

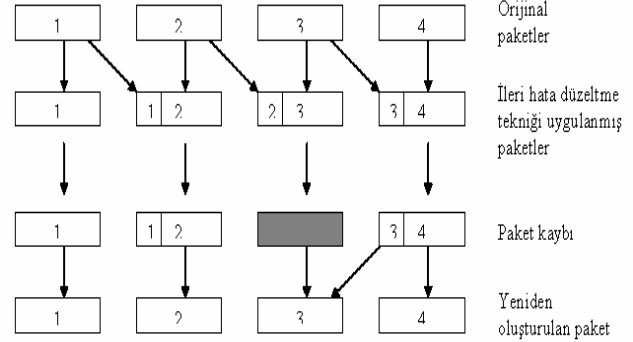
INTERNET ÜZERİNDEN SES TRANSFERİ İÇİN İLERİ HATA DÜZELTME TEKNİĞİNİN PERFORMANS ANALİZİ

Mehmet Fatih AKAY

Çukurova Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
mfakay@cu.edu.tr

Özet

Basit ileri hata düzeltme (simple forward error correction) tekniği, Internet üzerinden transfer edilen ses paketlerinin kaybolması durumunu telafi etmekte kullanılan bir yöntemdir. Bu çalışmada, basit ileri hata düzeltme tekniğini kullanarak transfer edilen ses paketleri için ortalama ses kalitesi fonksiyonu tanımlanmış ve bu fonksiyona bağlı olarak basit ileri hata düzeltme tekniğinin hangi koşul altında ses kalitesinde iyileştirme sağlayacağı elde edilmiştir. Yapılan sayısal analiz sonucunda, ses kalitesinin ekstra bilgi miktarı ve trafik yoğunluğunun artması ile azaldığı, tampon kapasitesinin artması ile de arttığı gözlenmiştir.



Şekil 1: İleri hata düzeltme tekniği.

1. Giriş

Internet üzerinden ses iletimi, çeşitli protokollerin kullanılarak sesin iki veya daha çok kullanıcı arasında gerçek zamanlı olarak dağıtılmasıdır. Internet'e bağlanan kişi sayısının gün geçtikçe artmasıyla, Internet'in ses transfer uygulamaları için kullanımı daha da çekici hale gelmektedir. Bu bağlamda, Internet üzerinden sesin yüksek kalitede transfer edilmesi önemli bir çalışma alanı haline gelmiştir. Internet, ses paketlerinin transferi için herhangi bir performans garantisi sağlamadığından dolayı, ses paketleri transfer sırasında kaybolabilir ve bu durum ses kalitesinin düşmesine yol açar. Eğer kaybolan ses paketlerinin sayısı alıcı tarafında tolere edilebilecek düzeyden fazlaysa, kayıpları telafi edecek mekanizmalara ihtiyaç duyulacaktır.

Basit ileri hata düzeltme (simple forward error correction) tekniği [1], Internet üzerinden transfer edilen ses paketlerinin kaybolması durumunu telafi etmekte kullanılan bir yöntemdir. Bu tekniğe göre, her bir n 'inci paket için $n + \phi$ 'nci pakete n 'inci ses paketinin daha düşük kalitedeki hali eklenir. Böylece, eğer n 'inci paket kaybolursa, $n + \phi$ 'nci paketin başarılı şekilde alınması halinde n 'inci paketin düşük kalitedeki versiyonu da alınmış olacaktır. Düşük kalitedeki paketin kalitesi, $n + \phi$ 'nci pakete eklenen bilgi miktarına ve kullanılan kodlayıcıya bağlıdır. Basit ileri hata düzeltme tekniği Şekil 1'de gösterilmiştir.

