

# DVB-H Üzerinden Video + Derinlik tabanlı 3B Video Yayını

## Video + Depth based 3D Video Broadcast over DVB-H

Döne Buğdaycı, M. Oğuz Bici, Anıl Aksay, Murat Demirtaş, Gözde Bozdağı Akar

Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü

Ortadoğu Teknik Üniversitesi

{dbug,mobici,anil,muratdemirtas,bozdagi}@eee.metu.edu.tr

### Özetçe

*Bu çalışmada, dilimli kodlama ve değişik koruma oranlarının, DVB-H üzerinden yapılan Video + Derinlik tabanlı 3 boyutlu yayınların hata başarımlarına etkisi çalışılmaktadır. Dilimli kodlamanın etkisi 5 farklı yöntemle, koruma oranının etkisi ise görüntü ve derinlik bilgilerine uygulanan yine 5 farklı koruma oranı yardımıyla araştırılmaktadır.*

### Abstract

*In this paper, we study the effect of different slice modes and protection methods on the error performance of video + depth based 3D video broadcast over DVB-H. We provide an end-to-end transmission framework and analyze the effect of slice interleaving by means of 5 different slice modes and protection method by 5 different MPE-FEC rate for video and depth.*

### 1. Giriş

Digital Multimedia Broadcasting (DMB), Digital Video Broadcasting - Handheld (DVB-H) ve MediaFLO gibi sayısal yayıncılık teknolojilerinde yaşanan son yıllardaki hızlı gelişmeler, gezgin televizyonun dünya çapında büyük ilgi kazanmasına neden oldu [1]. Diğer taraftan, 3 boyutlu görüntüleme teknolojilerinde geline nokta sayesinde gözlükle izlenen 3 boyutlu sinema filmlerinin başarısı ve izleyicilerin teknolojiye olan ilgisi yayıncıları 3 boyutlu televizyon konusunda heyecanlandırıyor. Bu iki teknolojinin kesiştiği noktada; gözlüksüz 3 boyut oluşmasını sağlayan çıkarılabilir otostereo ekranlarla gezgin cihazlarda 3 boyutlu ürünleri desteklemek mümkün olacak gibi görünüyor. Kore merkezli 3D T-DMB [2] ve Avrupa Birliği destekli 3D Phone [3] ve Mobile 3DTV [4] projeleri, bu konuda halen araştırma yapmakta olan gruplara örnek olarak gösterilebilir. Bahsi geçen projelerden sonuncusu Mobile 3DTV (Gezgin 3 Boyutlu Televizyon) özellikle 3 boyutlu televizyon yayınlarının DVB-H üzerinden gezgin cihazlara iletilmesi konusuna odaklanmış durumda.

DVB-H standardı, Avrupa kökenli karasal sayısal yayıncılık standardı olan DVB-T'nin fiziksel katmanına dayanmakla birlikte hareketliliğin sonucu artan hata oranlarını telafi etmek amacıyla iki yeni çözüm önerir: MPE - FEC (Multi Protocol Encapsulation - Forward Error Correction: Çoklu Protokol Sarma - Önceden Hata Düzeltme) ve süre dilimleme [5]. Hareketliliğin getirdiği hataya karşı daha duyarlı olma durumunu, yayın bilgisine ek olarak fazladan koruma

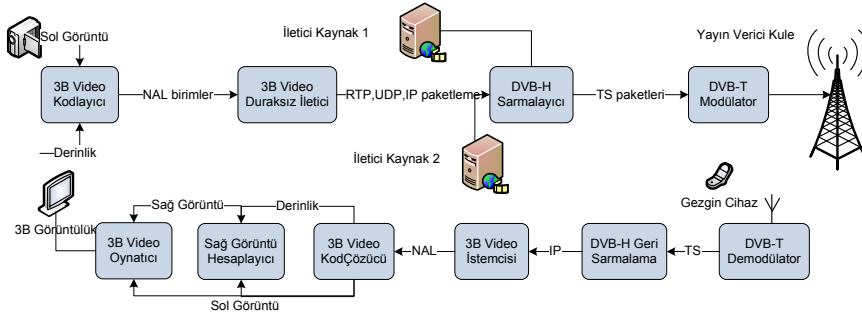
paketleri göndermeyi sağlayan MPE-FEC ile, batarya ömrünün kısılmasını ise yayının kesikli olarak yapılmasını sağlayan süre dilimleme ile çözmek hedeflenmiştir.

