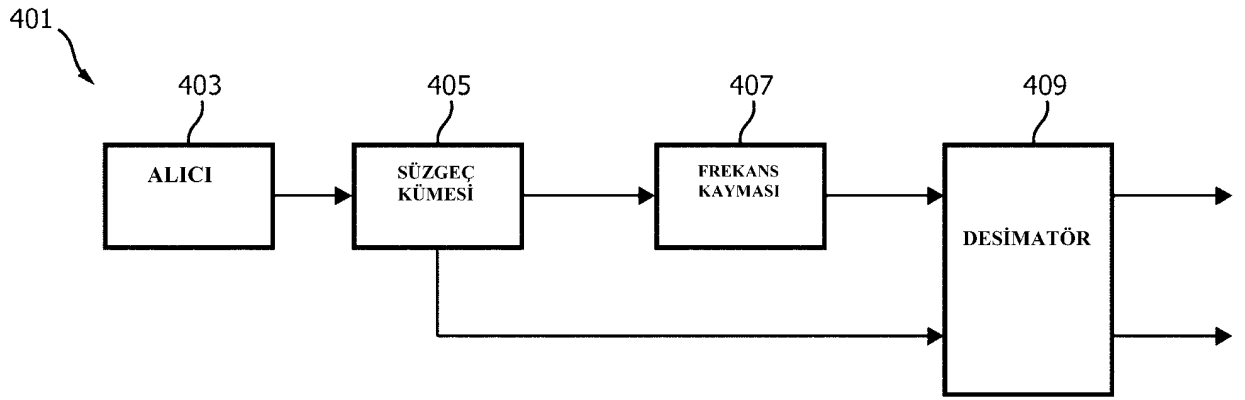
ŞEKİL 1



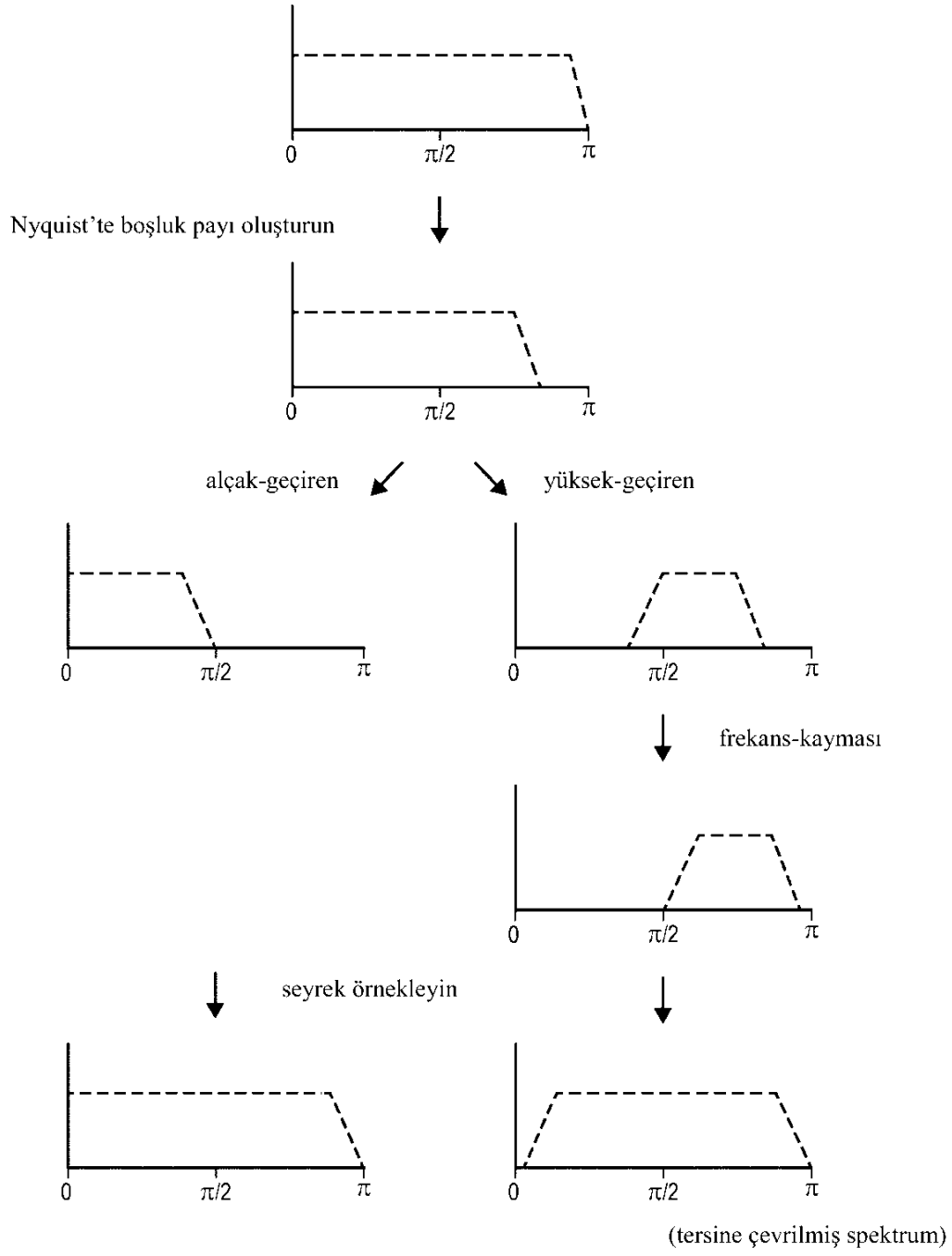
ŞEKİL 2

ŞEKİL 3

