

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OPTİK WDM AĞLARINDA HATA BAĞIŞIKLIĞININ
SAĞLANMASI İÇİN PROTOKOL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Hülya HOCAOĞLU**

Anabilim Dalı: Bilgisayar Mühendisliği

Programı: Bilgisayar Mühendisliği

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Feza BUZLUCA

MAYIS 2005

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca, her zaman yapıcı olan önerileriyle bana verdiği şevk, destek ve anlayışı için tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Feza BUZLUCA'ya en içten teşekkürlerimi sunuyorum. Lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca kendisinden ders alma fırsatına sahip olmaktan ve kendisi gibi işine değer veren, saygı duyan ve her şeyden önce işini seven birini tanımaktan ötürü kendimi şanslı gördüğümü özellikle vurgulamak istiyorum. Kendisinin şahsında, öğrenim hayatım boyunca bana inanan ve destek olan tüm öğretmenlerime teşekkür ediyorum.

Kendimi kötü hissettiğim zamanlarda benden desteklerini esirgemedikleri ve beraber geçirdiğimiz – ve geçireceğimiz – tüm güzel zamanlar için dostlarıma teşekkür ediyorum.

En derin ve özel teşekkürlerim AİLEME; her zaman yanımda oldukları, anlayışları, sabırları, güvenleri ve hayata gülen gözlerle bakmayı öğrettikleri için.

Mayıs 2005

Hülya HOCAOĞLU

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
2. HATA BAĞIŞIKLIĞINA GENEL BAKIŞ	3
2.1 Hata Bağışıklığının Tanımı ve Gereklere	3
2.2 Hata Bağışıklığı Yöntemlerinin Sınıflandırılması	4
2.2.1 Koruma Yöntemi	4
2.2.2 Onarma Yöntemi	5
2.3 GMPLS İçin Hata Bağışıklığı	6
2.3.1 GMPLS’de Yol Kurulumu	6
2.3.2 GMPLS Hata Bağışıklığı Mekanizması	7
3. HATA BAĞIŞIKLIĞI İÇİN YÖNETİCİ PROTOKOL	8
3.1 Tanımlar ve Varsayımlar	8
3.2 Sezilebilen ve Onarılabilen Hatalar	9
3.3 Hata Sezme ve Yol Kurulumu İçin Kullanılan Protokoller	11
3.3.1 Fiziksel Katman	11
3.3.2 Veribağı Katmanı	12
3.3.3 Ağ Katmanı	13
3.3.4 Ulaşım Katmanı	13
3.4 Çalışma Yöntemi	14
3.4.1 Onarma İşlemlerinin Hatalara Göre Sınıflandırılması	14
3.4.1.1 İletim Hatlarında Meydana Gelen Hatalar ve Değişiklikler	16
3.4.1.2 Ağda Yer Alan Döğümlerde Meydana Gelen Hatalar ve Değişiklikler	21

3.4.2	Hata Bağışıklığı Yönetici Protokolü İçin Örnek Çalışma	23
4.	BENZETİM PROGRAMI SONUÇLARI	27
5.	SONUÇ	30
	KAYNAKLAR	31
	EK A. HATA BAĞIŞIKLIĞI YÖNETİCİ PROTOKOLÜ MESAJ YAPISI	33
	ÖZGEÇMİŞ	35

KISALTMALAR

ATM	: Asynchronous Transfer Mode
GMPLS	: Generalized Multi Protocol Label Switching
IP	: Internet Protocol
LDP	: Label Distribution Protocol
LMP	: Link Management Protocol
LOL	: Loss of Light
LOS	: Loss of Signal
LSP	: Label Switched Path
MPLS	: Multi Protocol Label Switching
OSPF-TE	: Open Shortest Path First-Traffic Engineering
OTN	: Optical Transport Network
OXC	: Optical Cross Connect
RSVP-TE	: Resource Reservation Protocol-Traffic Engineering
SDH	: Synchronous Digital Hierarchy
SONET	: Synchronous Optical Network
SRLG	: Shared Risk Link Group
TCP	: Transmission Control Protocol
WDM	: Wavelength Division Multiplexing

