

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

P2P SİSTEMLERDE İSTEMCİ EŞ TABANLI
EŞ SEÇİM MODELİ

Ahmet ORSORLU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE

2011

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

P2P SİSTEMLERDE İSTEMCİ EŞ TABANLI
EŞ SEÇİM MODELİ

Ahmet ORSORLU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Hacı Ali MANTAR

GEBZE

2011



**GEBZE YÜKSEK
TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 17.06.2011 tarih ve 2011/20 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 13.07.2011 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Ahmet ORSORLU'nun tez çalışması Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE (TEZ DANIŞMANI) : Doç. Dr. Hacı Ali MANTAR

ÜYE : Yrd. Doç. Dr. Fatih Erdoğan SEVİLGİN

ÜYE : Yrd. Doç. Dr. İlyas KANDEMİR

ONAY

G.Y.T.E. MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ Yönetim Kurulu'nun
__ / __ / __ tarih ve __ / __ sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

TEZ BAŞLIĞI : P2P SİSTEMLERDE İSTEMCİ EŞ TABANLI EŞ SEÇİM MODELİ

YAZAR ADI : AHMET ORSORLU

P2P sistemler, geleneksel istemci-sunucu tabanlı sistemlerin verimlilik ve ölçeklenebilirlik problemlerine çözüm olmak amacıyla ortaya çıkmıştır. P2P sistemlerde sunucu eşler genellikle aday eşler arasından rastgele seçilir. Oysaki istemci eşlerin kaynak kullanımı için uygun sunucu eşleri seçmesi, performans ve verimliliği büyük ölçüde etkileyebilmektedir. Bu doğrultuda, istemci eşlerin sunucu adayı eşleri, belirli kıstaslara göre derecelendirerek, yüksek dereceye sahip eşlerin kaynaklarını kullanması verimliliği artırıcı yöntem olarak düşünülebilir.

Bu tez çalışmasında, istemci eşlerin sunucu adayı eşleri derecelendirmesini ve bu işlemi her istemci eşin kendi kıstaslarına göre yapabilmesini sağlayan soyut bir eş seçim modeli sunulmuştur. Eşlerin derecelendirmesi işleminde, işleme gücü, eşler arasındaki ağ gecikmesi, iletim kapasitesi, sistemde çevrimiçi olma süresi gibi sistem bilgilerinin kullanılması önerilmiştir. Sistemde esnekliği ve özelleşebilmeyi sağlayabilmek için her eşin kendi kıstaslarını kullanabilmesi, modelin öne sürdüğü avantajlardan bir tanesidir. Gerçekleştirilen benzetim sonuçlarına göre, tez çalışmasında önerilen model, rastgele eş seçimine göre kaynak edinme sürelerinde gelişme sağlamaktadır.

SUMMARY

**THESIS TITLE : A CLIENT PEER BASED PEER SELECTION MODEL IN
P2P SYSTEMS**

AUTHOR : AHMET ORSORLU

P2P systems had arisen to solve the efficiency and scalability problems of the traditional client-server based systems. In P2P systems, server peers are usually chosen randomly from within candidate peers. Choosing appropriate server peers can affect substantially the performance and efficiency of the system. For this purpose, being ranked server peers by client peers and chose the best rated peers among them can be considered for improving efficiency.

In this study, an abstract P2P peer selection model had been contributed in that client peers rate candidate server peers by their own criterias. In the process of rating peers, using system informations like processing powers, network latency between peers, network capacity and durations of being online had been suggested. Using own criterias of client peers for providing flexibility and specialization is one of the advantages of the model. The experiment results proved that the proposed model provides improvements in proportion to random peer selection in resource obtaining time.

TEŞEKKÜR

Tezimin başlangıcından bitimine kadar bana destek olan ve ilgisini esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Hacı Ali MANTAR'a, yüksek lisans öğrenimim boyunca bana katkıda bulunan öğretmenlerime ve arkadaşlarıma, maddi destek veren TÜBİTAK'a ve beni bugünlere getiren ve maddi manevi desteğini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1 GİRİŞ	1
2 P2P SİSTEMLER	3
2.1 P2P Sistem Tanımı ve Özellikleri	3
2.2 P2P Sistemlerin Avantajları ve Dezavantajları	5
2.3 Kullanım Alanları	6
2.4 P2P Sistemlerin Tarihçesi	7
2.5 P2P Sistemler ve Izgara Hesaplama	9
2.6 P2P Sistem Türleri	10
2.6.1 Üst Katman Ağının Merkezliliğine Göre P2P Sistemler	10
2.6.1.1 Tamamen Dağıtık P2P Sistemler	10
2.6.1.1.1 Gnutella	11
2.6.1.2 Kısmi Dağıtık P2P Sistemler	12
2.6.1.3 Karma Yapıda P2P Sistemler	12
2.6.1.3.1 BitTorrent	12
2.6.2 Ağ Yapısına Göre P2P Sistemler	14
2.6.2.1 Yapısal P2P Sistemler	14
2.6.2.1.1 Chord	14
2.6.2.2 Yapısal Olmayan P2P Sistemler	16
2.7 Eş Seçimi	16
2.7.1 Eş Seçimi ile İlgili Araştırma ve Yayınlar	17
2.8 OMNET++	19
3 İETESM – İSTEMCİ EŞ TABANLI EŞ SEÇİM MODELİ	20
3.1 İETESM Yapısı	20

3.2	İETESM Algoritması	22
3.3	Modelin İncelemesi	25
4	DENEYLER	27
5	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	34
	KAYNAKLAR DİZİNİ	36
	ÖZGEÇMİŞ	39

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AS	: Autonomous System
BİM	: Bilgi İsteği Mesajı
BİCM	: Bilgi İsteği Cevabı Mesajı
CAN	: Content Addressable Network
CFS	: Cooperative File System
DHT	: Distributed Hash Table
IP	: Internet Protocol
ISS	: Internet Servis Sağlayıcısı
İETESM	: İstemci Eş Tabanlı Eş Seçim Modeli
kbps	: Kilobit Per Second
MB	: Megabyte
mbps	: Megabit Per Second
P2P	: Peer to Peer
RAM	: Random Access Memory
RTT	: Round-Trip Time
TCP	: Transmission Control Protocol
TTL	: Time to Live
UDP	: User Datagram Protocol
α	: Sistem Bilgisi Katsayısı

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Örnek istemci-sunucu ağ mimarisi (a) ve Örnek P2P ağ mimarisi (b)	4
2.2. Napster Yapısı ve Sorgu Sistemi	8
2.3. Gnutella Yapısı ve Sorgu Sistemi	11
2.4. BitTorrent Yapısı ve Sorgu Sistemi	13
2.5. Örnek Chord Yapısı ve Anahtar Değerlerinin Atanması	15
3.1. İETESM'nin İşleyişi	21
4.1. Senaryo 1 – Ortalama Veri İndirme Süreleri	29
4.2. Senaryo 2 – Ortalama Veri İndirme Süreleri	30
4.3. Senaryo 1 ve Senaryo 2 Benzetimlerinin Birleşimi	31
4.4. Tüm Benzetimlerin Bir Arada Gösterimi	32

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. İETESM Algoritması Sözde Kodu	23
4.1. Benzetim Ayarları	27
4.2. Sistemdeki Eşlerin İletim Kapasiteleri ve Dağılım Oranları	29
4.3. Senaryo 1 - Veri İndirme Süreleri (saniye)	30
4.4. Senaryo 2 - Veri İndirme Süreleri (saniye)	31
4.5. Algoritmada Oluşan Ortalama Mesaj Sayıları ve Boyutları	32
4.6. Tüm Benzetimlerin Ortalama Veri İndirme Süreleri (saniye)	33

1 GİRİŞ

Ağ sistemlerinde her zaman verimli ve ölçeklenebilir veri, bilgi, kaynak paylaşımına ihtiyaç duyulmuştur. İnternet dünyasında geleneksel paylaşım türü olan istemci-sunucu tipindeki modelde, büyük verimlilik ve ölçeklenebilirlik sorunları bulunmaktadır. Belirli sayıdaki sunucularla (genellikle bir) yapılan kaynak iletimi, aktarım işlemlerinde tüm istekler bu sunuculara yapılacağı için, kullanıcı sayısının artmasıyla birlikte giderek performans ve verimlilik sorunları doğurmaktadır. Bu yapılardaki kullanıcılar, sadece istemci konumunda oldukları için tek taraflı bir fayda söz konusu olmaktadır. Bu durumun çift taraflı fayda olacak şekilde düzenlenecek bir yapıyla daha verimli hale getirilebileceği öngörülebilir. Sistem merkezci durumdan dağıtık duruma geçirilebilirse yoğunluk da dağıtılabilmış olur.

Tüm bu görüşler ışığında ortaya çıkan P2P (Peer-to-Peer, Eşler Arası) sistemler, gün geçtikçe, istemci-sunucu tabanlı sistemlerin yerini almaya başlamıştır. Bu sistemler, daha dengeli veri akışını, iletim kapasitelerinin daha efektif kullanımını ve daha güçlü ayakta kalma yeteneğini getirmektedir. Üstelik P2P sistemler internet altyapısında herhangi bir değişiklik gerektirmeden tamamen uygulama katmanında geliştirilmektedir. Bu da düşük maliyetle yüksek performansı getirebilmektedir.

Günümüzde, internetteki trafiğin büyük kısmını P2P sistem trafiği oluşturmaktadır. Bu da P2P sistemleri popüler araştırma alanları haline getirmiştir [1] [2] [3] [4]. Bu araştırma alanlarından bir tanesi kaynakların edinileceği eşlerin seçimidir. P2P sistemlerde eşlerin kaynakları, eşler arasında paylaştırılır. Eş seçimi, kaynak paylaşımında kaynağı kullanmak isteyen istemci eşin, kaynağı hangi eşlerden edineceğini seçmesidir. Bu problem, performansı, verimliliği ve sistemdeki trafik dağılımını önemli ölçüde etkileyebilir.

P2P sistemlerde kullanıcılar kaynaklarını kullanacakları aday kullanıcıları çeşitli yollarla öğrenirler. Sistemlerde bu aday kullanıcılar arasından bağlanılacak eşlerin seçimi, genellikle rastgele yapılır (Örneğin, BitTorrent protokolü). Rastgele seçimin çeşitli dezavantajları olabilmektedir. Kaynak isteğinde bulunan istemci eşlerin, kaynaklarını kullanmak istediği sunucu eşleri belirli kısıtlara göre derecelendirilerek, yüksek dereye sahip eşlerin kaynaklarını kullanması, performans

arttırıcı bir yöntem olarak düşünülmektedir. Eşlerin derecelendirmesinde işleme gücü, eşler arasındaki gecikme, iletim kapasitesi, sistemde çevrimiçi olma süresi gibi bilgilerle eşleri derecelendiren çeşitli çalışmalar mevcuttur [3] [5] [6] [7]. Yapılan bazı çalışmalarda ([3] ve [5]) bu işlemler merkezi eşlerde gerçekleştirilmektedir. Ancak, merkezi eşlerde yapılan derecelendirme işlemi, eşlere özel olmayan, her eş için aynı kıstasların uygulanacağı bir sistemi doğuracaktır. Bu da eşler bazında özelleşebilmenin önüne geçecektir.

Bu tez çalışması kapsamında, eşlerin, kaynağını kullanacağı eşleri seçimi için aday eşleri derecelendirmesini ve bu işlemi her eşin kendi kıstaslarına göre yapabilmesini sağlayan bir model öne sürülmüştür. Model kapsamında, sistemde esnekliği ve özelleşebilmeyi sağlayabilmek için her eş kendi kıstaslarını ve katsayılarını kullanabilmektedir ve model tüm P2P sistemlerde uygulanabilecek şekilde soyut bir yapıya sahiptir.

Çalışmada, modelin gerçekleştirilmesi OMNET++ benzetim uygulaması üzerinde yapılmıştır. OMNET++ benzetim uygulamasının INET modülü kullanılarak, internet altyapısının gerçeğe yakın olarak benzetime aktarılması sağlanmıştır. Model, örnek bir P2P uygulaması olan BitTorrent üzerine uygulanmıştır. OMNET++ için yazılmış bir BitTorrent modülü [8] üzerinde farklı benzetimler uygulanarak gelişmeler gözlemlenmiştir. Benzetim uygulaması OMNET++ ve modülleri (sürümler deneyler bölümünde belirtilmiştir) Linux işletim sistemi üzerinde kurulurken bağımlı paketlerin kurulmasıyla ilgili zorluklarla karşılaşmıştır. Kullanılan BitTorrent modülü'nün kısıtlarından dolayı OMNET++'nın eski sürümü kullanılmış, bu da hem OMNET++'da hem de BitTorrent modülünde bulunan kod hatalarının düzeltilmesi ihtiyacından dolayı, benzetim kodlaması sürecini uzatmıştır.

Tezin ikinci bölümünde, P2P ağlardan ve özelliklerinden ayrıntılı şekilde bahsedilecek, tez çalışmasının temelini oluşturan eş seçimine değinilecek ve benzetimlerin uygulandığı OMNET++ benzetim uygulaması tanıtılacaktır. Üçüncü bölümde, tez çalışmasında öne sürülen modelin yapısından ve algoritmasından bahsedilecek, iyi ve kötü yönleri ortaya konulmaya çalışılacaktır. Dördüncü bölümde, modelin gerçekleştirildiği benzetim sonuçlarına yer verilecektir. Beşinci bölümde, tez çalışmasının sonuçlarından bahsedilecek ve yapılabilecek çalışmalara değinilecektir.

2 P2P SİSTEMLER

Bu bölümde, P2P sistemler ve özelliklerinden, geleneksel istemci-sunucu sistemlere göre avantaj ve dezavantajlarından, internet üzerinde kullanım alanlarından, ayrıntılı olarak tarihçesinden, yapısal olarak benzerlik gösterdiği ızgara sistemlerden ve benzerliklerinden, P2P türlerinden, tez çalışmasına konu olan eş seçim modelinden ve bu konuda daha önce yapılan çalışmalardan, tez çalışmasında kullanılan benzetim uygulaması olan OMNET++'tan bahsedilecektir.

