

Görevdeş Sistemlerde Enerji Verimliliği

Sena Efsun Cebeci (*),¹ Tuğba Koç², Öznur Özkasap¹

¹Koç Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul

²Northeastern University, Department of Computer Science, Boston

(*)senacebeci@ku.edu.tr

Özet: İnternet günümüz toplumunun en vazgeçilmez parçalarından biri haline gelmiştir. İnternet ile ilgili trafik büyük oranlara ulaşmış ve giderek katlanarak artmaktadır. İnternet ile ilgili trafik büyüdükçe de daha fazla enerji tüketilmeye başlanmıştır. Bu nedenle, interneti çevreci hale getirmek için çevre sorunları ve ekonomik ihtiyaçları karşılamak açısından daha fazla enerji-duyarlı sistemler geliştirmek önem kazanmaktadır. Görevdeş (P2P) uygulamalar internet ile ilgili toplam trafiğin önde gelen kaynağıdır. Her ne kadar dosya paylaşımı en popüler görevdeş uygulama olsa da veri toplama ve görüntü aktarımı gibi birçok görevdeş uygulama da bulunmaktadır. Son zamanlarda, enerji verimli görevdeş sistemler geliştirmeye yönelik araştırma çalışmaları yapılmaktadır. Bu bildiride, mevcut çevreci görevdeş çözümleri sınıflandıran ve tanımlayan bir çalışma sunuyoruz.

Anahtar Sözcükler: Enerji Verimliliği, Görevdeş Sistemler

Energy Efficiency in P2P Systems

Abstract: Internet has become one of the most indispensable parts of today's society. Internet-related traffic has reached great proportions. The more Internet-related traffic grows, the more energy is consumed. Therefore, greening the Internet has attracted much attention today because it is necessary to develop more energy-aware systems both in terms of environmental issues and economic needs. Peer-to-Peer (P2P) networking is a leading source of total Internet-related traffic. Although file sharing is most popular P2P application, there are many other P2P applications including data aggregation and video streaming. Recently, there are some research studies aiming to develop energy efficient P2P systems. In this paper, we provide a survey and classification of the existing green P2P solutions.

Keywords: Energy Efficiency, Peer-to-peer (P2P) Systems

Bu çalışma, TÜBİTAK-COST 109M761 projesi kapsamında desteklenmektedir.

1. Giriş

Günümüzde enerji verimli ağ oluşturma yüksek öncelik görmekte ve bu tip enerji-duyarlı sistemleri tasarlayıp geliştirme kavramı artan bir popülerlik ve önem kazanmaktadır. Özellikle, çevreci (yeşil) teknolojilere ihtiyaca neden olan iki ana gerekçe bulunmaktadır. Bu gerekçeler ekolojik ve ekonomik sorunlardır. Bilgi ve İletişim Teknolojileri'nin (ICT) hızla yayılması cihazların sayısının ve tüketilen enerji miktarının artmasına neden olmaktadır. Ekolojik sorunla ilgili olarak ise ICT altyapısını güçlendiren elektriğin büyük bölümünün fosil yakıtlardan elde edilmesi ve fosil enerjinin tükenmesi insanlık için medeniyet sürdürmenin zorlaştığını gösteren önemli bir göstergedir [1].

Ayrıca, aşırı enerji tüketiminin düşük emisyon altında sera gazının karbon ayak izi oluşturmaya neden olması korkutucu boyutlara ulaşmaktadır. Önümüzdeki on yıl içinde ICT'nin toplam güç tüketiminin artması ve buna bağlı karbon ayak izinde de artış beklenmektedir [2]. 2007 yılındaki dünya çapındaki ICT karbon ayak izi yaklaşık %2 oranında olup 830 m ton CO₂ ye karşılık gelmekte ve bu oranın 2020 yılında %4 e yükselmesi beklenmektedir [3].

