

KABLOSUZ HABERLEŞME SİSTEMLERİNDE MUX VE SWITCH TABANLI GERÇEK ZAMANLI MODÜLATÖR TASARIMI VE BİT HATA ORANININ HESAPLANMASI

Durmuş Ali Eroğlu^{1*}, Mehmet Sönmez¹, Ayhan Akbal¹

¹ Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü,
23119, Elazığ

*daeroglu@gmail.com

Özet: Kablosuz haberleşme sistemleri son yıllarda kullanım alanı artan haberleşme sistemleridir. Bu sistemlerin kullanımlarının artmasına bağlı olarak modülatör tasarımı da önemli hale gelmiştir. Kablosuz haberleşme sistemlerinde kullanılan modülatör tasarımında ikili modülasyon tekniklerinden BPSK (Binary Phase Shift Keying: İkili Faz Kaydırmalı Anahtarlama) en çok kullanılan modülasyon tekniklerindedir. Bu çalışmada iki farklı gerçek zamanlı sistemde tasarlanan BPSK modülatörleri çıkışındaki işaretlerin benzetim sonuçlarına yer verilmiştir. Tasarlanan modülatörlerden birisi MATLAB/Simulink programı kullanılarak oluşturulmuştur. Diğer modülatör ise FPGA derleyicisi Quartus II 9.1sp2 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. FPGA derleyicisinde tasarlanan modülatör mux tabanlı olarak gerçekleştirilmiştir ve iletilmek istenen veri bitinin durumuna göre (1 ya da 0 olma durumu) veri transferi gerçekleştirilmektedir. MATLAB/Simulink programında ise mux yerine switch kullanılarak modülatör tasarlanmıştır. Ayrıca yapılan çalışmada BPSK modülasyon tekniğinin bit hata oranı (BER: Bit Error Rate) MATLAB programı kullanılarak çizdirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: BPSK, FPGA, Simulink, Quartus II

Design of Mux and Switch Based Real-Time Modulators in Wireless Communication Systems and Calculation of Bit Error Rate

Abstract: Recently, wireless communication systems are communication systems that increase their usage area. Depending on increase of this systems usage, modulator design have come into prominence. BPSK (Binary Phase Shift Keying), which is one of the binary modulation techniques, is used in wireless communication systems. In this paper, output signals' simulation results of designed BPSK modulators in two different real time systems are represented. One of designed modulators is created using MATLAB/Simulink. Other modulator is designed using FPGA compiler Quartus II 9.1 sp2 programme. Designed modulator in FPGA compiler is created on mux-based and according to case of transmitted data (1 or 0 cases) the data transfer was realized. The modulator in MATLAB/Simulink was designed using switch instead of mux. Also, in this paper bit error rate (BER) of BPSK modulation technique is plotting using MATLAB programme.

Key words: BPSK, FPGA, Simulink, Quartus II

1. GİRİŞ

Haberleşme sistemleri iletim şekillerine göre kablolu ve kablosuz haberleşme olarak sınıflandırılabilir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde kablolu haberleşmede BPSK (Binary Phase Shift Keying: İkili Faz Kaydırmalı Anahtarlama) modülasyon tekniği kullanılarak fiberoptik kablo sisteminde 125 Gb/s hızlarına kadar iletimler gerçekleştirilmektedir [1]. Ancak kablo kullanımının mümkün olmadığı coğrafyalarda veya uydu haberleşmesi ve mobil haberleşme sistemleri (3G, 4G WIMAX v.s.) gibi uygulama alanlarında kablosuz olarak iletim yapmak gerekmektedir. Kablosuz iletim sistemlerinde iletilecek olan verinin donanımsal bir yapı üzerinde modüle edilmesi ve kullanılan modülasyon tekniği süreci oldukça etkilemektedir [2].

Yapılan bir çalışmada FPGA kullanarak BPSK modülatörü tasarlanmıştır. Tasarlanan modülatör Xilinx Virtex-4 FPGA MB kiti üzerinde gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada simgeler arası girişim, bit hata oranı (BER: Bit Error Rate) ve bit iletim oranı üzerinde durulmuştur [3]. BPSK modülasyon tekniği OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing: Dikgen Frekans Bölüşümlü Çoğullama) sistemi içerisinde kullanılarak iletim hızını artırmaya yönelik yapılan bir çalışmada gürültü etkisini azaltmaya yönelik uygulamalar gerçekleştirilmiştir [4]. Çok yüksek hızlarda veri, ses ve video hizmetleri sunun WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access: Mikrodalga Erişim için Evrensel Uyumluluk) teknolojilerinde BPSK modülasyon tekniğinin performansına yönelik analizler gerçekleştirilmiştir [5].

