

**OPTİK WDM AĞLARINDA SANAL TOPOLOJİ
UYARLAMASINA DAĞITILMIŞ BİR YAKLAŞIM**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. İsmail Caner BİROL
(504021502)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 19 Eylül 2005
Tezin Savunulduğu Tarih : 22 Eylül 2005**

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Feza BUZLUCA

EYLÜL 2005

ÖNSÖZ

Yüksek lisans çalışmalarım sırasında, desteğini, bilgisini ve uzmanlığını benden esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Feza BUZLUCA'ya teşekkürü bir borç biliyorum.

İsmail Caner BİROL

EYLÜL 2005

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	12
1.1 Problem ve Önerilen Çözüm.....	13
1.2 Bölümlerin Özetleri.....	15
2. OPTİK WDM AĞLARI	Error! Bookmark not defined.
2.1 WDM - Dalgaboyu bölümlenmeli çoğullama....	Error! Bookmark not defined.
2.2 Sanal Topoloji	Error! Bookmark not defined.
2.2 Yönlendirme.....	Error! Bookmark not defined.
2.3 Sanal Topolojiyi yeniden düzenleme gereksinimi	Error! Bookmark not defined.
2.4 Konu ile ilgili daha önce yapılan çalışmalar	Error! Bookmark not defined.
3. DAĞITILMIŞ SANAL TOPOLOJİ UYARLAMASI	Error! Bookmark not defined.
3.1 Yönlendirme.....	Error! Bookmark not defined.
3.2 Kısıtlar ve Kabüller	Error! Bookmark not defined.
3.3 Çalışma Prensipleri.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.1 Uyarlama İçin Gerekli Veriler	Error! Bookmark not defined.
3.3.2 Işıkyolu ekleme	Error! Bookmark not defined.
3.3.3 Işıkyolu Silme	Error! Bookmark not defined.
3.3.4 Kontrol Mesajları	Error! Bookmark not defined.
3.3.5 Örnek Çalışma.....	Error! Bookmark not defined.
3.4 Osilasyon Problemi	Error! Bookmark not defined.
3.5 Etiket Kaydırma	Error! Bookmark not defined.
4. SİMÜLASYON.....	Error! Bookmark not defined.
4.1 Simülasyon Ortamı.....	Error! Bookmark not defined.
4.2 Uyarlamalı ve Uyarlamasız Sanal Ağ Değerleri	Error! Bookmark not defined.

4.3 80-15 Uyarlaması ile 70-15 Uyarlaması Karşılaştırması	Error! Bookmark not defined.
4.4 Değişik Simülasyon Senaryoları	Error! Bookmark not defined.
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	Error! Bookmark not defined.
5.1 Simülasyon Sonuçları.....	Error! Bookmark not defined.
5.2 Gelecekteki Çalışma Önerileri	Error! Bookmark not defined.
KAYNAKLAR	Error! Bookmark not defined.
ÖZGEÇMİŞ	Error! Bookmark not defined.

KISALTMALAR

WDM	: Wavelength Division Multiplexing (Dalgaboyu Bölümlemeli Çoğullama)
EAY	: Etiket Anahtarlamaalı Yol
Mbps	: Megabit per second (Saniyedeki megabit sayısı)
Gbps	: Gigabit per second (Saniyedeki gigabit sayısı)
Tbps	: Terabit per second (Saniyedeki terabit sayısı)
OC	: Optical Channel (Optik Kanal)
OC-n	: Saniyede 51.84 megabit * n'lik veri oranı

TABLO LİSTESİ

Sayfa Numarası

- Tablo 2.1** : Düğüm 3'ün Yönlendirme Tablosu **Error! Bookmark not defined.**
- Tablo 2.2** : Düğüm 2'nin Yönlendirme Tablosu **Error! Bookmark not defined.**
- Tablo 2.3** : Düğüm 1'in Yönlendirme Tablosu **Error! Bookmark not defined.**
- Tablo 2.4** : Düğüm 6'nın Yönlendirme Tablosu **Error! Bookmark not defined.**
- Tablo 3.1** : Ağ üzerindeki EAY'lar **Error! Bookmark not defined.**
- Tablo 3.2** : D₄ Düğümünün Başlangıçtaki Yönlendirme Tablosu...**Error! Bookmark not defined.**
- Tablo 3.3** : D₄ Düğümünün Güncellenmiş Yönlendirme Tablosu...**Error! Bookmark not defined.**
- Tablo 4.1** : W_H=70, W_L=15 Uyarlaması Ağ Değişim Raporu . **Error! Bookmark not defined.**
- Tablo 4.2** : W_H=80, W_L=15 Uyarlaması Ağ Değişim Raporu . **Error! Bookmark not defined.**