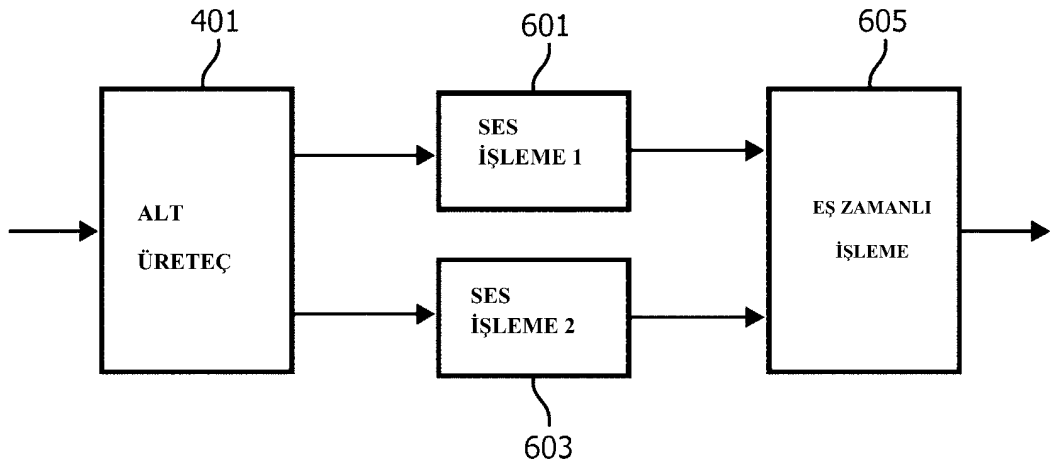




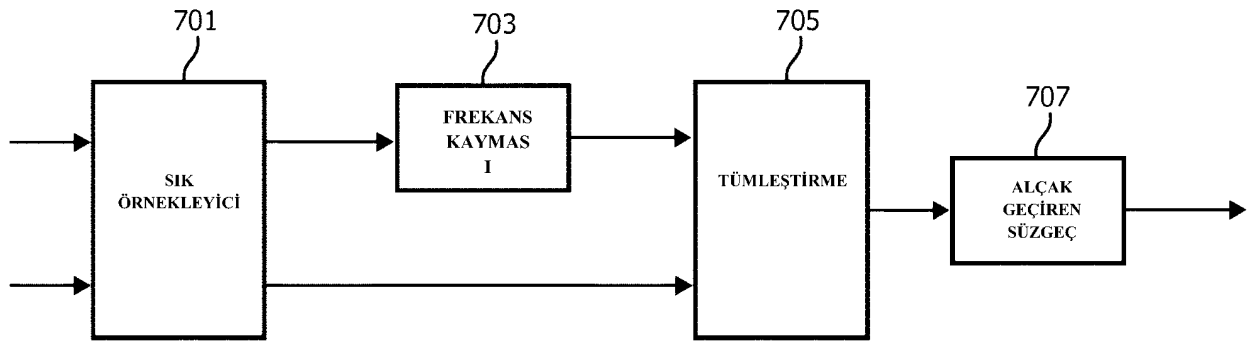
ŞEKİL 4



