

2.4 GHz WIFI ANTEN ve KABLO TV BİRLEŞTİRİCİ GERÇEKLEŞTİRİMİ ve UYGULMAYA YÖNELİK ÖNERİLER

Projeyi Yapan: Ercan Kaymaksüt
Proje Yöneticisi: Dr. Bülent Yağcı

Projenin Amacı

Bu projede kablosuz modemlerin kapsama alanını genişletmek amacıyla ev veya küçük ofis kullanıcıları için bir çözüm yolu önerilmiştir. Kablosuz kapsama alanına alınacak noktalar arasında kablolu TV kablosu olduğu varsayımıyla bu kablo hem Kablo TV hem de WIFI işaretini iletmekte kullanılacaktır. Bu sayede var olan kablo TV altyapısı daha verimli kullanılmış olacaktır.

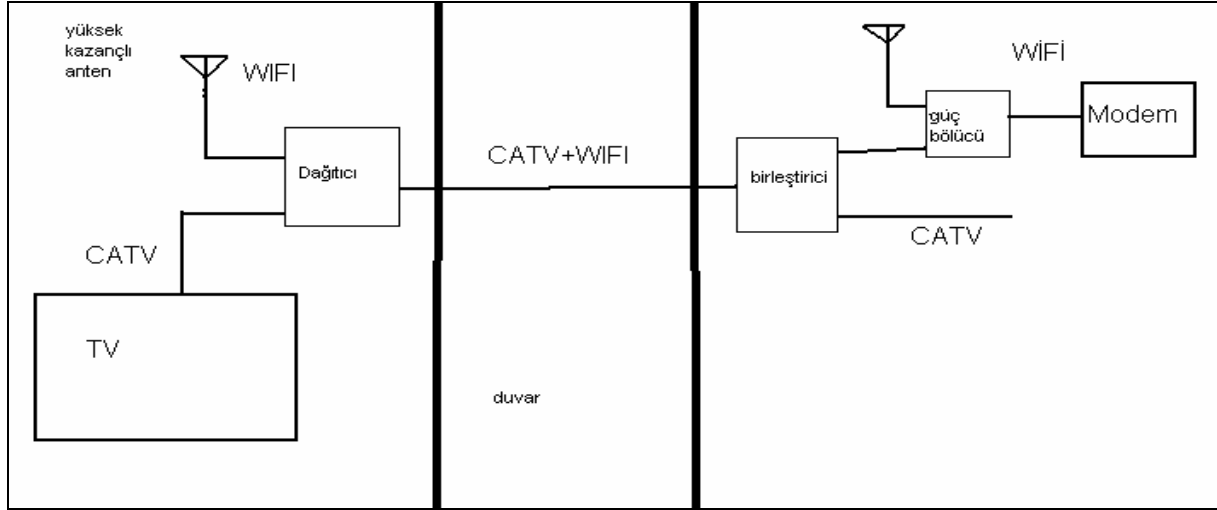
Projenin Tanıtımı

Günümüzde internete erişmek için kablosuz yöntemler gittikçe yaygınlaşmaktadır. Kablosuz modemlerin ekonomik hale gelmesi bu süreci hızlandırmıştır. Kablosuz modemler kablosuz kullanıcılar için 2.4-2.5GHz frekans bandında yüksek hızlı (54 Mbps) internet erişimi sağlamaktadır. Kullanıcılar bu frekansa uygun bir alıcı yapısıyla işareti almaktadır.

Kablosuz internet erişiminin en önemli sorunlarından biri, bir modem ile kapsanabilecek alanının dar olmasıdır. Bunun temel sebebi, bu frekans bandındaki işaretlerin duvar, kapı, vb. engelleri geçerken yansımaları ve(ya) önemli oranda zayıflamalarıdır. Bu da kablosuz modemin anteni ile arasında bir veya birkaç duvar bulunan noktaların kablosuz kapsama alanı dışında kalmasını sağlar. Bu projede bu soruna daha önce ele alınmamış bir çözüm yolu önerilmiş ve önerilen çözüm yoluna ilişkin gerekli bazı devre yapıları tasarlanmış, gerçekleştirilmiş ve test edilmiştir.

Önerilen çözüm yolu temel olarak kablosuz erişim noktasının anten çıkışını ikiye bölerek iki farklı noktadan yayın yapılması yolu ile kapsama alanının genişletilmesidir. Antenlerden biri kablosuz modemin bulunduğu alana yayın yaparken diğeri bu anten ile arasında duvar vb. engel bulunan bir başka alana yayın yapacaktır. Modeme uzakta olan antene işaretin kablo ile ulaştırılması gerektiği açıktır. Bu işlem için ek bir kablo kullanılması, yapılan işi kısmen anlamsız kılmaktadır. Bu sebeple bu iki nokta arasında kablolu TV kablosu var olduğu düşünülerek bu iki nokta birbirine bu kablo üzerinden bağlanacaktır.

Bu proje kapsamında aynı kablo üzerinden hem kablolu TV işareti hem de kablosuz internet işareti(WIFI) taşınması gerektiğinden bir birleştirici tasarlanması gerektiği açıktır. Birleştirici tasarımı sistemin temelini oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra yüksek kazançlı mikroserit yama anten de tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir ayrıca güç bölücü tasarımına ilişkin bilgi verilmiştir.



Şekil-1 Projenin Şematik Gösterimi

Projenin şematik gösterimi şekil-1 de verilmiştir. Telefon kablosu ile gelen ADSL işareti kablosuz modemde yüksek frekanslı WIFI işaretine dönüştürülerek kablosuz kullanıcılar için internet hizmeti sağlar. Bu WIFI işaretinin iki yönlü olduğuna dikkat edilmelidir. Kablosuz modemler, açık alanlarda buldukları noktanın çevresinde 100-200 m lik bir kapsama alanı oluştururlar fakat bina içerisinde kapı, duvar, vb. engeller işaretin zayıflamasına ve yansımaya sebep oldukları için kapsama alanı önemli ölçüde daralır. Neredeyse kapsama alanı bu engeller ile belirlenir. Binanın özelliklerine bağlı olarak birkaç duvar ötedeki noktalar bu modemın kablosuz kapsama alanı dışında kalır. Kablosuz modemın çıkış gücü üst sınırı yasalarla belirlenmiş olduğundan kablosuz kapsama alanının genişletilmesi için bir başka noktadan daha yayın yapılması gerektiği açıktır. Şuanda kullanılan yöntemler bu yayını bir başka kablosuz modem kullanarak yapmaktadır. İki kablosuz modem kendi aralarında ethernet kablosu kullanarak haberleşebilecekleri gibi kablosuz olarak da haberleşebilirler.

Bu projede sunulan yöntemde ise iki tane kablosuz modem kullanmak yerine bir kablosuz modeme iki tane anten takılıp iki farklı noktadan aynı modeme ait WIFI işaretinin yayınlanması önerilmiştir. Bu noktalardan biri modemın bulunduğu nokta diğeri ise kapsama alanına alınacak daha uzaktaki bir noktadır. Yüksek frekanslı WIFI işaretinin modemden yayın yapılacak diğeri noktaya taşınması gerektiği açıktır. Yüksek frekanslı işaretlerin taşınması düşük frekanslı işaretlere göre çok daha maliyetlidir. Fiber optik kablo kullanılmayacak böylesine kısa mesafeli uygulamalarda kuaksiyel kablo tek çözümdür. Kuaksiyel kablo da hem pahalıdır hem de işaretin önemli oranda zayıflamasına sebep olur. Uygulama, bu önemli kısıtlamalar dikkate alınarak ve gerçekleştirilebilir bir şekilde tasarlanacaktır.

Uygulama basitçe şu şekilde anlatılabilir:

Modemin anten çıkışındaki işaret güç bölücü kullanılarak ikiye bölünür. Güç bölücünün çıkışlarından birine anten bağlanarak işaretin yarısının modemın bulunduğu noktadan havaya yayın yapılması sağlanır.

İşaretin diğeri yarısı ise kabloyla başka bir noktaya taşınacak ve ucuna anten bağlanarak o noktadan da havaya yayın yapılması sağlanacaktır. Bu iş için ek bir kablo kullanılması yapılan işi anlamsız hale getirmektedir. Kablonun kendi maliyetinin yanı sıra kurulum külfeti de düşünüldüğünde bu uygulama uygulanabilir olmamaktadır. Bu sebeple işaretin taşınacağı iki nokta arasında kablo TV(CATV) kablosu var olduğu düşünülerek WIFI işareti de bu kablo ile taşınacaktır. Bunun için bir birleştirici yardımıyla kablo TV işareti ile WIFI işareti aynı kabloya aktarılmalıdır. İşaretin ulaşacağı noktada da bir dağıtıcı kullanılarak kablo TV işareti

ile WIFI işareti birbirinden ayrılacaktır. Kablo TV işareti televizyona WIFI işareti ise anten yardımıyla havaya verilebilir.