Bu çalışmada, BPSK modülasyon tekniği FPGA kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Benzetimde kullanılan FPGA örneği Altera firmasının üretmiş olduğu EP3C40F780C6 donanımdır. Donanım üzerinde kullanılan kaynak miktarları benzetim sonuçlarında analiz edilmiştir. Ayrıca yapılan çalışmada FPGA üzerinde kullanılan BPSK algoritması MATLAB/Simulink tabanlı olarak gerçekleştirilip benzetim sonuçlarının analizi yapılmıştır.

2. FPGA, FPGA DERLEYİCİSİ VE FPGA PROGRAMLAMA DİLLERİ

Kablosuz haberleşme sistemlerinde veri iletim hızı önemli olduğu için, modülatör tasarımlarının da hızlı çalışan donanımlar kullanılarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir. FPGA, iki boyutlu mantıksal hücre dizilerinden ve programlanabilir anahtarlardan oluşan mantıksal cihazlardır [6]. FPGA cihazları üzerinde bulunan mantıksal elemanların çalışma sürelerinin hızlı ol-

ması nedeniyle, bu cihazlar kullanılacak olan algoritmaya da bağlı olarak hız konusunda oldukça verim alınan cihazların başında gelmektedir. İşlenecek olan veri miktarına da bağlı olarak (bir bitin iletimi için gönderilecek sayısal veri miktarı) tasarlanacak modülatörün işlem süresi etkilenmektedir [7].

Bütün donanımlarda ve işlemcilerde olduğu gibi FPGA kullanımı için de bir programlama diline ve bir derleyiciye ihtiyaç vardır. FPGA programlamak için kullanılan dillerin başında Verilog ve VHDL (Very High-Speed Integrated Circuit Hardware Description Language: Çok Yüksek Hızlı Entegre Devre Donanım Tanımlama Dili) gelmektedir. Bu çalışmada programlama dili VHDL olarak seçilmiş olup FPGA benzetim programında bulunan blok şemalar da programlama dili ile birlikte kullanılmıştır. VHDL bir donanım tanımlama dili olup bir elektronik devrenin veya sistemin davranışını tanımlamaktadır [8].

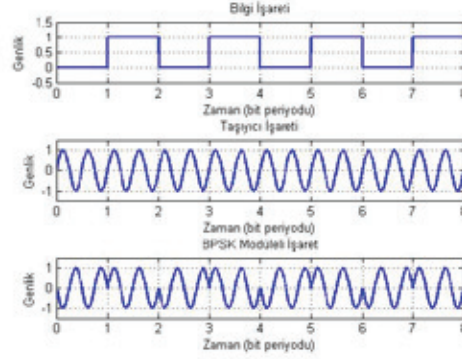
Yazılan programın FPGA cihazı üzerinde işlenmesi için bu tasarımda Quartus II 9.1 sp2 derleyicisi kullanılmıştır. Kullanılan derleyici programında VHDL kodu kullanılarak yazılan bir blok tasarımı ".vhd" olarak kaydedilir ve istenilen blok elde edilir. Blok tasarımları uygun şekilde bağlandıktan sonra derlenir ve ".vwf" uzantılı benzetim dosyasında tasarımın zamana göre değişimi analiz edilebilir.

3. BPSK (İkili Faz Kaydırmalı Anahtarlama)

BPSK modülasyonu tekniğinde faz modülasyonu temel alınarak bilgi işaretinin bit değerine göre (0 ve 1) taşıyıcı işaretin fazı değiştirilip, BPSK modüledi işaret elde edilir.

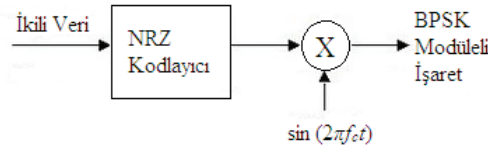
$$m(t) = \begin{cases} A\sin(2\pi f_c t) & \text{sembol 1 ise} \\ -A\sin(2\pi f_c t) & \text{sembol 0 ise} \end{cases} \quad (1)$$

Yukarıdaki denklemde $m(t)$, BPSK modüledi işaret olup bilgi işaretinin genliği "1" olduğunda $A\sin(2\pi f_c t)$, "0" olduğunda ise $-A\sin(2\pi f_c t)$ olarak değişmektedir. Şekil 1 BPSK modüledi işareti göstermektedir.