2.1 P2P Sistem Tanımı ve Özellikleri

Gün geçtikçe, gerek akademik gerekse ticari anlamda popülerliği artan P2P sistemler, geleneksel istemci-sunucu tabanlı sistemlerin zaafalarını gidermek amacıyla ortaya çıkmıştır. P2P sistemler, birden fazla bilgisayarın bir araya gelerek belirli görevleri paylaştığı dağıtık ağlardır. Bu sistemlerde bulunan kullanıcılar olan eşler, sistemde hem istemci hem sunucu görevinde bulunabilmektedir. Yani, her bir kullanıcı, kaynak isteğinde bulunabilirken kaynak isteklerine de cevap verebilmektedir. Kısaca istemci-sunucu tanımı şu şekildedir [9]:

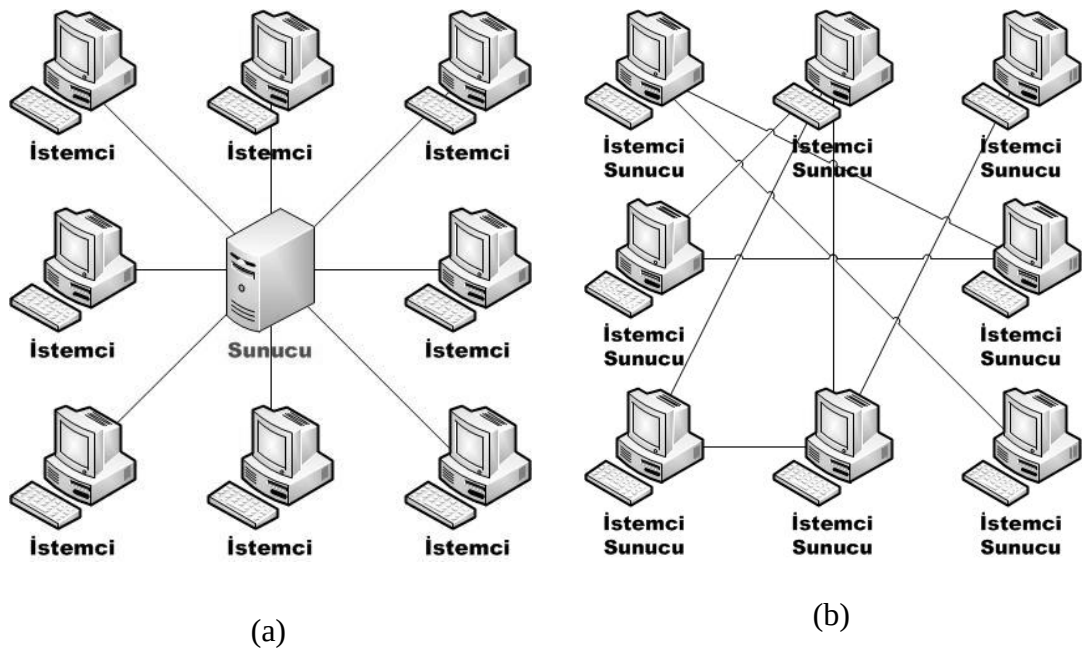
- Bir istemci-sunucu ağı, bir yüksek performanslı sistem olan sunucu ve birçok düşük performanslı sistemler olan istemcilerden oluşan dağıtık bir ağıdır. Sunucu, içerik ve servis sağlayan merkezi kayıt birimidir. İstemci, sadece içerik ya da ihtiyaç duyduğu servislerin uygulanmasını ister, herhangi bir kaynak paylaşımı yapmaz.

İstemci-sunucu sistemlerde tüm yük sunuculara binmektedir. Bu sorun, sistemdeki yük, sistemin tüm parçalarına dağıtılarak, yani kullanıcılar da kaynak sağlayıcı yapılarak aşılabılır. Bu bağlamda P2P tanımı şu şekildedir [9]:

- Eğer sistemdeki katılımcılar, işlemci gücü, saklama kapasitesi, ağ bağlantısı kapasitesi, yazıcı gibi kaynaklarının bir kısmını paylaşırlarsa, dağıtık ağ mimarisi P2P Ağ olarak adlandırılabilir. Paylaşılan bu kaynaklar, ağ tarafından önerilen servis ve içeriği (dosya paylaşımı gibi) sağlamak için gereklidirler. Kaynaklar, sistemdeki diğer katılımcılar tarafından, ara varlıklara ihtiyaç duymadan, doğrudan erişilebilir durumdadır. Böyle bir

ağdaki katılımcılar hem kaynak sağlayıcı hem de kaynak isteyen durumundadır.

Bu iki tanım ışığında P2P sistemler çift taraflı istemci-sunucu ağlar olarak görülebilir. P2P sistemlerde kullanıcılar eş olarak tanımlanmaktadır ve asıl veri akışları eşler arasında gerçekleşmektedir. Şekil 2.1.(a)'da bir istemci-sunucu mimarisi örneği görülmektedir. Sistemdeki istemci sayısı arttıkça sunucuya binen yük artmaya başlayacak, bu da hizmette kalitesizliğe hatta sunucunun hizmet dışı olmasına yol açabilecektir. Şekil 2.1.(b)'de ise bu olumsuzluğu ortadan kaldıran örnek bir P2P ağ yer almaktadır. Şekillerdeki bağlantılar, birimler arası soyut bağlantıları göstermektedir.



Şekil 2.1. Örnek istemci-sunucu ağ mimarisi (a) ve Örnek P2P ağ mimarisi (b).

P2P ağlar çeşitli özelliklere sahiptir. Bu özellikler şöyle özetlenebilir [10,11]:

- Ağ topolojisi oldukça dinamiktir. Eşler, herhangi bir yapının kontrolü olmadan, sisteme istedikleri zaman katılabilirler ya da ayrılabilirler.
- Eşler, kısıtlı kapasitelere sahiptirler ve sistemde bulunma durumları (çevrimiçi bulunma durumları) dinamik olduğundan çok güvenilir değildirler.
- Eşler, kendi çıkarları doğrultusunda hareket edebilirler. Sistemden istediklerini alıp sistemi terk edebilirler.

- P2P sistemlerde özel bir yönetime ihtiyaç yoktur. Bu da maliyet gereksinimini ortadan kaldırır.

P2P kavramından bahsederken, üzerinde durulması gereken bir konu da P2P sistemlerinin ve P2P uygulamalarının farklı kavramlar olduğudur. P2P sistemler, eşlerin sisteme katılması ve ayrılması, kaynağa erişim için gerçekleştirilen sorguların yönetimi, hata kontrolleri ve önlemleri gibi sistemin işleyişini belirleyen kuralları ortaya koyarlar. P2P uygulamaları ise, P2P sistemlerin ortaya koyduğu kuralları gerçekleyen yazılımlardır. Kullanıcılar P2P uygulamaları kullanarak P2P ağlarına katılırlar. Örneğin, Limewire, Gnutella altyapısını kullanan bir P2P dosya paylaşım uygulamasıdır. CFS, Chord [1] altyapısını kullanan bir dağıtık dosya sistemi uygulamasıdır. µTorrent, BitTorrent altyapısını kullanan bir dosya paylaşım uygulamasıdır.

P2P sistem trafiği gün geçtikçe internet trafiğinin büyük kısmını oluşturmaya devam etmektedir. Bu bağlamda, Ipoque firması tarafından 2008 ve 2009 yılları için yapılan internet trafiği araştırması [12] sonucunda, araştırmada belirlenen tüm bölgelerde P2P sistemlerin en çok veri trafiğini ürettiği ve BitTorrent trafiğinin de en çok trafik üreten P2P sistem olduğu gözlemlenmiştir.

2.2 P2P Sistemlerin Avantajları ve Dezavantajları

P2P sistemlerde, kullanıcılar sisteme kaynak sağladıkları için, kullanıcı katılımı arttıkça sistemin kapasitesi de artacaktır. Bu durum sayesinde P2P sistemler yüksek düzeyde ölçeklenebilirlik sağlamaktadır. İstemci-sunucu sistemlerde ise durum tam tersidir. Kullanıcı sayısı arttıkça, sabit olan kapasite kullanıcılara dağıtılacak, bu durum da kullanıcı başına düşen hizmeti azaltacaktır.

P2P sistemlerde merkezi bir birim olmadığı için sistemdeki herhangi bir katılımcının sistemden ayrılması sisteme bir zarar getirmemektedir. İstemci-sunucu sistemlerde sunucu sistemden ayrıldığı anda hizmet sağlanamayacaktır. Bu da P2P sistemlerin sağlam ve güvenilir yapıda olduğunu göstermektedir.

P2P sistemlerde telif hakkı sorunları ortaya çıkabilmektedir. Sistemde her katılımcı kontrol altında tutulamayacağı için paylaştıkları içeriklerin de kontrolü çok

zor olacaktır. İstemci-sunucu sistemlerde kaynaklar belirli sunucularda sunulacağı için yasal olmayan içeriklerin dağıtılmamasının önüne geçilebilmiş olur.

P2P trafiğinin yoğunluğundan dolayı, Internet Servis Sağlayıcıları (ISS), P2P trafiğini kontrol altına alabilmektedir. Bu da sistemde veri iletiminde sorunlar doğurabilmektedir. Bazı sistemler veri trafiğini şifreleyerek bu durumun önüne geçebilmektedirler.

Eşler istemci olarak sistemde her zaman bulunamayabileceği için, istenilen kaynağa her zaman ulaşılama sorunu ortaya çıkabilmektedir. İstemci-sunucu sistemlerde istemci ideal durumlarda sürekli hizmet verdiği için içeriğe ulaşamama gibi bir durum oluşamayacaktır.

Tüm bu durumlar sonucunda, P2P sistemlerin istemci-sunucu tabanlı sistemlere göre avantajlı ve dezavantajlı yanları olduğu görülmektedir. Sistemin uygulanacağı uygulamalarda hangi durumun öncelikli olduğu göz önünde bulundurularak, istemci-sunucu yapının ya da P2P yapının seçimi gerçekleştirilebilir. Örneğin, kullanıcı sayısı az olan ve telif hakkının ön planda tutulduğu içeriğe sahip bir ağ uygulaması için istemci-sunucu yapı kurularak telif hakkı korunması sağlanabilir. Bunun yanında, kullanıcı sayısı fazla ve dinamik olan bir ağ uygulaması için P2P yapının kurulması daha uygun olacaktır.

2.3 Kullanım Alanları

P2P sistemler, sağladığı avantajlar sayesinde, pek çok alanda kendine yer edinmiştir. En çok kullanıldığı alanlar, dosya paylaşımı, dağıtık hesaplama, çoklu-ortam akışları, anında mesajlaşma servisleri, dosya ve depolama sistemleridir.

Dosya paylaşımı, en yaygın olarak kullanılan P2P sistem uygulamasıdır. Çeşitli P2P sistemler üzerinde oluşturulan bu uygulamalarda kullanıcılar, istediği dosyaların sistemde hangi kullanıcılarda olduğunu öğrenerek dosyalara erişmeye çalışırlar. Bu tür uygulamaların en popüler örnekleri, Napster, Gnutella, KaZaa, eDonkey ve BitTorrent'tir.

Dosya paylaşım sistemlerine benzer olarak, çoklu-ortam akış sistemlerinde de sıklıkla P2P yapılar kullanılmaya başlanmıştır. Gerek canlı çoklu-ortam akışı gerekse

istek anında akış için P2P sistemler kullanılabilir. PPLive, PPStream, Sopcast gibi ticari uygulamaların dışında Goalbit [2] gibi açık kaynağa sahip ortam akış sistemleri P2P yapılara sahiptirler.

Anında mesajlaşma ve internet telefonu yazılımları da (örn. Skype) P2P yapıya sahip uygulamalardır. Globus, açık kaynağa sahip, işlemci gücü, veritabanı gibi dağıtık kaynak paylaşımı problemini çözen bir P2P sistemdir. SETI@Home, çok ünlü dağıtık hesaplama projelerinden biridir. Sisteme katılan katılımcıların işlemci kaynakları, Dünya Dışı Akıllı Yaşam Araştırması (Search for Extra-Terrestrial Intelligence) projesinde kullanılmaktadır.

P2P altyapıyı kullanan dağıtık dosya sistemleri de mevcuttur. Dağıtık dosya sistemlerinde P2P altyapının kullanılması, düşük maliyet, yüksek uygunluk ve tek bir sunucuya bağımlı kalmadan yüksek depolama kapasitesi gibi avantajları beraberinde getirmektedir [10]. CFS, OceanStore, Past gibi dağıtık dosya sistem uygulamaları çeşitli P2P sistem altyapılarını kullanmaktadır.

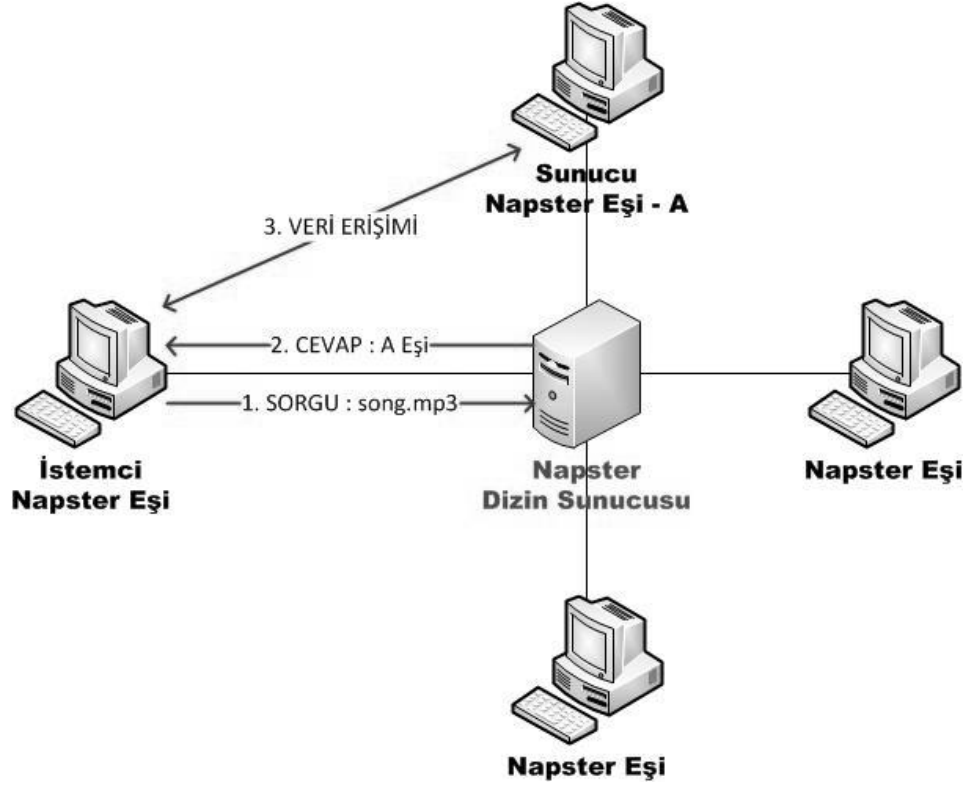
2.4 P2P Sistemlerin Tarihçesi

Tarihte P2P kavramını uygulayan ilk uygulamalardan biri, 1999 yılında Shawn Fenning tarafından geliştirilmiş, okuldaki oda arkadaşıyla müzik dosyalarını paylaşmayı amaçlayan bir uygulama olan Napster'dır. Daha sonra uygulama birçok kişi tarafından müzik dosyası (mp3) paylaşım programı olarak geniş çapta kullanılmıştır.

