

ÇOK KATMANLI HABERLEŞME SİSTEMLERİNDE LİNK YEDEKLEME VE KURTARMA YÖNTEMLERİ

Dr. Murat Koyuncu

Atılım Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü,
İncek, Gölbaşı, Ankara
mkoyuncu@atilim.edu.tr

ÖZET

Bilişim teknolojilerindeki gelişmeler, hem kişilerin hem de resmi ve özel kurum ve kuruluşların yeniden yapılanmasına yol açmıştır. İletişim araç ve gereçleri güncel hayatımızın vazgeçilmez bir parçası haline gelmiş durumdadır. Böyle bir ortamda, kesintisiz bir iletişim sağlanması büyük önem arz etmektedir. Kesintisiz bir hizmetin sağlanması amacıyla, bilgisayar ağları ve telekomünikasyon sistemlerinin birlikte değerlendirilerek uygulanabilecek link yedekleme ve arıza kurtarma (recovery) yöntemlerinin bilinmesine ve uygulanmasına ihtiyaç vardır. Bilgisayar ağları ve telekomünikasyon sistemlerine bir bütün olarak bakıldığında, genelde çok katmanlı bir yapı mevcuttur. Örneğin, DWDM, SDH, ATM ve IP şebekelerinin üst üste bindirildiği bir telekomünikasyon şebekesi çok katmanlı bir şebeke örneğidir. Her sistemin kendine özgü bir link koruma mekanizması mutlaka vardır. Ancak, çok katmanlı bir şebekede, her seviyede link korumasına ihtiyaç var mıdır? Bu konuda mevcut teknolojiler neler sunmaktadır? Uygun çözümler nelerdir? Bu bildiriye bu soruların cevapları verilmektedir. Bilişim teknolojilerine bağımlılığın gittikçe artması nedeniyle, haberleşmede yedekleme ve arıza düzeltme konuları son yıllarda tüm dünyada ilgi görmeye başlamış bir konudur. Ancak, bu konuda yeterli çalışmanın mevcut olduğunu söylemek mümkün değildir. Özellikle Türkçe yeterli kaynak bulunmayışı bu bildirinin hazırlanmasında motivasyon kaynağı olmuştur.

1. Giriş

İletişim teknolojileri, bilgi teknolojileri tarafından tutulan bilginin paylaşılması, iletilmesi, gönderilmesi, alınması gibi amaçlarla bir noktadan başka bir noktaya aktarılmasını sağlayan sistemlerden oluşmaktadır. Bu kapsamda iki kavram karşımıza çıkmaktadır: bilgisayar ağları ve telekomünikasyon sistemleri. Bilgi sistemleri, sadece yerel bir alan içerisinde bilgi iletişimi yapacak ise, sadece yerel bilgisayar ağları kurularak bu iletişimi sağlamak mümkündür. Ancak, uzak mesafelerde iletişim ihtiyacı ortaya çıktığında telekomünikasyon sistemleri devreye girmektedir. Telekomünikasyon, iletişim amaçlı olarak uzak mesafelerde sinyal taşıma işlemi olarak tanımlanabilir. Radyo, telefon ve bilgisayar ağları telekomünikasyona verilebilecek örneklerdir.

Bilgi ve iletişim teknolojilerine bağımlılığın arttığı son yıllarda, kesintisiz bir haberleşmenin sağlanması büyük önem kazanmıştır. Hem kişisel olarak hem de kurumsal olarak yaşanabilecek kesintiler telafisi mümkün olmayan sonuçlara yol açabilmektedir. Acil bir durumda cep telefonu aradığımız numaraya ulaşamamak veya İnternet üzerinden acil bir işlem yapmak istediğimizde bağlantının olmaması bizleri oldukça sinirlendirmektedir. Bu senaryoları daha ciddi boyutlara taşımak mümkündür. Örneğin, uzaktan ameliyat yönteminin uygulandığı bir durumda, haberleşmenin kesintiye uğraması kabul edilebilir bir durum değildir. Saniyelerin çok önemli olduğu askeri bir şebekede, radar görüntülerinin operasyon merkezlerine aktarılamaması yine büyük sıkıntılara yol açabilecek bir senaryodur. Benzeri senaryoları çoğaltmak mümkündür. Kesintiler, iş dünyası için aynı zamanda gelir kaybına neden olmaktadır. Gerek kişilerin gerekse kurumların bilgi ve iletişim sistemlerine olan bağımlılığı her geçen gün daha da artmaktadır. Bu nedenle iletişim sistemlerinde güvenilirlik ve beka ön plana çıkmaktadır.