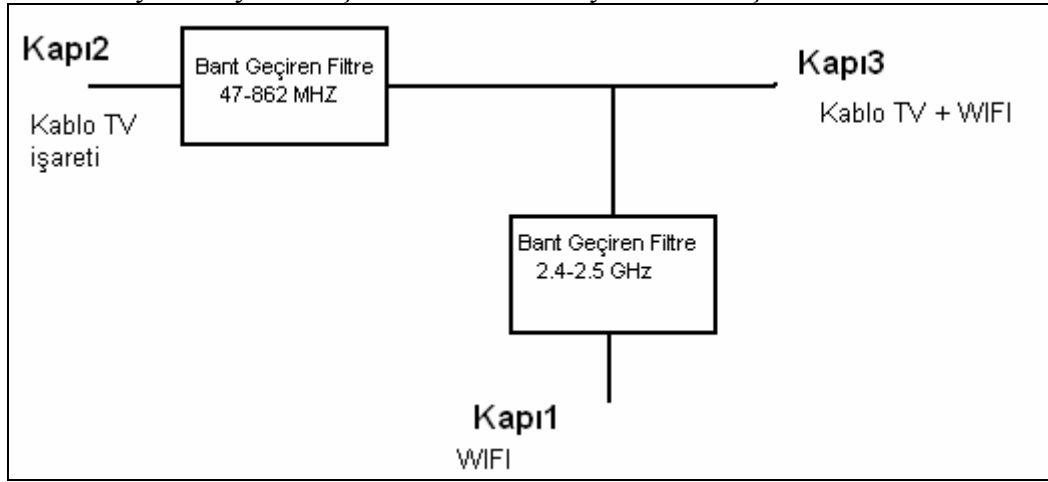
Bu proje kapsamında birleştirici(pasif yapıda olduğu için aynı zamanda dağıtıcı olarak kullanılabilir.) , güç bölücü ve yüksek kazançlı (yönlü) mikroşerit yama anten tasarlanmıştır. Bu tasarımlar kısaca anlatılacak ve test sonuçları verilecektir.

Birleştirici:

Projenin temelini birleştirici tasarımı oluşturmaktadır. Mikrodalga birleştiriciler farklı frekans bandındaki iki işareti aynı iletim hattında birleştiren basit mikrodalga devreleridir.

Kablo TV işareti 47-862 MHz, WIFI işareti ise 2.4-2.5 GHz frekans bandındadır.

Bu işaretlerin frekans spektrumunda birbirinden bir hayli uzakta olduğu görülmektedir. Bu sebeple filtreler yardımıyla birleştirici tasarlanması yolu izlenmiştir.



Şekil-2 Birleştiricinin genel yapısı

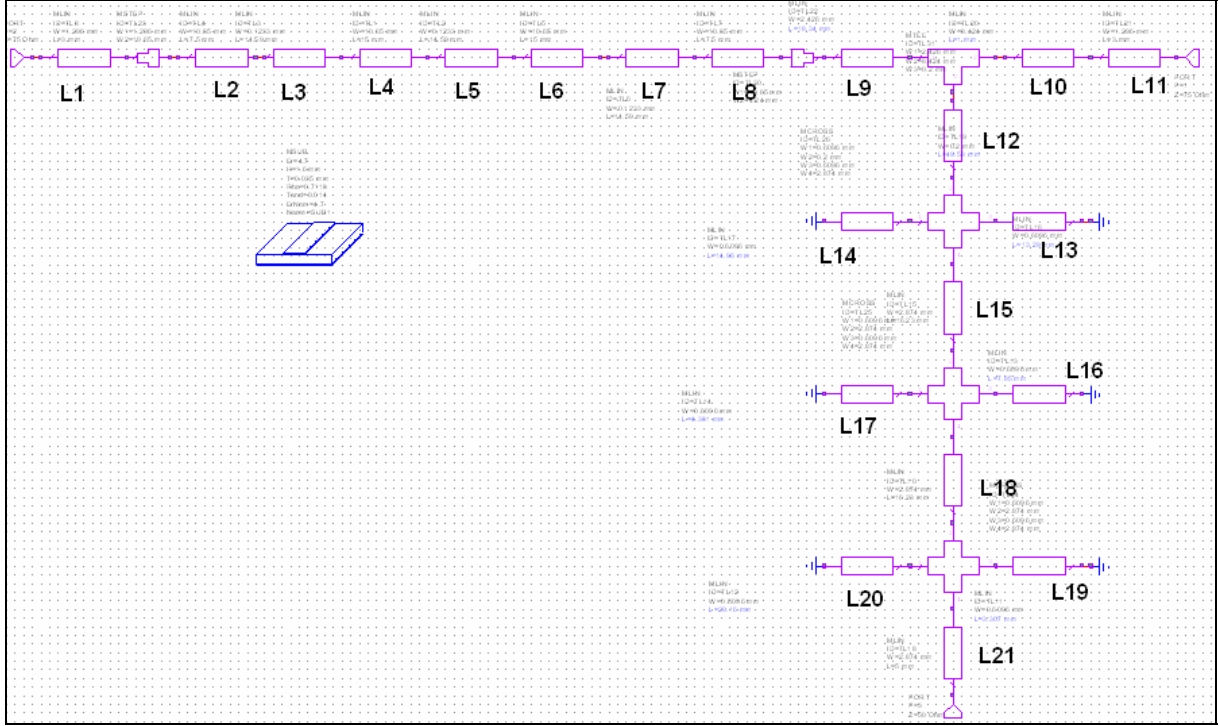
Birleştiriciden istenen özellikler şunlardır:

- Kapı1 ve Kapı2 gelen gücün tamamı Kapı3'e aktarılmalıdır.
- Kapı3'den gelen işaret kablolu TV işareti ise gücün tamamı Kapı2'ye WIFI işareti ise gücün tamamı Kapı1'e aktarılmalıdır.
- Kapı1'den gelen işaret Kapı2'ye aktarılmamalıdır.
- Kapı2'den gelen işaret Kapı1'e aktarılmamalıdır.

Bu amaçla öncelikle filtreler tasarlanmış daha sonra filtrelerin birleştirilmesi sırasında her üç kapı için de empedans uygunluğu sağlanmıştır. Tasarım "AWR (Microwave Office)" benzetim programı ile yapılmıştır. Devre 1.6 mm kalınlığında FR4($\epsilon_r=4.7$, $\text{loss tangent}=0.014$) üzerinde tasarlanmıştır

Gerekli iki filtrenin ve empedans ayduruçularının tasarım ayrıntıları anlatılmayacak sadece tasarımın simülasyon ve test sonuçları verilecektir.

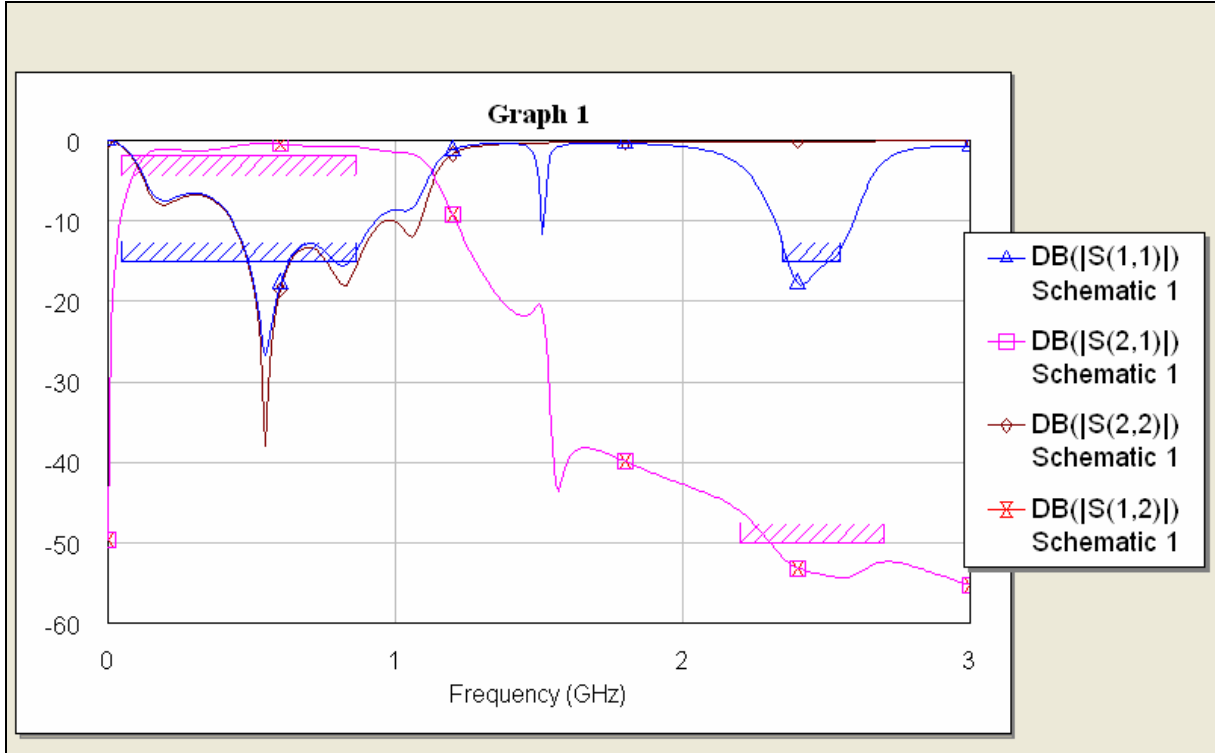
Birleştiricinin belirtilen tasarım ortamındaki görünüşü şekil-3 deki gibidir. Mikroşerit hat elemanlarının uzunluk, genişlik ve karakteristik empedansları ise tablo-1 de verilmiştir. Birleştiricinin benzetim sonuçları ise şekil-4 ve şekil-5'de verilmiştir.



