

Hücresel İletişim Sistemlerinde Girişim İşaretlerinin Log-normal Toplanması

Halil İ. ŞAHİN¹, Haydar KAYA²
Karadeniz Teknik Üniversitesi
¹İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Bölümü
²Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
61080, Trabzon
hisahin@ktu.edu.tr, hkaya@ktu.edu.tr

Özet: Hücresel iletişim sistemlerinde girişim işaretlerinin toplanması, toplam girişim seviyesinin belirlenmesi bakımından önem kazanmaktadır. Bu çalışmada, girişim işaretleri log-normal işaret olarak kabul edildiğinde girişim işaretlerinin birbirleri ile yüksek ilişkili, düşük ilişkili, ilişkili ve ilişkisiz olması durumlarında toplam girişim işaretinin seviyesinin belirlenmesinde hangi log-normal işaret toplama yönteminin kullanılması gerektiği konusu incelenmiştir. Genel durumda Schwartz-Yeh yöntemi, girişim işaretlerinin seviyesini en az hatayla belirleyen yöntemlerden biridir. Ancak bu yöntemin hesaplama zorlukları mevcuttur. Bu sebeple ilişkisiz durumda tlmn yöntemi, yüksek ilişkili durumda Wilkinson yöntemi, düşük ilişkili durumlarda ise Schwartz-Yeh yöntemi log-normal işaretlerin toplanmasında uygun yöntemler olduğu görülmüştür.

1. Giriş

Hücresel iletişim sisteminde merkez hücredeki gezgin kullanıcı işareti ve ortak-kanal hücrelerindeki girişim işaretlerinin yerel ortalama güçleri log-normal değişken olarak kabul edilebilir [1]. Yerel alan ortalama (local area mean power) güç seviyesi dB cinsinden,

$$X_i = 10 \log_{10} I_i = m_{X_i} + \chi_i \quad (1)$$

bağıntısı ile ifade edilir [1-3]. Burada, m_{X_i} alan ortalama gücü veya büyük-ölçekli ortalama yol kaybı, χ_i ise standart sapması σ_{X_i} (dB) olan sıfır ortalamalı normal değişkendir ve gölgeleme faktörü olarak adlandırılır. İletişim ortamındaki istenen işaret gücünün toplam girişim gücüne oranı olan SIR (İşaret-Girişim Oranı)'ı hesaplamak için log-normal değişkenlerin toplanması gerekmektedir. Literatürde log-normal değişkenlerin toplanmasına ilişkin pek çok yöntem mevcuttur. Bunlardan en çok kullanılan iki yöntem, Schwartz-Yeh ve Wilkinson yöntemleridir [1,3]. Bununla birlikte bu iki algoritmada hesaplama karmaşıklığı oldukça fazladır. Örneğin, Schwartz-Yeh yönteminde işleme katılan bileşen sayısı 10'dan fazla olması durumunda erf (hata) fonksiyonunun değeri sıfır olmadığı halde sıfır üretilmesi sonucu istenilen duyarlılıkta sonuçlar elde edilememektedir.

2. Girişim İşaretlerinin Log-normal Toplanması

Bu çalışmada girişim işaretleri ilişkisiz ve ilişkili olmak üzere iki grupta ele alındı. Buna göre, yöntemleri karşılaştırmak üzere,

- İlişkisiz durum: tlmn, Klmn, Schwartz-Yeh, Wilkinson yöntemleri, Monte Carlo benzetimi
- İlişkili durum: Schwartz-Yeh, Wilkinson yöntemleri, Monte Carlo benzetimi

grupları oluşturuldu [1-3]. İlk adımda, iki log-normal işaretin toplanmasıyla elde edilecek yeni log-normal değişkenin beklenen ortalama ve standart sapma değeri, Monte Carlo benzetiminin 1.1 milyon kez tekrarıyla elde edilmiştir. Daha sonra, ortalama değerleri 0 dB, standart sapmaları [0-12 dB] aralığında olan ilişkili ve ilişkisiz altı log-normal değişkenin toplama işlemi gerçekleştirildi. Schwartz-Yeh yönteminde sonuçların duyarlılığını artırmak amacıyla işleme katılan bileşen sayısı 10'dan 200'e çıkarıldı. Hem ilişkisiz hem de ilişkili durumlar için örnek sonuçlar aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Tablo 1. Ortalama değeri (OD) 0 dB ve standart sapma (SS) değerleri $\sigma_{i1}=6$ dB, $\sigma_{i2}=[0.5,12.5]$ dB olan ilişkisiz iki log-normal değişkenin toplanması ile elde edilen yeni log-normal değişkenin OD ve SS'i için mutlak hata