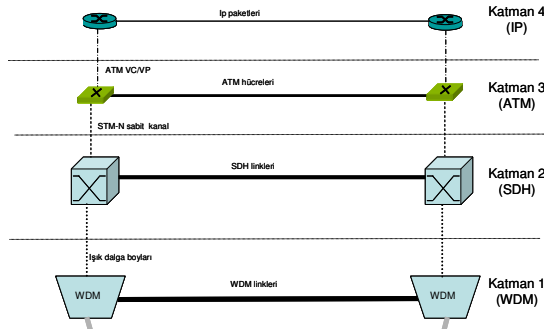
Çalışan şebekelerde; kablo hasarı, donanım arızası, yazılım hatası, doğal afetler, insan hataları, sistemlerin eskimesi ve bakım ihtiyaçları, hırsızlık ve terörist saldırılar gibi çeşitli nedenlerle kesintiler olması kaçınılmazdır. Özellikle, ülkemiz gibi altyapısı henüz tamamlanmamış ve altyapı çalışmaları iyi koordine edilmeyen, vatandaşlarda henüz ülkeye hizmet veren tesis ve altyapı varlıklarını koruma kültürü tam olarak gelişmemiş ülkelerde üçüncü tarafların sebep olduğu kesintiler oldukça yüksek boyutlardadır. Günümüzde fiber optik kablolar üzerinden büyük miktarda trafik akmaktadır. Örneğin, bir çift fiber optik kablo lifi ile bağlı STM-64 cihazları üzerinden yaklaşık olarak 120 bin kişi aynı anda telefon görüşmesi yapabilmektedir. Aynı kapasitenin ortalama 512 Kb/s hızında ADSL bağlantısı olan aboneler tarafından kullanıldığını düşünürsek, yaklaşık 16 bin kişinin İnternet haberleşmesi yaptığını görürüz. Bir fiber optik kablo içerisinde genelde çok sayıda fiber lifi mevcuttur. Dolayısıyla, oluşacak bir kablo hasarından etkilenecek abone sayısı görüldüğü üzere oldukça büyük sayılara ulaşmaktadır.

Sebebi her ne olursa olsun, telekomünikasyon şebekelerinde kesintilerin yaşanması kaçınılmazdır. Bu nedenle, telekomünikasyon şebekelerinde bekayı (survivability) artırmak için kurtarma (recovery) kavramı karşımıza çıkmaktadır. Kurtarmayı, şebekenin arıza durumunda abonelerin aldığı hizmette hiç kesinti olmadan veya çok az kesinti ile trafik akışını devam ettirebilmesi olarak tanımlayabiliriz. Telekomünikasyon şebekeleri genelde birden fazla şebeke katmanından oluşmaktadır. Çok katmanlı şebekelerde kurtarma işlemi ile ilgili değişik çalışmalar mevcuttur [1], [2], [3], [5], [6]. Bu bildiri bu çalışmalardan derlenmiş bir incelemedir.

Bu bildiri dört bölümden oluşmaktadır. Çok katmanlı şebeke yapıları ve çok katmanlı şebeke yapılarındaki gelişim trendi ikinci bölümde açıklanmıştır. Üçüncü bölüm, çok katmanlı şebekelerde kurtarma işlemini ayrıntılı olarak incelemektedir. Dördüncü bölümde verilen sonuçlarla bildiri sonlandırılmıştır.

2. Çok katmanlı şebekeler ve gelişim trendi

Çok katmanlı bir telekomünikasyon şebekesi, birbirine bağlı birden çok şebekeden oluşmaktadır. Şekil-1’de WDM, SDH, ATM ve IP olmak üzere dört katmandan oluşan bir çok katmanlı şebeke örneği verilmiştir. Katmanlar arasında tipik bir istemci-sunumcu (client-server) ilişkisi vardır. Üst seviyedeki şebeke istemci, alt seviyedeki şebeke ise sunumcu durumundadır. SDH ve ATM ikilisini düşündüğümüzde SDH katmanı sunumcu, ATM katmanı ise istemcidir. Benzer şekilde WDM katmanı sunumcu, SDH katmanı istemcidir. Mantıksal olarak her katmandaki cihaz sadece kendi katmanındaki cihazla haberleşir. Alt katman üst katman için saydam bir haberleşme ortamı sunar.



Şekil-1: Çok katmanlı şebeke örneği

Veri şebekelerinde kullanılan en yaygın protokol IP olduğu için veri şebekeleri genel olarak IP şebeke olarak isimlendirilmektedir. Günümüzde telekomünikasyon şebekelerinde taşınan en büyük trafik IP trafiği haline gelmiştir. IP şebekelerin gelişim trendine bakıldığında, IP protokolünün, farklı protokoller tarafından taşındığı ve araya değişik protokollerin girdiği görülmektedir. Bu durumda, transmisyon sistemlerinden başlayarak IP protokolüne kadar birçok katman oluşmaktadır. Örneğin, IP, ATM, SDH, WDM, sistemlerinin üst üste bindirildiği bir şebeke yapısında 4 ayrı protokol vardır. Her protokolün taşıdığı bilgiye belli miktarda başlık ve sonuç bilgileri eklediğini düşünürsek, sonuçta toplam kapasitenin önemli bir bölümünün bilginin kendisinin taşınmasında değil, protokollerin çalışabilmesi için kullanıldığı ortaya çıkmaktadır. Bu olumsuzluğu ortadan kaldırmak amacıyla, IP protokolünün direkt

olarak SDH sistemleri üzerinden taşınması, son olarak da WDM sistemleri üzerinden herhangi bir protokol dönüştürmesine gerek kalmadan taşınması imkânı getirilmiştir.