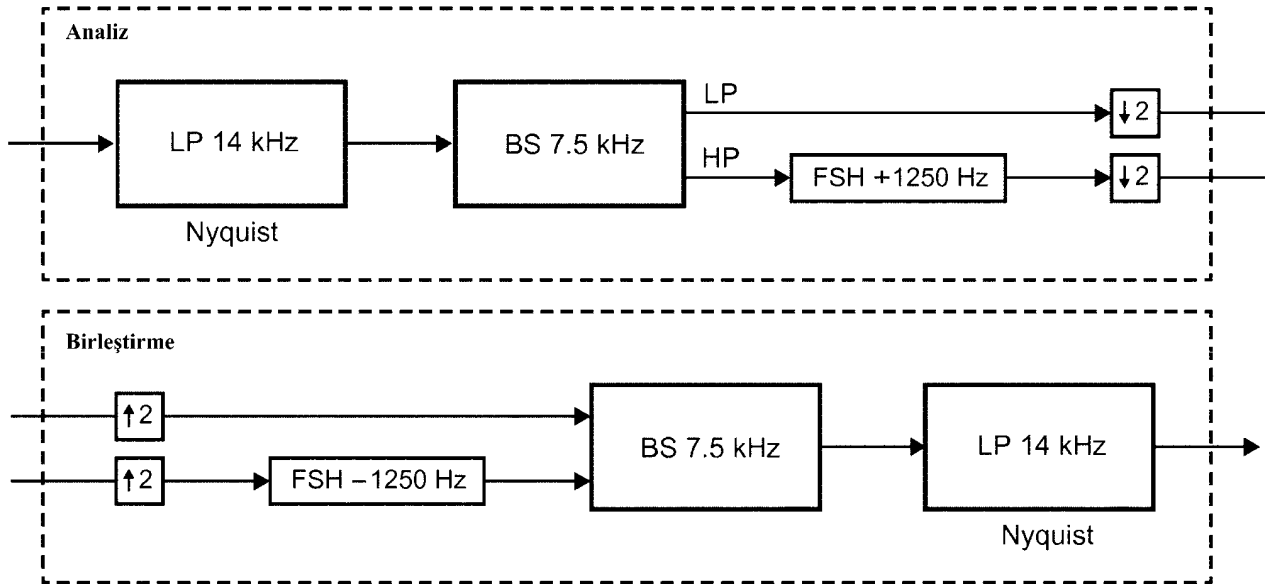
ŞEKİL 5



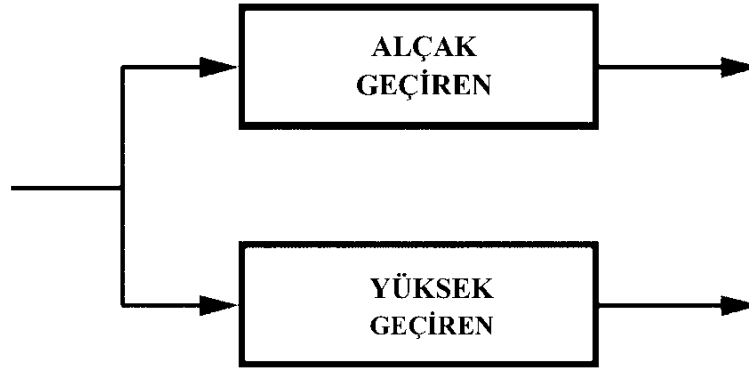
ŞEKİL 6