σ_{i2} (dB)	tlmn yöntemi için Mutlak Hata (dB)		Schwartz-Yeh Yöntemi için Mutlak Hata (dB)		klmn Yöntemi için Mutlak Hata (dB)		Wilkinson Yöntemi için Mutlak Hata (dB)	
	OD İçin	SS İçin	OD İçin	SS İçin	OD İçin	SS İçin	OD İçin	SS İçin
0.5	0.0044	0.0050	0.0196	0.0877	0.3065	0.9462	1.2163	1.8652
1.5	0.0109	0.0023	0.0038	0.1043	0.2413	0.8195	1.0268	1.7009
2.5	0.0037	0.0071	0.0027	0.0978	0.1234	0.5628	0.7699	1.4131
3.5	0.0021	0.0070	0.0008	0.1299	0.0763	0.2070	0.4456	1.0662
4.5	0.0001	0.0037	0.0038	0.0693	0.3431	0.1967	0.1815	0.8183
5.5	0.0013	0.0064	0.0039	0.0598	0.5941	0.5044	0.2926	0.9699
6.5	0.0099	0.0031	0.0313	0.1552	0.5719	0.3958	1.0494	1.6480
7.5	0.0093	0.0034	0.0096	0.0400	0.0180	0.2785	2.1780	2.5213
8.5	0.0029	0.0065	0.0014	0.0367	1.0241	1.2131	3.3421	3.3308
9.5	0.0037	0.0049	0.0002	0.0383	2.1363	2.1061	4.3154	4.0321
10.5	0.0058	0.0012	0.0093	0.0225	3.0949	2.8762	5.0734	4.6434
11.5	0.0117	0.0028	0.0074	0.0208	3.8867	3.5348	5.6901	5.1863
12.5	0.0051	0.0092	0.0001	0.0064	4.4886	4.1329	6.1662	5.7022

Tablo 1'den görülebileceği gibi monte carlo benzetim sonuçlarıyla elde edilen toplam işaretin ortalama değerini ve standart sapma değerini en az hata ile hesaplayan en uygun yöntem Schwartz-Yeh ve tlmn yöntemleridir. Bu yöntemlerde yapılan hatalar 1 dB'den daha azdır. Wilkinson ve klmn yöntemlerinde ise hatalar diğer yöntemlere göre çok daha yüksektir. Bu durumda ilişkisiz iki işaretin toplam işaret gücünü ve standart sapma değerini hesaplamak için Schwartz-Yeh veya tlmn yöntemlerini seçmek gerekir. Ancak, Schwartz-Yeh yöntemindeki hesaplama karmaşıklığından dolayı tlmn yöntemini seçmek daha uygun olacaktır. Aynı zamanda, tlmn yönteminde Schwartz-Yeh yöntemine göre daha az hata değeri görülmektedir.

Tablo 2'de ortalama değerleri $m_i=0$ dB ve standart sapmaları $\sigma_i=12$ dB olan altı log-normal girişimin toplanması ile oluşan yeni log-normal değişkenin wilkinson, Schwartz-Yeh, monte carlo yöntemleri ile elde edilen ortalama değerlerinin m_u değişkenler arasındaki ilişki ile karşılaştırılması verilmiştir. Elde edilen değerlerden Wilkinson yönteminin yüksek ilişkili durumlarda daha az hatalı değerler ürettiği görülmektedir.

Tablo 2. OD'leri 0 dB ve standart sapmaları 12 dB olan 6 log-normal girişimin toplanması ile oluşan yeni log-normal değişkenin OD' inin ilişki ile karşılaştırılması

İlişki, r	Monte Carlo Yöntemi ¹	Wilkinson Yöntemi ²	Schwartz-Yeh Yöntemi ³	Mutlak Hata (1-2)	Mutlak Hata (1-3)
0.1	16.2051	11.6610	16.1664	4.5441	0.0387
0.2	15.4547	11.6482	15.4114	3.8065	0.0433
0.3	14.8025	11.6210	14.6559	3.1815	0.1466
0.4	14.0106	11.5638	13.8350	2.4468	0.1756
0.5	13.1411	11.4458	13.1555	1.6953	0.0144
0.6	12.2315	11.2124	12.2924	1.0191	0.0609
0.7	11.2931	10.7830	11.2104	0.5101	0.0827
0.8	10.2238	10.0757	10.1796	0.1481	0.0442
0.9	9.0550	9.0599	9.0502	0.0049	0.0048
1.0	7.9186	7.9188	7.9114	0.0002	0.0072