DVB-H üzerinden geleneksel video iletimi ile ilgili yayınlanmış pek çok çalışma olmasına karşın [6] [7], 3 boyutlu video iletimi ile ilgili çalışmalar oldukça az sayıda bulunmaktadır [8]. [8]'de sunulan çalışmada, yan yana (simulcast) ve çoklu görüntü (multi view) şeklinde temsil edilen 3 boyutlu videoların DVB-H üzerinden iletimindeki hata başarımları araştırılmaktadır. Bu makalede ise, bir başka 3 boyut temsil yöntemi olan Video + Derinlik kullanılarak oluşturulan 3 boyutlu videonun DVB-H üzerinden yayınının hata başarımları sunulacaktır. Hataya karşı dayanıklılığı artıran yöntemler olarak bilinen video kodlamadaki dilimleme boyutunun ve bağ katmanındaki hata düzeltme oranının, sistemin hata başarımlarına etkisini değişik kanal durumlarında sunuyoruz.

Makalenin devamında, oluşturulan video iletim sisteminin açıklaması 2. bölümde sunulmuştur. Bunu, okuyucuyu hata dayanıklılık araçları hakkında bilgilendiren 3. bölüm izler. Çalışmada kullanılan deneysel yöntemler çeşitli altbaşlıklar halinde 4. bölümünde verilmiştir. 5. bölüm çalışmada elde edilen sonuçları sunar ve son olarak 6. ile kapatılır.

### 2. 3 Boyutlu Video Yayın Sistemi

Sistemin blok çizelgesi Şekil 1 de görülmektedir. Sahnenin 2 boyutlu geleneksel video ve derinlik bilgisinin toplamı olarak temsil edilmesi şeklindeki 3 boyutlu kodlama ve temsil yöntemine kısaca Video + Derinlik (VD) diyoruz. Derinlik bilgisi, sahip olunan sağ ve sol görüntülerden kestirilebileceği gibi, uzaklık ölçen algılayıcılar sayesinde doğrudan da elde edilebilir. Video bilgisi, 3 renk kanallı arka arkaya sıralanmış film karelerinden oluşurken, derinlik bilgisi gri ölçekli, tek kanallı film karelerinden oluşmaktadır. Sistemimizde bu iki bilgi ayrı olarak ele alınır. Her biri kodlayıcıya ayrı olarak verilir ve mevcut en gelişmiş kodlama standardı olan H.264/AVC standardına uygun olarak kodlanırlar. Ağ üzerinde iletim RTP-UDP-IP paketleme yöntemiyle gerçekleştirilir ve DVB-H sarımalayıcısı ve çoklayıcısı yardımıyla yayına hazır hale gelen katarlar modülatörle havaya bırakılırlar. Alıcı, anten yardımıyla aldığı elektromanyetik dalgayı demodüle eder ve tekrar VD bilgilerini elde edecek şekilde üst katmanlara iletir.