Napster'ın yapısı istemci-sunucu mimarisine benzemektedir. Merkezi bir sunucu sistemdeki dizinleme işlemini gerçekleştirir. Sistemdeki kullanıcılar edinmek istediği müzik dosyasının kimlerde bulunduğunu merkeze sorar. Dosyanın kimlerde bulunduğunu öğrenen istemci kaynak kişilerle doğrudan iletişime geçerek dosyayı edinir. Napster sisteminin yapısı ve dosya erişimi Şekil 2.2.'de gösterilmektedir. Napster uygulaması daha sonra, korsan paylaşımı desteklediği için yasal gerekçelerle ücretli hale getirilmiştir.

Napster tarzındaki yapıların zayıf tarafı, istemci-sunucu mimarisinde olduğu gibi, merkezde oluşacak yoğunluk ya da sorunlar sonucunda hizmet verilememe

durumudur. Ayrıca sistemin ölçeklenebilirliği oldukça düşüktür. Tek nokta hatasını ortadan kaldırmak ve ölçeklenebilirliği artırmak için, tamamen merkezcilikten kurtulmayı amaçlayan P2P sistemi Gnutella ortaya çıkmıştır. Gnutella ve benzeri sistemlerde eşler dışında bir yapı yoktur, dinleme işlemi tamamen kullanıcılarda yapılmaktadır ve tüm kullanıcıların gerçekleştirdiği işlemler aynıdır.



Şekil 2.2. Napster Yapısı ve Sorgu Sistemi.

Bu sistemlerde eşler, “sel baskını” denilen bir yöntemle istenilen kaynaklara sahip kullanıcıları öğrenmektedir (Bkz. Bölüm 2.6.1.1.1). Bu yöntemde her eş sırasıyla sahip olduğu tüm eşlere sorgu gönderdiği için ağda büyük oranda bir trafik oluşturmaktadır. Ayrıca sorgu belirli bir TTL (time to live, yaşam süresi) değerinden sonra sonlandırıldığı için sorgunun olumsuz sonuçlanma ihtimali de doğmaktadır.

Gnutella ve benzeri sistemlerdeki sorgu sorunları sebebiyle, sistemde bu görevleri gerçekleştirecek bir yapıya ihtiyaç duyulmuş ve süper-eş kavramı ortaya çıkmıştır. Sistemdeki eşlerden yüksek kapasiteye sahip olan güçlü eşler süper-eş olarak belirlenerek sistemdeki özel işlevleri gerçekleştirmesi sağlanmaktadır. Süper-eşlerin görevleri arasında eşlerin hareketlerini izlemek ve sorgulara cevap vermek yer almaktadır. Bu akımın öncülerinden birisi Fast-Track’tir. Daha sonra birçok

dosya paylaşım sisteminde süper-eş kavramı yer almıştır. 2002 yılında ortaya çıkan ve süper-eş kavramını kullanan eDonkey, büyük boyuttaki dosyaların küçük parçalara bölünerek farklı eşlerden dosyanın farklı parçalarının alınabilmesi imkanını sağlayan ve böylece ağ verimliliğini arttırmayı amaçlayan bir kavramı ortaya koymuştur.

P2P dünyasına alternatif bir yaklaşımı 2001 yılında Bram Cohen tarafından geliştirilmeye başlayan BitTorrent sistemi getirmiştir. BitTorrent sisteminde, sistemdeki dosyalar hakkındaki özel bilgiler ‘torrent’ adı verilen dosyalarla internet üzerinden dağıtılır. ‘tracker’ ismi verilen özel sunucular eşlere ulaşmak istedikleri kaynakların ağdaki hangi eşlerde bulunduğu konusunda yardım ederler. ‘Tracker’ bilgileri ‘torrent’ dosyaları içerisinde yer almaktadır. BitTorrent sistemi aynı zamanda, eDonkey sistemindeki dosya parçacıkları yapısını daha etkili ve verimli şekilde kullanacak şekilde sistemine dahil etmiştir.

2.5 P2P Sistemler ve Izgara Hesaplama

Izgara, süper bilgisayarlar ve hesaplama kümeleri gibi yoğun olarak hesaplamaya dayalı yapıların kaynaklarını ortaklaşa kullanmak amacıyla bir araya gelerek oluşturduğu yapıdır [13]. İlk bakışta benzer gözükten ve ortak amaçları kaynakları birleştirerek bir havuz oluşturmak olan geleneksel anlayıştaki P2P sistemler ve ızgaralar arasında bir takım farklılıklar vardır [10]:

- Izgara hesaplama hedef kişiler, büyük miktarda hesaplama kaynağına erişmek isteyen kurum ve toplulukların üyeleridir. P2P sistemlerdeki hedef kişiler, farklı topluluklardan kimliği belli olmayan kullanıcılardır.
- Izgara, yüksek güvenilirlik ve hızlı ağ yapısı ile güçlü kaynaklar sunar. Buradaki güçlü kaynaklar, süper bilgisayarlar, yüksek performanslı çalışma istasyonları, bilgisayar kümeleri, depolama sistemleri olabilir. P2P sistemlerdeki kullanıcılar genellikle limitli hesaplama kapasitelerine sahiptir ve her zaman sisteme bağlı olmayabilir.
- İki yapının ölçekleri arasında da büyük fark vardır. Izgaraların ölçeği genellikle yüz veya bin kullanıcı mertebesindedir. P2P sistemlerin ölçeği ise yüz veya binin üssü sayıdaki kullanıcı mertebesindedir.

- Izgara kullanıcılarına kimlik doğrulama, yetkilendirme, kaynak bulma, erişim kontrolü gibi özel yetkiler sunar. Bu da kullanıcılar arasındaki güvenilirliğin yüksek olmasını sağlar. P2P sistemlerde genellikle gizlilik mevcuttur. Kullanıcı kimlikleri sistemler tarafından genellikle bilinmezler. Bu da kullanıcılar arasındaki güvenin zayıf olmasını sağlar.

İki yapı da, yeni çalışmalarla birlikte, birbirlerindeki özellikleri alarak yapılarını geliştirmiştir [10]. Örneğin, bir P2P dosya paylaşım sistemi olan BitTorrent'te kullanıcı doğrulaması, yetkilendirme gibi özelliklere sahip yapılar kurulmuş, ızgaraların da ölçeğinde geliştirmelere ve katı kurallarında yumuşamalara gidilmiştir.

2.6 P2P Sistem Türleri

P2P sistemler, üst katman ağının merkezliliğine ve ağ yapılarına göre iki ana kategoride incelenebilir [14]. P2P sistemler, ilk kategoriye göre *tamamen dağıtık*, *kısmi dağıtık* ve *karma yapıda* olacak şekilde üçe, ikinci kategoriye göre ise *yapısal* ve *yapısal olmayan* şeklinde ikiye ayrılır. Bu bölümde P2P sistemlerin türleri belirtilen şekilde ayrıntılı olarak incelenecek ve her tür için örnek bir P2P sistemden bahsedilecektir.

2.6.1 Üst Katman Ağının Merkezliliğine Göre P2P Sistemler

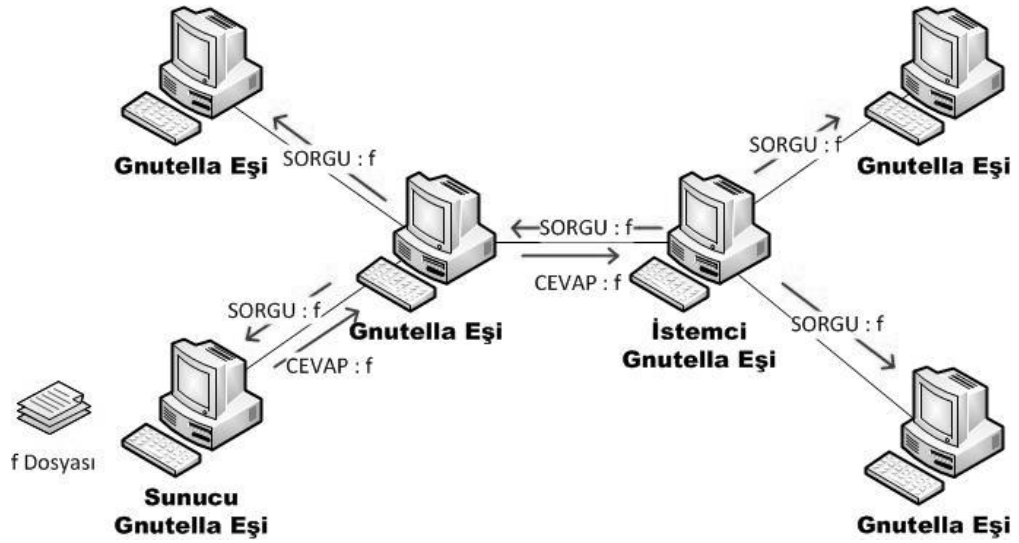
P2P tanım itibarıyla merkezlilikten uzak bir kavram olsa da, gelişimi ve kullanımı itibarıyla merkez kavramı da sistemler içerisinde yer almıştır. P2P sistemler, üst katman ağının merkezliliğine göre üçe ayrılır.

2.6.1.1 Tamamen Dağıtık P2P Sistemler

Bu türdeki P2P sistemlerde, ağ topolojisindeki tüm düğümler tamamen aynı görevleri yerine getirmektedir. Sistem içerisinde herhangi bir merkezi birim yoktur. Sistemdeki tüm eşler hem istemci hem de sunucudur. Gnutella ve FreeHaven bu türdeki P2P sistemlere örnek olarak gösterilebilir.

2.6.1.1.1 Gnutella

Gnutella sistemi tamamen dağıtık bir mimariye sahiptir. Sistemin tüm eşleri aynı görevleri (hem istemci, hem sunucu) yerine getirmektedir. Sistemde herhangi bir merkezi yapı yoktur. Sisteme bir e eş katılacağı zaman, önce çok bilinen Gnutella eşleri ile iletişime geçer ve o eşlerin o anda aktif olan komşularını öğrenir. Daha sonra sisteme katılmak isteyen eş e , öğrendiği bu eşlere “Ping” mesajı yollar. Daha fazla komşu kabul edebilen eşler “Ping” mesajına “Pong” mesajı ile cevap verir ve e ’nin yeni komşuları olurlar.



Şekil 2.3. Gnutella Yapısı ve Sorgu Sistemi.

Bir e eş bir f dosyasına erişmek istediği zaman kendi komşularına bir sorgu gönderir. Sorguyu alan komşularda f dosyası mevcutsa e eşine “QueryHit” mesajı yollar. “QueryHit” mesajı e eşine yollansa da yollanmasa da komşu eşler kendi komşu eşlerine bu sorguyu iletirler. Bu iletim belirli bir TTL değeri kadar devam eder. Şekil 2.3.’te bu duruma örnek bir sorgu gösterilmiştir. Bu işleme “sel baskını” adı verilir. “Sel baskını” ağda büyük bir yoğunluğa yol açmaktadır. Ayrıca sorgunun olumlu bir sonuç alamama ihtimali de vardır.

Daha sonra, “sel baskını”nın verimsizliği ve ölçeklenebilirlik sorunları nedeniyle Gnutella mimarisinde iyileştirmeler içeren araştırmalar yapılmıştır [15,16]. Bazıları sorgulama yöntemlerini geliştirirken (örneğin yinelemeli derinleşme) [15], bazı araştırmalarda da Gnutella sistemine süper-eşler eklenerek kısmi dağıtık hale getirilmiştir [16].

2.6.1.2 Kısmi Dağıtık P2P Sistemler

Temel olarak Tamamen Dağıtık P2P Sistemler’le aynı yapıdadırlar. Ancak sistemdeki bazı eşler sistemin bazı fonksiyonları için merkezileştirilirler. Sistemdeki bu özel eşlere süper-eş adı verilmektedir. Süper-eşler sistemdeki yüksek kapasitedeki eşlerdir. Normal eşlerin gerçekleştirdiği görevlerin yanında, farklı P2P sistemlerde farklı ek görevler de edinebilirler. Örneğin, bazı sistemlerde sorguların işlenmesi ve cevaplanması görevini süper-eşler üstlenmektedir. Bu sistemler, hizmet dışı kalan süper-eşlerin yerine yenilerini atayarak sistemin işleyişinin sürekliliğini sağlarlar. Gnutella üzerine süper-eş sistemini getiren çalışma [16] bu yapıya örnektir.