Bu çalışmada, basit ileri hata düzeltme tekniğini kullanarak transfer edilen ses paketleri için ortalama ses kalitesi fonksiyonu tanımlanmış ve bu fonksiyona bağlı olarak basit ileri hata düzeltme tekniğinin hangi koşul altında ses kalitesinde iyileştirme sağlayacağı elde edilmiştir. Tampon kapasitesi (K), ses trafik yoğunluğu (ρ) ve ekstra bilgi miktarı oranı (α)'nın koşul fonksiyonu üzerine etkisini incelemek için sayısal analiz yapılmış ve sonuçlar grafikler halinde ifade edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, ses kalitesinin ekstra bilgi miktarı ve trafik yoğunluğunun artması ile azaldığı, tampon kapasitesinin artması ile de arttığı gözlenmiştir.

Makalenin organizasyonu şu şekildedir: İkinci bölümde, bu çalışmada kullanılan sıra modeli ve yapılan varsayımlar belirtilip, ses kalitesi fonksiyonu tanımlanacaktır. Ses kalitesi fonksiyonu kullanılarak, ileri hata düzeltme tekniğinin hangi koşul altında fayda sağlayacağına ait koşul fonksiyonu elde edilecektir. Üçüncü bölümde, tampon kapasitesi, ses trafik yoğunluğu ve ekstra bilgi miktarı oranının koşul fonksiyonu üzerine etkisini incelemek için sayısal analiz yapılacak ve sonuçlar grafikler halinde ifade edilecektir. Yine bu bölümde sonuçlar üzerine tartışma yapılacaktır. Dördüncü bölüm makaleyi sonlandıracaktır.

2. Teorik Analiz

Internet gibi büyük bir ağda, paketler hedefe ulaşmadan önce bir çok yönlendiriciden geçerler. Paketlerdeki

kayıpların bir çoğu en düşük bant genişliğine sahip yönlendiricide oluşur. Dolayısıyla, paketlerin geçtiği tüm yönlendiriciler dar geçit (bottleneck) olarak nitelendirilen tek bir yönlendirici ile modellenebilir. Bu varsayımın hem teorik hem de deneysel kanıtları [2]'te verilmiştir. Ağı ve ses paketlerinin kaybını modellemek için M/M/1/K sıra modelini kullanacağız. Diğer bir deyişle, ses paketlerinin dar geçit yönlendiricisine λ yoğunluklu Poisson prosesine uygun şekilde geldiğini ve paketlerin servis süresinin μ parametreli exponansiyel dağılıma sahip olduğunu varsayacağız. Bu basit modeli seçmemizin sebebi, ileri hata düzeltme tekniğinin sağlayacağı fayda konusunda basit matematiksel ifadeler elde etmektir.

$\rho = \lambda / \mu$ 'nın ses trafiğinin yoğunluğu olduğunu ve ses paketlerinin K boyutuna sahip bir tampon belleği paylaştığını varsayalım. Bu durum, dar geçit yönlendiricisinden sadece ses paketlerinin geçtiği veya dar geçit yönlendiricisinin paket akışına göre sıralama yaptığı durum olabilir. $\rho < 1$ için, ses paketinin kaybolma olasılığı [3]

$$\pi(\rho) = \frac{1-\rho}{1-\rho^{K+1}} \rho^K. \quad (1)$$

Şimdi, her bir pakete ekstra bilgi ekleyeceğiz. Ekstra bilgi orijinal paketten ϕ paket sonrasına eklenecektir. Ekstra bilgi orijinal paketin daha düşük kalitedeki halini içerecektir. Ekstra bilgi miktarının orijinal paketin boyutuna oranını α ile göstereyim. α genelde birden küçüktür. Ekstra bilgi eklenmesinin paket servis süresi ve tampon kapasitesi üzerine etkisi olacaktır. Ekstra bilgi içeren ses paketleri daha uzun servis süresine sahip olacak ve bu servis süresi $\frac{\mu}{1+\alpha}$ parametresine sahip exponansiyel dağılıma sahip olacaktır. Benzer şekilde, tampon kapasitesi $1+\alpha$ oranında azalacaktır. Ekstra bilginin eklenme durumu için paketin kaybolma olasılığı

$$\pi(\rho) = \frac{1-\rho(1+\alpha)}{1-(\rho(1+\alpha))^{K_\alpha+1}} \rho(1+\alpha)^{K_\alpha} \quad (2)$$

halini alacaktır. Bu eşitlikte $K_\alpha = K / (1+\alpha)$ 'dır. Hedefteki ortalama ses kalite fonksiyonu tanımlamadan önce, Y_n rastgele değişkenini