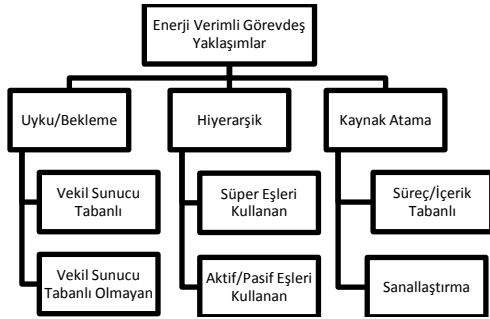
Ekonomik açıdan enerji tüketimi sanayi için yüksek maliyetli olması sebebiyle önemli bir sorundur ve BT organizasyonları maliyeti kırmak için çeşitli yollar aramaktadır. Yapılan bir çalışmaya göre, ABD'de bir sene içerisinde tüketilen elektriğin 74 terawattlık kısmı sadece internet kullanımına gitmekte bu da yaklaşık \$6 milyar enerji maliyeti demektir [4]. Bu maliyet ABD'deki bir yıl içindeki toplam elektrik maliyetinin %2 sine denk gelmektedir. Aynı zamanda toplam elektriğin %3'ü ICT tarafından tüketildiği belirtilmektedir. Bu nedenle internet ve ICT'nin enerji verimliliğinin artırılması zorunlu bir konu haline gelmiştir. Enerji tasarruflu hizmetlere ve uygulamalara daha çok ihtiyaç duyulmaktadır.

Son çalışmalar göstermiştir ki, ICT'nin toplam enerji tüketiminin önemli bir bölümünü internet kaynaklı enerji oluşturmada ve buna neden olarak internet trafiğinin hızla artmaya devam etmesi gösterilmiştir. Ayrıca, görevdeş trafik internet trafiğinin büyük bir kısmını oluşturmada ve giderek artmaktadır. Bu nedenle, görevdeş sistemler internet kaynaklı enerji tüketiminin büyük bir kısmından sorumludur. Görevdeş sistemlerde, görevdeş üst düzey (overlay) ağın bir parçası olan bir ana bilgisayar her zaman cevap verebilmek için açık durumda bulunmalıdır. Bu sebeple, görevdeş sistemlerin enerji verimliliği

yaklaşımlara odaklanması kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu bildiride, biz özellikle görevde enerji verimli yaklaşımlar üzerine odaklanıyoruz.

2. Enerji Verimli Görevde Yaklaşımlar

Görevde sistemler ağdaki tek bir sunucu üzerine yoğunlaşmak yerine bütün eşlere yoğunlaşmaktadır. Bu nedenle, görevde sistemler için enerji maliyet modeli geliştirmek istemci sunucu senaryosundan daha zordur. Enerji-tasarruflu görevde çözümler alanında çok fazla çalışma bulunmamakla birlikte, enerji verimliliği konusu popülerleştikçe geçmiş yıllarda yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmaların çoğunluğu görevde trafiğin %45-78'lik toplam görevde trafikten sorumlu olan, yaklaşık %27-55 coğrafi konuma bağlı tüm internet trafiği kontrol eden BitTorrent protokolüyle ilgilidir [6]. Bu bölümde bazı çevreci görevde yaklaşımları tanıtıyoruz. Bu yaklaşımları kullandıkları teknik açısından uyku/bekleme, hiyerarşik ve kaynak ayırımı olmak üzere üç ana gruba ayırmaktayız. Enerji verimli görevde ağlardaki yaklaşımların sınıflandırması Şekil 1 'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Enerji Verimli Görevde Yaklaşımlar

2.1 Uyku/Bekleme Yaklaşımları

Uyku/Bekleme görevde sistemler içinde en yaygın olarak kullanılan tekniktir. Bu teknikler sistem içinde kullanılmayan cihazların bazılarının kapatılması ve gerektiğinde tekrar uyandırılması fikrine dayanmaktadır. Günümüzdeki sistemlerin her zaman kullanılabilir olması gerektiği için uyku/bekleme modları (ayarları) akıllıca tasarlanmalıdır. Özellikle, görevde sistemlerin dinamik yapısı nedeniyle daha akıllı teknikler gerekmektedir.

Vekil sunucu (Proxy) alt sistemleri kullanımı açısından uyku/bekleme yaklaşımlarını iki kategoriye ayırabiliriz.

Vekil Sunucu Tabanlı Yaklaşımlar:

Eşler bir vekil sunucu alt sistemi kullanımı ya kendi ana işleri üzerinden vekil sunucuya ya da yalnızca uyandırma amaçlı olarak yaparlar. [7]'deki çalışma biçimlendirici bir örnek teşkil etmekte ve çevreci BitTorrent mimarisi önermektedir. Bu çalışma, enerji israfının kişisel bilgisayarları kapatarak kolaylıkla

önlenebilir olduğuna dikkat çekmektedir. Örneğin merkezi bir kapatma çözümü olan Night Watchman'i kullanmak gibi. Özellikle evde, birçok kişisel bilgisayar kullanıcısı tarafından kasıtlı bir şekilde görevde dosya paylaşımı gibi ağ aktivitelerini gerçekleştirmek üzere açık bırakılmaktadır. Bu sebeple, farklı güç yönetim tekniklerini araştırmak gerekir. Çalışmada kalıcı bağlantı gereksinimleri ile uyumlu adaptif bağlantı hızı, farklı güç yönetim kademeleri arasında geçiş ve vekil sunucu tabanlı teknikler olmak üzere üç farklı güç yönetim tekniği anlatılmaktadır. Adaptif bağlantı hızı tekniğindeki temel fikir gerçek trafik ihtiyacına göre bağlantı hızını ayarlamaktır. Aktarma (switching) tekniği ise ağ etkinliğine bağlı olarak NIC'i bir modan öteki moda geçirmektedir.

