

JANUS Protokolü ile Sualtı Haberleşme Simülasyonu

Evrım Anıl Evirgen, Selin Hekimoğlu
HAVELSAN A.Ş.
Komuta Kontrol ve Savaş Sistemleri
Ankara

eevirgen@havelsan.com.tr, shekimoglu@havelsan.com.tr

Özet: JANUS, uzmanlar tarafından sualtı haberleşmesini standartlaştırmak üzere önerilmiş bir protokoldür. Bu protokol üzerindeki denemeler ve gelişmeler sürmektedir. Bu çalışmada JANUS protokolünün anlaşılması ve bazı iyileştirmelerin önerilmesi amaçlı yapılmıştır. Özellikle alıcı ya da vericinin hareketli olduğu durum için gelişmelere ihtiyaç olduğu gözlemlenmiştir.

Abstract: JANUS protocol has been proposed by experts to standardize underwater communications. Experiments and developments on protocol are still ongoing. This study was conducted to understand the protocol and propose some improvements. It was observed that some developments are still necessary in cases where transmitter or receiver is mobile.

1. Giriş

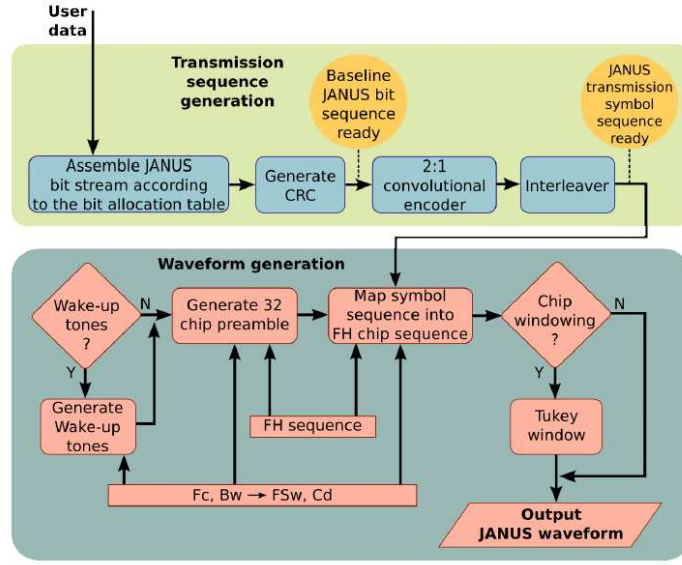
JANUS, sualtı haberleşmesi için NATO Centre for Maritime Research and Experimentation (eski adıyla NATO Undersea Research Centre (NURC)) tarafından akademi, endüstri ve devlet katılımıyla geliştirilmiş herkese açık bir yöntemdir. Bu sayede farklı cihaz üreticileri ile kullanıcılarının ortak bir haberleşme yapısını benimsemesi ve haberleşmede standartlaşma amaçlanmıştır. HAVELSAN da NATO Industry Advisory Group kapsamında yapılan standartlaşma çalışmalarına katılım sağlamıştır. JANUS ile bir düğümün varlığını haber vermesi ve ilk teması kurabilmesi öncelikli amaçlardır. Bu deniz ve kara haberleşmesindeki VHF 16. kanalın kullanımı ile benzer bir amaçtır. [1]

2. JANUS Protokolü

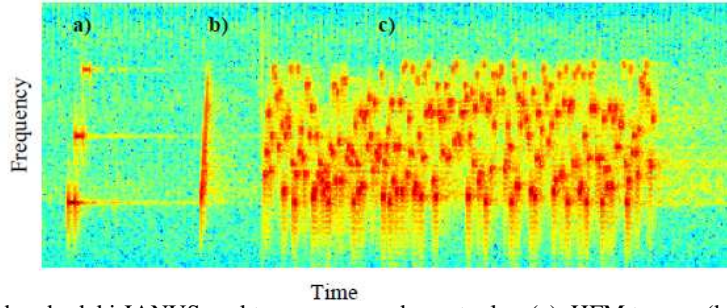
Sualtında sesin çok yollu yayılması (multipath propagation), kanalın zaman değişkenliği, dar bant genişliği ve yüksek zayıflama (high attenuation) haberleşme için zor bir ortam oluşturmaktadır. Veri hızlarının düşük olduğu böyle bir ortamda etkinliği yüksek bir protokole ihtiyaç duyulmaktadır.