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1 Sezilebilen ve onarılabilen hatalar.....	10
Tablo 3.2 Işıkyolu tablosu.....	11
Tablo 3.3 N_1 ve N_4 düğümleri için ışıkyolu tabloları.....	25

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 RSVP-TE PATH mesajı formatı.....	6
Şekil 2.2 GMPLS için hata yönetimi adımları.....	7
Şekil 3.1 Hata bağışıklığı protokolünde katmanlar arası ilişki.....	8
Şekil 3.2 Hata tipinden bağımsız işlemler.....	15
Şekil 3.3 Doğrudan bağılı fibered hata oluşması.....	18
Şekil 3.4 Ağa fiber hat eklenmesi.....	19
Şekil 3.5 Ağdan fiber hat çıkarılması.....	20
Şekil 3.6 Düğüm hatası ya da ağdan düğüm çıkarılması.....	22
Şekil 3.7 Ağa düğüm eklenmesi.....	23
Şekil 3.8 Fiziksel topoloji, kaynak ve hedef düğümler.....	24
Şekil 3.9 İstenen trafik matrisi için kurulan ışıkoyolları.....	24
Şekil 3.10 N1-N4 arasındaki fibered oluşan hata sonrası kurulan yeni ışıkoyolu.....	26
Şekil 4.1 Testlerde kullanılan ağın fiziksel topolojisi.....	27
Şekil 4.2 Kaynak sayısının veri kaybına etkisi.....	28
Şekil 4.3 Dalgaboyu sayısının veri kaybına etkisi.....	29
Şekil 4.4 Hata uzaklığının veri kaybına etkisi.....	29

SEMBOL LİSTESİ

- G*** :Ağın fiziksel topolojisini gösteren grafik
- N*** :Ağda yer alan düğümler. 1'den N'ye kadar numaralandırılmışlardır
- F*** :Ağda yer alan fiberler. 1'den F'ye kadar numaralandırılmışlardır
- W*** :Bir fiberdeki iletişim için kullanılacak dalgaboyu sayısı
- S*** :Ağa veri pompalayan kaynak düğümler
- D*** :Verinin gönderilmek istendiği hedef düğümler

OPTİK WDM AĞLARINDA HATA BAĞIŞIKLIĞININ SAĞLANMASI İÇİN PROTOKOL

ÖZET

Bilgisayar ağlarında taşınan veri trafiğinin – özellikle Internet'in dünya çapındaki yaygın kullanımından kaynaklanan – hızlı artışı ile birlikte, veri odaklı bilgisayar ağlarının çalışır durumda tutulması para, zaman ve iş gücü kaybının önlenmesi açısından giderek daha karmaşık ve önemli hale gelmektedir. Optik WDM ağlarının sunduğu çok büyük bant genişliğinden dolayı bu ağlarda meydana gelen çok kısa süreli bozulmalar dahi dramatik sonuçlara neden olabilmektedir.

Bilgisayar ağlarında hata bağışıklığının sağlanması uzun yıllardır araştırılan bir konudur. Ağların çalışır durumda tutulması için izlenen başlıca iki yaklaşım vardır: koruma (protection) ve onarma (restoration). Koruma, statik bir yöntem olarak addedilebilir. Bu yöntemde kaynaklar (fiber kablolar, dalga boyları, cihazlar, vs), ağ oluşturulurken yedeklenir. Korumanın en önemli avantajı hatalara çok hızlı cevap verebilmesidir ki bu, optik WDM ağları için hayati öneme sahiptir. Öte yandan, yedeklenen kaynaklar ağ ömrünün büyük bölümünde atıl durumda bulunduğundan ağ verimli kullanılmamaktadır.

Onarma ise dinamik bir yaklaşım izler; dolayısıyla ağ kaynakları daha etkin biçimde kullanılır. Bu yöntemde çözüm, problem oluştuğundan sonra bulunmaya çalışılır. Veri akışının sağlanacağı yeni yolların bulunması ve kurulmasının zaman alması onarmanın zayıf yönünü ortaya çıkarır: hatalara cevap vermede korumaya göre olan görece yavaşlık.