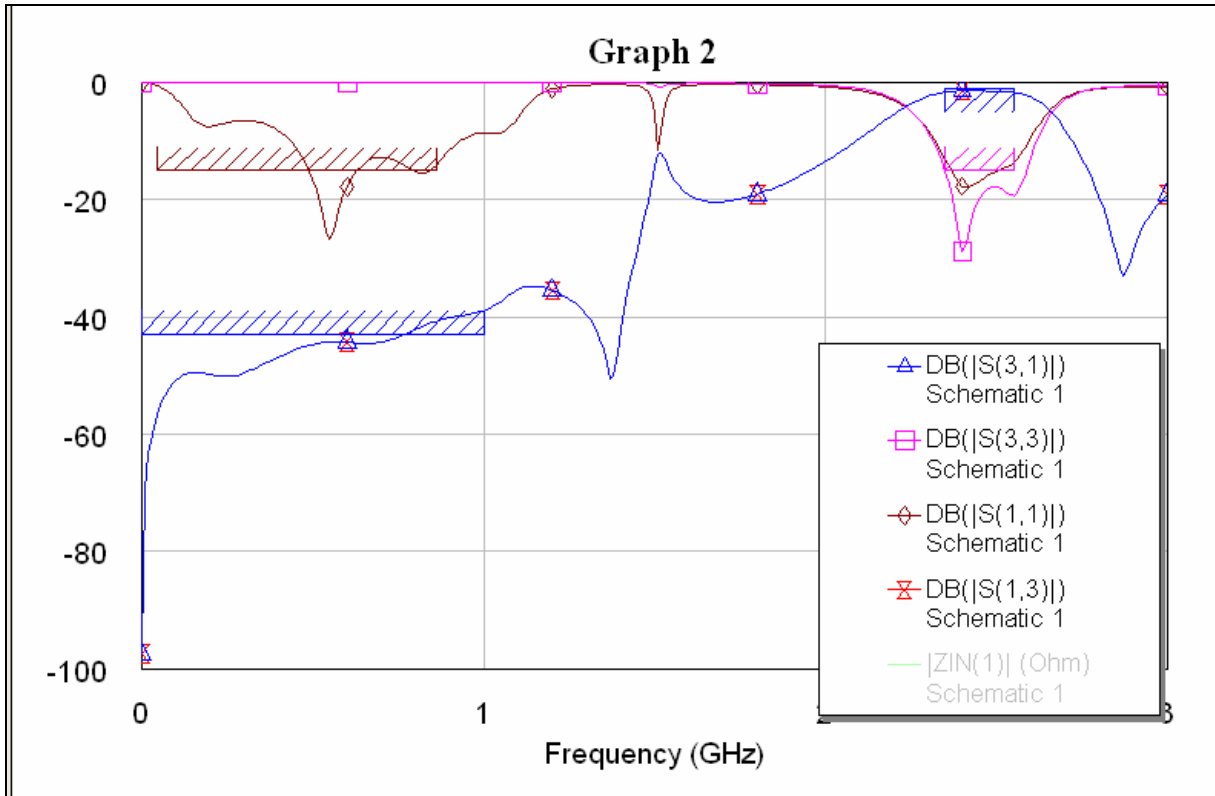
Şekil-3 Birleştiricinin Benzetim ortamındaki görünüşü

isim	uzunluk(mm)	genişlik(mm)	Karakteristik empedans(ohm)
L1	3	1.2963	75
L2	7.5	10.6516	20
L3	14.58894958	0.123331	150
L4	15	10.6516	20
L5	14.58894958	0.123331	150
L6	15	10.6516	20
L7	14.58894958	0.123331	150
L8	7.5	10.6516	20
L9	18.343377	2.425718	55.05
L10	1.000390	8.4237633	24.1
L11	3	1.2963	75
L12	49.58128982	0.2000114	135
L13	7.850210546	0.609635	100
L14	4.380908872	0.609635	100
L15	16.234	2.87405	50
L16	7.850210546	0.609635	100
L17	4.380908872	0.609635	100
L18	16.234	2.87405	50
L19	3.30698231	0.609635	100
L20	29.16124220	0.609635	100
L21	5	2.87405	50