Şekil 1: DVB-H Üzerinden Görüntü+Derinlik tabanlı 3B Yayın Sistemi

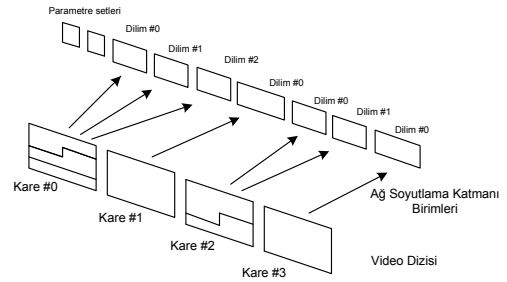
### 3. Hata Dayanıklılık Araçları

#### 3.1. Kare Dilimleme

Bu çalışmada, video kodlama katmanında uygulanabilen pek çok hataya dayanıklılık yöntemlerinden kare dilimlemenin (sabit boyda dilimleme), VD tabanlı 3 boyutlu görüntüleme sistemlerinin hata dayanıklılığına olan etkisi araştırılmıştır. H.264/AVC bit katarı Şekil 2 de görüleceği üzere ağ soyutlama katmanı birimlerinden (NALU) oluşur ve her bir NALU'nun içerisinde video kodlama katmanı bloğu (VCL) bulunur. VCL, içerisinde dizi parametre seti (SPS) veya resim parametre seti (PPS) ile ilgili bilgi bulunan küçük bir paket olabileceği gibi, doğrudan kodlanmış video bilgisi de içerebilir. H.264/AVC standardında her bir resim belirli sayıda ana blokdan (MacroBlock-MB) oluşur. Bir resime ait ana blokların tamamı birbirine bağlı olarak kodlanırsa bunlar tek bir NALU içerisinde paketlenir ve bir kare bir dilim olarak kodlanmış olur. Bundan başka, belirli sayıda MB'yi kendi arasında gruplayıp bunların birbirine bağlı kodlanması sağlanabilir. Bu durumda resmin diğer MB'leri ile bu grup birbirinden bağımsız olarak kodlanmış olur ve farklı paketler halinde iletilebilirler. İşte bu şekilde kodlanan kare ise birden çok dilimden oluşmuş olur. Her bir dilimin başında o dilimin içerdiği MB'lerin bilgisi bulunur ve kodçözücüde bu dilim, diğerlerinden bağımsız olarak kodçözülebilir. Bir karenin tamamı tek bir dilim halinde kodlandığında kodlama verimi en yüksek durumdadır ancak hata başarımı düşüktür. Diğer uçta her bir MB'nin bir dilim olarak kodlanması düşünebilir bu durumda ise hata başarımı artacağı halde kodlama verimi çok düşer. Birbiri ile ters orantılı bu iki etken göz önünde bulundurularak uygun dilim sayısı seçilebilir. Biz bu çalışmada dilim sayısı yerine, her bir dilimin ulaşabileceği azami boyutu seçerek değişik kodlama yöntemleri denedik. Bunlar bir kare bir dilim olarak kodlama, azami dilim boyutu 500, 750, 1000 ve 1300 bayt olarak kodlamadır.

#### 3.2. Önceden Hata Düzeltme

Önceden Hata Düzeltme, DVB-H standardında tanımlı olan Reed-Solomon (RS) blok kodları kullanılarak çerçeve tablonun doldurulmasıyla gerçekleştirilir. Çerçeve tablonun satır sayısı 256, 512, 768 veya 1024 olabiliyorken sütun sayısı ise azami 191 olabilmektedir. Tablonun satır sayısı belirlendikten sonra IP verileri her bir nokta bir bayt olacak şekilde düşey olarak yerleştirilir. Doldurulan sütun sayısı 191'den az olması durumunda hesaplama için boş kalan yerler 0 ile doldu-