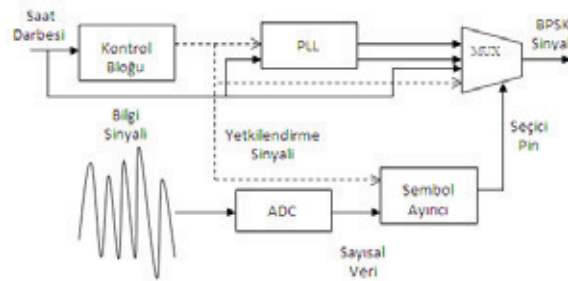


Şekil 1. BPSK Modülasyonu

BPSK modülatöründe ikili veri NRZ kodlayıcı ile kodlandıktan sonra sinüs ile çarpılır ve BPSK modüleli işaret elde edilmiş olur. BPSK modülatörü için oluşturulan blok diyagramı ise Şekil 2’de gösterilmiştir.

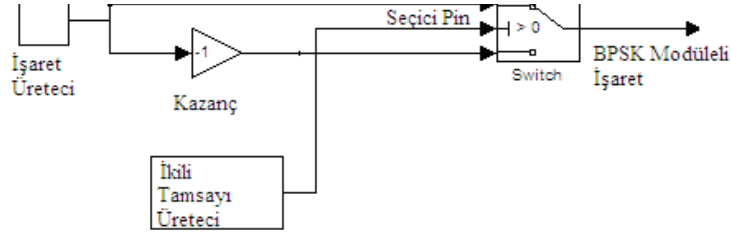


Şekil 2. BPSK Modülatörü



Şekil 3. MUX Tabanlı BPSK Blok Diyagram

Blok diyagramdan da görüldüğü gibi bilgi sinyali ADC kullanılarak sayısal veriye dönüştürülür ve sembol ayırıcı kullanılarak 14 bitlik veri sembol ayırıcıda ayrıştırılarak MUX’un seçici pinine verilmektedir. PLL yardımıyla 0° ve 180° fazında iki kare dalga üretilip MUX girişine verilir ve seçici pindeki bit durumuna göre ilgili sinyal iletilerek BPSK modüleli işaret elde edilmiş olur. Kontrol bloğu tasarımda kullanılacak olan bloklar için yetkilendirme sinyali üreterek blokların her saat darbesinde çalışmasını engellemektedir. Bu şekilde her bir blok çalışma zamanında yetkilendirilip çıkış vermektedir.



Şekil 4. Switch Tabanlı BPSK Blok Diyagramı

Switch tabanlı BPSK blok diyagramı Şekil 4’te gösterilmiştir. Blok diyagramındaki ikili tamsayı üreticinde üretilen “1” ve “0” lar switch girişine seçici pin olarak verilir. İşaret üretici ise kare dalga üretilip switch girişinin birine işaret üreticinde üretilen bu kare dalga verilir. Diğer girişine ise işaret üreticinde üretilen kara dalganın “-1” ile çarpılmış şekli verilir. Switch ise ikili tamsayı üreticiden gelen “1” ve “0” lara göre bu iki dalgadan birini seçer ve iletir. Böylelikle BPSK modüleli işaret elde edilmiş olur.

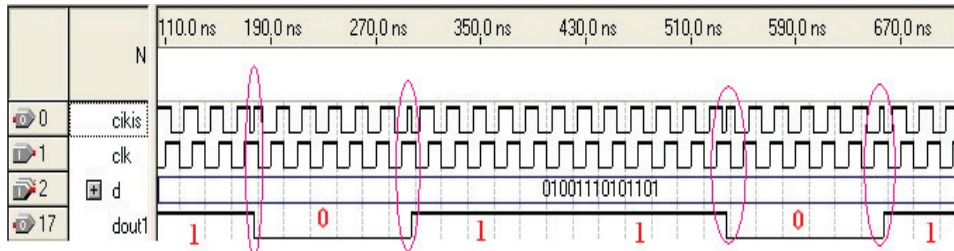
4. BİT HATA ORANI (BER)

AWGN kanalı kullanılarak BPSK modülasyonu için bit hata oranı denklem (2) kullanılarak hesaplanabilir.

$$P_b = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right) \quad (2)$$

Denklem (2)’de $Q(x)$, Q fonksiyonu olup ε_b bit başına enerjiyi, N_0 ise gürültü güç spektral yoğunluğunu göstermektedir.