Tablo-1 Birleştiricinin Eleman değerleri



Şekil-4 Birleştirici Kapı2(CATV)- Kapı3(birleşmiş işaret) grafiği

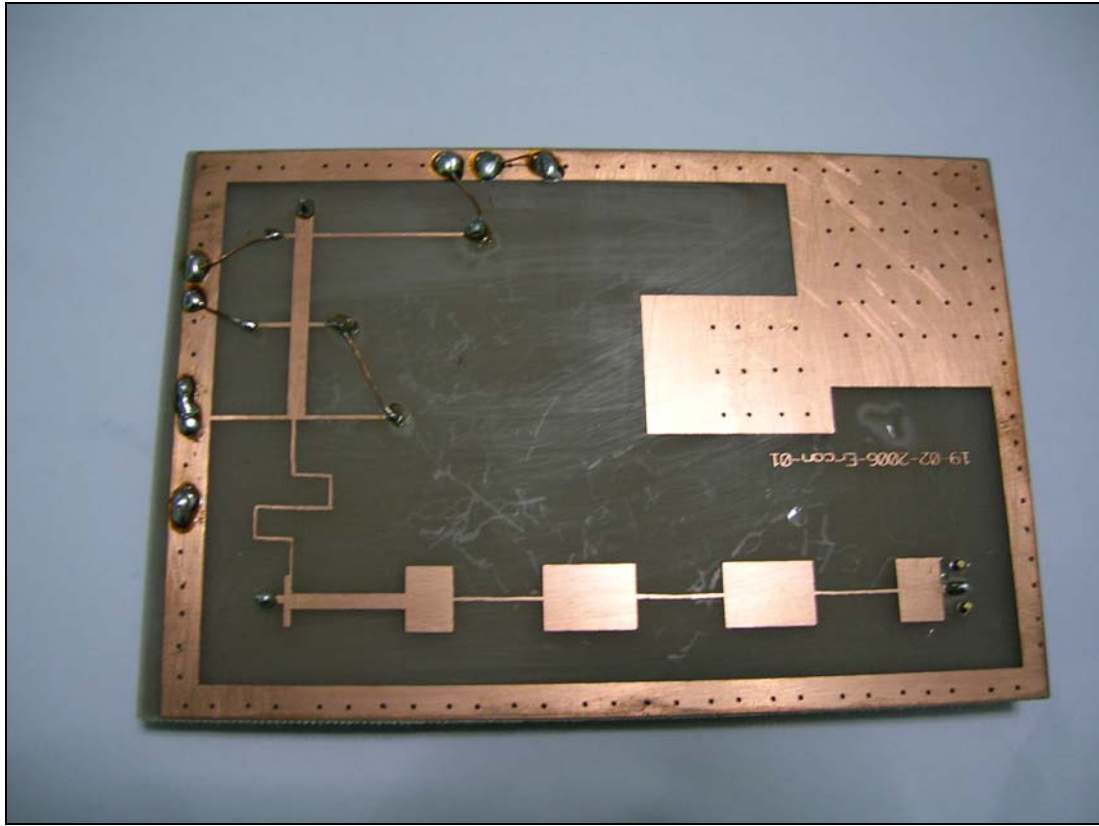


Şekil-5 Birleştirici Kapı1(WIFI)-Kapı3 grafiği

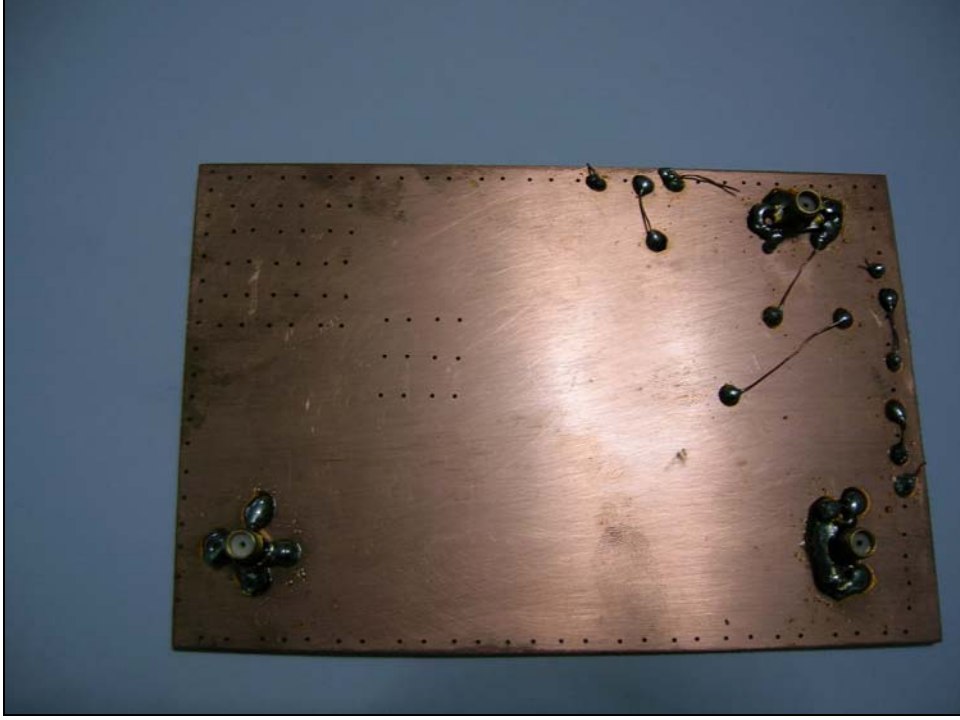
Belirtilen tasarım programıyla devrenin s parametreleri cinsinden frekans cevabı grafiği çizdirilmiştir. Şekil-4 de görüldüğü gibi Kablo TV kapısında giriş yansıma(şekil-4 S22) 47-862 MHz lik istenen frekans bandında genel olarak -10 dB'in altındadır. Bu da bize bu frekansda kablo TV çıkışına gelen işaretin geri dönmediğini gösteriyor. Aynı şekilde birleşmiş işaret kapısı(şekil-4 S11) için ise hem 47-862MHz hem de 2.4-2.5 GHz bandında giriş yansıma katsayısı genel olarak -10dB'nin altındadır. Kablo TV kapısından aktarılan gücün çıkış kapısına aktarılma grafiğine(Şekil-4 S21) bakıldığında Kablo TV işareti frekans bandında(47-862MHz) 1dB den daha düşük bir kayıp söz konusu iken 2.4 GHz'e gelindiğinde 45 dB lik bir yalıtım sağlanmıştır.

Aynı inceleme şekil-5 de verilen grafik için yapıldığında WIFI kapısında 2.4-2.5 GHz bandında güç aktarımı olduğu ve kablo TV frekansına gelindiğinde 40dB lik bir yalıtım sağlandığı görülür.

Devre daha tasarlandığı koşullarda yani 1.6mm kalınlığında FR4(Er=4.7) üzerine bastırılmıştır. Devrenin üstten görünüşü şekil-6'da; alttan görünüşü şekil-7'de verilmiştir.