JANUS protokolü frekans atlamalı ikili frekans kaydırma anahtarı modülasyonu (FH-BFSK: Frequency Hopping Binary Frequency Shift Key) kullanmaktadır. Bu modülasyon hem hata dayanıklılığı hem de mevcut sistemlerde gerçekleştirilme kolaylığı nedeniyle seçilmiştir. Frekans bandı merkez frekansın 1/3'ü olacak şekilde seçilir ve bu banda 13 sürekli dalga tonu tanımlanır. Sembol süreleri ve frekans aralıkları bant genişliğine bağlı olarak hesaplanır [1, 2].

Katlamalı kodlama (convolutional encoding) temel JANUS paketi olan 64 bit'e uygulanarak toplamda 144 bit elde edilir. Bu 144 bit serpiştirilir (interleaving) ve her bit için ortogonal tonlar seçilir. Zaman senkronizasyonu ve JANUS mesajının tanınması amaçlı üç uyandırma tonu ve hiperbolik frekans modülasyonlu (HFM) tarama önzarfı mesajın başına eklenir. Uyandırma tonları ile HFM tarama arasında pasif haldeki dinleyicilerin aktif hale gelmesi için bir sessiz bir boşluk bırakılır. Benzer bir sessiz boşluk önzarf ile temel JANUS paketi arasında da bırakılarak önceki enerjinin sönmülmesi sağlanır. Verilerin bozulmasının kontrolü 8-bit döngüsel artıklık denetimi (CRC: Cyclic Redundancy Check) ile yapılır.



Şekil 1. Temel JANUS paketi kodlanması süreci [2]

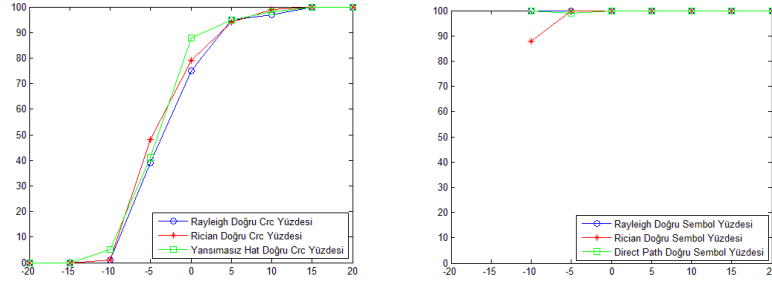


Şekil 2. 9-14 kHz bandındaki JANUS spektrogramı uyandırma tonları (a), HFM tarama (b) ve veri bitlerini (c) göstermektedir. Verinin olduğu kısmın transferi 0.9 saniye sürmektedir. [3]

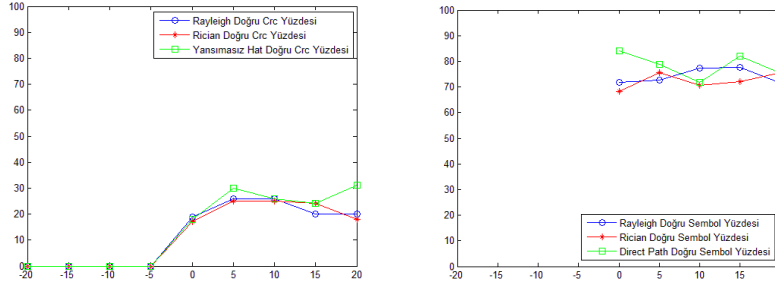
Temel JANUS paketi gönderildikten hemen sonra temel JANUS paketi içinde belirlenerek rezerve edilen süre boyunca kargo verisi gönderilebilir. Maksimum rezervasyon periyodu 10 dakika olarak belirlenmiştir. Kargo verisi için artıklık denetimi zorunluluğu yoktur, bu nedenle bu bölümde hatalı veriler oluşabilmektedir.