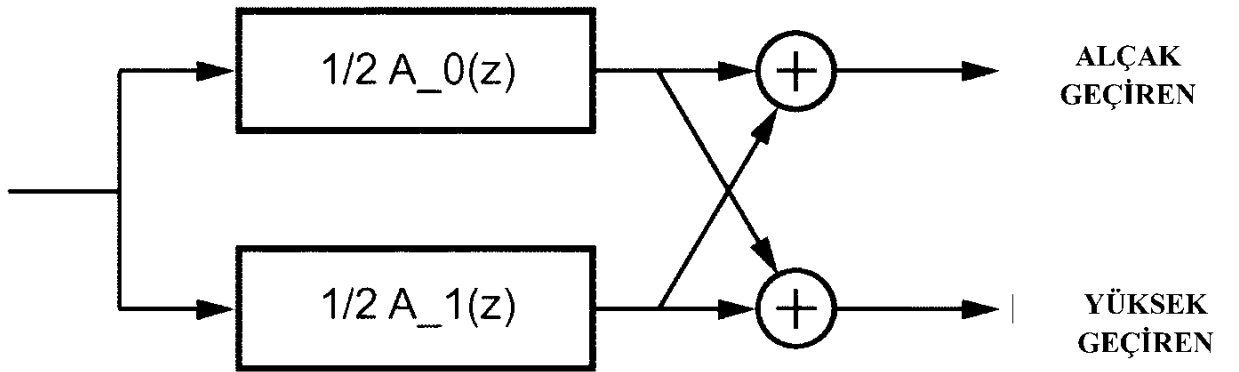
ŞEKİL 7



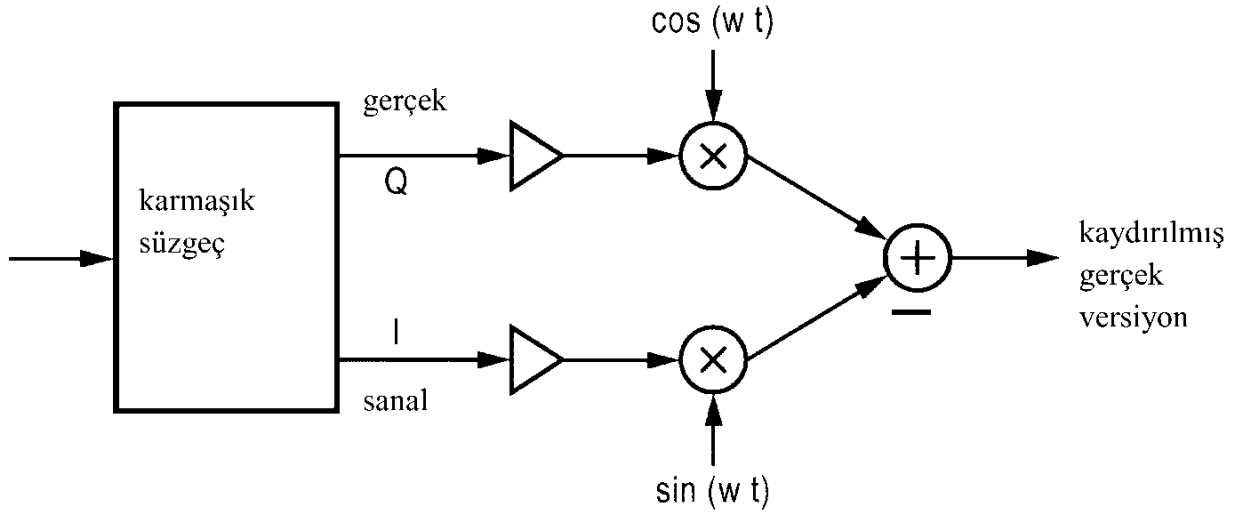
ŞEKİL 8



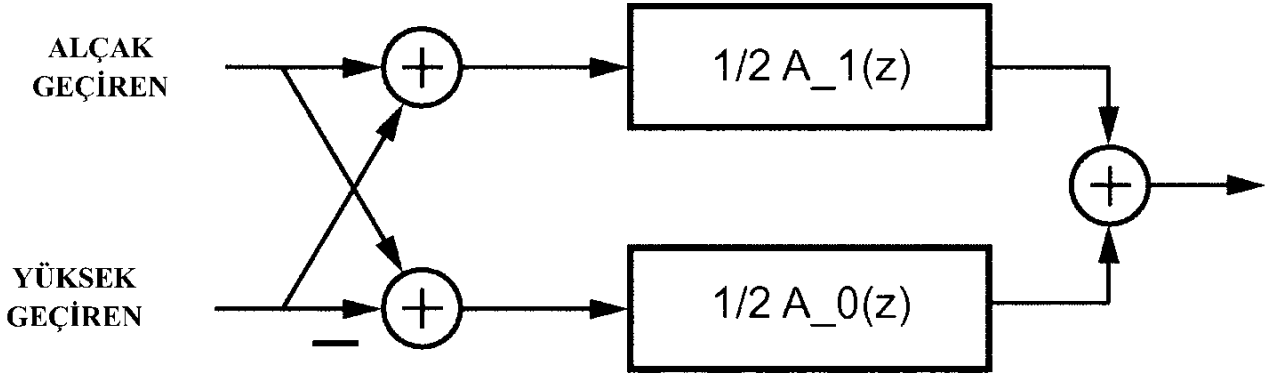