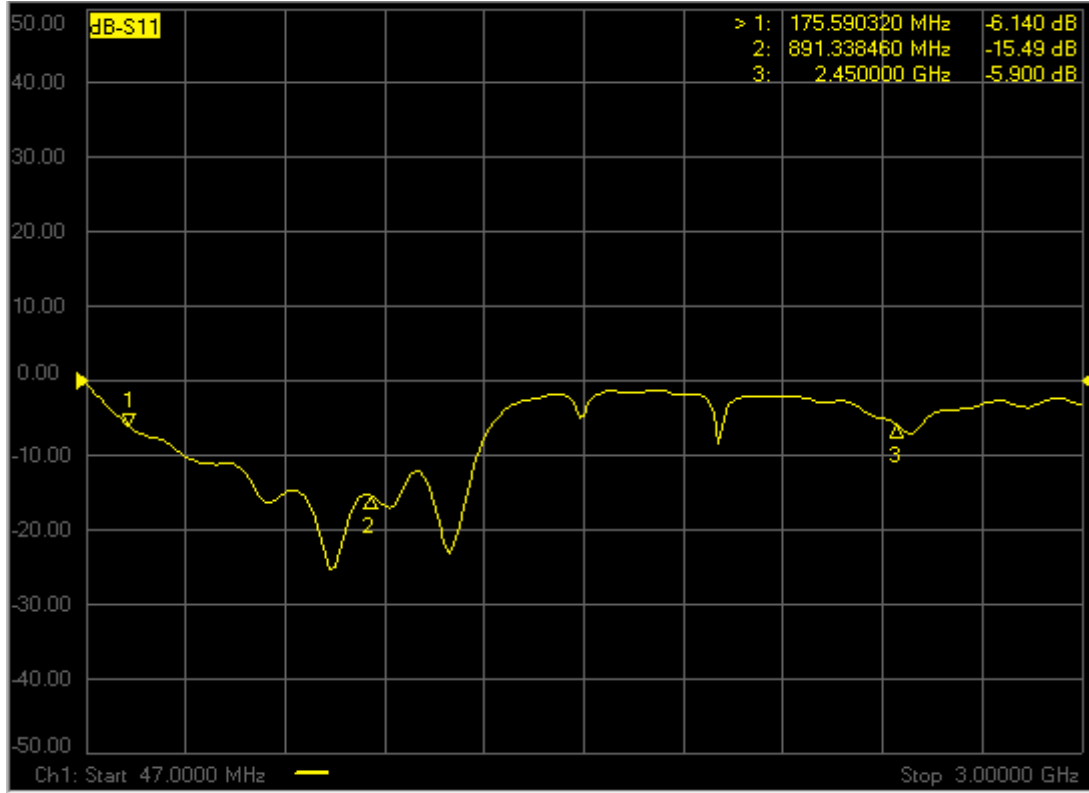


Şekil-6 Birleştiricinin üstten görünüşü

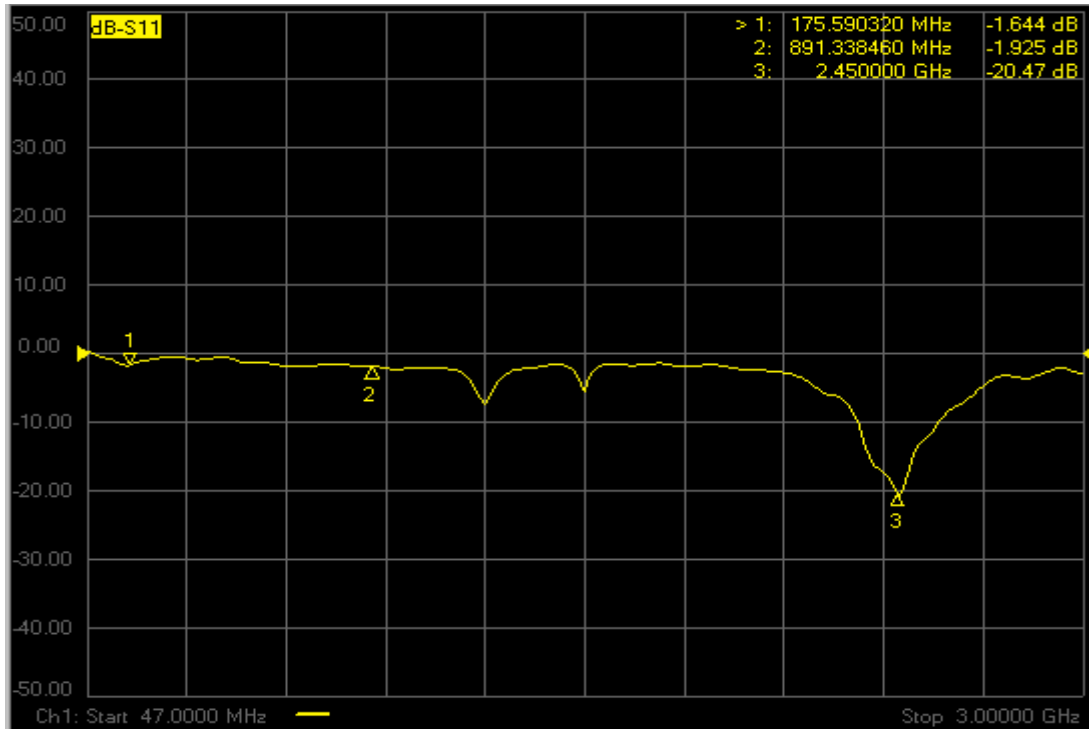


Şekil-7 Birleştiricinin alttan görünüşü

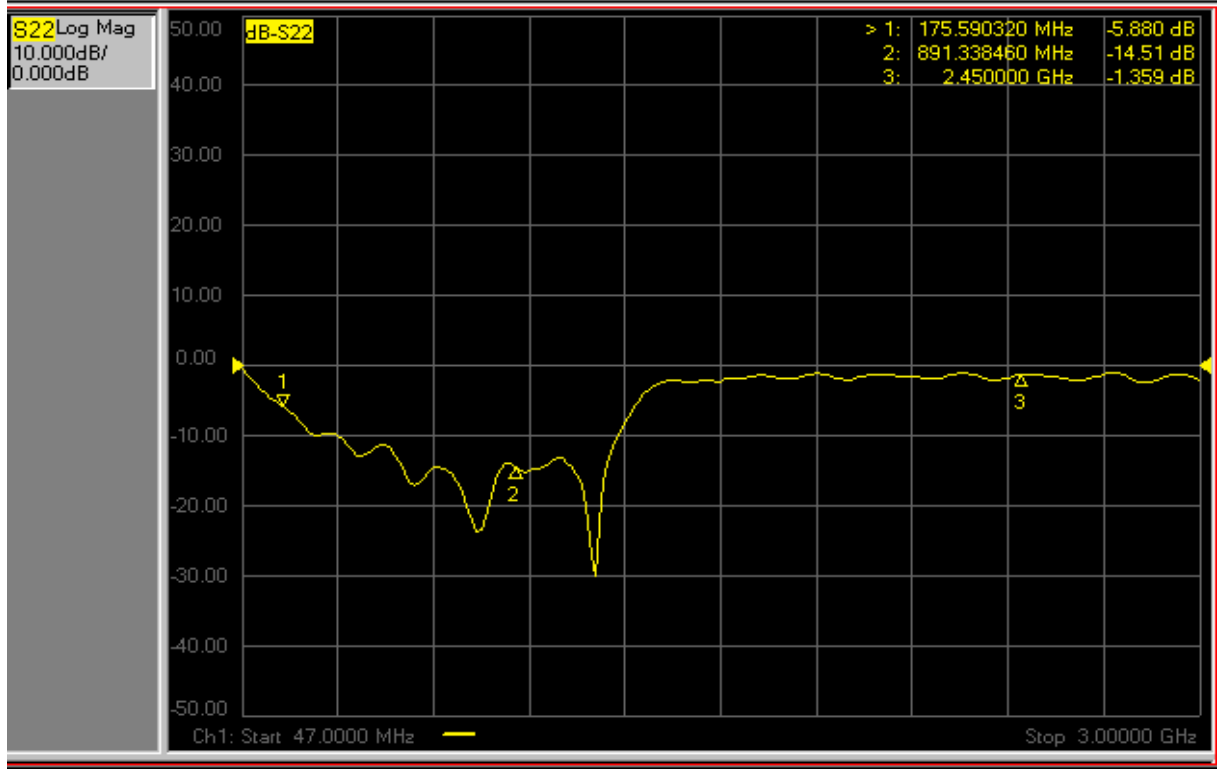
Devre Network Analizörde test edilmiştir. Basım tekniğinin iyi olmaması sebebiyle özellikle geçirme bandı kayıpları benzetimden bir hayli fazladır. Test sonuçları şekil-8, şekil-9, şekil-10, şekil-11, şekil-12 ve şekil-13’de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi her üç kapı için de giriş yansıma katsayıları benzetim sonuçlarının neredeyse aynısıdır. Kablo TV kapısının WIFI frekansında sağladığı yalıtım şekil-12’den yaklaşık 42dB olarak görülür. WIFI kapısının kablo TV frekansındaki yalıtımı ise şekil-13 den yaklaşık 38 dB olarak görülür. geçirme bandı kayıpları ise kablo TV için şekil-12’den 1.5dB, WIFI için şekil-13’den yaklaşık 3 dB olarak görülür.



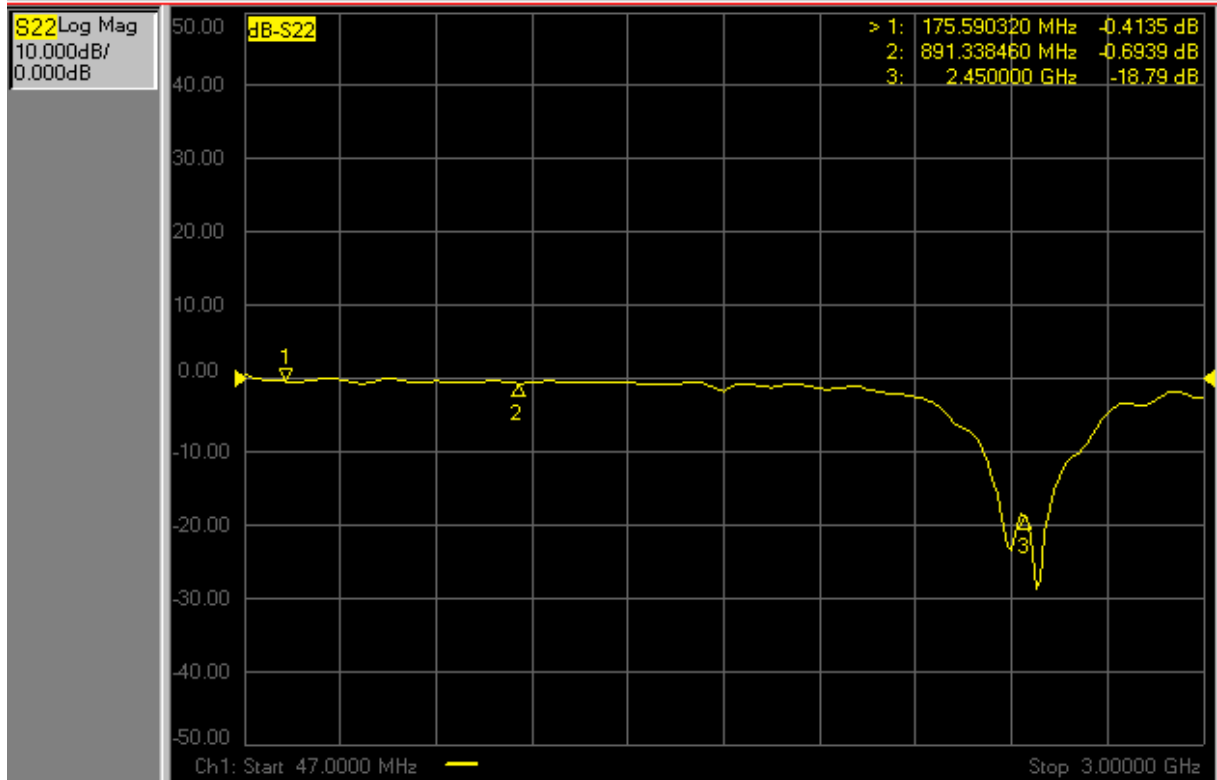
Şekil-8 CATV çıkışı uygun sonlandırıldığında giriş yansımama