Şekil 2: H.264 ile Dilimli Kodlama

rulur ancak bu 0'lar iletmezler. Daha sonra her biri 191 bayt içeren satırlar üzerinden en fazla 64 bayt olacak şekilde RS korumaları hesaplanır. Ardından uygulama verileri (IP) MPE kısımlarına, RS koruma verileri de MPE-FEC kısımlarına çevrilir ve iletim paketleri halinde sarmalanır. Alıcıda bu kodun çözülebilmesi için aynı çerçeve tablo yine oluşturulur. İletim paketlerinden oluşan kısımların doğru olup olmadığı sonlarına eklenen CRC (Cyclic Redundancy check - Döngüsel Artıklık Sağlama) ile denetlenir ve hatalı olanlar güvenilir olarak işaretlenir. Bu tür bir sistemde koruma oranı uygulama verilerinin toplam veriye olan oranı ile ifade edilir (Örnek durum: 191 sütun uygulama verisi, 64 sütun RS koruma verisi - koruma oranı 3/4). Bu çalışmada video ve derinlik ayrı birer katar olarak iletildiğinden her biri kendi çerçeve tablosuna sahiptir. Değişik koruma yöntemleri oluşturabilmek için öncelikle Eşit Koruma (EK) yöntemi tanımlanmıştır. Daha sonra derinlik bilgisine ait RS koruma sütunlarının bir kısmının videoya ait RS koruma sütunlarına eklenmesiyle Farklı Koruma (FK) yöntemleri oluşturulmuştur. Burada farklı koruma ile kastedilen açıkça videonun derinliğe kıyasla daha yüksek bir oranda korunması şeklindedir. EK video ve derinliğin (3/4) RS kod oranı ile korunma durumuyken; FK1 derinliğe ait RS sütunlarının 1/4'ünün, FK2 1/2'sinin, FK3 3/4'ünün ve FK4 tamamının videoya aktarılması durumlarıdır.

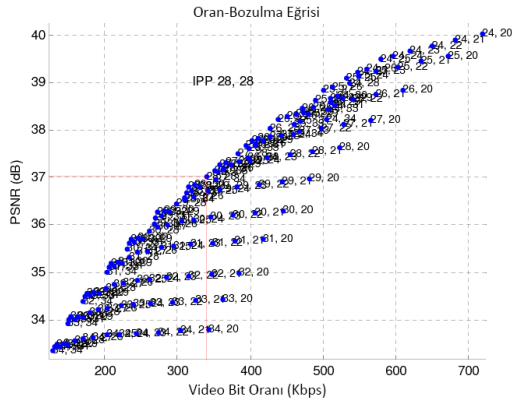
### 4. Deneysel Yöntem

Bu bölümde öncelikle, deneylerde kullandığımız bazı parametrelerin seçiminde kullanılan yöntemleri ve bunların seçilmesinin altında yatan nedenleri açıklayacağız. Takip eden

alt kısımlarda deneylerde kullanılacak olan videoların kodlanan videolar arasından seçilmesi, bant genişliği tahsis etme ve kanal benzetim çalışmaları olmak üzere sistemi oluşturan üç temel kısım ile ilgili detaylar verilecek. Son olarak çalışmada kullanılan değişkenler ve bunların alınan görüntünün niteliğine olan etkisi sunulacak.

#### 4.1. Kodlanan Videoların Seçilmesi

3 boyutlu videoların kalitesi mevcut görüntüler kullanılarak hesaplanan bir ölçükle ifade edilir. VD yönteminde video ve derinlik bilgileri kullanılarak ikinci bir görüntü oluşturulur. Elimizdeki görüntü sol görüntü diye kabul edersek oluşturulan bu yeni görüntü de sağ görüntü olur ve kalite bu iki görüntü kullanılarak hesaplanır. Video ve derinliğin kodlanmasında kullanılan niceliklendirme katsayılarına bağlı olarak, oluşan 3 boyutlu görüntünün kalitesi değişir. Belirli bir bit oranı değerinde elde edilebilecek en yüksek 3 boyutlu görüntü kalitesine ulaşılabilmesi için, derinlik ve video arasındaki en uygun bit oranı dağılımı bulunmalıdır. Bu amaçla deneylerimizde kullandığımız video ve derinlik bilgilerini kodlarken kullanılan niceliklendirme katsayılarını değiştirerek oran-bozulma eğrilerini elde ettik. Bunun bir örneği Şekil 3 görülebilir. Böylece çalışmak istediğimiz hedef video bit oranına karşılık gelen noktalar arasından en yüksek kaliteye sahip olan video, deneylerde kullanılmak üzere seçildi.