Günümüzde SONET-ATM tabanlı ağların yerini IP tabanlı ağlar almaktadır. Bu geçişte üstesinden gelinmesi gereken en önemli problem, servis kalitesinin sağlanması ve hataları düzeltme hızının SONET ağlarıyla rekabet edebilecek seviyeye getirilmesidir. Bu amaçla, özellikle MPLS ve GMPLS'in geliştirilmesiyle birlikte hata bağışıklığı getirmeyi amaçlayan çeşitli protokoller ortaya çıkmıştır.

Bu tez çalışmasında, hata bağışıklığı konusunda bugüne kadar yapılmış olan çalışmaları geliştiren ve hataların hangi katmanda ve ne şekilde çözüleceğine karar veren bir yönetici hata bağışıklığı protokolü geliştirilmiştir. Protokolün geliştirilmesinde, değişikliklere uyum sağlayabilen dinamik yapısından dolayı onarma yöntemi benimsenmiştir. Protokol, hataları sezme ve düzeltme konusunda halihazırda var olan yöntemlerden yararlanmaktadır.

A PROTOCOL FOR PROVIDING SURVIVABILITY IN OPTICAL WDM NETWORKS

SUMMARY

Along with the rapid growth in the data traffic, mainly because of the widespread use of the Internet, managing data-centric networks and maintaining them in working state has become more complex and more important in means of data, time, and revenue. Because of the huge bandwidth and speed they provide, fast restoration and high survivability is of crucial importance for optical networks.

Providing survivability in computer networks has been an area of research for long years. Two main approaches are followed for maintaining networks at working state: protection and restoration. Protection can be considered as a static method. Resources (which can be bandwidth, wavelength channels, lightpaths, labelpaths, OXCs, etc) are backed up while the network is provisioned. The advantage of this method is to provide very fast recovery which is vital in order to prevent loss of data. On the other hand, the network is not fully utilized since back up resources are not used for the most of the time.

Due to its dynamicity, restoration is more effective in utilizing the network. In this approach, a new way to transport the data is found after the fault occurs. However, since calculating a new route is a time consuming process, restoration methods respond more slowly to faults.

Nowadays, IP based OTNs are replacing SONET-ATM based networks. At this transition, the most challenging problem is providing QoS and being able to cope with the very short response times to faults of SONET rings. Especially with the evolution of MPLS and GMPLS, new protocols for providing survivability are being developed and the existing ones are enhanced.

In this study, a management protocol, which is targeted to unify and enhance the previous work on survivability area and solve the problem at the most suitable layer and within a very short period of time, is developed. The protocol adopts the restoration method for dynamicity and better utilization. It takes advantage of the existing protocols for detecting faults and recovery.

1. GİRİŞ

Günümüzde İnternet, her meslek grubundan insanın iş ve günlük hayatında kullandığı kritik bir yapı halini almıştır. Bankacılık işlemlerinden elektronik postaya, elektronik alışverişten bilimsel araştırmalara kadar insan hayatının pek çok alanında vazgeçilmez bir yardımcı konumundadır. İnternetin dışında, büyük veya küçük pek çok kuruluş adanmış hatlar vasıtasıyla iş görmektedir. Bu hatlar kurumun farklı şehirler, farklı ülkeler, hatta farklı kıtalardaki merkezlerini birbirine bağlamak ya da çalışanların işyerine dahi gelmeden bilgisayarları aracılığıyla bu hatlara bağlanarak çalışmalarını sağlamak gibi değişik amaçlar için kullanılmaktadır. Tüm bu sebeplerden dolayı bilgisayar ağlarında taşınan veri miktarı da üstel bir biçimde artmaktadır.

Teknolojinin ucuzlaması ile birlikte bilgisayar ağlarında optik altyapının kullanımı yaygınlaşmıştır. Fiber optik kablolar bakır ve benzeri diğer iletim ortamlarına kıyasla çok büyük hız ve bant genişliği sağlamaktadır. Bu hız ve bant genişliğine erişilmesinde en önemli katkıyı, WDM teknolojisinin ve OXC'ler gibi çok yüksek kapasiteli anahtarlama aygıtlarının geliştirilmesi sağlamıştır. Bu sayede, tek bir fiberden çok kısa sürede çok büyük miktarda veri iletilebilmektedir (tek bir fiber üzerinden 1 Tb/s). Tüm bunlar göz önüne alındığında, bir optik ağda çok kısa süreli bir bozulma ya da servis dışı kalmanın ne kadar büyük miktarda veri kaybına sebep olacağı kolayca anlaşılır.

