

TMS320C6711 DSP İşlemci İle GMSK Modem Uygulaması

Sevil Çelikler^{1,2}

Sıtkı Öztürk¹

¹Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
Mühendislik Fakültesi

Kocaeli Üniversitesi , İzmit, Kocaeli

²Tübitak-UEKAE,P.K:74 Gebze, Kocaeli

e-posta: sevil@uekae.tubitak.gov.tr

e-posta: sozturk@kou.edu.tr

Anahtar sözcükler:GMSK,DSP,Modülör,Demodülör,TMS320C6711

ABSTRACT

In communication systems, a major requirement is to transmit the data at high rate using the limited resources of hardware and channel bandwidth. Another requirement of the receiver is to estimate symbol timing so that symbol decisions may be made reliably at the instant of smallest inter-symbol interference to get very low bit error rate. Though there exist various analog techniques for synchronization and detection, advances in digital signal processors (DSP) have prompted the development of algorithms that use an all-digital realization. This project focuses on an implementation of a GMSK modem using a TMS320C6711 DSP, which operates on asynchronous samples from a free running A/D converter.

1. GİRİŞ

Haberleşme sistemlerinde ana ihtiyaç, bant sınırlı kanallarda düşük bant genişliği kullanan ve alıcı tarafta optimal sembol kararını vererek sembol tahmini yapan modülasyon ve demodülasyon teknikleri kullanmaktır. Sayısal işaret işlemcilerin güçlü hesaplama özellikleri ve yüksek hızda geliştirme yapmaları ile birlikte bugün artık, sayısal haberleşme alanında artan bir ilgi görmektedir. Tamamı sayısal olan tasarımlarla modem uygulamaları, analog devrelerin azalmasına ve DSP 'nin hesaplama yükü ve analog-sayısal çeviricilerin yükü artmaktadır. Bu makale de Gaussian Minimum Shift Keying (GMSK) tekniği kullanılarak, Dect (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) sistemlerde ve GSM sisteminde kullanılan modülasyon ve demodülasyon işleminin sayısal işaret işlemci çözümü hedeflendi . Bu çalışma pratik olarak TMS320C6711 üzerinde gerçek zamanlı GMSK alıcı ve verici uygulaması ve GMSK modülasyon tekniğinin diğer modülasyon tipleri ile karşılaştırılması yapılmıştır.

1.1 Simgelerarası Karışma (ISI)

Sınırlı bir bant genişliğine sahip bir haberleşme kanalı üzerinden iletim yapıldığında, haberleşme kanalı iletilen işaretin frekans spektrumunu sınırlandırmaktadır. İşaretin frekans spektrumunun sınırlandırılması sonucunda, zaman uzayında darbe şeklinde yayılma meydana gelmektedir. Darbe şeklinin zaman uzayında yayılması sonucunda darbe, kendisine ayrılan bit zaman diliminin dışına ve dolayısıyla komşu darbelerin zaman dilimlerinin içersine taşmaktadır. Bu durum imgelerarası karışma (Inter Symbol Interference – ISI) olarak isimlendirilir. İletilen darbe işaretleri kendi zaman dilimlerinden komşu zaman dilimlerine taşıdığı durumda, komşu zaman dilimindeki sembollerin doğru olarak algılanma olasılığı azalmakta ve bunun sonucunda iletim performansı düşmektedir. Optimal performans için, alıcıya gelen işaretlerin yeniden elde edilmesi için, ISI'nın düşük olduğu anda örneklenmelidir. Bu, işaretin bant genişliği azaltılması açısından istenerek yapılan ISI değeri GMSK için kritik bir değerdir.

1.2 Sembol Eş Zamanlama

Alıcıda, işaretin doğru olarak alınabilmesi için zamanlama bilgisi elde edilerek verici ile eş zamanlama sağlanmalı ve bu sayede her bir sembolün doğru zaman aralığında çözülmesi gerçekleştirilmelidir. Alıcıda belirlenmesi gereken ilk parametre sembol veya örnekleme frekansıdır. Alıcıda sembol periyodunun kestirilmesi gerekmektedir. Bu sayede alıcıda örneklerin doğru zamanlama ile alınması sağlanabilmektedir. İletim hızı alıcıda bilinmesine rağmen, sistemde kullanılan osilatör elemanlarının belirsizlikleri nedeniyle küçük de olsa sürüklenmeler meydana gelmektedir ve bu nedenle alıcıda küçük sapmalar oluşmaktadır. Sistemin çalışmasına etki etmemesi için alıcı ile verici

arasındaki sembol oranı eş zamanlamasının sürekli olarak sağlanması gerekmektedir.