$Y_n = 0$, n . paket kaybolursa
 $Y_n = 1$, n . paket kaybolmazsa

şeklinde tanımlayalım. Ses kalite fonksiyonu

$$Q = U_0 P(Y_n = 1) + U_r P(Y_n = 0) P(Y_{n+\phi} = 1 | Y_n = 0) \quad (3)$$

olarak tanımlanacaktır. Bu eşitlikte U_0 orijinal paketin kaybolmadığı durumdaki faydayı, U_r ise orijinal paketin kaybolup, ekstra bilgiyi taşıyan paketin kaybolmaması durumunda elde edilen faydayı gösteren değişkenlerdir. Bu değişkenler, kodlama oranı, ağdaki kayıp paket oranı, ekstra bilgi miktarı gibi bir çok parametreye bağlıdır. $P(Y_n = 1) = 1 - \pi_\rho(\alpha)$ ve $P(Y_n = 0) = \pi_\rho(\alpha)$ şeklinde ifade edilir. $\phi = 1$ için

$$P(Y_{n+1} = 1 | Y_n = 0) = \pi_\rho^\phi(\alpha) = \frac{1}{\rho(1+\alpha)+1}. \quad (4)$$

Sonuç olarak, ses kalite fonksiyonu

$$Q = U_0 (1 - \pi_\rho(\alpha)) + U_r \pi_\rho(\alpha) (1 - \pi_\rho^\phi(\alpha)) \quad (5)$$

şeklini alır.

Ekstra bilgi eklenmesiyle birlikte ses kalitesinde artış olması için

$$U_0 (1 - \pi_\rho(\alpha)) + U_r \pi_\rho(\alpha) (1 - \pi_\rho^\phi(\alpha)) > U_0 (1 - \pi_\rho) \quad (6)$$

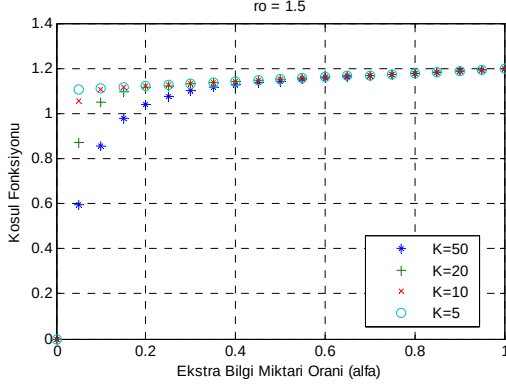
koşulunun sağlanması gerekir. π_ρ , (1) no'lu denklemde verilmiştir. $U_r < U_0$ olduğu düşünülürse, ses kalitesinde artış için

$$\frac{\pi_\rho(\alpha) - \pi_\rho}{\pi_\rho(\alpha) (1 - \pi_\rho^\phi(\alpha))} < 1 \quad (7)$$

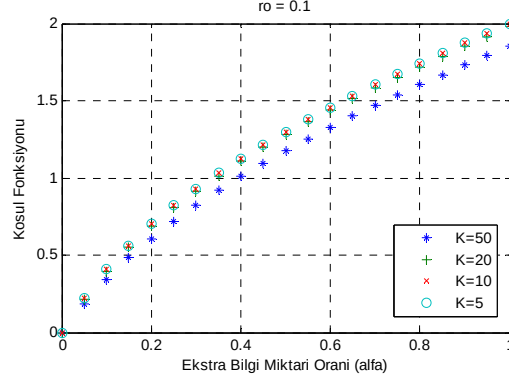
koşulunun sağlanması gerekir. (7) no'lu denklemi koşul fonksiyonu olarak adlandıracaktır.