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa Numarası

- Şekil 2.1 : Örnek Fiziksel Topoloji..... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 2.2 : Örnek Sanal Topoloji **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 2.3 : Yeni Sanal Topoloji..... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 3.1 : Düğümlerdeki Arabirim Tablosunun Yapısı **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 3.2 : Düğümlerdeki Yük Tablosunun Yapısı.... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 3.3 : Işıkyolu Ekleme Algoritması..... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 3.4 : Işıkyolu Ekleme İsteği Algoritması..... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 3.5 : Tablo Güncelleme İsteği Algoritması..... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 3.6 : Işıkyolu Silme Algoritması..... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 3.7 : Işıkyolu Silme İsteği Algoritması..... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 3.8 : Işıkyolu Ekleme Algoritmasının Akış Diyagramı ... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 3.9 : Işıkyolu Silme Algoritmasının Akış Diyagramı..... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 3.10 : Işıkyolu Ekleme Mesajları..... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 3.11 : Işıkyolu Silme Mesajı..... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 3.12 : Başlangıçtaki Sanal Topoloji..... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 3.13 : 1. Aşamadaki Sanal Topoloji **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 3.14 : 2. Aşamadaki Sanal Topoloji **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 3.15 : 3. Aşamadaki Sanal Topoloji **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 4.1 : Simülasyonda Kullanılan NSFNET Topolojisi **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 4.2 : Uyarlamasız Simülasyon EAY Sayıları ... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 4.3 : $W_H=80$, $W_L=20$ Uyarlamalı Simülasyonu EAY Sayıları..... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 4.4 : Uyarlamasız Simülasyon en Yüksek ve en Düşük Yük Talepleri..... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 4.5 : $W_H=80$, $W_L=20$ Simülasyonu en Yüksek ve en Düşük Yük Talepleri **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 4.6 : Uyarlamasız Simülasyon Tıkanık Işıkyolu Sayıları **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 4.7 : $W_H=80$, $W_L=20$ Simülasyonu Tıkanık Işıkyolu Sayıları**Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 4.8 : Uyarlamasız Simülasyon TAOAU Değerleri **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 4.9 : $W_H=80$, $W_L=20$ Simülasyonu TAOAU Değerleri... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 4.10 : Uyarlamasız Simülasyon Düşürülen Paket Oranları**Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 4.11 : $W_H=80$, $W_L=20$ Simülasyonu Düşürülen Paket Oranları..... **Error! Bookmark not defined.**

- Şekil 4.12** : $W_H=70$, $W_L=15$ Uyarlaması EAY Sayıları **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 4.13** : $W_H=80$, $W_L=15$ Uyarlaması EAY Sayıları **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 4.14** : $W_H=70$, $W_L=15$ Uyarlaması en Yüksek ve en Düşük Yük Talepleri **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 4.15** : $W_H=80$, $W_L=15$ Uyarlaması en Yüksek ve en Düşük Yük Talepleri **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 4.16** : $W_H=70$, $W_L=15$ Uyarlaması TAOAU Değerleri ... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 4.17** : $W_H=80$, $W_L=15$ Uyarlaması TAOAU Değerleri ... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 4.18** : $W_H=70$, $W_L=15$ Uyarlaması Işıkyolu Ekleme Sayıları **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 4.19** : $W_H=80$, $W_L=15$ Uyarlaması Işıkyolu Ekleme Sayıları **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 4.20** : $W_H=70$, $W_L=15$ Uyarlaması Işıkyolu Silme Sayıları ...**Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 4.21** : $W_H=80$, $W_L=15$ Uyarlaması Işıkyolu Silme Sayıları ...**Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 4.22** : $W_H=70$, $W_L=15$ Uyarlaması Düşürülen Paket Oranları **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil 4.23** : $W_H=80$, $W_L=15$ Uyarlaması Düşürülen Paket Oranları **Error! Bookmark not defined.**

OPTİK WDM AĞLARINDA SANAL TOPOLOJİ UYARLAMASINA DAĞITILMIŞ BİR YAKLAŞIM

ÖZET

Teknoloji ilerledikçe hem internet ortamının kullanıcı sayısı artmakta hem de bu kullanıcılar internet üzerinden daha sık ve daha hacimli veri iletişimi yapmaktadır. Bu ihtiyacı karşılayabilmek için internet kapasitesinin her geçen gün artırılması gerekmektedir. Kapasite artışını sağlayabilmek için günümüzde kullanılan popüler yöntem, ışıkla veri transferidir. Işıklı veri transferini mümkün kılmak için optik ağlar kullanılmaktadır.