Tablo 3'de ortalama değerleri $m_i=0$ dB ve standart sapmaları $\sigma_i=12$ dB olan altı log-normal girişimin toplanması ile oluşan yeni log-normal değişkenin wilkinson, Schwartz-Yeh, monte carlo yöntemleri ile elde edilen standart sapma değerinin σ_u değişkenler arasındaki ilişki ile karşılaştırılması verilmiştir. Elde edilen değerlerden bir kez

daha wilkinson ve Schwartz-Yeh yöntemlerinin yüksek ilişkili durumlarda daha az hatalı değerler ürettiği görülmüştür. Ancak düşük değerlerde Schwartz-Yeh yöntemi daha iyi sonuç vermektedir.

Tablo 3. OD'leri 0 dB ve standart sapmaları 12 dB olan 6 log-normal girişimin toplanması ile oluşan yeni log-normal değişkenin SS' nin ilişki ile karşılaştırılması

İlişki, r	Monte Carlo Yöntemi ¹	Wilkinson Yöntemi ²	Schwartz-Yeh Yöntemi ³	Mutlak Hata(1-2)	Mutlak Hata (1-3)
0.1	7.5983	10.5025	7.2850	2.9042	0.3133
0.2	8.1864	10.5078	7.9453	2.3214	0.2411
0.3	8.7341	10.5190	8.5299	1.7849	0.2042
0.4	9.1965	10.5427	9.0771	1.3462	0.1194
0.5	9.6909	10.5912	9.5584	0.9003	0.1325
0.6	10.1373	10.6864	10.0619	0.0203	0.0305
0.7	10.6061	10.8595	10.6334	0.0081	0.0151
0.8	11.0528	11.1388	11.0366	0.0050	0.0121
0.9	11.5210	11.5281	11.5116	0.0048	0.0024
1.0	11.9450	11.9502	11.9491	0.0004	0.0032

Çeşitli senaryolar altında, yeni log-normal değişkenlerin standart sapma ve ortalama değerleri için yeni tablo değerleri elde edilebilir. Ancak, elde edilecek sonuçlar yukarıdaki tablolarda verilenlere benzer olacaktır.

3. Sonuç

Log-normal değişkenlerin toplanmasında ilişkisiz durum için en iyi sonuçlar tlmn yöntemiyle elde edilmektedir. Schwartz ve Yeh için mutlak hata 0.1 dB'den, tlmn yönteminde mutlak hata 0.01 dB 'den daha az olmaktadır. İlişkili durumda ise, özellikle 0.8'den daha yüksek ilişki değerleri için, hem Wilkinson yöntemi hem de Schwartz-Yeh yöntemi düşük hatalı sonuçlar üretmektedir. Bu durumda, yüksek ilişkili durumlarda log-normal değişkenlerin toplanmasında Wilkinson yöntemi, Schwartz-Yeh yöntemine göre daha az işlem karmaşıklığı ile hesaplamayı gerçekleştirdiği için seçilebilir. Ancak düşük ilişki değerleri için Schwartz-Yeh yöntemi Wilkinson yöntemine göre daha doğru sonuçlar vermektedir. Bu nedenle, düşük ilişkili durumlarda Schwartz-Yeh yöntemi seçilebilir.

4. Kaynaklar

- [1]. Ho, C., "Calculating the mean and the variance of power sums with two log-normal components", IEEE Transactions On Vehicular Tech., Cilt:44, No:4, 1995.
- [2]. Pirinen P., "Statistical Power Sum Analysis for Nonidentically Distributed Correlated Lognormal Signals", In The 2003 Finnish Signal Processing Symposium, Tampere, Finlandiya, sa. 254-258, Mayıs 19, 2003.
- [3]. Prasad R., Regel A., "Improved Assessment of Interference Limits In Cellular Radio Performance", IEEE Transactions On Vehicular Technology, Vol. 40, No. 2, 412-418,1991.