2.6.1.3 Karma Yapıda P2P Sistemler

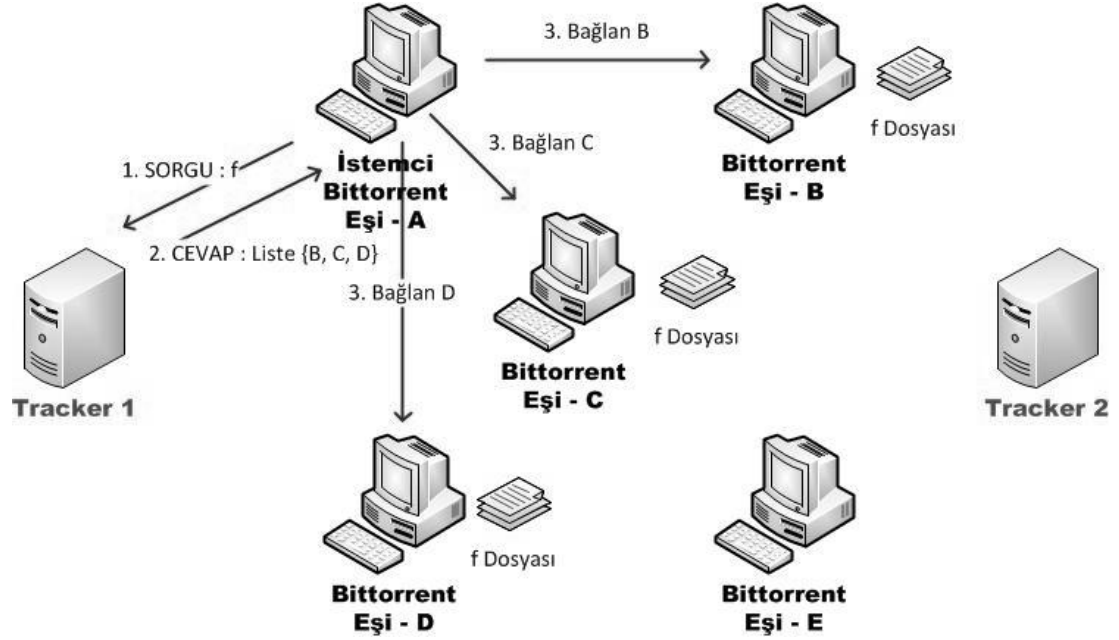
Bu türdeki sistemlerde merkez kavramı tam olarak yer almaktadır. Merkezdeki sunucu veya sunucular, sistemde kaynakların dağılımının listesini tutar, eşlerin kaynağa erişmek için yaptığı sorgulara cevap verir ve kaynağa sahip eşlerin bilgisini sorgu yapan eşlere gönderir. Ancak, kaynak iletimi tamamen eşler arasında gerçekleşmektedir. Napster ve BitTorrent bu türdeki P2P sistemlere örnek olarak gösterilebilir.

2.6.1.3.1 BitTorrent

2009 yılında Ipoque’un yaptığı araştırmada tüm internet akışının % 20 - %57’sine sahip (araştırmada farklı bölgelerde farklı kullanım belirtilmiştir) P2P sistemi olan BitTorrent sistemi karma yapıya sahiptir. BitTorrent sistemi, “tracker” adı verilen merkezi bir veya daha fazla takipçi, içerisinde takipçi ve dosya bilgilerinin bulunduğu “torrent” dosyalarını barındıran merkezi bir sunucu ve sistemden faydalanmak isteyen eşlerden oluşmaktadır. “Tracker” sayısı ve merkezi sunucu sayısı birden fazla olabilmektedir. “Tracker”lar verinin tamamının ya da bir kısmının sistemdeki eşlerden hangilerinde bulunduğu bilgisini tutar.

BitTorrent sisteminde sorgu işlemi ve sunucu eşlere erişme işlemi şu şekildedir: Bir k kişisi bir f verisini edinmek istediği zaman, önce merkezi sunucudan o verinin torrent dosyasını edinir. Verinin torrent dosyasından “tracker” bilgilerini edinerek “tracker”larla iletişime geçer ve sisteme dahil olarak e eşi haline geçer. e eşi “tracker”lardan edinmek istediği verinin parçalarına sahip eşlerin bir

kümesini içeren bir eş listesi edinir. Daha sonra bu listeden o anda bağlanabileceği kişi sayısı kadar eş seçerek onlarla iletişime geçer. İletişime geçtiği eşler bağlantıyı kabul ederlerse eşler arası veri alış-verişi için ön şartlar sağlanmış olur (Bkz. Şekil 2.4.).



Şekil 2.4. BitTorrent Yapısı ve Sorgu Sistemi.

Komşularını edinen e eş, veriyi komşularından parçalar halinde edinir. Verinin belirlediği bir parçası p için komşularına p parçasını edinmek için mesaj gönderir. Eğer e 'nin komşusu e' , p parçasına sahipse hemen veri yollamaz. Önce, veri isteyen tüm eşler “choked” durumdadır. Yani bekleme halindedirler. e' eş “choked” durumdaki e eşine “UNCHOKE” mesajı yollarlar. “UNCHOKE” mesajı yollanan eş “unchoked” duruma geçer ve veri iletimi başlar. Bir eş aynı anda sadece belirli sayıdaki eş “unchoked” hale getirir. Eşlerin büyük çoğunluğu yaptıkları veri gönderme miktarının fazlalığına göre “unchoked” olarak belirlenirler. Küçük bir kısmı ise rastgele belirlenir. Bu sayede eşler veri gönderme oranlarını artırmaya teşvik edilmiş olurlar. “unchoked” eşler belirli periyotlarda yeniden gözden geçirilirler.

2.6.2 Ağ Yapısına Göre P2P Sistemler

P2P sistemler, ağ yapısının ve kaynak dağıtımının belirli kurallara göre oluşturulmasına veya tamamen kuralsız oluşturulmasına göre *yapısal* ve *yapısal olmayan* şeklinde 2 grupta incelenir.

2.6.2.1 Yapısal P2P Sistemler

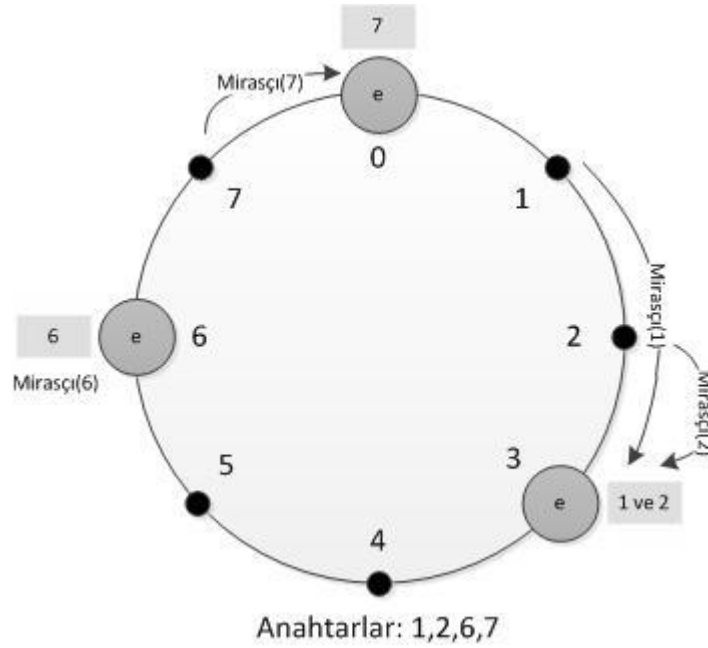
Bu türdeki P2P sistemlerde üst katman topolojisi tamamen sistem kontrolündedir ve kaynaklar sistemde belirli kişilerde bulunurlar. Kaynaklar ve bulundukları düğümler dağıtık bir tabloda tutulurlar. Bu tablolara genellikle Dağıtık Hash Tabloları (DHT) denmektedir. Böylece sorgular etkili ve kolay şekilde cevaplanırlar. Sorgu verimsizliğine büyük oranda çare olan yapısal P2P sistemler, P2P'in dinamik yapısı karşısında verimsiz hale gelirler. Sisteme bir düğüm eklendiğinde ya da sistemden bir düğüm ayrıldığında tablonun yeniden düzenlenmesi gerekmektedir. Özellikle bu dinamiklik arttıkça sistemin verimsizliği de artmaktadır. Bu türdeki P2P sistemlerin en bilinen örnekleri CAN, Chord ve Tapestry'dir.

2.6.2.1.1 Chord

Chord, DHT tablosunu oluştururken, düğüm bilgilerini ve içerik ile ilgili anahtar bilgisini bir hash fonksiyonundan geçirerek, onları bir m -bit tanımlayıcı ile eşleştirir. Bir düğümün tanımlayıcısı onun IP adresinin hash fonksiyonundan geçirilerek bulunur. Aynı şekilde içeriğin tanımlayıcısı, o içerikle ilgili anahtar bilgisi (örneğin dosya ismi) hash fonksiyonundan geçirilerek elde edilir. Burada m , düğüm ya da anahtar tanımlayıcılarının çakışmamasını sağlayacak şekilde büyük seçilir.

Tanımlayıcılar, $mod\ 2m$ 'e göre tanımlayıcı çemberinde sıralanırlar. Bir içeriğin anahtarı, kendi tanımlayıcısına eşit olan ya da tanımlayıcısı kendinden sonra ilk gelen düğüme atanır. Bu düğüme o anahtarın "mirasçı"sı denir. Bu durumu açıklamak için Şekil 2.5.'te m sayısının 3 olduğu bir örnek gösterilmiştir. Bu örnekte tanımlayıcısı 0, 3 ve 6 olan üç eş ve anahtar tanımlayıcıları 1, 2, 6 ve 7 olan anahtarlar bulunmaktadır. Anahtar tanımlayıcıları 1 ve 2 olan anahtarlar, tanımlayıcısı kendinden sonra gelen ilk eş olan tanımlayıcısı 3 olan eşte, anahtar

tanımlayıcısı 6 olan anahtar, tanımlayıcısı 6 olan eşte ve anahtar tanımlayıcısı 7 olan anahtar, tanımlayıcısı 0 olan eşte tutulmaktadır.



Şekil 2.5. Örnek Chord Yapısı ve Anahtar Değerlerinin Atanması.

Bir Chord çemberinde her düğüm kendi mirasçılarından haberdardır. Her düğüm, m tane girdisi olan ve “finger table” adı verilen tabloda belirli sayıdaki anahtarın hangi mirasçıda olduğunu tutarlar. “Finger table”daki girdi sayısı m ile sınırlı olduğu için, düğüm tüm anahtarların verilerine sahip değildir. Bu yüzden bir anahtar için sorgu yapılırken kendi tablosunda bulunmayan anahtarlar için sorguyu diğer düğümlere iletmesi gerekmektedir. Sorgu anahtar tanımlayıcısı değeri düğüm tanımlayıcısı değerine en yakın olan düğüme iletilir. Anahtar o düğümden saklanıyorsa düğüm olumlu cevap döner. Anahtar o düğümden saklanmıyorsa sorguyu alan düğüm tablosunda anahtar tanımlayıcısı değeri düğüm tanımlayıcısı değerine en yakın olan düğüme sorguyu iletir. Sorgu, anahtar bulunana kadar düğümler arası iletmeye devam eder.

Chord sistemi, sisteme bir düğüm dahil olduğunda ya da sistemden bir düğüm ayrıldığında sistemi etkili şekilde yeniden düzenleyecek bir yapıya sahiptir. Bir d düğümü sisteme dahil olduğu zaman, tanımlayıcısı kendi tanımlayıcısına eşit veya küçük olan ve d 'nin mirasçısında bulunan tüm anahtarları kendinde tutar. Bir d düğümü sistemden ayrılırken de, tüm tuttuğu anahtarları kendi mirasçısına bırakır.

2.6.2.2 Yapısal Olmayan P2P Sistemler

Yapısal olmayan P2P sistemlerde, kaynaklar tamamen topolojiden bağımsız olarak bulunurlar. Örneğin bir dosya sistemde herhangi bir eşte bulunabilir. Bu P2P sistemlerin dinamik yapısı sonucunda herhangi bir verimsizlik yaratmazken bu sefer de kaynağın bulunduğu yeri bulabilmek için bir mekanizma gerektirmektedir. Yapısal olmayan P2P sistemlerle ilgili en önemli araştırma konularından birisi de bu kaynağa ulaşmak için yapılan arama mekanizmasıdır. Daha önce bahsedilen Gnutella, BitTorrent, ayrıca Napster ve Kazaa bu türdeki P2P sistemlere örnek olarak gösterilebilir.

2.7 Eş Seçimi

P2P sistemlerde, eşler istediği kaynağı edinmek için sistem içerisindeki eşlerden P2P sisteminin izin verdiği sayıdaki eş seçerler. Eş seçim problemi, bir e eşinin t anında sistem içerisindeki n tane eş arasından o P2P protokolünün izin verdiği m sayıda eş seçmesi problemidir. Eş seçim işleminin aşamaları şu şekildedir:

- i. Kaynak isteğinde olan istemci eş, P2P sistemin arama yapısına göre, kaynağı edinebileceği eşleri öğrenir. Sistemde merkezi birimler veya süper eşler varsa bu yapılar eş seçim algoritmasını kullanarak istemci eş için uygun eşleri seçer.
- ii. Eşlerin listesini edinen istemci eş, eş listesindeki eş sayısı bağlanabileceği eş sayısından az ise hepsine bağlanır fazla ise genellikle rastgele olarak aday eşleri seçer.
- iii. İstemci eş, seçtiği eşlerle bağlantı kurar ve bağlantıyı kabul eden eşlerden kaynağı edinmeye başlar.

Eş seçimi, P2P sistem içerisinde önemli bir yere sahiptir. Eş seçimi, istemci eşlerin kaynakları edinme sürelerini önemli ölçüde etkileyebilir. Örneğin, P2P altyapısına sahip bir çoklu-ortam video uygulamasında bant kapasitesi yetersiz olan bir aday eş seçen istemci eşin video oynatımında yavaşlamalar olabilecektir. Temel olarak kullanılan rastgele eş seçimi verimsiz bir algoritmadır [17]. Rastgele seçimin

verimsizliğini arttırabilmek için çeşitli eş seçim model ve algoritmaları geliştirilmiştir.