Eş zamanlama için alıcıda sembol fazının da belirlenmesi gerekir. Sembol fazında eş zamanlama sağlanarak sembol zaman dilimi içerisinde örnekleme yapılacağı en iyi zaman anı belirlenmektedir. Bu nedenle sayısal haberleşmede, eş zamanlama için farklı yöntemler bulunmaktadır. Bunlar;

- Taşıyıcı eş zamanlaması içeren, belirli bir kod kelimesi içeren eş zamanlama,
- Çerçeve eş zamanlaması,
- Saat eş zamanlaması,

olabilir. Bazı makalelerde, saat yada sembol eş zamanlamasına dayalı çalışmalar yayımlanmıştır ve zamanlamayı elde etme performansı için çeşitli algoritmalar amaçlanmıştır [4]. Geçmişte bazı algoritmalar, örnekleme frekansını veya zamanlama hatasını azaltmak için geri beslemeli veya ileri beslemeli A/D çeviricinin fazını referans almışlardır [4].

Bu çalışmada yaygın olarak kullanılan Gardner eş zamanlama yöntemi kullanımı hedeflenmiştir. Floyd Gardner, senkron BPSK/QPSK için zamanlama hatasını bulmak için basit bir algoritma önermiştir [4]. Gardner'ın Algoritması, her bir sembol için iki örnek gerektirir. Fakat algoritma zamanlama hatasını hesaplamak için yalnızca üç örneğin toplamını kullanır. Gardner eş zamanlama yaklaşımında zamanlama hatası bipolar / ünipolar işaret için,

$$e_n = (y_n - y_{n-2}) \cdot y_{n-1}$$

olarak hesaplanmakta ve bu hataya göre örnekleme zamanları düzeltilmektedir. y_n ile y_{n-2} örnekleri arasında T_c , örnekleme periyodu kadar, y_n ile y_{n-1} örnekleri arasında $T_c/2$ kadar periyot farkı bulunmaktadır. Gardner yöntemi yaklaşık olarak %40 ile %60 arasında fazlalık bant genişliğine sahip Nyquist darbeleri kullanan doğrusal modülasyon sistemleri için kullanılabilir [5].

Gardner eş zamanlama yaklaşımı yüksek SNR (Signal-to-Noise Ratio) iletimlerinde daha iyi başarımlar sağlamaktadır [5]. İlave taşıyıcı kullanan modülasyon sistemlerinde, Gardner yaklaşımı ile sembol zamanlama bilgisinin geri elde edilmesi işlemi, taşıyıcı fazının elde edilmesinden bağımsız olarak gerçekleştirilebilmekte ve bu sayede taşıyıcı kaymalarına karşı dayanıklılık sağlamaktadır. Bu durumda sembol zamanlama döngüsü önce kilitlenerek taşıyıcının geri elde edilmesi işlemini kolaylaştırabilmektedir [5].

2. Gauss Minimum Kaydırmalı Anahtarlama (GMSK) Modülasyonu

GMSK (Gaussian Minimum Shifting Keying), sayısal iletişimde bant genişliğini optimize eden bir ikili iletişim metodudur. MSK (Minimum Shift Keying) modülasyonunda sinüsel darbe biçimlendirme kullanılarak işaret daha düzgün hale getirilmekte, fakat sembol geçişlerinde faz sürekli olmasına karşın frekanstaki süreksizlik devam etmektedir. Gauss darbe biçimlendirmesi kullanılarak zaman uzayında daha düzgün bir işaret elde edilmektedir. Aynı zamanda, işaretin frekans spektrumunda ana bant genişliği daraltılabilmekte ve frekans spektrumunda daha düşük genlikte yan bantlar elde edilmektedir. Gauss darbe biçimlendirilmesinin kullanıldığı MSK modülasyonuna GMSK modülasyonu olarak adlandırılır. GMSK modülasyonunda bilgi işareti Gauss süzgecinden geçirilir. Filtrenin transfer fonksiyonunu Gauss dağılımı biçiminde tasarlanır. Gauss filtresinden geçirilmesi sayesinde işaret sembolleri arasındaki geçişin düzleştirilmesi sağlanır ve bu işlemin sonucunda işaretin bant genişliğinin azaltılması sağlanır. Gauss filtresinin birim darbe cevabı oldukça düzgün olduğundan, modüleli işaretin fazı, sembol periyodu üzerinde sürekli değişir.