3. Simülasyonlar

Simülasyon için JANUS Tool Kit 3.0.1 versiyonu kullanılmıştır [4]. Elektromanyetik haberleşmede olduğu gibi kanal modellemesinde uzlaş sağlanmış modeller sualtı akustikte bulunmamaktadır. Deneysel çalışmalarda deterministik modeller bulunduğu gibi Rayleigh ve Rician solma modellerine uyan durumlarla da karşılaşmıştır [5]. Bu çalışmada da alıcı ile vericinin birbirini gördüğü direk hattın baskın olduğu Rician modeli ile yansımaların baskın olduğu Rayleigh modelleri kullanılmıştır. Çalışma frekans değeri 11520 Hz olarak seçilmiştir. Grafikteki her bir nokta için 100 Monte Carlo simülasyonu koşulmuştur. Çoklu yollu yayılma için gecikme miktarları [0 0.04 0.08 0.12] saniye ve zayıflama miktarları [0 0.15 0.3 0.45] dB olarak seçilmiştir. Bu durum için 50 byte kargonun gönderimi 6.9 saniye sürmüştür ve kargo gönderim hızı 58 bit/s olmuştur. Kargonun daha uzun olduğu durumlarda önzarfın oransal etkisi azalarak 80 bit/s hızlarına ulaşılabilir. Simülasyonda alıcı-verici arası mesafeye ilişkin bir parametreye yer verilmemiştir. Buna karşın JANUS ile gerçek ortamda 28 km'ye kadar başarılı denemeler yapıldığı bilinmektedir.



Şekil 3. Alıcı ve vericinin hareketsiz olduğu durumdaki doğru dögüsel artıklık denetimi (CRC) ve doğru alınan kargo sembol verisi yüzdeleri



Şekil 4. Alıcı ya da vericinin hareketli olduğu durumdaki doğru dögüsel artıklık denetimi (CRC) ve doğru alınan kargo sembol verisi yüzdeleri

Simülasyonlarda çok yollu yayılma olmayan durumda Rayleigh ve Rician durumlar arasında büyük bir fark gözlemlenmemiştir. Bu da protokolün yansımalar ve çok yollu yayılma olan durumlara dayanıklı olduğunu göstermektedir. Alıcı ve vericinin hareketsiz olduğu durumda 0 dB işaret gürültü oranı (SNR: Signal-to-noise ratio) seviyelerinden itibaren tatminkar sonuçlar elde edilmeye başlanmıştır. İlgilenilen parametreler arasında en büyük farklılığı Doppler etkisinin yarattığı gözlemlenmiştir.

4. Sonuçlar

Sualtı haberleşme ortamının değişkenliği de göz önünde bulundurularak dögüsel artıklık denetiminin kargo verisi için de yapılması ve kargo paketinin tamamının kaybedilmesi olasılığını azaltmak için paket boylarının mümkün olduğunca küçük tutulması gerektiği değerlendirilmektir. Paket boylarının kısa olduğu durumda kullanılacak başlık ve zarfın da kanal verimini düşürmesinden dolayı burada bir optimizasyon ihtiyacı olacağı değerlendirilmektir. Bu amaçla kaynak kodlama tekniklerinin de kullanımı düşünülmelidir.

Doppler etkisinin performans üzerinde olumsuz etkileri olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle alıcı tasarımında frekans kayıklıklarını ve Doppler etkisini giderici yöntemlerin kullanılmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir. Mevcut JANUS standardı yalnız verici için bir yapı önermekte olduğundan bu konunun ileriki versiyonlarda ele alınması yerinde olacaktır.

Kaynaklar

- [1]. McCoy K., Tomasi B. ve Zappa G., "JANUS: the genesis, propagation and use of an underwater standard", ECUA 2010 Istanbul Conference, 2010
- [2]. Potter J., Alves J., Green D. Zappa G., Nissen I. ve McCoy K., "The JANUS underwater communications standard", Underwater Communications and Networking (UComms), 2014
- [3]. McCoy K., "JANUS: From Primitive Signal to Orthodox Networks", Proceedings of IACM UAM'09, Nafplion, Greece, June 2009
- [4]. <http://www.januswiki.com/tiki-index.php>, Erişim 8.4.2016
- [5]. Stojanovic M. ve Preisig J., "Underwater Acoustic Communication Channels: Propagation Models and Statistical Characterization", IEEE Communications Magazine, cilt.47 no.1, 2009