Şekil 3: Rhine Valley Moving video dizisi için Oran-Bozulum Eğrisi - 300Kbps

#### 4.2. Bant Genişliği Tahsis Etme

DVB-H tabanlı yayın sistemlerinde birden fazla iletim katarını çoklama işi, durağan veya devingen olarak gerçekleştirilebilir. Durağan çoklamada her bir katarla önceden belirlenen süreler atanır ve bu sürenin başlangıç ve bitişi herkes tarafından bilinir. Devingen çoklamada ise atanan süreler, katarların çoklama sırasındaki durumuna göre önceden belirlenen bir algoritma yardımıyla atanır ve dolayısıyla değişken bir yapıya sahiptir. Bu çalışmada durağan çoklama yöntemini kullandık. DVB-H tabanlı yayın sistemlerinde, alıcı cihazdaki güç tüketimini azaltmak amacıyla her bir yayıncıya ait katarlar kesikli olarak iletilirler. Herhangi bir katarın bir sonraki iletiminin ne zaman başlayacağını mevcut olan iletimde işaret edilerek bildirilir. Buna göre herhangi bir katarı dinleyen alıcı mevcut iletimi

aldıktan sonra, bir sonraki iletimin başlangıcına göre dinleme işlemine ara verir ve bu sayede güç tüketiminden tasarruf etmiş olur. Sistemimizde 3 boyutlu görüntü yayını geri uyumlu bir şekilde gerçekleştirmek için, video ve derinlik bilgilerini ayrı iki katar şeklinde iletiyoruz. 3 boyutlu görüntü teknolojisine sahip bir kullanıcı her iki bilgiyi de alırken, 2 boyutlu görüntü izleyebilen alıcı sadece video bilgisi alıyor. Video ve derinlik bilgilerinin birer katar halinde iletilmesi sırasında her birine atanacak olan iletim süresine karar verebilmek için videonun özelliklerinden faydalanıyoruz. Bunun için her bir iletimde bir resim grubunda (group of pictures - GOP) bulunan karelerinin tam katı olacak sayıda kare iletiyoruz. Bu da gönderilen videonun aşağı yukarı sabit bir miktar olmasını sağlıyor. Gönderilen bilgi miktarı video ve derinlik bilgisinin iletimi için ayrılan süreye karşılık gelen bilgi miktarından az olması halinde kalan kısım koruma bilgisi ile dolduruluyor.

#### 4.3. Kanal Benzetimi

Bu çalışmada, fiziksel katmanda gerçekleşen operasyonlar ve iletim sırasındaki hatalar, DVB-H fiziksel katman modelleme aracı kullanılarak taklit edilmiştir [9]. DVB-H tabanlı sistemlerde RF başarımı ve iletim bit oranı çeşitli parametrelere bağlıdır. Çalışmamızda fiziksel katman parametreleri 16QAM, 8K, GI 1/4, CR 2/3 şeklinde seçilmiştir. Kablosuz iletimin gerçekleştiği kanal modeli olarak 6 ayaklı tipik kentsel (Typical Urban 6 taps) filtre modeli kullanılmıştır. Alıcının hareketli olması durumu azami 24Hz Doppler frekans kayması ile modellenmiştir. Kanalın değişik durumlarını modellemek için kullanılacak ölççeklerden biri o anki sinyal gürültü oranıdır (Signal-Noise-Ratio, SNR). Ancak, herhangi bir SNR değeri alındığında bu değer pek çok paket kayıp oranı bulunabildiğinden, her bir SNR değerinde kanalda bulunan TS (Transport Stream - İletim Katarı) paket kayıp oranlarını çıkarıp sonuçları paket kayıp oran aralıkları halinde sunuyoruz. TS Paket kayıp oranı hatalı paketlerin toplam paketlere oranı şeklinde tanımlanmıştır.

$$TS\ PKO = \frac{\# \text{ hatalı } TS \text{ paketleri}}{\# \text{ toplam } TS \text{ packets}}$$