2.7.1 Eş Seçimi ile İlgili Araştırma ve Yayınlar

Farklı P2P sistemlerde eş seçimini gerçekleştiren çeşitli çalışmalar mevcuttur [3] [5] [7] [18] [19] [20]. Çoğu P2P sistemde eş seçimi rastgele yapılmaktadır. Örneğin, BitTorrent protokolünün varsayılan yapısında, eşler kaynak isteğinde bulunacakları eşleri kendilerine gelen eş listesinden rastgele seçmektedir. Bu da istenilen kaynağa sahip olan fakat yeterli kapasiteye sahip olmayan (işlemci gücü, iletim kapasitesi gibi) kullanıcıların seçilebilmesi durumunu doğuracaktır. Bunun sonucunda kaynakların verimsiz kullanımı ve kaynak erişiminde yavaşlık meydana gelebilecektir. Bunun için, [3] ve [5] çalışmalarında olduğu gibi, eşlerin derecelendirilerek yüksek dereceli eşlerin önerilmesi gibi çözümler sunulmuştur.

Çalışma [3]'te çok katmanlı süper-eş sistemine sahip bir P2P sistemi kurulmuştur. Süper-eşler, eşlerin derecelendirme, sorgu işleme gibi sistem işlerini yürütürler. Bu çalışmada öne sürülen modelde, kullanıcılar işleme gücü, iletim kapasitesi gibi kapasite bilgilerini süper-eşlere gönderir ve süper eşler de belirli kısıtlara göre eşleri derecelendirir. İstekte bulunan eşe de bu derecelendirmelere göre eş listesi yollar. Bu sistemin dezavantajları, tüm eşlerin derecelendirme işleminin süper eşlerde yapılması ve her eş için aynı kısıtların göz önünde bulundurulmasıdır. Sistemde eşler, farklı kısıtlara göre derecelendirme yapılmasını isteyebilir.

Yapılan diğer bir çalışmada [5] süper-eşler ve eşler coğrafi konumlarına ve benzer içerik bilgilerine göre gruplanmışlardır. Böylece bir istemci eş bir kaynağa erişmek için sorgu yaptığı zaman, süper-eşler mümkün olduğunca kendi gruplarından aday eşleri önerirler. Buradaki amaç hem ISS'ler arası trafiği, hem de düğümler arası gecikme sürelerini azaltmaktır. Buradaki derecelendirme sistemi birçok aşamada yapılmaktadır. Bu da derecelendirme süresinin uzun sürmesine neden olabilmektedir. Etkili bir yöntem sunarken işlem süresini arttırma dezavantajına sahiptir.

[3] ve [5] çalışmalarındaki, eşlerin belirli süper-eşlere bağlanması ve gruplanması ve de işlemleri bu süper eşler üzerinden yapması, faydalı bir yöntem olarak görülebilir. Böylece bir çeşit yerellik sağlanır ve her süper-eş kendi eşlerinin

sistem işlemlerini gerçekleştirir. Ancak, her eşin işleminin süper-eşler tarafından yapılması verimliliği düşürebilecek faktörlerdendir. Sistemdeki derecelendirme işlemlerinin özelleşebilmesini sağlamak için, istemci eşlerin sistemin belirttiği sistem bilgilerine göre kendi kıstaslarıyla derecelendirme yapması sağlanabilir. Böylece her eşe uygun esnek bir derecelendirme sağlanmış olur.

BitTorrent protokolü için geliştirilmiş ve eş seçiminin hem merkez hem de eşlerde yapıldığı diğer bir çalışmada [7], eşler AS (autonomous system)'lere göre gruplandırılmışlardır. Tracker, istemci eşe, kaynak sorgusundan sonra kendi AS'si içerisinde bulunan eşlerin listesini yollar. Daha sonra, istemci eş, bu listedeki eşleri dosyanın parçalarını bulundurma durumlarına göre listeler. Parçalar, bu listede bulunan eşlerin sahip olduğu en az parçadan en fazla parçaya doğru sıralanır. Daha sonra her bir parçaya sahip eşler gönderim hızlarına göre büyükten küçüğe doğru sıralanır. Böylece istemci eş en az bulunan parçaları en çok gönderim hızına sahip eşlerden edinmek için istekte bulunur. Bu çalışmanın zayıf tarafı, sadece BitTorrent protokolü için öne sürülmüş olması ve de sadece parçaların bulunma sıklığını ve eşlerin gönderim kapasiteleri göz önünde bulundurmasıdır.

P2P çoklu ortam akışında bir eşin akış kaynağı olarak hangi eşi kullanacağını belirleyen bir yöntem [6]'te sunulmuştur. Eş seçimi sadece iletim kapasitesi ve eşler arası ağ gecikmesi üzerinden yapılmıştır. Modelde, istemci eş video yayını edineceği eş belirlemek amacıyla eş seçimi yapar. Eşler bir ağaç yapısıyla birbirlerine bağlanırlar. Ağaçta her düğüm kendi çocuklarına yayın yapar. Her eşin belirli bir yayın kapasitesi vardır ve belirli sayıdaki eşe aynı anda yayın gönderebilir. İstemci eş, edindiği eş listesindeki eşleri RTT (round trip time, gidiş geliş gecikmesi) değerlerine göre listeler ve en düşük RTT değerine sahip eşe istekte bulunur. Aday eş yeterli kapasiteye sahipse istemci eş kendi çocuğu yapar, aksi halde uygun olan çocuğuna yönlendirir. Bu modelin zayıf tarafı, ağaç yapısına sahip olması P2P yapının dinamikliği karşısında esnek olamamasıdır. Ayrıca P2P sisteminin yapısına müdahale ettiği için tüm P2P sistemlere uygulanabilirliği bulunmamaktadır.

Çalışma [21]'te eşler fiziki konumlarına göre gruplanarak, her grubun kendine özel süper eşe sahip olması sağlanmıştır. Çalışmada, eşlerin gruplanması ve süper-eş seçimi için bir yöntem öne sürülmektedir. Başka bir çalışmada [22] eşlerin kendine süper-eş seçme işlemini yapması için bir sistem geliştirilmiştir. Sistemde kullanıcılar

süper eşlerin uzaklık durumuna, işleme gücüne ve o süper eşe bağlı kullanıcıların içerik benzerliğine bakarak süper eşleri derecelendirirler ve kendilerine en uygun süper-eşe bağlanırlar. Burada da süper eşlerin değerlendirilme kriterleri artırılarak daha etkin bir derecelendirme sağlanabilir. Ayrıca, süper eşlerin konumlarının belirlenmesinde konumları belirli sabit merkezlerin bilinmesi zorunluluğu sistemde bir dezavantaj olarak gösterilebilir.

Bu tez çalışmasında, kaynak alımında bulunulacak eşlerin seçiminde yukarıda bahsi geçen tüm çalışmaların iyi ve kötü yanları göz önüne alınmıştır. Süper-eş seçimi için yöntem öneren [21] ve [22] çalışmalarındaki süper-eş seçim modellerinin bazı kısımları bu çalışma kapsamında eş seçimi için kullanılmıştır.

2.8 OMNET++

Tez çalışmasında sunulan modelin uygulandığı OMNET++, asıl amacı ağ benzetimi gerçekleştirmek olan ama diğer benzetimler için de kullanılabilen, genişletilebilir, modüler, bileşen-tabanlı bir benzetim kütüphanesi ve iskeletidir. C++ programlama dili ile yazılmıştır. Ağ yapılarını kullanan tüm uygulamaların benzetimleri OMNET++ ile gerçekleştirilebilmektedir. OMNET++ üzerinde gerçekleştirilen INET iskeleti sayesinde TCP, UDP, IP, Ethernet gibi kablolu ya da kablosuz birçok protokol kullanılarak benzetimler gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca, Oversim iskeleti sayesinde birçok P2P protokolünün benzetiminin de OMNET++ üzerinde gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır. OMNET++ ve üzerinde gerçekleştirilen tüm modül ve iskeletler açık kaynağa sahip olup, akademik ve bireysel kullanımda ücretsiz olarak sunulmaktadır.

3 İETESM – İSTEMCİ EŞ TABANLI EŞ SEÇİM MODELİ

Bir önceki bölümde P2P sistemlerin genel yapısından, kullanım ve araştırma alanlarından bahsedilmiş ve çalışmanın ana konusu olan eş seçimi ile ilgili araştırmalar ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu bölümde tez çalışmasının temelini oluşturan eş seçimi kavramı üzerine farklı bir model (İETESM) sunulacak, model için gerekli algoritmalarından bahsedilecek ve modelin incelenmesi yapılacaktır.

3.1 İETESM Yapısı

İETESM, P2P sistemler için soyut bir eş seçim modeli getirmektedir. Özel olarak belirli bir P2P sistem yerine tüm P2P sistemler için kullanılabilir bir model ortaya koyma amacındadır. Modelde kullanılan tek P2P yapısı eşlerdir. Eşler, tüm P2P sistemlerin temel yapısı olduğu için, model tüm P2P sistemlere kolaylıkla uygulanabilecektir.

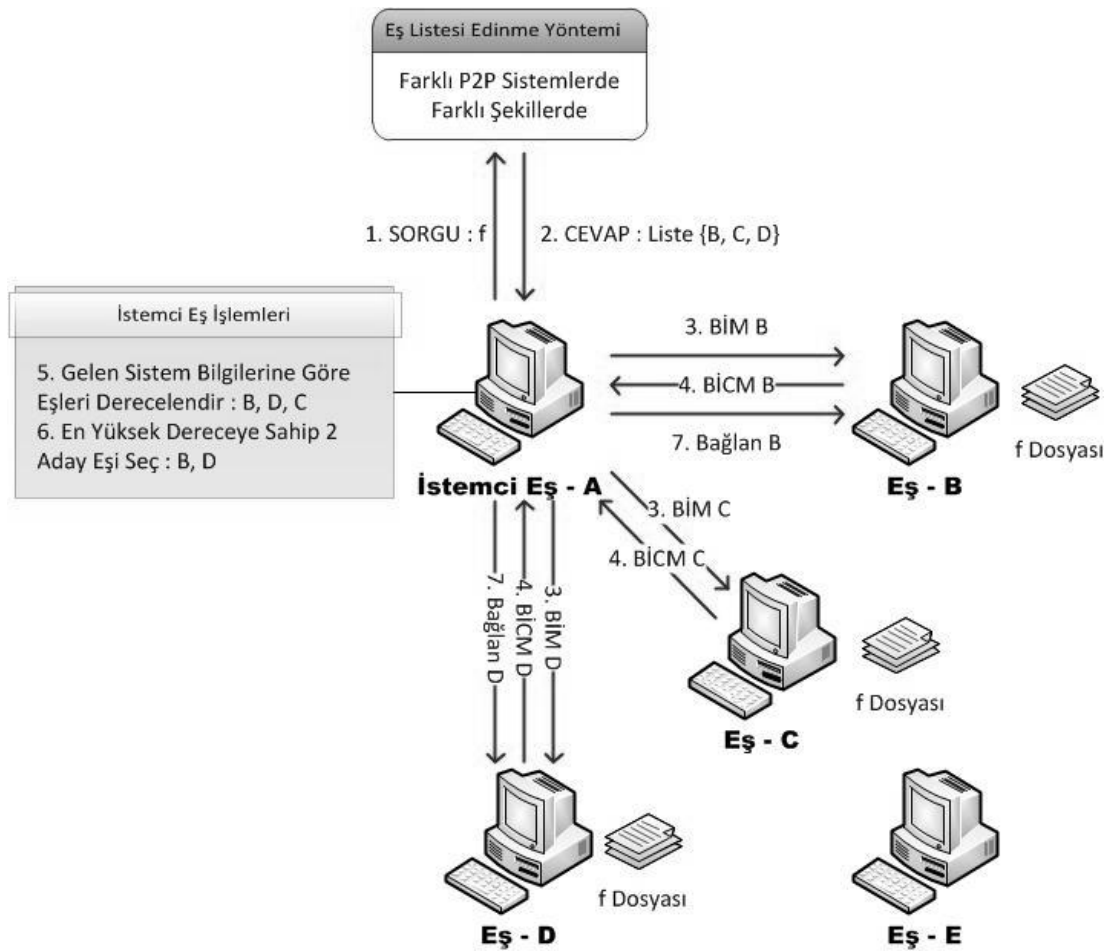
İETESM'nin temel amacı, istemci eşin kaynak alış-verişinde bulunulacak aday eşleri kendi kıstaslarına göre derecelendirerek, aralarından faydayı artıracak yönde seçim yapmasını sağlamaktır. Buradaki fayda, istemci eşlerin istenilen kaynağa en hızlı şekilde ulaşabilmesini sağlamaktır. Bu temel amaç yanında modelin getirdiği birçok avantaj da bulunmaktadır (Bkz. Bölüm 3.3).

İstemci eşlerin, aday eşleri derecelendirmesi için belirli sistem bilgilerine ihtiyaçları vardır. Bu sistem bilgileri, farklı P2P sistemlerin yapılarına uygun farklı bilgiler olabilir. Farklı P2P sistemlerde kullanılabilecek bilgiler olarak şunlar düşünülebilir:

- İstemci eş ile aday eş arasındaki ağ gecikme süresi
- Aday eşin maksimum bant kapasitesi
- Aday eşin o anki uygun olan bant kapasitesi
- Aday eşin işleme gücü
- Aday eşin o anki işlem yükü
- Aday eşin ortalama sistemde kalma süresi

- Aday eşin depolama kapasitesi
- İstemci eşin, kaynak dosyanın kendisinde bulunmayan parçalarından en fazlasına sahip olan aday eşler
- Çoklu-ortam akış sistemleri için, oynatım noktasına yakın parçalara sahip eşler

Bu sistem bilgileri farklı P2P sistemler için çoğaltılabilir. Burada verilen sistem bilgileri sadece kullanılabilecek örnek bilgiler olarak verilmiştir. Modelin uygulanacağı P2P sistemin doğasına uygun bilgiler seçmek daha uygun olacaktır. Örneğin, dosya paylaşım sistemlerinde kaynak dosyanın kendisinde bulunmayan parçalarından en fazlasına sahip olan aday eşlerin seçilmesi ya da çoklu-ortam akış sistemlerinde oynatım noktasına yakın parçalara sahip eşlerin seçilmesi daha uygun olabilecektir.



Şekil 3.1. İETESM'nin İşleyişi.