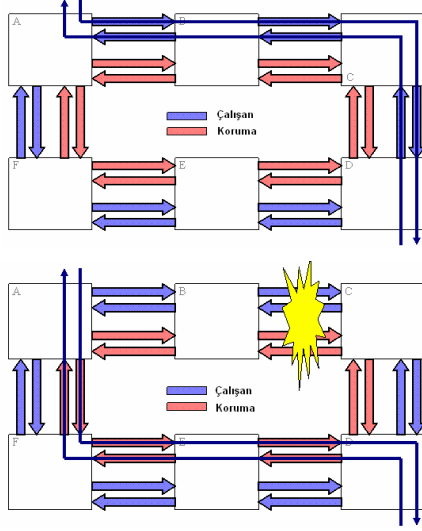
Geçmiş yıllarda, IP şebekesinin yeterince güvenilir olmaması ve yeterli kalitede (Quality Of Service-QoS) servis sağlayamaması nedeniyle ATM veri şebekesi uygulamaları geliştirilmiştir. Örnek olarak, canlı yayın bir görüntünün gecikme ve kayıp olmadan karşı merkeze iletilmesi ATM teknolojisiyle mümkün hale gelmiştir. Oysa geçmişte, IP şebeke uygulamasında gecikmelerin ve kayıpların olması kaçınılmaz idi. IP veri şebekeleri ile ATM veri şebekeleri geçmiş yıllarda iki alternatif şebeke olarak gösterilmiş, bazı firmalar ATM cihazlara, bazı firmalar ise IP cihazlara ağırlık vermişlerdir. IP teknolojisine ağırlık veren firmalar, ATM teknolojisinin getirdiği avantajların IP protokolüne de kazandırılması yoluna gitmişlerdir. IP şebekesinde kullanılan yönlendiricilere (router) “MultiProtokol Label Switching (MPLS)” olarak isimlendirilen yeni bir protokolü ilave etmişlerdir. Bu protokolün amacı, bağlantısız (connectionless) olarak çalışan IP protokolünü uçtan uca bağlantılı (connection-oriented) güvenilir hale getirmek ve istenen kaliteyi (QoS) sağlamaktır. MPLS protokolü ATM tarafından sağlanan önemli üstünlükleri telafi ederek veri şebekelerinde ATM katmanını ortadan kaldıran bir gelişme olarak gösterilmiştir. Ancak, gerek tarihsel gelişmeler nedeniyle gerekse ATM teknolojisinin bazı üstünlüklerinin hala devam ediyor olması nedeniyle, son yıllarda firmaların bu iki teknolojiyi birleştirme yoluna gittiklerini ve aynı donanım ve yazılım üzerinde ATM, MPLS ve IP özelliklerini destekleyen cihazlar geliştirdiklerini görmekteyiz.

Veri ve transmisyon sistemleriyle ilgili olarak yapılan bir çalışma da, WDM katmanında (ışık seviyesinde) Multiprotocol Lambda Switching (MPλS) Protokolü ile ışığın yönlendirilmesi (routed-wavelength) veya anahtarlanmasıdır (switched-lightpaths). MPλS, IP seviyesindeki MPLS protokolünün basitleştirilmişidir. Bir başka bakış açısıyla, MPLS ile WDM teknolojilerinin birleştirilmesidir. Bu teknolojiye kullanılan ışık dalga boyları ışığın etiketi olarak alınmakta ve ona göre yönlendirilmekte/anahtarlanmaktadır. Bu teknoloji de önümüzdeki yıllarda karşımıza çıkacak bir teknoloji olarak görülmektedir.

Yukarıda bahsedilen gelişmelerin genelde katman sayısını azaltmaya yönelik olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, en az iki katmanlı bir şebeke yapısı kaçınılmaz olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle çok katmanlı şebekelere yönelik çalışmalara ihtiyaç vardır. Çok katmanlı şebekelerde kurtarma işleminin yapılması da bu kapsamda incelenmesi ve üzerinde çalışılması gereken bir konudur.