Optik ağlar çok yüksek veri iletim kapasitesine sahiptir. Bu yüksek kapasiteyi mümkün olduğu kadar verimli kullanabilmek için, bu ağlar birçok kaynağın kullanımına açılmaktadır. Farklı ve çok sayıda kaynağın optik ağı kullanabilmeleri için de çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Tekniklerden biri, ışığı oluşturan dalgaboylarını kullanmaktır. Optik ağlarda, ışığın farklı dalgaboylarında farklı veri taşıyabilme tekniğinin adı WDM yani dalgaboyu bölümlenmeli çoğullamadır. Bu teknikle etkin ve sağlıklı bir iletişim sağlamak için, ağ üzerindeki trafik akışlarına uygun sanal topolojiler oluşturulmaktadır. Fakat başlangıç aşamasındaki trafik akışına göre oluşturulan sanal topoloji, zamanla trafik akışının değişmesiyle verimliliğini yitirmektedir. Verimliliğin devamını sağlayabilmek için de sanal topolojinin yeni trafik akışına göre yeniden düzenlenmesi ya da uyarlanması gerekmektedir.

Sanal topolojinin uyarlaması ile ilgili birçok çalışma yapılmış, fakat problem genelde merkezi olarak ele alınmıştır. Bu çalışmada, probleme dağıtılmış bir çözüm getirilmiş, uyarlama görevi merkezdeki bir algoritmadan alınarak, sanal topolojiyi oluşturan düğümlere verilmiştir.

Önerilen yeni dağıtılmış sanal topoloji uyarlaması yönteminin çalışabilirliğini ve verimliliğini denemek amacıyla, yazılımsal olarak bir simülasyon ortamı oluşturulmuştur. Bu ortamdan elde edilen sonuçlar, sanal topoloji düzenlemesi için hedef kabul edilen trafik ağırlıklı ortalama adım uzaklığının düşürüldüğünü, ağın

yükünün dengelenerek daha çok trafiğin ağı kullanmasına imkan sağlandığını ve yüklenmeden dolayı oluşan tıkanıklıkların çözülerek, uyarlama işleminin başarıyla gerçekleştirildiğini göstermiştir. Sonuç olarak, dağıtılmış yaklaşımın sanal topoloji uyarlaması probleminin çözümünde kullanılabileceği kanısına varılmıştır.

A DISTRIBUTED APPROACH FOR VIRTUAL TOPOLOGY ADAPTATION IN OPTICAL WDM NETWORKS

SUMMARY

As technology improves both the number of internet users and the amount of data transmitted over internet increases. To satisfy the needs of these users, the capacity of internet must be increased relatively. Nowadays the most popular data transmission media is the light. To transmit data over light, optical networks are established.

Optical networks has very large scale of capacity. To use these huge capacity effectively, optical networks sources are shared among numerous users or systems. To make these capacity available for numerous users, several techniques were developed. One of these techniques is using the wavelengths of light. In optical networks terminology, transmitting different data on different wavelengths of light is called as WDM as wavelenght division multiplexing. To supply an effective and accurate data transmission over light, virtual topologies are established according to the traffic flows in the network. As time passes and the traffic characteristics of the network changes, the virtual topology established according to the initial traffic conditions of the networks loses its effectiveness. To satisfy the continuity of effectiveness the virtual topology must be reconfigured or adapted according to the new traffic characteristics.

Many studies has been made over adaptation of virtual topology so far, but the problem was handled by using central solutions. In this study a distributed approach to this problem was introduced and the adaptation was performed by separate nodes instead of by a adaptation center.

To test the useability and effectiveness of proposed distributed approach in a simulation environment, a software testbed was written. According to the results of simulations, traffic weighted avarage hop distance, which is one of the major targets in reconfiguration process, is reduced, much more traffic is allowed to flow on the network by balancing the load of the network and the number of congestions

originated from the overloaded situation of the network is reduced. Finally it is concluded that a distributed approach can overcome the virtual topology reconfiguration problem.