Şekil-9 WIFI çıkışı uygun sonlandırıldığında giriş yansımama



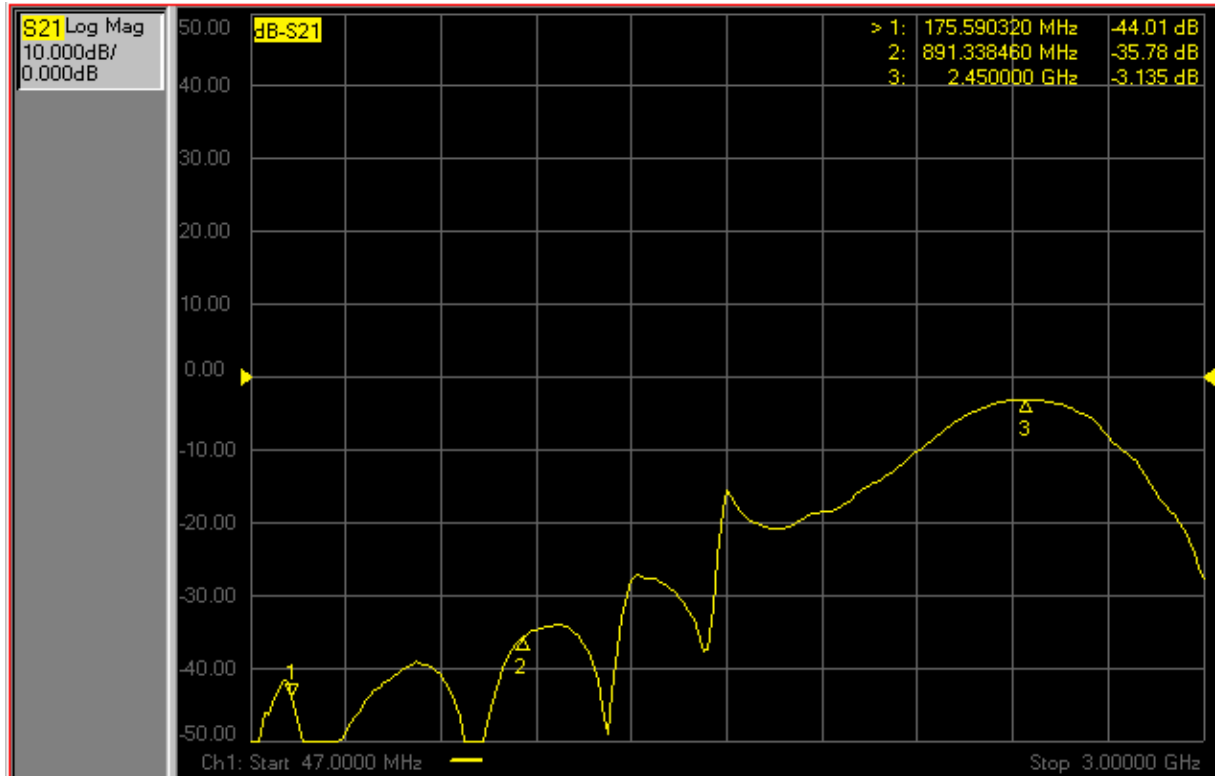
Şekil 10 CATV çıkışı giriş yansımaya



Şekil-11 WIFI çıkışı giriş yansımaya



Şekil-12 Girişten CATV çıkışına aktarılan güç



Şekil-13 Girişten WIFI çıkışına aktarılan güç

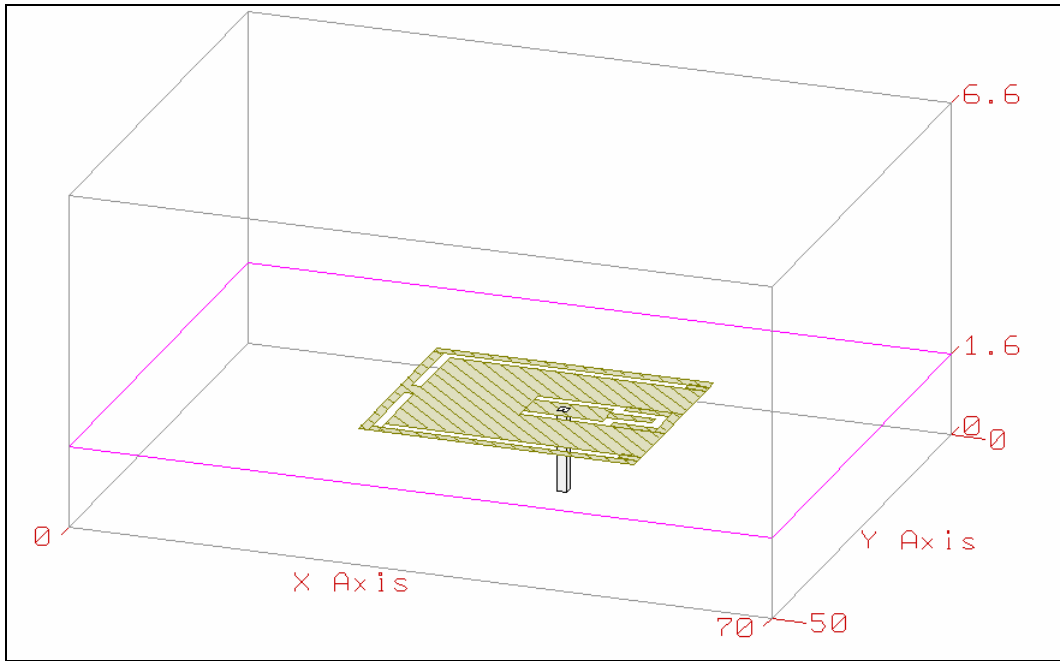
Mikroşerit Yama Anten Tasarımı

Bu proje kapsamında tek bir modemden iki farklı noktadan yayın yapılacağı için ek bir antene ihtiyaç duyulmaktadır. Modemden uzakta olacak bu antenin -yol boyunca oluşacak kayıpları da göz önünde tutularak- yönlü olması istenir. Anten bir duvara monte edilecek ve duvardan tarafa işaret göndermeyerek sadece diğer tarafa ışın yaparak yönlendirilmeden dolayı bir kazanç sağlayacaktır. Bu şekilde 80 derecelik bir ışınma açısında 6.5 dBi kazanç sağlayan yüksek kazançlı mikroşerit yama anten tasarlanmıştır. Antenin fabrikasyona uygun ve düşük maliyetli olması istendiğinden “U yarıklı mikroşerit yama anten” yapısı seçilmiş ve uygulamaya uygun olacak şekilde geliştirilmiştir. Antende hava tabakası veya kalın dielektrik malzeme kullanılmaması maliyeti önemli oranda düşürmüştür ve üretimi kolaylaştırmıştır.

Antenlerin maliyetlerinin önemli bir bölümü tasarım maliyetidir. Anteni tasarlayıp üretmek projenin maliyetini önemli oranda düşürmüştür. Tasarlanan anten tek katmanlı, fabrikasyona uygun ve çok düşük maliyetlidir. Aynı nitelikli antenlerin satış fiyatı 40 dolar civarında iken tasarlanan antenin üretim maliyeti sadece 4 YTL civarındadır.

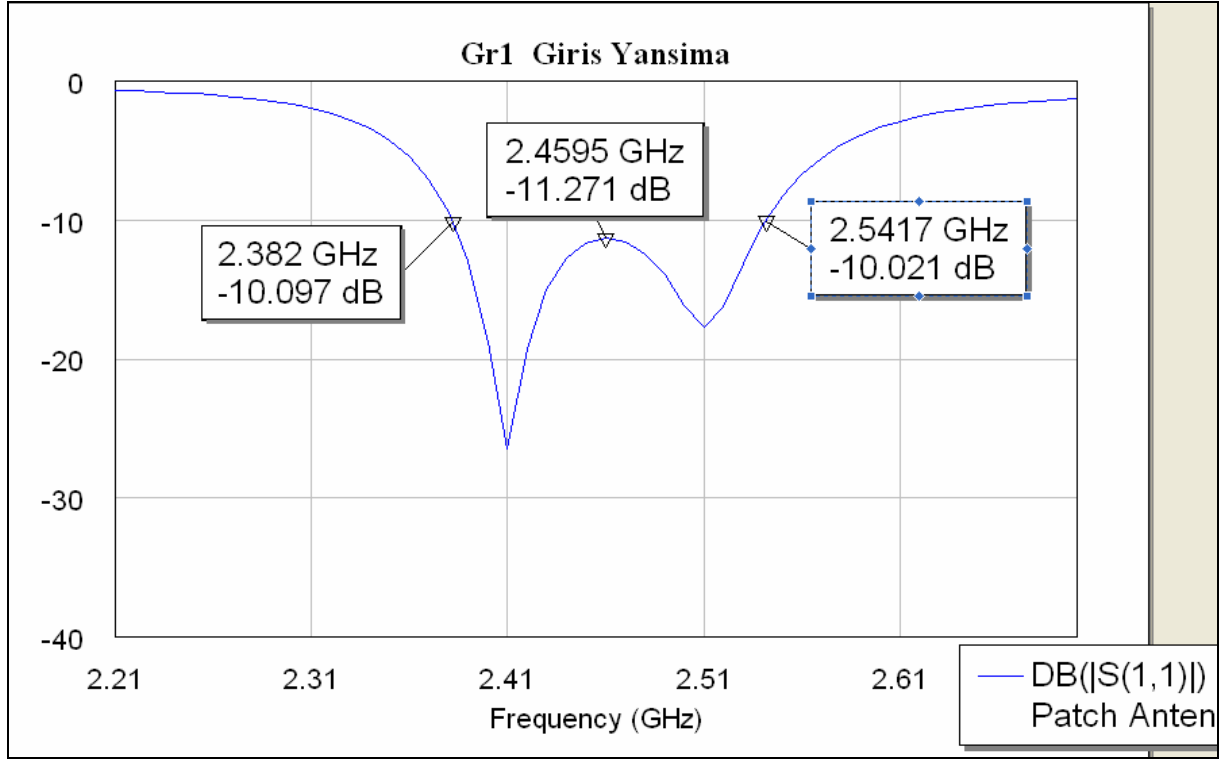
Anten “AWR (Microwave Office)” programının “EMSIght” elektromagnetik benzetim ortamında tasarlanmıştır.