İETESM'nin işleyişi, geleneksel seçim modelinden, istenilen kaynağa sahip eşlerin listesi edinildikten sonra ayrılmaktadır. Bu modelde, kısmi-dağıtık ve karma yapıdaki P2P sistemler için, merkezi yapılarda veya süper-eşlerde herhangi bir eş seçimi yapılmamaktadır. Eş seçim işlemi tamamen istemci eşler tarafından gerçekleştirilmektedir. Eş listesini edinen istemci eş, listedeki tüm eşlerden sistem ve eş tarafından belirlenen kıstaslara göre sistem bilgilerini yollamalarını isteyen Bilgi İsteği Mesajı'nı (BİM) yollar. Her bir aday eş kendinden istenilen sistem bilgilerini içeren Bilgi İsteği Cevabı Mesajı'nı (BİCM) istemci eşe yollar. Tüm BİCM'leri alan istemci eş listedeki aday eşleri sistemin ve kendisinin belirlediği kıstaslara göre derecelendirir ve o an bağlanabileceği sayıdaki en yüksek dereceli aday eşleri bağlanacağı eşler olarak belirler (Bkz. Şekil 3.1.).

3.2 İETESM Algoritması

İETESM'in algoritmasının sözde kodu Çizelge 3.1.'de gösterilmiştir. Algoritmada istemci eşin aday eşleri derecelendirme işlemin için (3.1) denklemi kullanılır. Bu denklemde, R_{ki} , istemci eş k 'nın, eş listesindeki i . aday eşin derecesi; N , sistemdeki eş sayısı; n , k eşinin eş listesindeki eş sayısı; m , algoritmada kullanılacak sistem bilgilerinin sayısı; α_{kj} , k eşinin j . sistem bilgisi için kullanacağı katsayı; C_{kij} , k eşinin listesindeki i eşinin j . sistem bilgisi için hesapladığı normalize edilmiş değerdir.

$$R_{ki} = \sum_{j=1}^m (\alpha_{kj} * C_{kij}); i = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, N \quad (3.1)$$

α_{kj} katsayısı, her bir sistem bilgisinin derecelendirme işlemine hangi oranda katılacağını belirleyen katsayıdır. Tüm sistem bilgisinin katsayılarının aynı olması, sistem bilgilerinin derecelendirme işlemi için aynı önemde olduğunu gösterir. Bu katsayılar aynı zamanda istemci eşin kıstaslarını da belirler. Örneğin, bir istemci eş sistemin belirlediği sistem bilgilerinden bir kaçını derecelendirme işlemine katmak istemez ise, onların katsayılarını 0 olarak belirleyebilir.

Her bir P2P sistem için en uygun α katsayılarının belirlenmesi zor bir eniyileme problemidir. Bu sebeple, bu tez çalışması kapsamında uygun α katsayılarının belirlenmesi üzerinde durulmayacaktır.

EsSecimModeli(k, N, s)

```
// k eşinin eş seçim işlemi
// Girdi: k - Eş seçimi yapacak eş
//       N - Sistemdeki eş sayısı
//       s - Seçilecek eş sayısı

1. EL = Eş listesi edin
2. Listedeki her eşe BİM yolla
3. İEL = Eşlerden BİCM'leri al ve sistem bilgilerini işle
4. if s < İEL'deki eş sayısı
5.   İEL = Derecelendir(İEL)'i çalıştır
6.   İEL'yi eşlerin derecelerine göre sırala
7.   İEL'den s tane eş seç
8.   Seçilen eşlere bağlan
9. else
10.  İEL'deki tüm eşlere bağlan
```

Derecelendir(İEL)

```
// Eş listesindeki eşleri sistem bilgilerini kullanarak
derecelendir
// Girdi: İEL - Sistem bilgilerini içeren eş listesi
// Çıktı: Derecelendirilmiş eşlerin listesi

1. n = İEL'deki eş sayısı
2. m = İEL'deki her eşin sistem bilgisi sayısı
3. for i = 1 to n
4.   derece = 0
5.   for j = 1 to m
6.     min = İEL'nde j. sistem bilgisi değerlerinin minimumu
7.     max = İEL'nde j. sistem bilgisi değerlerinin maksimumu
8.     deger = İEL[i][j]
9.     secenek = j bilgisi değerinin yüksek olması avantajlı ise
                1 aksi halde 0
10.    C = Normalize(min, max, deger, secenek)
11.    derece +=  $\alpha[j]$  * C
12.  İEL[i].derece = derece
13. return İEL
```

Normalize(min, max, deger, secenek)

```
// Belirtilen sistem bilgisi değerini 0,1 aralığına
// normalize eder
// Girdi: min - normalize işlemi için minimum değer
//       max - normalize işlemi için maksimum değer
//       deger - normalize edilecek deger
//       secenek - deger'in yüksek olması avantajlı ise 1 aksi
//              halde 0
// Çıktı: Normalize edilmiş deger

1. if secenek == 1
2.   C = (deger - min) / (max - min)
3. else // secenek == 0
4.   C = (max - deger) / (max - min)
5. return C
```

Çizelge 3.1. İETESM Algoritması Sözde Kodu.

İstemci eş, derecelendirme işleminde her bir aday eşini aynı sistem bilgilerine göre derecelendireceği, yani her bir aday eşin derecesindeki sistem bilgisi sayısı m

aynı olacağı için, R değerinin m sayısına bölünme gereği, yani ortalama sistem bilgisi değerini bulma gereği olmamaktadır.

$$C_{kij} = \begin{cases} \frac{V_{kij} - \min_{kj}}{\max_{kj} - \min_{kj}}, & \text{yüksek değer avantajlı ise} \\ \frac{\max_{kj} - V_{kij}}{\max_{kj} - \min_{kj}}, & \text{düşük değer avantajlı ise} \end{cases} \quad (3.2)$$

$$i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, N$$

R değeri bulunurken kullanılan C değerlerinin bulunması için gerekli denklem (3.2) denklemdir. Yüksek değerde olması avantaj olan bilgiler için (örneğin, indirme bant kapasitesi) (3.2) denkleminin üst parçası, düşük değerde olması avantaj olan bilgiler için (örneğin, eşler arası gecikme) (3.2) denkleminin alt parçası kullanılmaktadır. Tüm sistem bilgileri $[0,1]$ kapalı aralığına normalize edilir. Örneğin, bir istemci eşin listesindeki toplam 3 aday eşin gönderim bant kapasitesi 1, 2 ve 3 mbps olsun. O halde, bu 3 eşin normalize edilmiş iletim kapasitesi sistem bilgisi değerleri sırasıyla 0, 0,5 ve 1 olur.

Denklemde, V_{kij} , k istemci eşinin listesindeki i eşi için j . sistem bilgisinin gerçek değeri (örneğin, eşler arası gecikme için 0,3 saniye), $\min_{kj}$ ve $\max_{kj}$ ise k eşinin j bilgisi için eş listesindeki sırasıyla minimum ve maksimum değerlerdir.

Tüm değerler normalize edilip listedeki her bir eşin derecelendirme değeri hesaplandıktan sonra, eş listesindeki aday eşler hesaplanan derecelerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanır ve istemci eş o an seçmesi gereken s tane eş listenin başından seçerek bağlantıları gerçekleştirir.

İETESM algoritmasındaki derecelendirme işlemi sadece s değerinin eş listesindeki eş sayısı n 'den daha küçük olduğu durumlarda çalıştırılacaktır. s değerinin n değerinden büyük veya eşit olduğu durumlarda derecelendirme işlemine gerek kalmadan istemci eş listedeki tüm eşleri seçecektir.

Modelin algoritmasının sözde kodu Çizelge 3.1.'de verilmiştir. Algoritmada en çok zamanı derecelendirme işlemi almaktadır. Derecelendirme işleminin zaman karmaşıklığı, n tane eş için m sistem bilgisi değeri hesapladığı için $O(mn)$ 'dir. Sıralama işleminin karmaşıklığının $O(n \log n)$ olduğunu düşünürsek, algoritmanın zaman karmaşıklığı $O(mn)$ 'dir.

3.3 Modelin İncelemesi

İETESM'nin getirdiği en büyük avantajlardan birisi, rastgele seçim yerine, her bir eşin belirlediği kıstaslara (örneğin, yüksek iletim kapasitesi, düşük RTT değeri vb.) uygun eşleri seçebilme imkanı vermesidir. Bu seçim sırasında eş, kendi belirlediği kıstaslara göre kaynağını kullanacağı sunucu eşleri belirleyebileceği için kişiye özel bir derecelendirme sağlanmaktadır.

Bazı çalışmalarda olduğu gibi [3] [5], derecelendirme işleminin merkezi birimler tarafından yapılması düşünülebilir. Ancak, bu yöntem sadece kısmi-dağıtık ve karma yapıdaki P2P sistemlerde mümkün olabilecektir. Saf P2P sistemlerde merkezi birimler veya süper-eşler olmadığı için bu işlem uygulanamayacaktır. Ayrıca, bu tez çalışmasında öne sürülen, her eşin kendine özel kıstas belirleyebilme özelliğinin de gerçekleşmesi zorlaşacaktır. Bu özelleşmeyi sağlayabilmek için, kıstasların merkezi birimlere iletilmesi sağlanabilir ancak bu da merkezi birimlere fazladan bilgi depolama yükü getirecektir. Ayrıca, derecelendirme merkezi birimlerde yapıldığı zaman, ancak belirli periyotlarda bilgiler alınabileceği için bilgilerin güncelliği düşük olacak, eşlerin, eşler arası özel sistem bilgilerini (RTT gibi) edinmesi imkanı ortadan kalkacaktır. Derecelendirme işlemi eşlerde yapıldığı zaman, bilgi edinme işlemi sadece derecelendirme işlemi sırasında gerçekleşecek, böylece sürekli bilgi toplama gereksinimi ortadan kalkacaktır. Modelde performansı arttırabilmek için, sistem süresi boyunca değişmeyecek sistem bilgilerinin sadece bir kez alınması düşünülebilir.

Eşler, sistem bilgileri (örneğin, iletim kapasitesi) düşük olan kullanıcıların kaynağını mümkün olduğunca az kullanmaya çalışacaklardır. Ayrıca, model, kullanılan aygıtlara (mobil aygıtlar, kablosuz cihazlar gibi) kullanılacak sistemlere özel kıstas belirleyebilme imkanı sunmaktadır.

Modelde dezavantaj olarak düşünülebilecek durumlardan birisi, eşlerin üzerine hesaplama yükü getirecek olmasıdır. Ancak derecelendirme işlemleri sadece belirli dönemlerde yapılacağı için çok sık gerçekleşmeyecek, bu da istemci eşe çok fazla yük getirmeyecektir. Sistemde oluşacak mesaj sayısında artış olacaktır ama yine işlemlerin çok sık gerçekleşmeyecek olmasından dolayı ve genelde sistemde

yapılacak büyük veri alış verişleri düşünöldüğönde bu artış göreceli olarak çok az miktarlarda olacaktır.

İstemci eşler tarafından istenilen sistem bilgileri, aday eşler tarafından eksik veya yanlış olarak gönderilebilir. Bu da bu modelin güvenilirliğini azaltmaktadır. Model ancak tüm bilgiler doğru ve tam şekilde öğrenilebildiğı zaman sağlıklı çalışabilmektedir. Model bir P2P sisteme uygulanırken bu durum göz önüne alınarak, bu olumsuz durumu azaltacak ya da bu durumun önüne geçecek şekilde önlem alınmalıdır.

4 DENEYLER

Bu tez çalışmasında öne sürülen model, bir veri paylaşım P2P protokolü olan BitTorrent üzerinde gerçekleştirilmiştir. Benzetim aracı olarak OMNeT++ ağ benzetim aracı kullanılmıştır. Model, OMNeT++ benzetim aracında INET ve Oversim kütüphanelerinin üzerine yazılan BitTorrent modülü üzerinde geliştirilmiştir. Benzetimlerin gerçekleştirildiği bilgisayar, Intel Dual Core 1,73 Ghz işlemci, 2 GB RAM özelliklerine ve Ubuntu Linux 10.04 işletim sistemine sahiptir.

Benzetimler, OMNET++ için geliştirilen BitTorrent modülü çalışmasında [8] kullanılan temel benzetim ayarlarının birçoğu aynen kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Benzetimlerde ağ ortamı 10 omurga yönlendirici, 500 erişim yönlendiricisinden oluşmaktadır. Protokolde dağıtımı yapılan dosyanın boyutu 200 MB, eşlerin sisteme katılım zamanları 1 eş/dakika olacak şekilde rastgele, bir eşin aynı anda veri gönderdiği istemci sayısı 4, bir eşin aynı anda kullanabileceği bağlantı sayısı 20 olarak ayarlanmıştır. Eşlerin, dosya alımını tamamladıktan sonra sistemde kaynak sağlayıcı olarak kalma süreleri, 0 ile 3600 saniye arasında olacak şekilde rastgele olarak belirlenmiştir (Bkz. Çizelge 4.1.). Sisteme katılan eşlerin iletim kapasiteleri ve dağılım oranları Çizelge 4.2.'de gösterilmiştir. Eşlerin veri gönderim kapasiteleri, veri alım kapasitelerinin $\frac{1}{4}$ 'ü değerinde olacak şekilde ayarlanmıştır.

Parametre	Değer
Eş Sayıları	30, 60, 90, 120
Omurga Yönlendirici Sayısı	10
Erişim Yönlendiricisi Sayısı	500
Eşlerin Sisteme Ortalama Katılım Süresi (eş/dakika)	1
İzin Verilen İstemci Eş Sayısı	4
Maksimum Bağlantı Sayısı	20
Maksimum Kaynak Olma Süresi (saniye)	3600
Dosya Boyutu (MB)	200

Çizelge 4.1. Benzetim Ayarları.

Benzetimlerde sistem bilgisi olarak, iletim kapasitesi, eşler arasındaki ağ gecikme süresi (RTT), sistemde ortalama kalma zamanını simüle edecek şekilde sistemde kaynak sağlayıcı olarak kalma süreleri ve istemci eşin kendisinde olmayan ama listedeki eşlerin sahip olduğu veri parçalarının sayısı kullanılmıştır.

Sisteme dosyayı yayacak olan ilk eşin iletim kapasitesi ve izin verilen istemci eş sayısı, sistemde etkisi az olsun diye yüksek tutulmuştur. Tracker ve ilk eşin iletim kapasiteleri 100 mbps olarak belirlenmiştir. İlk eşin izin verilen istemci eş sayısı 25 olarak ayarlanmıştır.