1. GİRİŞ

Elektronik ortamda veri alışverişine olanak sağlayan internete duyulan ihtiyaç ve bunun neticesinde internet kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Artan ihtiyacı karşılamak için internet ortamının kapasitesi gün geçtikçe geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bu çalışmalar neticesinde veri iletimi için yeni materyaller geliştirilmekte ve geliştirilen yeni materyalleri kullanabilen yeni aygıtlar üretilmektedir. Günümüzün bu materyaller arasında yükselen değerlerinden biri ışık, uygulanan yöntem de ışıkla veri iletimidir.

Işık ile veri iletimini gerçekleştirmek için fiber kablolar kullanılmaktadır. Fiber kablolar, 50 Tbps veri iletim kapasitesiyle iletişim için oldukça hacimli bir ortam sağlamaktadırlar. Sağlanan bu hacimli ortamın yanında, ışık verisi düşük güç gereksinimi, düşük bozulma oranı, düşük sinyal gücü azalması ile iletişimi daha sağlıklı ve kullanılabilir kılmaktadır.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan metal teller üzerinden elektrik ile veri iletiminde, veriyi oluşturan 1 ve 0'lar, farklı gerilim değerleriyle ifade edilmektedir. Optik ortamda ise veriyi ifade edebilmek için lazer adı verilen ışık kaynakları kullanılmaktadır. Bu ışık kaynakları, ışığı çok kısa aralıklarla açıp kapayarak 1 ve 0'ları ifade edebilmektedirler. Alıcı tarafında ise bu ışık verisi foto algılayıcılar ile elektrik verisine çevrilmektedir.

Fiberler tek bir kaynağın hizmetine verilmek için oldukça fazla kapasiteye sahiptir. Böyle bir durumda fiberin kapasitesinin büyük bir kısmı ziyan olmuş olur. Bunun için fiberi birçok kaynağın kullanabilmesi adına çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan birincisi (TDM) zaman ya da frekans bölümlenmeli çoğullama'dır [1]. Bu yöntemde farklı veriler belirli bir zaman aralığına bölünerek aynı ortamda-fiberde gönderilirler. Bu çoğullamada ana unsur veri yoğunluğudur. Düşük yoğunluklu farklı veriler fiber ortamına birleştirilerek çıkarılır. Böylece fiber kapasitesi daha etkin bir şekilde kullanılmış olur. Bu yöntem için bir standart belirlenerek kapasite, birbiriyle kesişmeyen frekans kanallarına bölünmüştür. Bir kanal en düşük OC-1 (54 Mbps) ile ifade edilir ve OC'nin ikili katları şeklinde artan değerler alabilir. Bu değerlere örnek olarak OC-12 (648 Mbps) ve OC-48 (1944 Mbps) verilebilir. Fiberi farklı kaynakların kullanımına açmanın bir diğer yöntemi de (WDM) dalgaboyu bölümlenmeli çoğullamadır. Bu yöntemde ışığın spektrumundan yararlanılarak, ışığın birbiriyle kesişmeyen farklı dalgaboylarında farklı veriler taşınır. TDM ağlarının WDM'e göre servis kalitesi

çeşitliliği, esnek band genişliği ayarlaması gibi üstünlükleri olsa da, ticari gelişmelerden ve mevcut durumdaki kapasite ihtiyacını karşılayabildiğinden, günümüzde yaygın olarak WDM yöntemi kullanılmaktadır [2].

1.1 Problem ve Önerilen Çözüm

Optik WDM ağlarında, kaynakları etkin kullanmak için oluşturulan sanal topoloji, zamanla verimliliğini yitirmekte ve yeniden oluşturulması ya da düzenlenmesi gerekmektedir. Daha önce konu ile ilgili birçok çalışma yapılmış ve çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Ne var ki geliştirilen yöntemler genelde merkezi bir yaklaşımla çalışmaktadır. Bu yöntemler yeniden düzenleme ya da uyarılma için gerekli olan ağ verisini tek bir merkezde toplama ve düzenleme ile ilgili hesaplamaları yapıp yeni sanal topoloji oluşturulduğunda, bu değişiklikleri ağa yansıtmak esasına dayanmaktadır. Bu yöntemlerin avantajları olmasına karşın bazı dezavantajları da bulunmaktadır.

Merkezi yöntemlerin avantajları :

- Tüm ağı gözönüne alarak çözüm üretme.
- Elde ağla ilgili tüm veri olduğu için olabildiğince etkin bir çözüm üretme.

Merkezi yöntemlerin dezavantajları :

- Merkezde bir arıza durumunda, sanal topolojiyi yeniden düzenleme işlemlerinin devam ettirilememesi.
- Ağdan veri toplama gerekliliği.
- Fazla verinin getirdiği işlemsel yük.