3. Çok Katmanlı Şebekelerde Kurtarma

Her şebeke katmanının kendine özgü kurtarma yöntemleri vardır [1], [4]. Örnek olarak SDH katmanını ele alırsak SDH cihazlarının kendine özgü standartlaştırılmış koruma mekanizmaları (path protection, section protection, MS Linear trail protection, MS-SPRings, SNC-P) mevcuttur. Şekil-2'de 4 fiber optik kablo lifi ile MS-SPRings yöntemi uygulanan bir şebekede kurtarma işleminin nasıl yapıldığı gösterilmiştir. Üst şekilde şebeke konfigürasyonu ve trafiğin normal akışı, alt şekilde ise fiber optik kabloda oluşan bir arıza nedeniyle uygulanan kurtarma sonucunda trafiğin akışı görülmektedir. Arıza sonucunda trafik otomatik olarak boş bekleyen yedek linklere yönlendirilmiştir. SDH teknolojisinde bu işlem 60-100 ms zaman almaktadır.



Şekil-2: SDH şebekede kurtarma

Farklı teknikler kullanılmakla birlikte benzer şekilde diğer katmanların da kurtarma mekanizmalarından bahsetmek mümkündür. WDM, ATM, IP şebekelerinin her birinin birbirlerinden bağımsız olarak kurtarma yöntemleri mevcuttur. O halde çok katmanlı bir şebekede kurtarma yöntemleri neler olabilir ve bu yöntemleri avantaj ve dezavantajları nelerdir?

Genel olarak, çok katmanlı şebekelerde kurtarma işlemi iki farklı yaklaşımla yapılabilir [1], [5]:

1. Tek katmanlı kurtarma (Katmanlar arası bağımsız kurtarma)
2. Çok katmanlı kurtarma (Koordineli kurtarma)

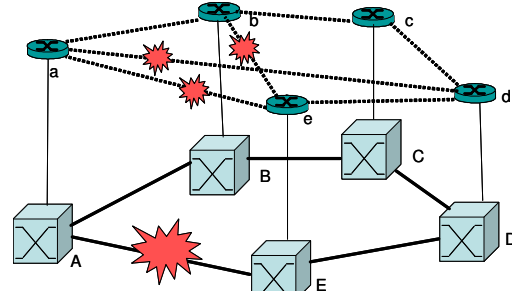
3.1 Tek Katmanlı Kurtarma

Bu yaklaşımda, kurtarma işlemi daha önceden belirlenmiş ve sadece bir katmanda yapılmaktadır. Bu nedenle, kurtarmanın hangi katmanda yapılacağı önem

kazanmaktadır. Tek katmanlı kurtarma içerisinde de üç farklı yöntemin uygulanması mümkündür. Bu yöntemler aşağıda kısaca verilmiştir.

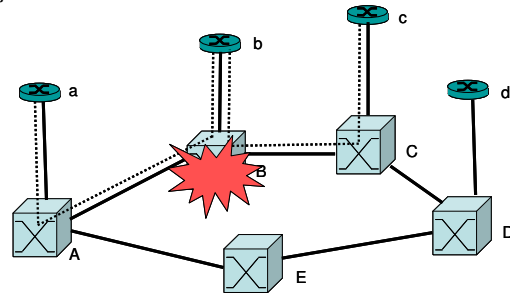
3.1.1 En Alt Katmanda Kurtarma

Bu yöntemde kurtarma, sadece en alt katmanda yapılmaktadır. Örnek olarak, optik üzerinde IP çalışan iki katmanlı bir şebekeyi düşünürsek, kurtarma optik şebeke tarafından yapılmaktadır.



Şekil-3: Alt katmanda oluşan arızanın üst katmana yansımaları

Bu yöntemin avantajları şunlardır: (1) Kurtarma işlemi çok az işlemle çok kısa sürede gerçekleştirilir. (2) Arıza problemi üst katmanlara aktarılmadan çözümlenmiş olur. Bu durum Şekil-3'de gösterilmiştir. Şekilde büyük harfler SDH cihazları, küçük harfler yönlendiricileri (router), noktalı çizgiler yönlendiriciler arasında kurulan ve SDH şebekeden servis alan mantıksal bağlantıları göstermektedir. Yönlendiriciler arasındaki a-e, a-d ve b-e mantıksal linklerinin A-E SDH linkinden geçtiğini kabul edersek, bu linkte oluşacak bir arıza üst seviyede 3 ayrı arızaya neden olmaktadır. Kurtarma SDH katmanında yapıldığında, birçok üst seviye linkinde oluşacak problem sadece bir kurtarma işlemiyle çözümlenir.