Seçim bağlantıları, eşin eş listesinden seçtiği eşlerle, veri almak için gerçekleştirdiği bağlantılardır. Seçilme bağlantıları ise başka eşler tarafından veri almak için seçilme sonucu oluşan bağlantılardır. BitTorrent protokolünde her iki bağlantıdan da veri alma ve veri gönderme işlemi gerçekleşmektedir. Bu tez çalışmasındaki modelde eşlerin seçildiği bağlantılar seçim bağlantılarıdır.

Benzetim grafiklerindeki etiketlerde sistem bilgileri katsayıları “aaaa” şeklinde 4 rakam yan yana olarak gösterilecektir. Burada ilk rakam iletim kapasitesinin, ikinci rakam RTT değerinin, üçüncü rakam sistemde kaynak sağlayıcı olarak kalma süresinin ve dördüncü rakam ise farklı parçaların α katsayılarını göstermektedir. Örneğin, İETESM – 1111 etiketi tüm katsayıların 1 olduğunu, İETESM – 1000 etiketi ise sadece iletim kapasitesi sistem bilgisinin katsayısının 1, diğer sistem bilgilerinin katsayılarının 0 olduğunu göstermektedir.

Gerçeklenen benzetimlerde 2 farklı senaryo uygulanmıştır:

Senaryo 1: Bu senaryoda eşlerin seçim ve seçilme bağlantıları, aynen BitTorrent protokolünde olduğu gibi, aynı havuzda toplanmaktadır. Yani maksimum bağlantı sayısının tamamını seçilme bağlantıları doldurabileceği gibi, bir kısmını seçim bir kısmını da seçilme bağlantıları oluşturabilir. Örneğin, maksimum bağlantı sayısı 20 ise, herhangi bir t_1 anında bir e eş bu 20 bağlantıyı 17 seçim ve 3 seçilme bağlantısı oluşturabilir. Benzer şekilde bir t_2 anında bu 20 bağlantıyı 4 seçim ve 16 seçilme bağlantısı oluşturabilir.

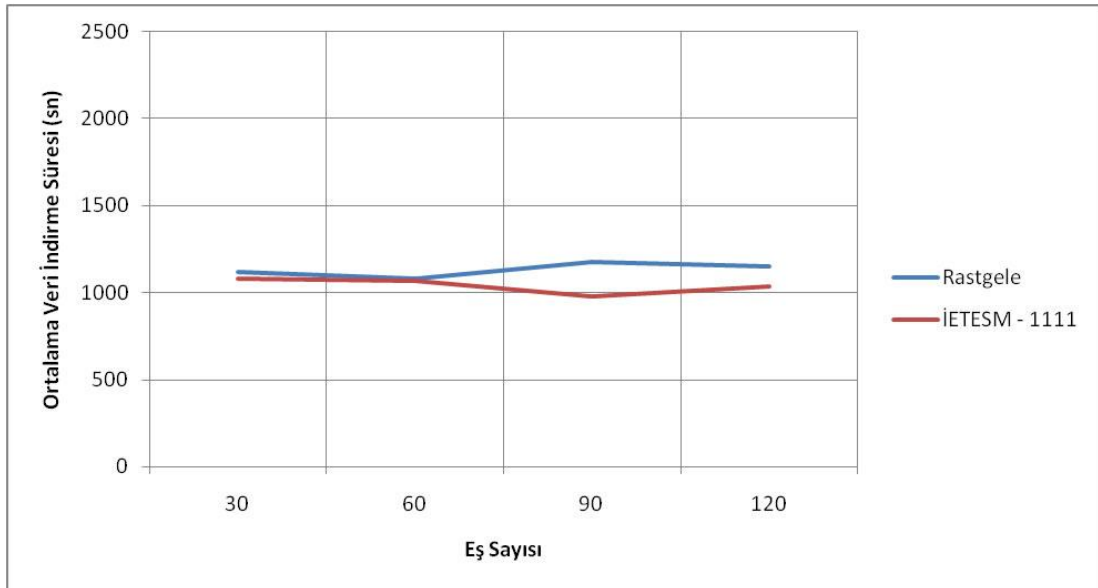
Senaryo 2: Senaryo 1’deki durum bu tez çalışmasında öne sürülen modelin çoğu zaman etkisiz kalmasına yol açmaktadır. Çünkü seçilme bağlantıları bağlantı havuzunun büyük kısmını doldurduğu zaman, seçim bağlantıları için seçim yapacağımız sayı düşük kalmaktadır. Bu yüzden bu senaryoda, BitTorrent sisteminin varsayılan halinde bir geliştirme yapılarak, seçim ve seçilme bağlantılarının bağlantı havuzları toplam bağlantı sayısının yarısı (10) olacak şekilde ikiye ayrılmıştır. Örneğin, maksimum bağlantı sayısı 20 ise, t_3 anında bir e eş 10 tane seçim

bağlantısına ve 3 tane seçilme bağlantısına sahip ise, hala 7 seçilme bağlantı hakkı olmasına rağmen, seçim bağlantı havuzlarını doldurduğu için artık yeni eş seçiminde bulunamayacaktır.

Veri Alma Kapasitesi (mbps)	Veri Gönderme Kapasitesi (mbps)	Dağılım
1	256 (kbps)	0.1
4	1	0.3
8	2	0.3
16	4	0.2
24	8	0.1

Çizelge 4.2. Sistemdeki Eşlerin İletim Kapasiteleri ve Dağılım Oranları.

Senaryo 1 için, eş sayısı 30, 60, 90 ve 120 olacak şekilde, rastgele seçim için ve tez çalışmasında öne sürülen model için benzetimler gerçekleştirilmiştir. İETESM algoritmasında daha önce bu bölümde belirtilen tüm sistem bilgilerinin α katsayıları 1 olarak alınmıştır. Bu benzetimler sonucunda ortaya çıkan verilere göre (Bkz. Şekil 4.1. ve Çizelge 4.3.) seçim ve seçilme bağlantıları aynı havuzda oldukları zaman, modelin gerçekleşmesiyle veri indirme sürelerinde önemli bir gelişme olmamaktadır. Bunun sebebi, senaryo açıklamasında da belirtildiği üzere, seçilme bağlantıları bağlantı havuzunun büyük kısmını doldurduğu zaman, seçim bağlantıları için seçim yapacağımız sayı düşük kalmaktadır. Bu da öne sürülen modelin sistemde etkisini gösterememesine sebep olmaktadır.

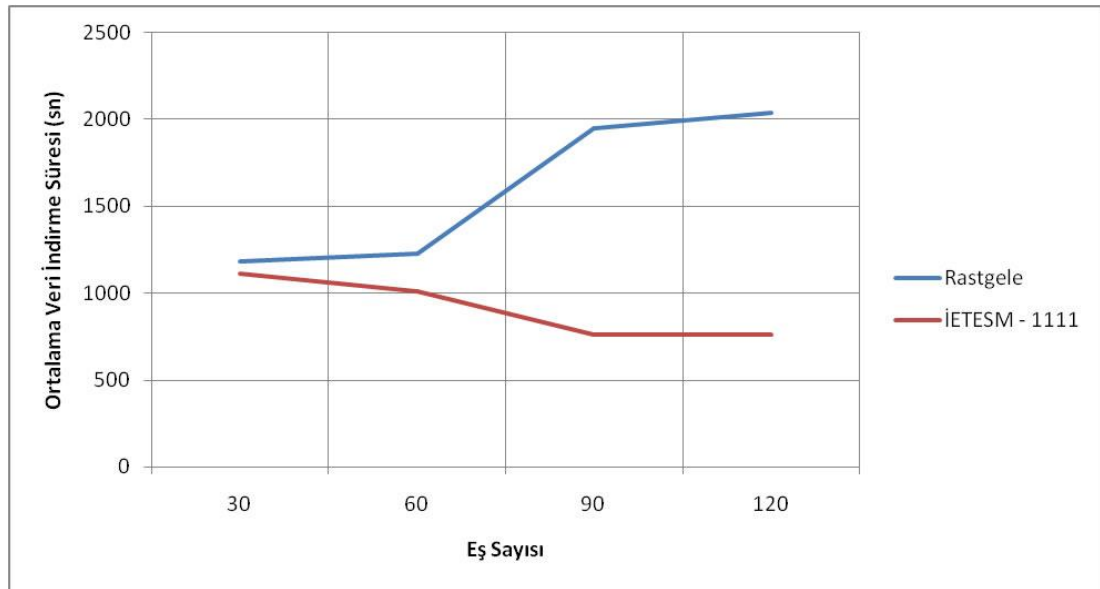


Şekil 4.1. Senaryo 1 – Ortalama Veri İndirme Süreleri.

Şekil 4.1., senaryo 1 için gerçekleştirilen benzetimlerde rastgele seçimin ve İETESM'nin uygulanması sonucu, farklı eş sayılarına göre eşlerin ortalama veri indirme sürelerini göstermektedir. Tablo 4.3. ise, senaryo 1 için, rastgele seçim ve İETESM modelinin gerçekleştirildiği benzetimlerde en iyi veri indirme süresine ait eşin veri indirme süresini, en kötü veri indirme süresine sahip eşin veri indirme süresini ve tüm eşlerin ortalama veri indirme sürelerini göstermektedir.

Bilgiler / Eş Sayıları		30	60	90	120
İETESM - 1111	En İyi	291.32	194.74	230.15	251.91
	Ortalama	1081.87	1066.53	979.91	1033.14
	En Kötü	2941.17	2903.59	4296.45	5208.49
Rastgele	En İyi	234.22	216.15	267.34	301.88
	Ortalama	1118.98	1080.86	1178.44	1147.50
	En Kötü	2935.98	3201.93	4337.61	4514.46

Çizelge 4.3. Senaryo 1 - Veri İndirme Süreleri (saniye).



Şekil 4.2. Senaryo 2 – Ortalama Veri İndirme Süreleri.

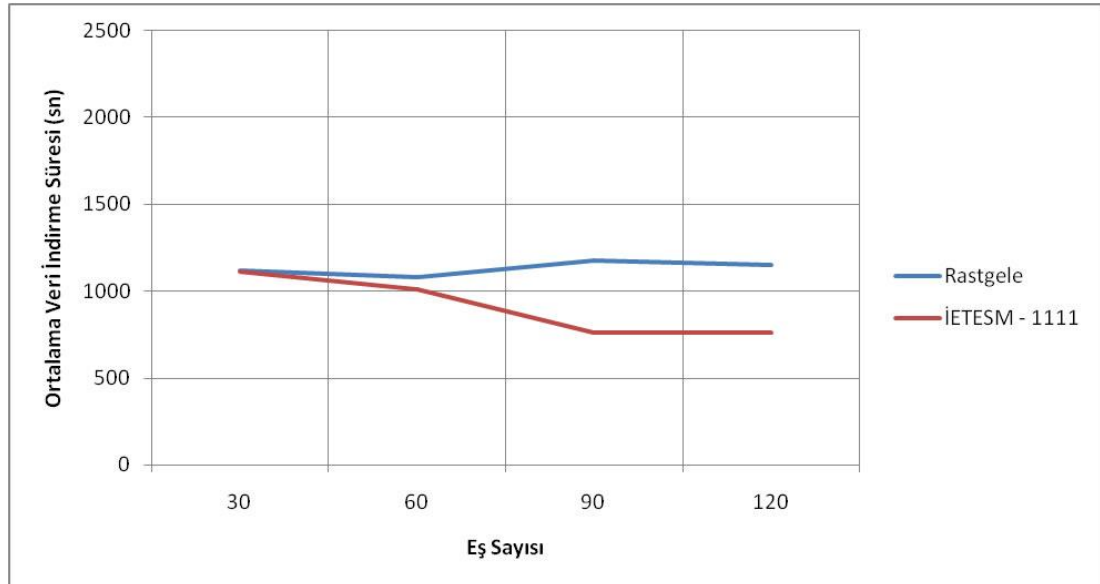
Seçim ve seçilme bağlantılarının farklı havuzlarda tutulduğu Senaryo 2 için, Senaryo 1'e benzer şekilde, rastgele seçim ve İETESM için benzetimler gerçekleştirilmiştir. İETESM algoritmasında tüm sistem bilgilerinin α katsayıları 1 olarak alınmıştır. Modelin etkisi, seçim ve seçilme bağlantılarının havuzları ayrıldığı zaman görülmektedir. Senaryo 2 için gerçekleştirilen benzetimler sonucu rastgele seçimin çok kötü sonuçlar verdiği görülmüştür (Bkz. Şekil 4.2. ve Çizelge 4.4.). Havuzların ayrılması rastgele seçim için çok anlamlı bir yöntem değildir. Zira eş

listesi'nden, cevap alınamayacak eşler de seçilebilir. Bu da seçim havuzunun genellikle boş kalmasına yol açacak ve veriler sadece seçilme havuzundaki bağlantılardan alınacağı için toplam veri alma bağlantı sayısı az olacaktır (Daha önce de belirtildiği gibi, BitTorrent protokolünde veri alma işlemi hem seçim hem de seçilme bağlantıları üzerinden yapılmaktadır).

Şekil 4.2., senaryo 2 için gerçekleştirilen benzetimlerde rastgele seçimin ve İETESM'nin uygulanması sonucu, farklı eş sayılarına göre eşlerin ortalama veri indirme sürelerini göstermektedir. Çizelge 4.4. ise, senaryo 2 için, rastgele seçim ve İETESM modelinin gerçekleştirildiği benzetimlerde en iyi veri indirme süresine ait eşin veri indirme süresini, en kötü veri indirme süresine sahip eşin veri indirme süresini ve tüm eşlerin ortalama veri indirme sürelerini göstermektedir.

Bilgiler / Eş Sayıları		30	60	90	120
İETESM - 1111	En İyi	334.18	101.59	115.20	110.42
	Ortalama	1111.61	1011.22	763.65	760.80
	En Kötü	2535.38	2663.47	2799.77	2735.30
Rastgele	En İyi	538.91	479.93	285.18	260.79
	Ortalama	1183.49	1224.79	1949.36	2041.00
	En Kötü	3005.41	2673.03	5525.65	5493.20

Çizelge 4.4. Senaryo 2 - Veri İndirme Süreleri (saniye).