Anten tasarlanmış, bastırılmış, test edilmiştir. Test sonuçlarına göre tasarım geliştirilmiş tekrar bastırılmış ve tekrar test edilmiştir. Bu yöntem ile elde edilen antenin en son halinin benzetim ortamındaki üç boyutlu görünüşü Şekil-14 de verilmiştir.

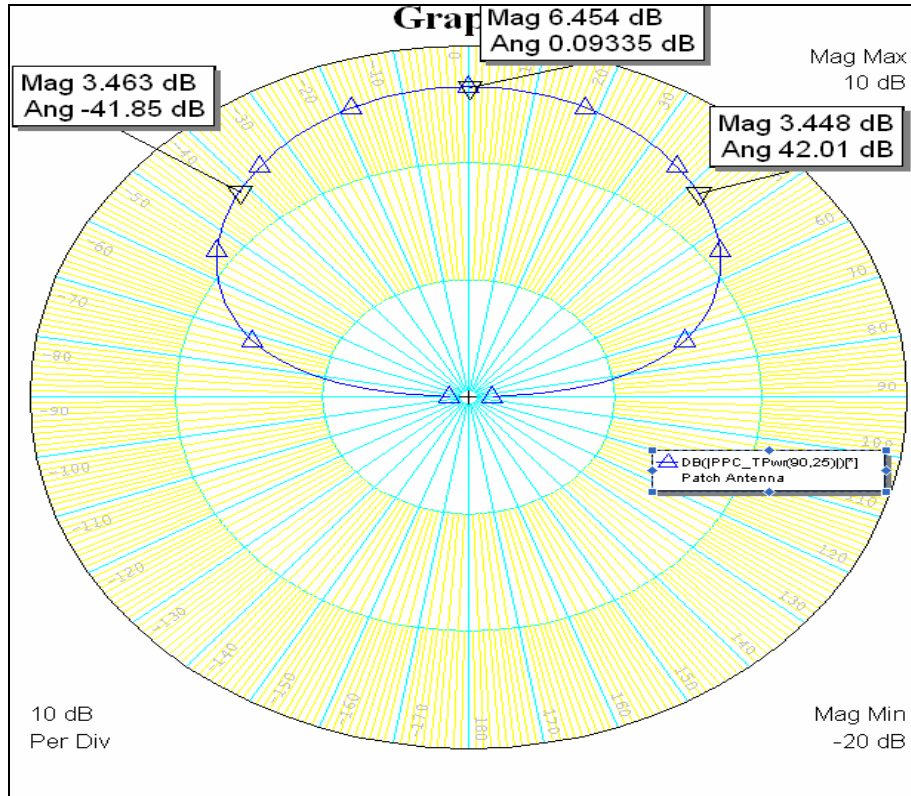


Şekil-14 u-yarıklı mikroşerit yama antenin üç boyutlu görünümü

Bu antenin frekans eğrisi şekil-15’de, ışınma paternine ait dağılan toplam gücün grafiği ise şekil-16’da verilmiştir.



Şekil-15 tasarlanan antenin giriş yansima benzetim sonuçları



Şekil-16 Antenin y ekseninde toplam ışıma gücü grafiği

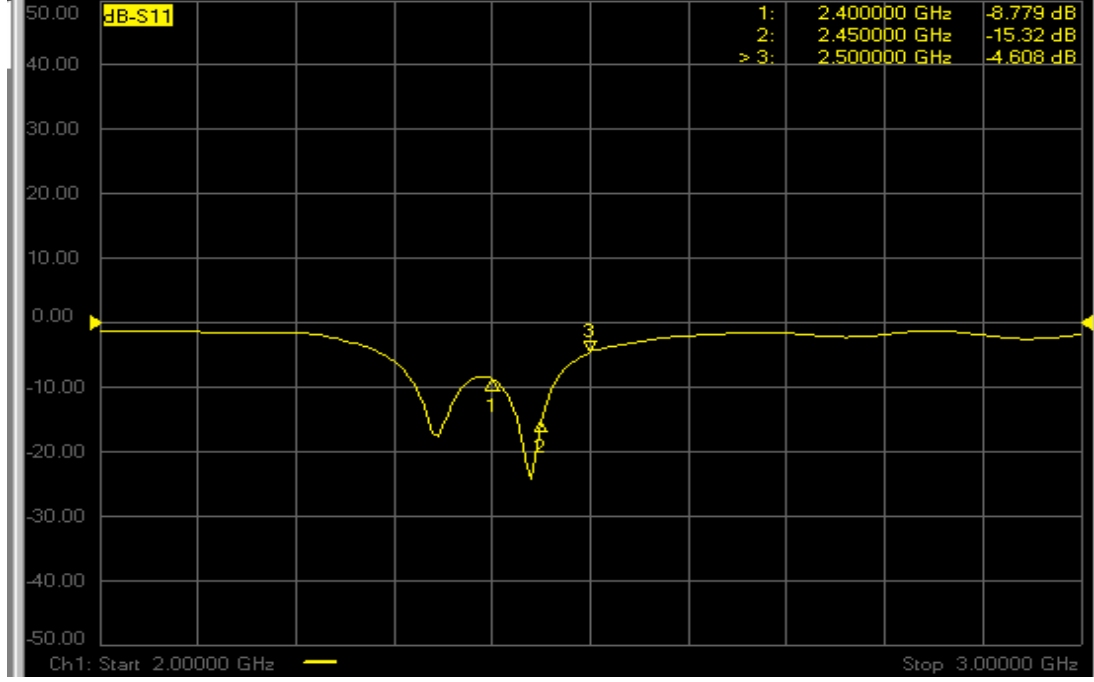
Antenin Şekil-15'de verilen benzetim sonuçları göz önüne alındığında istenen frekans bandında (2.4-2.5 GHz) antenin geri dnŧ yansımalarının -10 dB nin altında olduğu görülür. Bu da antene gelen gücün çok önemli bir bölümünün havaya ıŧıma yapıldığı anlamına gelmektedir. Fakat ıŧıma bant geniŧliğinin dŧk maliyet sınırlamasından ötürü dar olduğu bunun da uygulamada çok sayıda denemeyi zorunlu kıldığı görülmektedir.

Şekil-16 da verilen ıŧıma grafiğine bakıldığında antenin kazancının 6.5 dBi olduğu ve lineer polarizasyon (uygulama için en uygun polarizasyon Őekli) yapıldığı görülür.

Yapılan üç sayıda deneme sonucunda elde edilen en geliŧmiŧ antenin fotoğrafı Şekil-17'de test sonuçları ise Şekil-18'de verilmiŧtir.