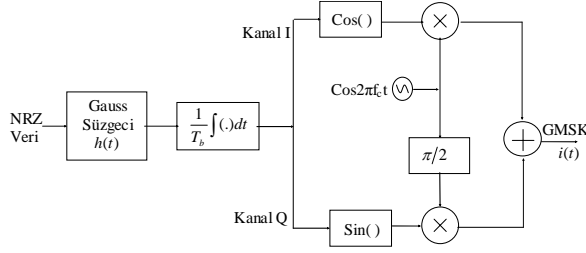
GMSK 3dB bant genişliği dışında gücü küçüktür ve kablosuz haberleşme için istenen karakteristiği veren, sabit bir zarfa sahiptir. Bant dışı gücü, Gauss ön modülasyon filtresinin keskin kesim frekansı ile oldukça bastırılır.

GMSK, kablosuz ve mobil haberleşmede genel olarak kullanılan sayısal modülasyon tipidir. GMSK'da, taşıyıcının fazı Gauss filtre ile filtrelenmiş işarete göre sürekli değiştirilir.

GMSK'nın geniş anlamda avantajları; oldukça dar bant genişliği, sabit zarf modülasyonu ve faz uyumlu ve faz uyumsuz demodülasyon içinde uygun olmasıdır. Sabit zarf, GMSK'yı çevresel bozulmalardan daha az etkilenir olmasını sağlar ve bu bozulma genlik modülasyonundakinden daha azdır. Kullanılan GSM sistemlerinde standart olarak $B.T_b = 0,3$ oranlı GMSK, kablosuz sayısal iletimi sağlayan DECT sistemlerde ise standart olarak $B.T_b = 0,5$ oranlı GMSK modülasyonu uygulanmaktadır.

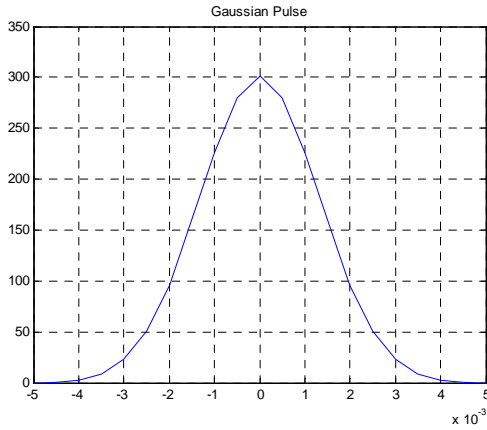
2.1 GMSK İşaretinin Üretilmesi

Şekil.1'de verilen blok yapı ile elde edilir. GMSK modülasyonu için bir bit dizisi sıfıra dönüşsüz (NRZ) dizi olarak tasarlanmıştır ve ondan sonra Gaussian birim yanıt alçak geçiren filtreden geçirilir (Şekil 2). ISI'nın miktarı, Gaussian iletim filtresinin bant genişliği, B ile bit süresi T_b 'nin çarpımı $B.T_b$ 'ye



Şekil 1. GMSK Modülasyon Blok Yapısı

bağlıdır. Filtrenin çıkışında işaret taşıyıcı ile modüle edilir. GMSK işaretlemesi için, demodülasyon MSK gibi diferansiyel deteksiyon işleminden geçirilir. $B.T_b$ çarpımının yüksek değeri için veri hızı düşük ancak ISI daha azdır. Düşük $B.T_b$, S/N oranı yüksek ve hata olasılığı düşük kanallarda tercih edilir.