Şekil-4: Tek Katmanlı kurtarmada düğüm arızası

Bu yöntemin zayıf tarafları ise şunlardır: (1) Arıza üst katmanla ilgiliyse, bunun fark edilmesi ve çözümlenmesi mümkün değildir. (2) Arıza şayet Şekil-4'de gösterildiği gibi bir düğüm noktasında oluşursa, bu düğüm noktasından geçen transit trafik kurtarılır. Ancak, arızalanan düğüm noktasına bağlı üst seviye cihazlar mevcut ise, onlara giden trafik kurtarılamaz. Şekilde B düğümü arızalanmıştır ve ona bağlı b yönlendiricisi mevcuttur. Bu durumda b

yönlendiricisi izole olmuştur ve nokta nokta olarak gösterilen a-c yönlendiricileri arasında olan ve a-b-c yolunu izleyen trafiğin kurtarılması mümkün değildir.

3.1.2 En Üst Katmanda Kurtarma

Tek katmanlı kurtarma alternatiflerinden bir diğeri ise en üst katmanda kurtarma yapmaktır. Optik üzerinde IP çalışan bir şebekeyi düşünürsek, arıza durumunda kurtarma işlemi IP şebekede yapılır. IP şebekede şayet MPLS çalışıyorsa, kurtarma MPLS teknikleriyle, değilse standart IP kurtarma teknikleriyle gerçekleştirilir.

Bu yöntem, bir önceki yöntemin zayıf taraflarını ortadan kaldırmaktadır. Ancak, bir önceki yöntemde göre şu zayıflıkları vardır: (1) Kurtarma işlemi daha uzun sürer. (2) Kurtarma işlemi daha karmaşık hale gelir. Çünkü Şekil-3'de daha önce gösterildiği gibi alt katmanda oluşan bir arıza, üst katmanda onlarca, yüzlerce arızaya yol açabilir. Alt katmandaki bir link içinden çok sayıda üst katman linki geçiyor olabilir. Bu nedenle, üst seviye linklerin her birisinde kurtarma işlemi yapılması ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

3.1.3 Problemi Hisseden Alt Katmanda Kurtarma

Bu yöntem, yukarıda verilen iki yöntemin birleştirilmiş hali olarak düşünülebilir. Kurtarma işlemi yine tek katmanda yapılmaktadır. Ancak, bu katman arızayı fark eden en alt katmandır. Dolayısıyla, farklı arızalar için farklı katmanlarda kurtarma işlemi yapılabilmektedir. Bu yöntemde, en üst katmanda kurtarma ve en alt katmanda kurtarma yöntemlerinin zayıflıklarının kısmen giderildiğini söylemek mümkündür. Alt katmanların üst seviye katman arızalarını hissedememesi problemi ortadan kalkmaktadır. Sunumcu katman arızayı fark etmese dahi istemci katman devreye girer.

Bu yöntemin zayıf tarafları ise şöyledir. (1) Kurtarma işleminin hangi katman tarafından yapılacağıın tespiti problemi vardır. (2) Kurtarma yapan katman en üst katman değilse, en alt katmanda kurtarma yönteminin problemleri kısmen da olsa devam eder. Kurtarma en üst katmanda yapılmadığı sürece, düğüm merkezi arızalarında o düğüm merkezine bağlı üst katman cihazı izole olur ve ona giden trafik kurtarılamaz.

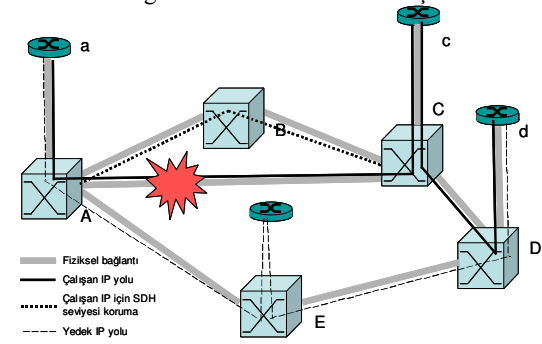
3.2 Çok Katmanlı Kurtarma

Tek katmanlı kurtarma yaklaşımının zayıflıklarını ortadan kaldırmak amacıyla, çok katmanlı şebekelerde, şebekeler arası koordinasyon sağlanarak daha mükemmel kurtarma mekanizmaları kurmak mümkündür. Bu yöntemde, katmanlar arasında bir şekilde iletişim kurmak ve kurtarma işlemini bir takım kurallar çerçevesinde yapmak ihtiyacı vardır. Bu kurallar hangi arızada hangi

katmanın harekete geçeceğini tanımlar. Çok katmanlı kurtarma yaklaşımında aşağıdaki alt bölümlerde açıklanan 2 farklı yöntemden bahsetmek mümkündür.