Şekil-17 Geliŧtirilmiŧ u-yarıklı mikroŧerit yama anten

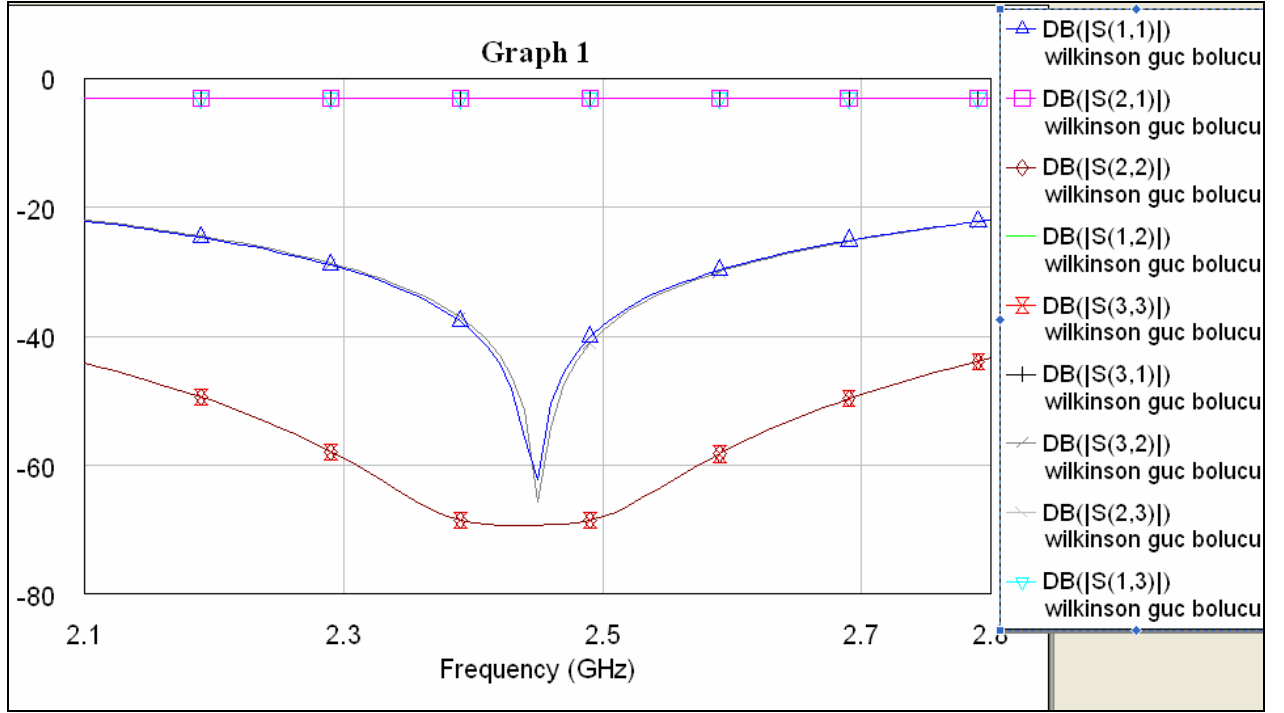


Şekil-18 u-yarıklı mikroşerit yama anten test sonucu

Antenin test sonuçlarından bandının tam olarak oturmadığı görülür. Fakat üretim kalitesi bunun temel sebebidir. Tasarım biraz daha geliştirildikten sonra seri üretime geçildiğinde daha düzgün bir üretim kalitesi sağlanacaktır ve antenin performansı daha da iyileşecektir.

Güç Bölücü Tasarımı

Güç bölücü çok kritik olmayan bir eleman olduğu için hazır olarak temin edilebilir. Fakat birleştirici ile birlikte tek bir devre halinde üretilmesi hem maliyet hem kurulum kolaylığı avantajı sağlayacağı için bu elemanı da tasarlamak yoluna gidilmiştir. Tasarım ayrıntıları verilmeyecektir. Bu tasarım istenen şekilde gerçekleştirilememiştir bu sebeple sadece benzetim sonuçları verilecektir. Bu tasarım olmadan da bu eleman dışarıdan alınarak proje gerçekleştirilebilir. Güç bölücünün benzetim sonuçları şekil-19'da verilmiştir. Bu sonuçlardan güç bölücünün 2.4-2.5GHz bandında çok az kayıpla gücü eşit olarak ikiye böldüğü görülür.



Şekil-19 Wilkinson Güç bölücüsü benzetim sonuçları

Sonuç

Bu proje kablosuz modem ile arasında engel bulunan noktaları bu modemin kablosuz kapsama alanına almak için yeni bir öneri getirmiştir. Bu öneriye göre ikinci noktadan da bir başka antenle yayın yapılacaktır. Bu diğer noktada bir başka kablosuz modem kullanılıp iki kablosuz modemin birbirleriyle kablosuz olarak haberleşmesi sonucunda da bu alan kapsama alanına alınabilirdi. Bu durumda ikinci modem tekrarlayıcı olarak kullanılacaktır. Bu yöntem 20m den kısa mesafeler için projede tanıtılan yöntemden daha verimsizdir. Bunun sebepleri aşağıda açıklanmıştır.

Bu projede tanıtılan yöntemin iki farklı kablosuz modem kullanılan yöntemle göre şu avantajları vardır:

--Kablo TV altyapısının da var olduğu düşünülürse kablonun montaj maliyeti de olmayacağından belirtilen yöntem için bir adet kablosuz modeme ek olarak sadece bu projede tasarlanmış olan güç bölücü dağıtıcı, birleştirici ve antene ihtiyaç olacaktır. Bu da ikinci bir kablosuz modemden çok daha ekonomiktir.

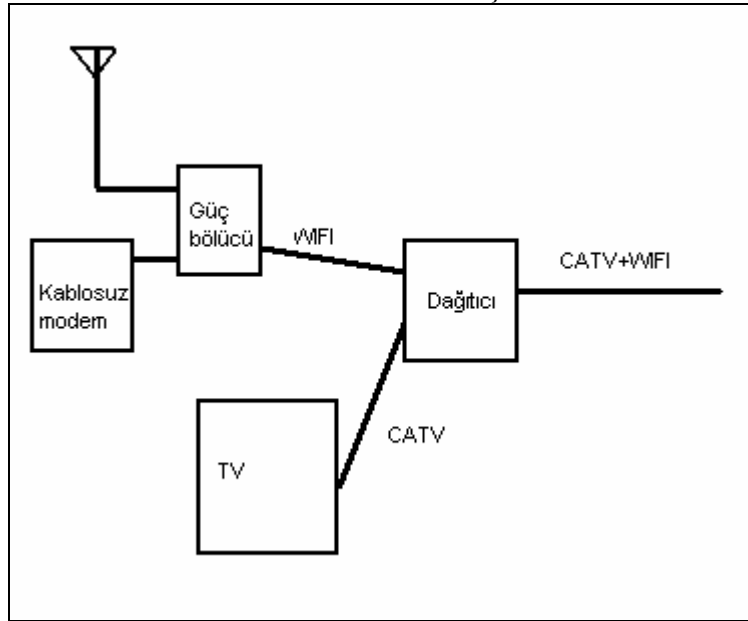
--2.4-2.5 GHz frekans bandında 14 tane kanal varmış gibi görünse de bu kanallardan birçoğu birbiri ile çakışan frekans bantları kullanır. Birbiri ile girişim yapmayan sadece 3 tane kanal vardır.(1,6,11). Kablosuz modemlerin gittikçe yaygınlaştığı düşünülürse şehir merkezlerindeki apartman daireleri ve iş merkezlerinde kanal sayısı yeterli olmayacak ve birbirine girişen kanallar kullanılmak zorunda kalacağından(örneğin 1 ve 2) iletişim hızı bir hayli düşecektir. Projede önerilen yöntem ile modemler kendi arasında havadan değil de kablo üzerinden haberleşeceği için ek bir kanal kullanımına gidilmeyecek ve havadaki frekans bandı serbest kalacaktır.

Uygulama alanları:

Bu proje aralarında iki veya daha fazla duvar bulunan ve 15metreden daha yakın iki noktayı aynı kablosuz kapsama alanına almak için kullanılabilir. 15m için sistemde ikinci antene gelene kadarki zayıflama yaklaşık 20dB olmaktadır. Bu zayıflama katlanılabildir. 20dB zayıflamış işaret anten aracılığı ile havaya yayınlanırsa büyük bir odanın tamamını ve bir duvarla ayrılmış diğer odaları binanın yapısına bağlı olarak normal bir kablosuz modem kadar olmasa da kapsama alanına alabilir. Mesafenin daha uzun olması durumunda kablodaki zayıflama miktarı artacağından 30-35m'den sonra anten ile havaya yayın yapıldığında kapsanacak alan iyice daralır. Daha uzun mesafeler için işaretin tekrar kuvvetlendirilmesi gerekir.

Bu projede kullanılan devreler ile şu şekilde bir uygulama da yapılabilir.

İki nokta arasındaki mesafe ve engeller iki noktanın hiç bir şekilde kablosuz bağlanmasına olanak sağlamıyorsa (örneğin aralarında kablosuz bağlantıya izin vermeyen bir bina veya ağaçlar olabilir) ve bu iki nokta arasındaki mesafe 100m den kısa ise bu iki nokta arasında yine kablo TV kablosu ile işaret taşınabilir. Bu uygulamada Şekil-1'de gösterildiği gibi taşınan ve kablo TV işaretinden ayrılan WIFI işareti ucuna anten bağlanarak havaya yayın yapılamayacak kadar zayıflamışsa (aradaki mesafe 30-35m nin üzerinde ise) bu işareti havaya yayın yapmadan önce kuvvetlendirmek gerekir. Şekil-1'de anlatıldığı gibi taşınan WIFI işareti şekil-12'deki devre yardımıyla bir başka kablosuz modem aracılığı ile kuvvetlendirilip havaya aktarılabilir. Ayrıca kablo üzerinden bu iki modem iletişim kurmaktadır.



Şekil-12 Uzun mesafeler için alıcı tarafta tekrarlayıcı kullanılması