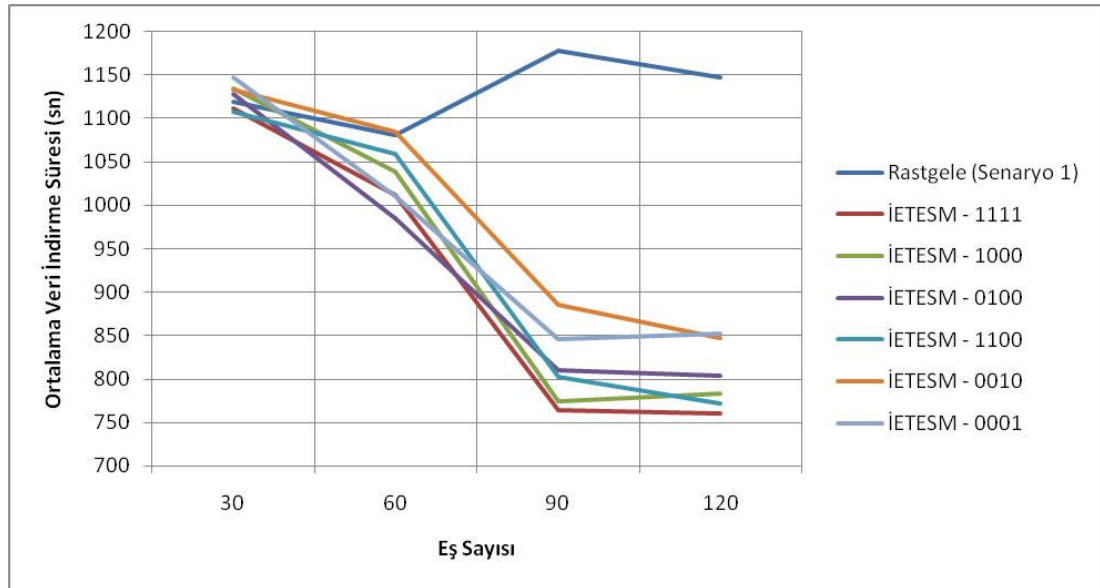
Şekil 4.3. Senaryo 1 ve Senaryo 2 Benzetimlerinin Birleşimi.

Yapılması gereken asıl karşılaştırma, Senaryo 1’de rastgele seçimin ve Senaryo 2’de İETESM’nin uygulandığı benzetimlerin sonuçlarının karşılaştırmadır. Bağlantı havuzları ayrılarak İETESM uygulandığı zaman, İETESM’nin rastgele seçime, eş sayısı arttıkça üstünlük kurduğu görülmektedir (Şekil 4.3.).

Senaryo 2’nin uygulandığı benzetimler sonucunda İETESM’nin sisteme ekstra olarak getirdiği mesaj yükünün çok fazla olmadığı ortaya çıkmıştır. Eş başına gönderilen mesaj sayısı ve eş başına gönderilen mesaj boyutunun düşük miktarlarda olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 4.5.). Mesaj boyutları hesaplanırken ağ protokollerinden gelen başlık verileri göz önünde bulundurulmamıştır. Başlık bilgilerinin de byte mertebesinde olduğunu düşünürsek, mesaj boyutlarını önemli ölçülerde etkilemeyeceklerdir.

Eş Sayıları	30	60	90	120
Mesaj Sayısı	37.9	36.98	39.86	42.82
Mesaj Boyutu (byte)	1784.26	1759.93	1920.26	2111.9

Çizelge 4.5. Algoritmada Oluşan Ortalama Mesaj Sayıları ve Boyutları.



Şekil 4.4. Tüm Benzetimlerin Bir Arada Gösterimi.

Daha sonra gerçekleştirilen benzetimlerde, farklı sistem bilgilerinin derecelendirmeye etkilerini ölçmek için, bazı sistem bilgilerinin α katsayıları 0 alınarak veri indirme sürelerine etkileri sonuçlar gözlemlenmeye çalışılmıştır. Bunun için daha önce yapılan benzetimlere ek olarak, sadece iletim kapasitesinin göz önüne

alındığı, sadece RTT değerlerinin göz önüne alındığı, sadece sistemde kalma sürelerinin göz önüne alındığı, sadece farklı dosya parçalarının göz önüne alındığı ve iletim kapasitesi ile RTT değerinin birlikte göz önüne alındığı benzetimler Senaryo 2'ye göre tekrar gerçekleştirilmiştir. Daha önce yapılan benzetimler de hesaba katılınca, ortalama olarak en iyi sonuçlar, tüm sistem bilgilerinin göz önüne alındığı durumda alınmıştır (Bkz Şekil 4.4. ve Çizelge 4.6.). Bu durum özellikle eş sayısı arttıkça daha öne çıkmaktadır. Bu duruma en yakın sonuçlar iletim kapasitesi ve RTT değerlerinin birlikte hesaba katıldığı durumlarda ortaya çıkmıştır.

Bilgiler / Eş Sayıları	30	60	90	120
İETESM – 1111	1111,61	1011,22	763,65	760,80
İETESM – 1000	1133,93	1038,13	774,55	782,98
İETESM – 0100	1128,07	984,90	810,35	804,24
İETESM – 1100	1107,66	1059,23	802,62	772,34
İETESM – 0010	1133,58	1084,19	884,84	847,53
İETESM – 0001	1147,74	1010,33	846,38	852,17
Rastgele (Senaryo 1)	1118,98	1080,86	1178,44	1147,50

Çizelge 4.6. Tüm Benzetimlerin Ortalama Veri İndirme Süreleri (saniye)

5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

P2P sistemlerde, kaynağı kullanılacak eşlerden uygun olanlarının belirlenmesinin kaynak erişim hızına katkı yapacağı düşünülmüş, bu tez çalışmasında bir istemci eş tabanlı eş seçim modeli öne sürülmüştür. Bu modelde, kaynak kullanımında seçilecek aday eşler çeşitli kıstaslara göre derecelendirilerek, yüksek dereceye sahip eşlerin kaynağının kullanıldığı bir model oluşturulmuştur.

Gerçekleştirilen benzetim sonuçlarına göre, bu modelin rastgele eş seçimine göre performans artışı getirdiği görülmüştür. Araştırmada iki farklı senaryonun benzetimi sonucunda, çalışmada öne sürülen modelin veri indirme sürelerine pozitif anlamda etki ettiği gözlemlenmiştir. Modelin sisteme yüklediği ekstra mesaj sayısının da sistemdeki büyük veri alış-verişleri düşünüldüğünde önemsiz olarak değerlendirilebilecek şekilde az kaldığı gözlemlenmiştir.

Çalışmada kullanılan benzetim uygulaması OMNET++ ve modülleri Linux işletim sistemi üzerinde kurulurken bağımlı paketlerin kurulmasıyla ilgili zorluklarla karşılaşmıştır. Kullanılan BitTorrent modülünün kısıtlarından dolayı OMNET++'nın eski sürümü kullanılmış, bu da hem OMNET++'da hem de BitTorrent modülünde bulunan kod hatalarının düzeltilmesi ihtiyacından dolayı, benzetim kodlaması sürecini uzatmıştır.

Benzetimlerin sadece veri paylaşım protokolü olan BitTorrent üzerinde gerçekleşmesi, tüm P2P sistemler için yorum yapılamayacağının düşünülmesine yol açabilir. Ancak, model sisteme bağımlı bir model olmadığı için, modelin diğer P2P sistemlerinde de benzer sonuçlar vereceği düşünülebilir.

Bu tez çalışması kapsamında, sistem bilgileri katsayılarının optimize edilmiş değerleri göz önüne alınmamıştır. Farklı sistemlerde farklı optimize değerlerde katsayılar oluşabilir. Tez çalışmasında öne sürülen model soyut bir modeldir. Yani, tüm P2P sistemlerine uygulanabilir yapıdadır. Sistem bilgilerinin optimize değerlerini bulabilmek için, uygulanacak P2P sistemi üzerinde benzetimler gerçekleştirilerek sonuçların gözlemlenmesi gerekmektedir.

Tez çalışmasında öne sürülen modele ek olarak, bir sunucu eşe aynı anda bağlı olan istemci eşler eğer sunucu eşin bağlantı havuzunu dolduruyor ise, sunucu eşin listesindeki tüm eşlere mesaj yollaması sağlanarak uygun eşlerin başka sunucu eşlere yönlendirilmesi sağlanabilir. Bu geliştirme sayesinde, hem sistemde bağlantı dağılımı sağlanabilecek hem de seçim yapacak diğer istemci eşlerin bağlantı havuzu dolan eşi derecelendirme işleminde kullanabilmesi sağlanabilecektir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1] Stoica I., Morris R., Liben-Nowell D., Karger D.R., Kaashoek M.F., Dabek F., Balakrishnan H., “Chord: a scalable peer-to-peer lookup protocol for internet applications”. *Networking, IEEE/ACM Transactions on*, vol.11, no.1, pp. 17-32, Feb 2003.
- [2] Bertinat M. E., De Vera D., Padula D., Amoza F. R., Rodríguez-Bocca P., Romero P., Rubino, G., “GoalBit: the first free and open source peer-to-peer streaming network”. *In Proceedings of the 5th International Latin American Networking Conference, LANC 2009. ACM, New York, NY, USA*, 49-59.
- [3] Samsudin A.T., Herman N.S., Awang M.K., “The Ranking Peer for Hybrid Peer-to-Peer Real Time Video Streaming”. *Advanced Communication Technology, The 9th International Conference on*, Feb. 2007.
- [4] Mushtaq M., Ahmed T., Meddour D., “Adaptive packet video streaming over P2P Networks”. *In Proceedings of the 1st international conference on Scalable information systems, InfoScale 2006*.
- [5] Rong L. and Burnett I., “BitTorrent in a dynamic resource adapting peer-to-peer network”. *Automated Production of Cross Media Content for Multi-Channel Distribution, AXMEDIS 2005*.
- [6] Ye H., Hong P., Xue K., “Adaptive topology optimization base on bidirectional peer selection in peer-to-peer media streaming”. *Communications and Networking in China, 2008*.
- [7] Rong O. and Hui C., “A Novel Peer Selection Algorithm to Reduce BitTorrent-like P2P Traffic between Networks”. *Information Technology and Computer Science, 2009. ITCS 2009*.
- [8] Katsaros K., Kemerlis V.P., Stais C., Xylomenos G., “A BitTorrent Module for the OMNeT++ Simulator”. *Proc. 17th Annual Meeting of the IEEE International Symposium on Modeling, Analysis and Simulation of Computer and Telecommunication Systems MASCOTS 2009*.

- [9] Schollmeier R., "A Definition of Peer-to-Peer Networking for the Classification of Peer-to-Peer Architectures and Applications". In *Proceedings of the First international Conference on Peer-To-Peer Computing*, 2001.
- [10] Hefeeda M., "Peer-to-Peer Systems". *Technical Report*, 2004.
- [11] Li X. and Wu J., "Searching Techniques in Peer-to-Peer Networks". *Handbook of Theoretical and Algorithmic Aspects of Ad Hoc, Sensor, and Peer-to-Peer networks*. Auerbach Publications, 613-642 pp, 2006.
- [12] Schulze H. and Mochalski K., "Internet Study 2008/2009". *Ipoque Technical Report*, 2009.
- [13] Milojicic D., Kalogeraki V., Lukose R., Nagaraja K., Pruyne J., Richard B., "Peer-to-peer computing". *Technical Report HPL-2002-57, HP Laboratories*, March 2002.
- [14] Androutsellis-Theotokis S. and Spinellis D., "A survey of peer-to-peer content distribution Technologies". *ACM Comput. Surv.* December 2004.
- [15] Yang B. and Garcia-Molina H., "Efficient search in peer-to-peer Networks". In *Proc. of IEEE International Conference on Distributed Computing Systems, ICDCS 2002*.
- [16] Chawathe Y., Ratnasamy S., Breslau L., Lanham N., Shenker S., "Making Gnutella-like P2P systems scalable". In *Proc. of ACM SIGCOMM'03*, pages 407–418, Germany, August 2003.
- [17] Zou L., Zegura E.W., Ammar M.H., "The effect of peer selection and buffering strategies on the performance of peer-to-peer file sharing systems". *Modeling, Analysis and Simulation of Computer and Telecommunications Systems, MASCOTS 2002*.
- [18] Li X., Ji H., Zheng R., Li Y., Yu F.R., "A Novel Team-Centric Peer Selection Scheme for Distributed Wireless P2P Networks". *Wireless Communications and Networking Conference, WCNC 2009*.

- [19] Bernstein D. S., Feng Z., Levine B.N., Zilberstein S., “Adaptive Peer Selection”. In *Proceedings of the 2nd International Workshop on Peer-to-Peer Systems, IPTPS 2003*.
- [20] Xhafa, F., Daradoumis, T., Barolli L., Fernandez R., Caballe S., Kolici V., "Jxta-Overlay: An interface for efficient peer selection in P2P JXTA-based systems". *Computer Standards & Interfaces, Volume 31, Issue 5, Specification, Standards and Information Management for Distributed Systems, 2009*.
- [21] Feng S., Wang Y., Cao Y., “An Efficient Method of Multimedia Materials Retrieval”. *Management and Service Science, 2009. MASS '09*.
- [22] Min S., Holliday J., Cho D., “Optimal Super-peer Selection for Large-scale P2P System”. *Hybrid Information Technology, 2006. ICHIT '06. International Conference on, Nov. 2006*.

ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında İstanbul’da doğdu. İlköğrenimini 50. Yıl Besim Kadırgan İlk Öğretim Okulu’nda, Orta öğrenimini Şehit Öğretmen Nevzat Akdemir İlk Öğretim Okulu’nda, Lise öğrenimini Pendik Lisesi (Y.D.A.)’nde tamamladı. 2007 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya-Metalurji Fakültesi Matematik Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2008 yılında Gebze İleri teknoloji Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği bölümünde yüksek lisans öğrenimine başladı. Halen Logo Business Solutions firmasında Yazılım Uzmanı olarak çalışmaktadır.