3.2.1 Koordinesiz (bağımsız) Kurtarma

Çok katmanlı kurtarmada uygulanabilecek en kolay yöntem, her katmanın diğer katmanlardan bağımsız olarak kendi kurtarma yöntemini uygulamasıdır. Arızayı fark eden her katman kurtarma işlemi başlatabilir. Sadece bir katmanda kurtarma işlemi yapılması trafik akışı için yeterliken birden fazla katmanda kurtarma işlemi yapılmış olabilir. Bu durum Şekil-5'de gösterilmiştir. Hem sunumcu hem de istemci linkleri koruma linklerine anahtarlanmıştır. Şekilde A-C düğümleri arasında oluşan kablo arızası sonucunda, sunumcu linki B düğümü üzerine, istemci linki ise E düğümü üzerine anahtarlanmıştır.



Şekil-5: Koordinesiz kurtarma senaryosu

Bu yöntemin en büyük avantajı kolaylığıdır. Her katmanda diğer katmanlara bakılmaksızın koruma mekanizmaları kurulur. Bu yöntemin zayıflıkları ise şöyledir: (1) Aynı anda birden fazla katmanda kurtarma yapılırsa, bu ihtiyaçtan fazla boş kapasitenin gereksiz yere kullanılmasına sebep olur. Çünkü hem alt katman hem de üst katman yedek kapasiteye geçer. Oysa sadece bir katmanda kurtarma işlemi yapılması yeterlidir. (2) Daha kötü bir senaryo ise, her iki katmanın aynı kapasiteyi kullanmaya teşebbüs etmesi ve birbirlerini engelleyerek kurtarma işleminin hiç yapılamamasıdır. Bu tür durumların olabileceği pratik çalışmalarla ispatlanmıştır [5], [6].

3.2.2 Sıralı Kurtarma

Bu yöntemde kurtarma işlemi belirlenen sıraya göre katmanların sadece birisi tarafından yapılır. Belirlenen katman kurtarma yapamaz ise, kurtarma işlemi sıradaki bir sonraki katman tarafından yapılır. Kurtarmanın hangi katman tarafından başlatılacağı ve herhangi bir nedenle yapılamadığı zaman sorumluluğun bir sonraki katmana nasıl aktarılacağıın bilinmesine ihtiyaç vardır. Sıralı kurtarma yönteminde aşağıdan yukarıya ve yukarıdan aşağıya olmak üzere iki farklı yaklaşım uygulamak mümkündür.

Aşağıdan yukarıya kurtarma: Kurtarma işlemi, arızayı fark eden en alt katmanda başlatılır. İstemci konumundaki üst katman, öncelikle sunumcu katmanında sorunun çözülmesini bekler. Ancak, sorun sunumcu katmanda çözülmez ise istemci katman devreye girerek kurtarma işlemini başlatır.

Bu yöntemin avantajı, kurtarma işlemi mümkün olan en kısa zamanda ve bütünlük içinde yapılır. Alt katmanda kurtarmanın mümkün olduğu durumlarda, boşu boşuna daha karmaşık olan üst seviye kurtarma işlemleri devreye girmez. Ancak, alt katman kurtarma yapamaz ise, üst katman daha karmaşık da olsa kurtarma işlemini gerçekleştirir.

Yukarıdan aşağıya kurtarma: Bu yaklaşımda kurtarma işlemi, arızayı fark eden en üst katman tarafından başlatılır. Yapılamadığı durumda bir alt katman devreye girer. Bu yöntemde, üst katmanın servislerini daha iyi tanıma ve önemli servislerine öncelik verme şansı vardır. Ancak, kurtarma işlemi karmaşıklaşır ve alt seviye katmanın üst seviyede kurtarma yapılıp yapılmadığını anlaması zordur. Bazen sadece bir kısım servisler kurtarılabilir. Pratikte uygulaması zor bir yöntemdir.

3.2.3 Sıralı Kurtarmada Katmanlar Arası Koordinasyon

Kurtarma yapacak katmanlar arası koordinasyon kurma ihtiyacı vardır. Çünkü arızayı fark eden katmanın, kurtarmanın kendisi tarafından başlatılıp başlatılmayacağını, kendisi tarafından başlatılmayacak ise hangi durumda kendisine sıra geleceğini bilmesi gerekmektedir. Örneğin 3 katmanlı bir şebekede en alt katmanda bir arıza oluştuğunu kabul edelim. Bu arıza üst katmanları da doğal olarak etkileyecektir. Her üç katmanında arızayı aynı anda fark ettiklerini düşünelim. Bu tür durumlarda şebeke olarak kurtarma işleminin nasıl sağlanacağını katmanlar arasında koordinasyonunun sağlanması gerekmektedir.

Sıralı kurtarmada katmanlar arası koordinasyon için üç farklı teknikten bahsedilebilir. Bunlardan birincisi, zamanlayıcı kullanmaktır. Arıza durumunda, istemci durumunda olan katman, sunumcu katmana fırsat tanımak için belli bir süre bekler, bu süre içinde kurtarma gerçekleşmez ise kendi kurtarma işlemini başlatır. Bunun için istemci katman bir zamanlayıcı tutar.