Merkezi yöntemler, elindeki veriye dayanarak çok etkin çözümler üretebilir. Ancak merkezde bir arıza olması durumunda, ağ üzerindeki kontrol yitirilmiş olur ve bu arıza giderilene kadar, sanal topoloji düzenlemesi yapılamayacağı için, ağda tıkanma ve EAY reddedilmesi gibi sorunlar yaşanabilir. Bu yöntemler, çözüm üretebilmek için tüm ağ verisini kullanırlar. Her ne kadar tüm veriyi kullanmak etkin çözümler üretilmesini sağlasa da, bu verileri ağdan toplamanın bir maliyeti vardır. Toplanan veri çeşitliliği ne kadar artarsa, bu verilerin iletiminin ağa getireceği yük de o kadar çok olur. Aynı zamanda, dinamik trafığe göre işlem yapan algoritmalar için veri toplama sıklığı da önem taşımaktadır. Veriler ne kadar sık toplanırsa, ağda oluşan yük de o oranda artacaktır. Tüm veriler merkeze geldikten sonra, bu verileri işleyip sanal topolojiyi yeniden düzenlemekten sorumlu algoritma, ne kadar çok veri

kullanırsa, işlem süresi de o kadar uzayacaktır. Yoğun veriye sahip büyükçe ağlarda, algoritmanın karmaşıklığı ne kadar yüksek olursa, işlem süresi de o kadar uzar. İşlem süresinin uzaması da düzenleme işleminin gecikmesine yol açar. Bu gecikme neticesinde ağa zamanında müdahale edilemeyip, ağda yaşanacak sorunlar engellenememiş olabilir.

Bu çalışmada sanal topolojinin yeniden düzenlenmesi için dağıtılmış bir yaklaşım sunulmuştur. Bu yaklaşım, ağ üzerindeki dinamik trafik koşullarına göre sanal topolojiyi uyarlayarak düzenleme işlemini gerçekleştirir. Uyarlama işlemini düğümler tek başlarına yönetmektedir. Her düğüm kendi yerel verilerini kullanarak uyarlama yapılıp yapılmayacağına karar verir ve yerel çözümler üreterek işlemleri gerçekleştirir. İşlemlerde sadece yerel veriler kullanıldığından, az miktarda veri üzerinde işlem yapılmaktadır. Uyarlama için kullanılan algoritma da basit olduğundan, çözüm, merkezi sistemlere göre çok daha kısa sürede elde edilir. Ayrıca işlemlerde yerel verinin kullanılması, ağdan veri toplama ihtiyacını da ortadan kaldırmaktadır.

Önerilen dağıtılmış yöntemin merkezi yöntemle göre bazı avantajlarının olmasının yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlardan ilki, başlangıç aşamasında bir temel sanal topoloji oluşturulması ve oluşturulan bu sanal topolojiye ait ışık yollarının silinememesidir. Bu sanal topolojinin veriminin azalması durumunda, ışık yolları ekleyip, eklenen ışık yollarının silinmesi aracılığıyla uyarlama yapılmaktadır. İkinci dezavantaj ise, sadece yerel verilerle yerel çözümler üretildiğinden, algoritmanın etkinliği merkezi sistemlere göre düşüktür. Bu yöntemde, daha fazla miktarda ışık yolu ekleme ve silme işlemleri yapılmakta, bunun sonucunda da, bu ışık yollarını kullanan trafikler daha fazla yeniden yönlendirilmeye tabii tutulmaktadır. Neticede rahatsız edilen trafik miktarı, merkezi sistemlere göre daha fazla olmaktadır.

1.2 Bölümlerin Özetleri

Bu çalışma toplam beş bölümden oluşmaktadır. Bu bölümü takip eden dört bölümün özeti aşağıdaki gibidir.

- Bölüm 2’de, optik WDM ağları hakkında temel bilgiler kısaca verilmiş, bu çalışma ile ilgili kavramlar açıklanmıştır.
- Bölüm 3’te, yapılan çalışma ayrıntılı olarak anlatılmış, örneklerle açıklanmıştır.
- Bölüm 4’te, bu çalışmanın sınıandığı simülasyon ortamı anlatılmış, simülasyonlardan elde edilen sonuçlar grafikler aracılığıya aktarılmıştır.
- Bölüm 5’te, bu çalışmadan çıkarılan sonuçlar belirtilmiş, etkili ve verimsiz tarafları vurgulanmıştır.