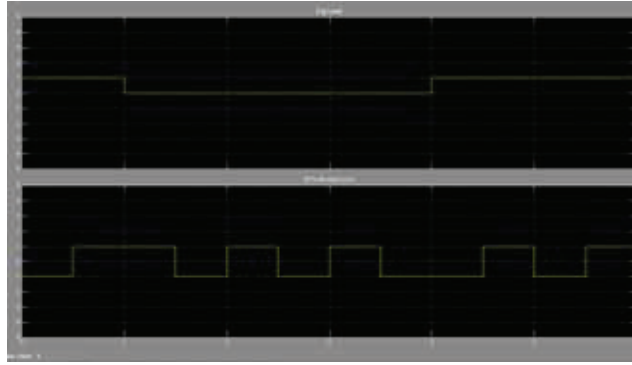
5. BENZETİM SONUÇLARI



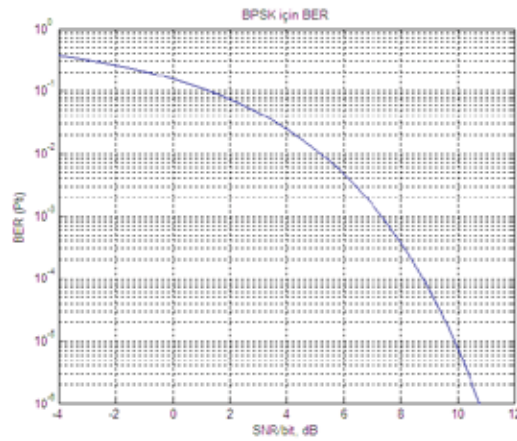
Şekil 5. FPGA Derleyicisinde BPSK Simülasyonu

Benzetim sonucundan da görüldüğü gibi ADC çıkışına bağı olan “d” bitleri sembol ayırıcı kullanılarak birer bitlik şekilde ayrıştırılmıştır. “clk” saat darbesi olmak üzere “cikis” BPSK modüleli sinyali ifade etmektedir. “clk” ve “cikis” dikkatle incelendiğinde 180° lik faz değışimi daha iyi görülmektedir. “cikis” sinyalinin ve “clk” saat darbesinin frekansı benzetim sonucunun daha iyi incelenebilmesi için aynı frekansta seçilmiştir.

Matlab/Simulink programında tasarlanan BPSK modülatörünün benzetim sonucu Şekil 6 ‘da görüldüğü üzere üsteki grafik bilgi işaretini alttaki ise BPSK modüleli işareti göstermektedir. Taşıyıcı işareti olarak kare dalga seçilmiş ve bilgi işaretinin 100011 şeklinde üretildiği gözlenmiştir. BPSK modüleli işareti, bilgi işaretinin bit değışiminde 180° faz değıştirmiştir. Yani birbirini izleyen bilgi işareti bitleri “1” den “0” a veya “0” dan “1” e değıştiğinde modüleli işareti faz değıştirmiş, birbirini izleyen bitler aynı olduğunda ise modüleli işareti bir değışiklik olmamıştır.



Şekil 6. Matlab/Simulink Programında BPSK Simülasyonu



Şekil 7. BPSK için BER

Şekil 7 ise BPSK için bit hata oranını göstermektedir. BPSK 'ya ait bu bit hata oranı denklem (2)'den yararlanılarak Matlab programında kodu yazılıp elde edilmiştir.

6. SONUÇ

Yapılan bu çalışmada Mux ve Switch tabanlı BPSK modülatörü tasarlanmış ve sonuçları teorikle karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda BPSK için bit hata oranı Matlab programında çizdirilip, işaret gücünün bit hata oranına nasıl bir etkisi olduğu gözlenmiştir. Mux tabanlı BPSK modülatörü FPGA derleyicisinde tasarlanırken, switch tabanlı BPSK modülatörü Matlab/Simulink programında tasarlanmıştır. Tasarlanan modülatör çıkışında, işaret gücünün yüksek olduğu yerlerde bit hata oranının düşük olduğu, buna karşın işaret gücünün düşük olduğu yerlerde ise bit hata oranının yüksek olduğu tespit edilmiştir.

7. KAYNAKLAR

- [1] Sleiffer, V.A.J.M., 2012, 45.8 and 125 Gb/s CP-QPSK/CP-BPSK Field Trial Over Installed Submarine Cabl, Lightwave Technology, Journal of, pp. 624 - 633
- [2] S. Ertürk, 2005, Sayısal Haberleşme, Birsen Yayınevi
- [3] Chye, Y.H. , 2009, Design of BPSK Transmitter Using FPGA with DAC, Communications (MICC), 2009 IEEE 9th Malaysia International Conference on, pp. 451 - 456
- [4] Kui Li, 2011, Impulsive Noise Rejection in BPSK Modulated OFDM System, Computer Science and Service System (CSSS), 2011 International Conference on, pp. 2282 - 2285
- [5] Askar, S. , 2011, Performance Evaluation of IEEE802.16-2004 Wimax with fixed High Fading Channels, Wireless and Microwave Technology Conference (WAMICON), 2011 IEEE 12th Annual, pp. 1-6
- [6] Chu, P., P., 2011, FPGA Prototyping By Verilog Examples: Xilinx Spartan-3 Version, John Wiley & Sons Press.
- [7] Yichuang Sun, 2004, Wireless Communications Circuits and Systems, The Institution of Engineering and Technology
- [8] Pedroni, A., V., 2004, Circuit Design With VHDL, MIT Press.