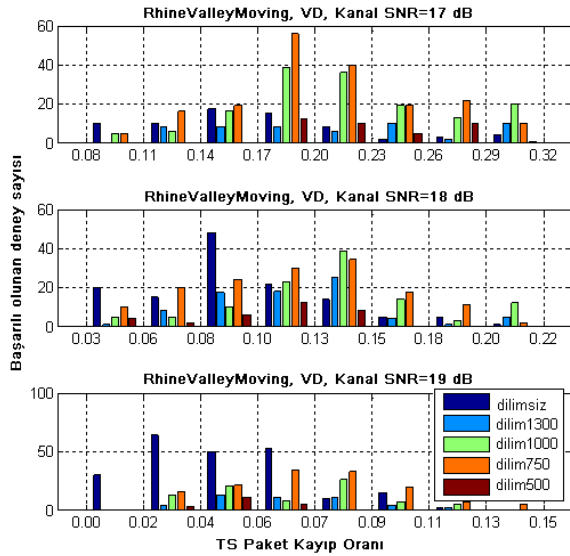
#### 4.4. Deney Değişkenleri

Deneylerdeki amacımız, VD yöntemi için uygun dilim boyutunu ve koruma yöntemini bulunmasıdır. Her bir karenin bir dilim olarak kodlanmasının yanı sıra sabit 500, 750, 1000 ve 1300 bayttan oluşan dilimler şeklinde kodlama kullanıldı. Koruma yöntemleri olarak da video ve derinlik bilgisinin eşit oranlarda korunduğu Eşit Koruma (EK) yöntemi ve videonun daha iyi korunduğu farklı oranlar içeren 4 ayrı Farklı Koruma (FK) yöntemi kullanıldı. Deneylerimizi stereo film karelerinden oluşan 432x240 çözünürlüğe, saniyede 12.5 kare hıza sahip olan 1 dakika uzunluktaki Rhine Valley Moving isimli video ile yaptık. Kanalın 17,18 ve 19 dB SNR durumları için benzetimi yapıldı. Her bir kanal SNR değeri için, deneyler 100 kez tekrarlandı.

## 5. Sonuçlar

Şekil 4'de, yatay eksen TS paket kayıp oranını, dikey eksen ise her bir yöntemin bu hata oranında yapılan 100 deneyin kaçında başarılı olduğunu göstermektedir. Sonuçlara

baktığımızda kanal SNR'ı 17 dB iken dilimli kodlamanın dilimsiz kodlamaya üstünlük sağladığını görüyoruz. Bu sonuç bir karenin içindeki her bir dilimin bağımsız kodlanmasından kaynaklanıyor. Dilimlerden birinin kaybolması karenin bir kısmını hatalı yaparken, kaybolmadan alınan kısımları kullanılabilir. Aynı hata durumunda dilimsiz kodlanmış karenin tamamı kaybedilmiş oluyor. Bu örnekte dilim boylarından 750 baytlık olanın en iyi olduğunu görüyoruz. Bu sonuç videonun içeriğine ve seçilen video bit oranına bağlı olarak oluşmuştur. Yine beklendiği gibi hata oranı azaldıkça dilimsiz kodlamanın daha iyi sonuç verdiğini görüyoruz. Bu da kodlama veriminin bu yöntemde daha iyi olmasından dolayı kodlanan videonun niceliğinin hata yokken dilimsiz videoda daha yüksek olmasından kaynaklanıyor. Ancak burada dilimli ve dilimsiz kodlanan videolar arasındaki fark oldukça küçük. Koruma yöntemlerine baktığımızda ise Şekil 5 eşit koruma (EK) yönteminin farklı koruma yöntemlerine üstünlük sağladığını görüyoruz. Ancak farklı koruma yöntemleri ile arasındaki fark oldukça az. Deneyler sonucunda koruma yöntemleri arasında bir karşılaştırma yapmak mümkün görünmüyor.