Şekil 2. Gauss Darbesi

GMSK'da iletilen işaretin matematiksel ifadesi;

$$i(t) = \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cdot \text{Cos}(2\pi f_c t + \varphi(t, b_k)) \quad (1)$$

şeklinde ifade edilir. (1) ifadesinde faz büyüklüğü de;

$$\varphi(t, b_k) = 2\pi h \int_{-\infty}^t b_k \cdot g(\tau - kT_b) d\tau \quad (2)$$

Şeklinde ifade edilmektedir. (2) ifadesindeki modülasyon indisi h ve modülasyonda kullanılan darbe biçimi $g(t)$ ile ifade edilebilmektedir. Bu ifade frekans modülasyonlu işaretin ifadesine benzemektedir. Uygulamada farklı modülasyon indislerinin kullanımı mümkün olmakla birlikte, genelde basit eş evreli demodülasyon kullanılabilirliği için $h = 0.5$ değeri tercih edilmektedir.

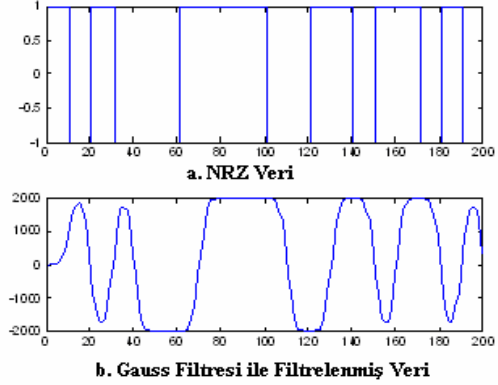
Şekil 2 de verilen Gauss darbe biçimlendirme süzgecinin impuls yanıtı matematiksel olarak;

$$h(t) = \sqrt{\frac{2\pi}{\ln 2}} \cdot B \cdot e^{-2(\pi B t)^2 / \ln 2} \quad (3)$$

verilmekte ve Gauss darbesi ile biçimlendirilmiş işaretin matematiksel ifadesi ise;

$$g(t) = Q(2\pi B \frac{t-T_b/2}{\sqrt{\ln 2}}) - Q(2\pi B \frac{t+T_b/2}{\sqrt{\ln 2}}) \quad (4)$$

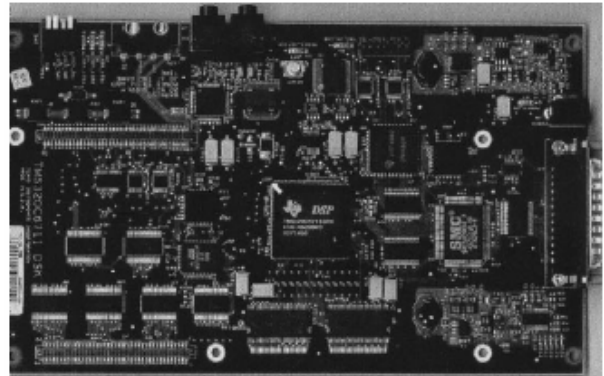
verilmektedir. Şekil 3.a da NRZ işaretinin Gauss darbesi ile şekillendirildiğinde Şekil 3.b de verilen işaret elde edilir.



Şekil 3

2.2 TMS320C6711 DSP İşlemci ile GMSK Modem Uygulaması

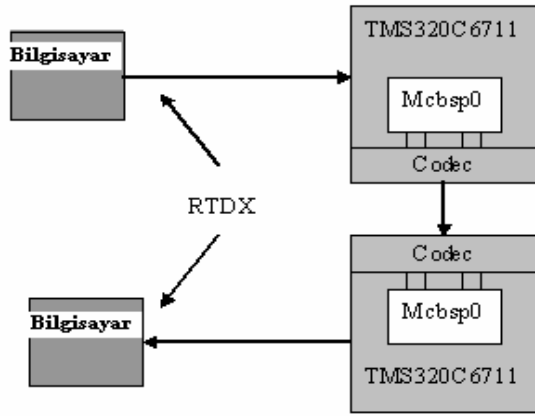
GMSK modem uygulaması, üzerinde TMS320C6711 işlemcisine sahip DSP başlangıç kiti üzerinde yapılmıştır (Şekil 4). Alıcı ve verici algoritmaları için iki farklı kart kullanılmıştır. Devrenin verici olarak tasarlanan kısmında; veri, kit üzerindeki analog sayısal dönüştürücü çıkışından alınır ve GMSK modülasyonu için DSP girişine uygulanır ve DSP çıkışından GMSK modülasyonlu işaret elde edilir. Devrenin alıcı olarak tasarlanan kısmında; verici çıkışındaki işareti diğer DSP girişine uygulanır ve DSP çıkışından veri tekrar elde edilir. Daha sonra veri sayısal analog dönüştürücüye uygulanarak analog bilgi işareti yeniden elde eder.