Haberleşme ağlarının (önceleri ses daha sonra veri, görüntü, vb. taşıyan) ortaya çıkışından itibaren bu ağların işler durumda tutulması, üzerinde çalışılan bir konu olmuştur. Geleneksel yöntemler, kaynakların yedeklenmesine dayanır. Ağın planlanması aşamasında, oluşturulan iletişim hatları için bu hatların bozulması durumunda devreye girecek yedek hatlar da oluşturulur. Hata durumlarında müdahaleler genellikle sistem yöneticileri tarafından elle yapılır.

Ancak zamanla, haberleşme ağlarının çok büyümesi ve giderek daha karmaşık hale gelmesi insan eliyle yapılacak müdahaleleri kabul edilemez hale getirmiştir. Özellikle WDM teknolojisinin kullanıldığı ağlarda mümkün olan en kısa sürede hataları çözmek ve ağı bütünüyle çalışır duruma getirmek gerek işgücü, gerek para, gerekse prestij kaybını önlemek için elzemdir.

Bu noktadan hareketle, ağlarda hata bağışıklığını sağlamak için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin temel amaçları; hataları sezmek, yalıtılmak ve nihai hedef olarak düzeltmektir. İki temel yaklaşım vardır: koruma ve onarma. Bu yöntemlerin çalışma prensipleri ve birbirlerine olan üstünlükleri ileride ayrıntılandırılacaktır. Yöntemlerin, hataları hangi katmanda sezeceği ve zeceği konusunda da başlıca iki görüş savunulur. Bunlardan ilki, hatanın sezildiği katmanda üzülmesini – zlebiliyorsa – ngrr. İkinci görüş ise hatanın sezildiği katmana en yakın ya da en uzak katmandan başlayarak zlzene kadar katmanlar arasında aşağı ya da yukarı ilerlemeyi hedefler. Ancak hangi ana ya da alt yöntem kullanılıyor olursa olsun, bağışıklığın sağlanması konusunda karar verici bir mekanizmanın eksikliği hissedilmektedir.

Bu tez çalışmasında, hata bağışıklığı konusunda yapılmış olan çalışmalar incelenmiş ve bunların faydalı yönlerini birleştirecek bir yöntem geliştirilmeye çalışılmıştır. Yöntem, kararların verileceği bir hata bağışıklığı yönetici protokolünü önerir. Hata bağışıklığı protokolü, değişimlere olan dayanıklılığından ötürü onarma yaklaşımını benimser. Hataların sezilmesi ve düzeltilmesi konusunda, hata bağışıklığı sağlamak için değişik katmanlar için geliştirilmiş protokollerden yararlanılır. Böylece, fiziksel, veribağı, ağ ve ulaşım katmanlarında hataların sezilmesi olanağına kavuşulur. Sezilen her hata, sezen katman (protokol) tarafından hata bağışıklığı yöneticisine bildirilir. Oluşan hatalar karşısında ne gibi önlemlerin alınacağını yönetici belirler. Bu sayede, hataların, yönetici tarafından verilen rasyonel kararlar doğrultusunda en uygun katmanda ve en kısa sürede üzülmesi sağlanır.

Bu çalışmadaki temel amaç, optik WDM ağlarında meydana gelen hataların mümkün olan en kısa sürede sezilmesi ve düzeltilmesidir. Bunun için çeşitli optimizasyonlar yapılmıştır.

Bir sonraki bölümde, hata bağışıklığı konusunda geliştirilmiş yöntemler, çalışma prensipleri, üstün yanları ve eksikleri tanıtılmaktadır.

nc bölümde önerilen yöntem, yöntemin onarmayı hedeflediği hata tipleri, bu amaçla kullanılan protokoller ve çalışma şekli ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde, benzetim programı ile ilgili açıklamalar ve elde edilen sonuçlar yer almaktadır.

Son bölüm, elde edilen sonuçları değerlendirerek yapılan çalışmayı özetler.