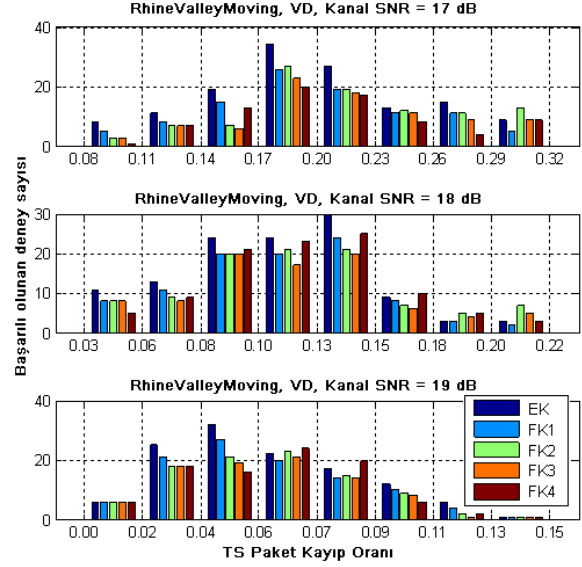
Şekil 4: Dilim Boyları Karşılaştırma, 17-19 dB

## 6. Sonsöz

Bu çalışmada dilimli kodlamanın ve değişik koruma yöntemlerinin VD tabanlı 3 boyutlu video iletiminde hata dayanıklılığına etkisi araştırılmıştır. Dilimli kodlamanın hata oranının yüksek olduğu durumlarda avantaj sağladığı gözlemlenmiştir. Koruma yöntemleri arasında eşit koruma (EK) yönteminin denenilen yöntemler arasında hataya karşı daha dayanıklı seçenek olduğu görülmüştür ancak farklı koruma yöntemlerinin daha etkin biçimde uygulanmasının araştırılması gerekli görülmüştür.

## 7. Teşekkür

Bu çalışma Avrupa Komisyonu'nun 7. Çerçeve Programı dahilindeki 216503 nolu Mobile3DTV projesi tarafından



Şekil 5: Koruma Yöntemleri Karşılaştırma, 17-19 dB

desteklenmiştir. Yazarlardan M.O. Bici kısmi olarak TÜBİTAK tarafından desteklenmektedir. Testlerde kullanılan video <http://www.3dtv.at> sitesinden alınmıştır.

## 8. Kaynakça

- [1] B. Furht and S. Ahson, *Handbook of Mobile Broadcasting: DVB-H, DMB, ISDB-T, AND MEDIAFLO*, Auerbach Publications, 2008.
- [2] S. Cho, N. Hur, J. Kim, K. Yun, and S.I. Lee, "Carriage of 3D Audio-Visual Services by T-DMB," *Electronics and Telecommunications Research Institute, Republic of Korea, in Proc ICME*, 2006.
- [3] "3DPhone Project - <http://www.3dphone.org/>," .
- [4] "MOBILE3DTV - Content Delivery Optimization over DVB-H System Project - <http://sp.cs.tut.fi/mobile3dtv/>," .
- [5] G. Faria, J.A. Henriksson, E. Stare, and P. Talmola, "DVB-H: Digital Broadcast Services to Handheld Devices," *Proceedings of the IEEE*, vol. 94, 2006.
- [6] M.M. Hannuksela, V.K.M. Vadakital, and S. Jumisko-Pyykkö, "Comparison of Error Protection Methods for Audio-Video Broadcast over DVB-H," *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2007.
- [7] D. Gómez-Barquero and A. Bria, "Application Layer FEC for Improved Mobile Reception of DVB-H Streaming Services," in *Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference, Fall, Montreal, Canada*, 2006.
- [8] A. Aksay, M.O. Bici, D. Bugdayci, A. Tikänmaki, A. Gotchev, and G.B. Akar, "A Study on the Effect of MPE-FEC for 3D Video Broadcasting over DVB-H," in *Mobimedia'09: Proceedings of ICST Mobile Multimedia Communications Conference*, 2009.
- [9] M. Oksanen, A. Tikänmaki, A. Gotchev, and I. Defee, "Delivery of 3D Video over DVB-H: Building the Channel," *NEM Summit*, 2008.