Şekil 4. TMS320C6711 DSP Kiti

Alıcıda, doğru veriyi yeniden elde edebilmek için zamanlama bilgisi, sembol senkronizasyonu ile

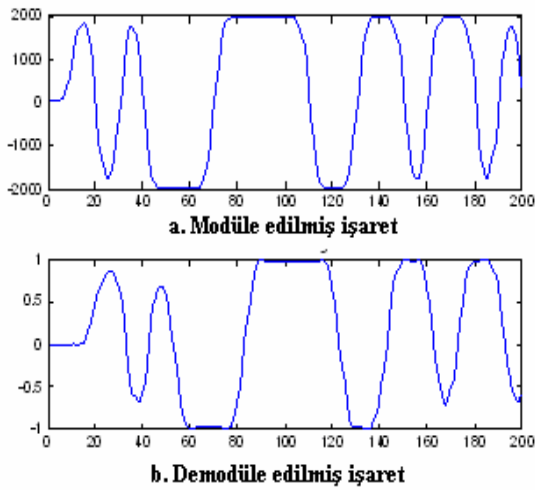
sağlanmaktadır. GMSK modem uygulamasında, genel bir blok devre olarak Şekil 5 de görülmektedir.



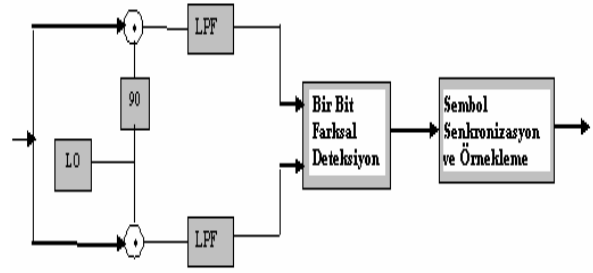
Şekil 5. Gerçekleştirilen GMSK Modem blok devresi

TMS320C6711 DSP işlemcisi, iki yönlü çok kanallı seri port (Multi Channel Buffered Serial Port – McBSP)'a sahiptir. Bu seri portlar, kart üzerindeki analog/sayısal – sayısal/analog dönüştürücüler ile doğrudan bağlantılıdır. McBSP, değişken ve yüksek hızlı ara yüz sağlar. Bunun yanında TDM yapısında veri alıp göndermeyi de sağlar.

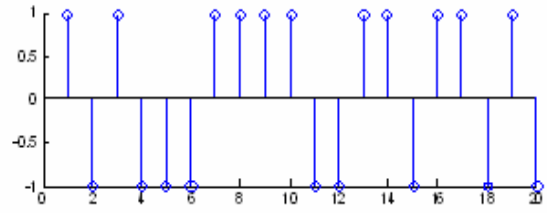
Modülasyon için veri alınır ve sonra modüle edilerek iletilmek üzere dönüştürücüye gönderilir. Alıcıda ise, dönüştürücü sabit 8kHz örnekleme frekansı ile örnekleri alır. 0.125 ms'de bir DSP'ye kesme ile iletilir ve alınan veri demodüle işleminden geçirilerek bilgi işareti yeniden elde edilir. Şekil 6'da modüle ve demodüle edilmiş işaretler, Şekil 1 ise GMSK alıcının blok yapısı görülmektedir. Şekil 8'de ise gönderilen veri ile demodülasyon işlemi sonrasında elde edilen verinin hatasız olarak tekrardan elde edildiği görülmektedir.