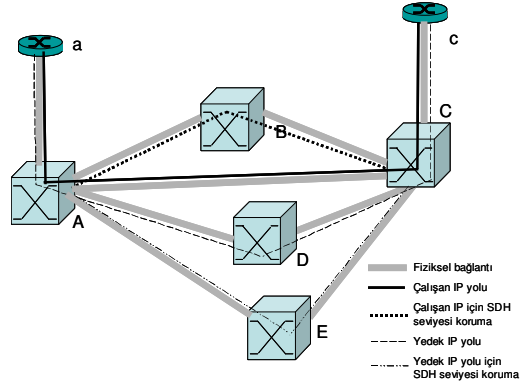
İkinci teknik, istemci ve sunumcu katmanı arasında bir sinyalleşme mekanizmasının kurulmasıdır. Sunumcu katman kurtarma yapamaz ise bunu istemci katmana bildirir. Bunun üzerine istemci katman kurtarma işlemini başlatır.

Konuyla ilgili uygulanabilecek son bir yol ise, şebeke katmanlarının tamamını görecektir, en uygun kurtarmanın hangi katmanda olacağına karar verecektir.

ve bunu uygulatacak bütünlük bir tekniğin uygulanmasıdır. Bunun için iki alternatif çözüm sunmak mümkündür. Birincisi, şebeke katmanları için ortak bir kontrol mekanizmasının (integration of control plane) oluşturulmasıdır. İkincisi ise şebeke yönetimi seviyesinde ortak bir yönetimin oluşturulmasıdır. Farklı katmanlardaki şebekelerin ortak yönetimi için yapılan çalışmalar mevcuttur [7]. Zamanlayıcı ve sinyalleşme tekniklerine göre çok daha karmaşık olan bu yöntem, daha esnek ve daha zekice kurtarma yöntemleri üretebilir. Ancak, mevcut katmanlı şebekelerdeki katman mantığını bozmaktadır. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak değerlendirilmesi gereken bir yöntem olarak düşünülmektedir.

3.2.4 Çok Katmanlı Kurtarmada Kaynak Kullanımı

Çok katmanlı kurtarmada, katmanlar arası koordinasyona ilave olarak dikkate alınması gereken diğer bir konuda yedek kapasitenin etkin kullanımınıdır [5]. Yedekleme için kullanılan linklerin fiziksel olarak çalışan linklerden tamamen ayrı olduğu kabul edilmektedir. Kaynak kullanımı ile ilgili yöntemleri statik ve dinamik yöntemler olarak ikiye ayırmak mümkündür.



Şekil-6: Statik kaynak kullanımı

Statik kaynak kullanımı: Statik yöntemde koruma (yedek) olarak kullanılacak linkler önceden belirlenmiştir ve en azından optik seviyede açılmıştır. İhtiyaç duyulduğunda şebeke topolojisinde bir değişikliğe gidecek link tesisine ihtiyaç yoktur. Her katmanda çalışan link, ayrı bir link ile yedeklenir. Şekil-6'da SDH ve IP katmanlarından oluşan iki katmanlı bir şebeke verilmiştir. Optik seviyedeki arızalara karşı SDH seviyesinde optik link yedeklenmiştir. IP katmanı arızalarına karşı IP linki ayrıca farklı bir link ile yedeklenmiştir ve bu IP linki farklı bir optik link üzerinden taşınmıştır. Ayrıca optik seviyede yedek IP linki için koruma yapılmıştır. Böylece optik seviyede bir link için toplam 4 adet link kullanılmıştır. Bu tip yedeklemenin uygulaması basit olmakla birlikte, gereğinden fazla kaynak kullanması nedeniyle özel durumlar hariç tercih edilen bir yöntem değildir.

Statik yöntemde kaynak kullanımını daha etkin hale getirmek için, atılabilecek ilk adım, yedeğin yedeği durumunda bulunan yedek IP linkinin optik seviyedeki korumasını iptal etmektir. Bu durumda Şekil-6 üzerindeki A-E-C linki ortadan kalkmaktadır. Böylece optik seviyedeki toplam link sayısı üç düşmektedir.

Kaynak kullanımını daha da etkin hale getirmek için yapılabilecek bir işlem de IP koruma linkini optik seviyedeki koruma linki ile birleştirmektir. Diğer bir deyişle, aynı optik link, hem çalışan IP linkin yedeği olacak hem de yedek IP linkin optik seviyedeki yolu olacaktır. Aynı link hem optik seviyedeki kurtarmalarda hem de IP seviyesindeki kurtarmalarda kullanılacaktır. Şekil-6 üzerinde A-B-C ve A-D-C linkleri birleştirilecek ve tek link olarak kullanılacaktır. Ancak dikkat edilmesi gereken husus, her iki katmanda aynı anda kurtarma yapılması mümkün değildir.