ŞEKİL 9



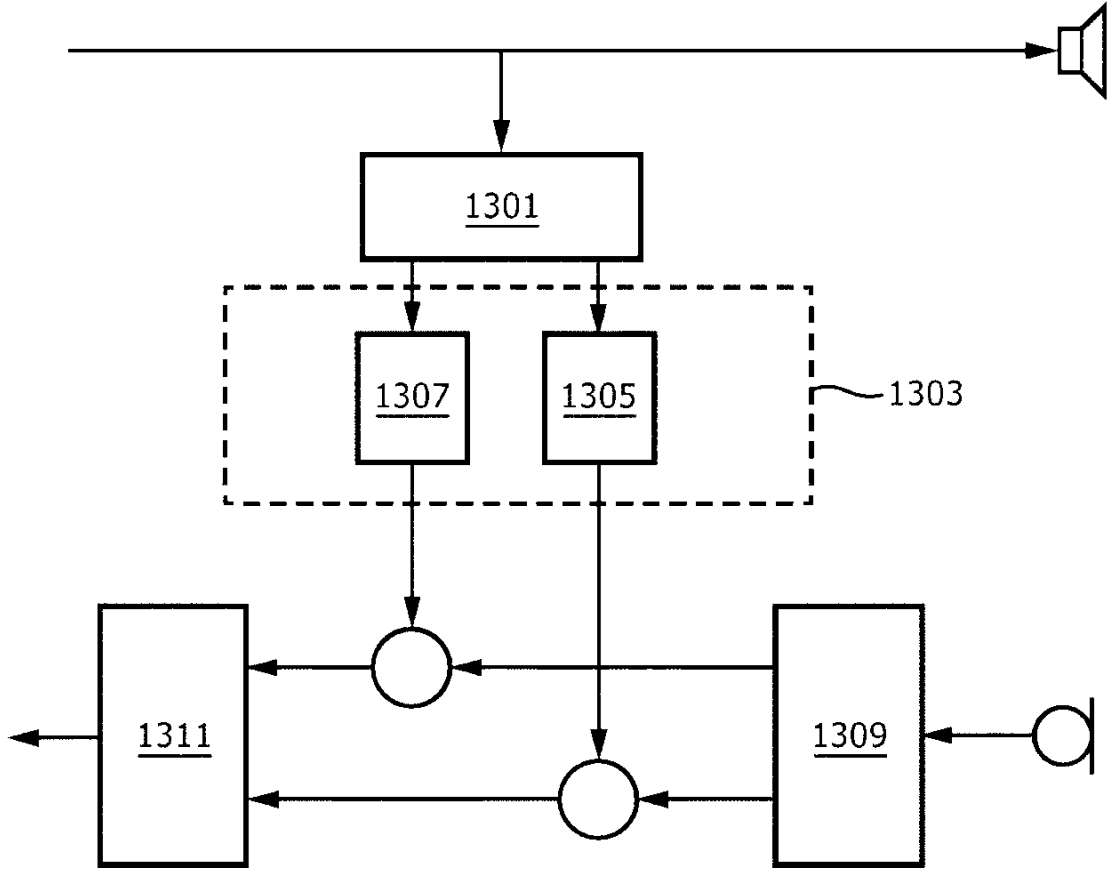
ŞEKİL 10



ŞEKİL 11



ŞEKİL 12



ŞEKİL 13