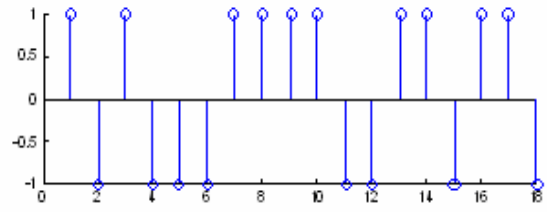
Şekil 6



Şekil 7. GMSK Demodülasyon Blok Yapısı



a. Gönderilen Veri



b. Alınan Veri

Şekil 8

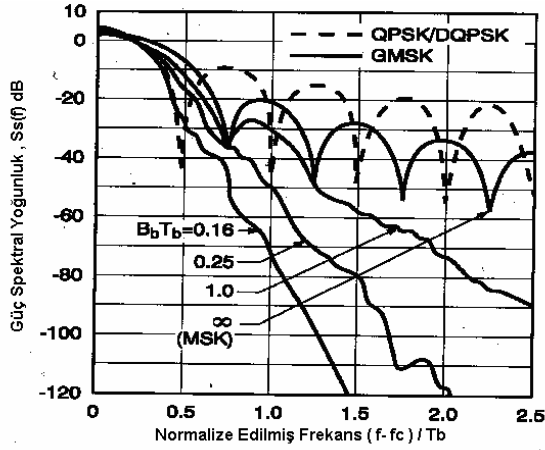
3. SONUÇ

Örnek bir bilgi işareti için Gauss filtresinden geçirilmiş veri (Şekil 2 'de görüldüğü gibi) ve GMSK modülasyon işaretleri Şekil 6'da gösterilmektedir. Şekil 9 da görüldüğü gibi MSK ile karşılaştırıldığında GMSK modülasyonun daha düzgün bir işaret verdiği görülmektedir. Gönderilen işaretin bozulma olmadan alındığı görülmektedir. Zaman uzayında işaretin yüksek frekans bileşeni kaybolmaktadır.

GMSK tekniği ile sıradan dar bantlı telsiz kanallarında onlarca kata varan kapasite artışı sağlayabiliriz. Gauss filtresi, sayısal elektriksel sinyali şekillendirirken ISI oluşturur. Sistemin geri kalanında meydana gelecek hatalar, ISI hatasını artırarak GMSK verimini düşürür. GMSK modülasyonun da , zaman uzayında daha düzgün bir işaret elde edilerek işaretin frekans spektrumunda bant genişliğinin azaldığı ve daha düşük genlikli yan bantlar elde edildiği görülmektedir.

Bu uygulamada GMSK modülasyon ve demodülasyon işlemleri sayısal bir işlemci olan TMS320C6711 işlemcisi üzerinde tüm işlemler sayısal olarak gerçekleştirilmiştir. Sayısal teknikler ile , hata deteksiyonu ve düzeltmeler yapılarak son derece

düşük hata oranları ile aslına uygun işaret elde edilebilir.



Şekil 9 . Güç Spektral Yoğunluk

Şekil 9 da QPSK ,MSK ve GMSK için normalize edilmiş spektral yoğunluk verilmiştir. [8]

KAYNAKLAR

- [1] H. Harada, R. Prasad, "Simulation and Software Radio for Mobile Communications", Artech House, May 2002, ISBN 1580530443
- [2] Richard Paul Lambert, "A Real-Time DSP GMSK Modem with All-Digital Symbol Synchronization", M.S. Thesis, Texas A&M University, May 1998
- [3] Jeffery D. Laster, Robust "GMSK Demodulation Using Demodulator Diversity and BER Estimation", March 1997, Blacksburg, Virginia
- [4] Floyd M. Gardner "A BPSK/QPSK Timing Error Detector for Sampled Receivers", IEEE Transactions on Communications ,vol.34.pp.423-429, May , 1986

[5] Renfors, M. Babic, D. "Synchronisation in Digital Receivers", ICE Tutorial , 83050E/284

[6] Digital Communications Fundamentals and Applications (Second Edition) By *Benard Sklar*. Prentice Hall, 2nd Edition ,2002

[7] M. P. Chen. Detection improvement methods for a GMSK signal. Technical report, Mobile & Portable Radio Research Group, Virginia Tech, 1996.

[8] Jeffery D. Laster, Robust GMSK Demodulation Using Demodulator Diversity and BER Estimation , Virginia Polytechnic Institute and State University , Electrical Engineering , 1997