Dinamik kaynak kullanımı: Bu yöntemde kurtarma ihtiyacı olduğunda şebeke topolojisinde otomatik olarak değişiklikler yapılabilmektedir. İhtiyaç olduğunda yeni bir linkin kurulması veya ihtiyaç ortadan kalktığında linkin iptal edilmesi mümkündür. İstemci şebeke ihtiyaç duyduğunda sunumcu şebekeden yeni bir link talep edebilir veya kullanılmayan linkleri iade edebilir. Dolayısıyla istemci ve sunumcu şebekeler arasında bir haberleşme mekanizması tesis edilmiştir. Bu yöntemde korumalar için önceden link tahsis etmeye gerek yoktur. Ancak, çalışma süresince gelebilecek talepleri ve topoloji değişikliklerini karşılayacak yedek kapasite havuzunun oluşturulmasına ihtiyaç vardır. Otomatik link tesislerinin yapılabilmesi için en azından fiziksel bağlantıların önceden hazırlanmış olmasına ihtiyaç vardır. Yeni nesil ASON (Automatic Switched Optik Network) veya ION (Intelligent Optik Network) şebekeler bu yeteneğe sahip şebekelerdir. Bu şebekeler, kaynak kullanımı açısından statik yöntemleri kullanan şebekelere göre yedek kapasiteyi çok daha etkin kullanabilmektedir.

4. Sonuç

İletişim teknolojilerine bağımlılığın oldukça büyük boyutlara ulaştığı günümüzde, kesintisiz haberleşmenin sağlanması büyük önem arz etmektedir. Bunu sağlamanın en önemli noktalarından birisi telekomünikasyon şebekeleridir. Oluşabilecek arıza durumlarında üzerinden akan trafiği kesintiye uğratmadan veya çok az kesinti ile normal akışına ulaştırılacak şebeke yapılarının kurulmasına ihtiyaç vardır. Bu da telekomünikasyon şebekelerinde etkin bir kurtarma yönteminin oluşturulmasıyla mümkün olacaktır.

Günümüzde telekomünikasyon şebekeleri genelde çok katmanlı şebekelerdir ve her katmanın kendine özgü bir kurtarma mekanizması vardır. Bu bildiride çok katmanlı şebekelerde arıza durumlarında uygulanabilecek kurtarma yöntemleri incelenmiştir. Çok katmanlı bir telekomünikasyon şebekesinde, aşağıdan yukarıya uygulanacak çok katmanlı bir kurtarma yönteminin diğerlerine göre daha etkin olduğunu söylemek mümkündür. Ancak, farklı şebekelerde farklı kurtarma yöntemleri uygulanması gerekebilir. Örneğin, yedek kapasitenin çok sınırlı olduğu bir şebekede sadece tek katmanda ve sadece en üst katmandaki önemli servislere kurtarma uygulamak mümkün olabilir. Bu nedenle, uygulanacak kurtarma yöntemine her şebekenin kendi yapısı dikkate alınarak karar verilmelidir.

Kaynaklar

- [1] D.Colle, S.De Maesschalck, C.Develder, P.V.Heuven, A.Groebbens, J.Cheyns, I.Lievens, M.Pickavet, P.Lagasse, P.Demeester. "Data-Centric Optical Networks and Their Survivability". IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.20, 6-20,2002.
- [2] A.Groebbens, D.Colle, S. De Maesschalck, M.Pickavet, P.Demeester. "Logical Topology Optimisation for Dynamic Multi-layer Recovery Schemes". IEEE Conf.on Design of Reliable Communication Networks (DRCN 2003), Alberta, Canada, 2003.
- [3] J.Krculick, C.Hood. "Avoiding Blocking in Multilayer Recovery". IEEE Proc.vvvvvv, 2004.
- [4] G.Maier, A.Pattavina, S.De patre, M.Martinelli. "Optical Network Survivability: Protection Techniques in the WDM Layer". Photonic Network Communications, 4:3/4, 251-269, 2002.
- [5] M.Pickavet, P.Demeester, D.Colle,D.Staessens, B.Puype, L.Depre, I.Lievens. "Recovery in Multilayer Optical Networks". IEEE Journal of Lightwave Technology, Vol.24,122-134, 2006.
- [6] N.Wauters, G.Ocakoğlu, K.Struyve, P.F.Fonseca. "Survivability in a New Pan-European Carriers' Carrier Network Based on WDM and SDH Technology: Current Implementation and Future Requirements". IP over DWDM Conf., Paris, France, 2000.
- [7] L.Raptis, G.hatziliaz, F.Karayannis, K.Vaxevanakis, E.Grampin. "An Integrated Network Management Approach for Managing Hybrid IP and WDM Networks". IEEE Network, Vol.17, 37-43, 2003.