3. Sayısal Analiz ve Tartışma

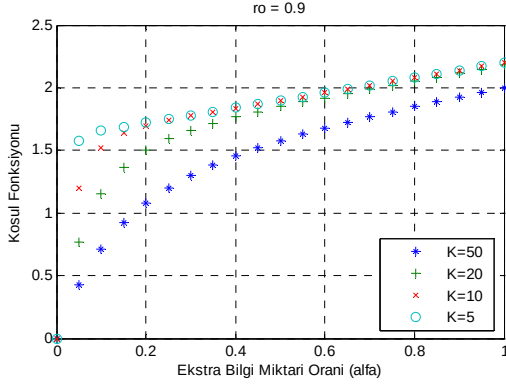
Bu bölümde tampon kapasitesi (K), ses trafik yoğunluğu (ρ) ve ekstra bilgi miktarı oranı (α)'nın koşul fonksiyonu üzerine etkisini incelemek için sayısal analiz yapılmıştır. Elde edilen grafikler Şekil 2, 3, 4 ve 5'te gösterilmiştir.



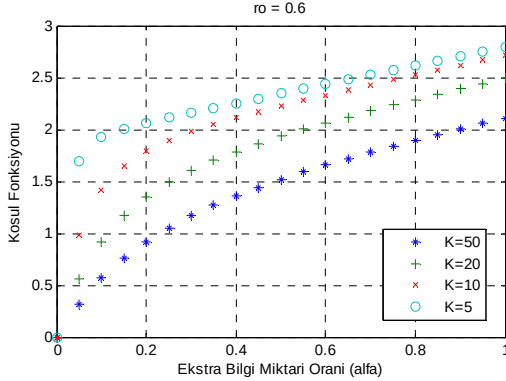
Şekil 2: $ro = 1.5$ için koşul fonksiyonu.



Şekil 6: $ro = 0.1$ için koşul fonksiyonu.



Şekil 3: $ro = 0.9$ için koşul fonksiyonu.



Şekil 4: $ro = 0.6$ için koşul fonksiyonu.

Grafiklerden elde edilen sonuçlara göre ileri hata düzeltme tekniğinin performansı hakkında aşağıdaki yorumlar yapılabilir:

1. Yapılan modelleme ve varsayımlar altında ileri hata düzeltme tekniğinden her zaman fayda sağlamak mümkündür.
2. Ses kalitesinde artış sağlanabilmesi için, ilave edilen ekstra bilginin boyutu küçük olmalıdır.
3. Tampon kapasitesini artırmak ses kalitesinde artışa yol açmaktadır.
4. Trafik yoğunluğunun artması ses kalitesinde düşmeye neden olmaktadır.

4. Sonuç

Basit ileri hata düzeltme tekniği, Internet üzerinden transfer edilen ses paket kayıplarının telafisinde kullanılan bir yöntemdir. Bu çalışmada, basit ileri hata düzeltme tekniğini kullanarak transfer edilen ses paketleri için ortalama ses kalitesi fonksiyonu tanımlanmış ve bu fonksiyona bağlı olarak basit ileri hata düzeltme tekniğinin hangi koşul altında ses kalitesinde iyileştirme sağlayacağı elde edilmiştir. Tampon kapasitesi (K), ses trafik yoğunluğu (ρ) ve ekstra bilgi miktarı oranı (α)'nın koşul fonksiyonu üzerine etkisini incelemek için sayısal analiz yapılmış ve sonuçlar grafikler halinde ifade edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, ileri hata düzeltme tekniğinden parametrelerin belli değerlerine göre her zaman fayda sağlamak mümkündür.

Referanslar

- [1] V. Hardman, M.A. Sasse, M. Handley, and A. Watson, "Reliable audio for use over the Internet" Proc. INET'95, pp. 171-178, 1995.
- [2] J.C. Bolot, "End to end delay and loss behavior in the Internet" Proc. ACM Sigcomm, pp. 289-298, 1993.
- [3] L. Kleinrock, Queuing systems, John Wiley, 1976.