Bu çalışmada, vekil sunucu tabanlı teknik önerilmekte, indirme operasyonlarının yönetiminden vekil sunucu sorumlu olmakta ve indirme aşamasındaki kişisel bilgisayarın kapatılmasının daha etkili bir çözüm olduğuna inanılmaktadır. Tabii ki vekil sunucunun diğer ağ hizmetlerini sağlamak için her zaman açık ve çok servisli bir bilgisayar üzerinde çalıştırılması gerekmektedir. Enerji-tasarruflu BitTorrent (ETBT) mimarisinde, belirli sayıda kullanıcıların BitTorrent eşleri kendi kişisel bilgisayarlarında koşturdukları standart bir LAN ortamı bulunmaktadır. Vekil sunucu, ya özel bir bilgisayar ya da diğer ağ hizmetlerini sağlayan sürekli açık tutulan bir makine olabilir. İkinci durum enerji tasarrufu açısından tercih edilmektedir. İndirme devam ederken, vekil sunucunun arkasında bulunan eşler istenilen indirmeler durdurulmadan kapatılabilir. Bu mimari tasarım enerji tasarrufu için uygun olmakla birlikte orijinal BitTorrent mimarisindeki görevde ilkelerle de tutarlılık göstermektedir.

Bu çalışmaya ek olarak, [8]'de vekil sunucu dosya indirme ve transfer süreleri ile ilgili ek ölçümler yapılmış ve enerji tüketimi performansı açısından değerlendirilmiştir. Önerilen ETBT mimarisi Enerji Verimli BitTorrent (EV-BT) olarak geliştirilmiş ve deneysel sonuçlarla bu tip vekil sunucu kullanımının hizmet niteliği (QoS) kötüleşmesine yol açmadığı gösterilmiştir. Vekil sunucunun dosya indiriminden kendi sunucuları için sorumlu olması durumunun, ortalama indirme süresini önemli ölçüde azalttığı gözlemlenmiştir.

Bir başka çalışmada ise yönlendirici (router) vekil sunucudan bahsedilmektedir [9]. Bu vekil sunucu ağda sıradan bir eş gibi davranır. Diğer eşlerden farklı olarak, indirilen içeriği mobil cihaza aktarır. Yönlendirici vekil sunucunun sınırlı belleğinin olması sorun oluşturmaktadır. Genel BitTorrent işleyişine göre, bir eş bir blok (chunk) indirdiğinde bu bloğun indirilmek için uygun durumda olduğunu beyan eder. Mobil cihaz açısından, yönlendirici mobil cihaza aktarılmış içeriği belleği yeniden kullanabilmek için siler ve bu da

silinmiş içerik problemine yol açar ve silinmiş içerik diğer eşler tarafından artık indirilmeye uygun durumda değildir. Bu sorunların üstesinden gelebilmek için belleği yükleme ve indirme olarak iki arabelleğe ayırır. Bu yöneltici vekil sunucu yaklaşımı, mobil cihazdaki torrent istemcisini enerji verimliliği ve indirme süreci açısından geride bırakmaktadır.

[10]'da ise Gnutella görevdeş dosya paylaşımı için bir prototip sunuluyor. Bu çalışmadaki fikir, ana makine içinde yan yana yerleştirilebilir Ethernet NIC veya LAN anahtarı gibi başka bir cihaz içeren vekil sunucu alt sistemini kullanarak enerji tasarrufu sağlamaktır. Çünkü vekil sunucu alt sistemi ana makineye oranla daha az enerji tüketmektedir. Ana makine düşük-güç uyku durumuna geçtiğinde vekil sunucu alt sistemi onun yerini devralır. Paylaşılan dosyalar sınırlı depolama kapasitesi nedeniyle vekil sunucu alt sisteminde saklanamaz. Bu nedenle, bir dosya için vekil sunucuya istek geldiği zaman, vekil sunucu ana makineyi uyandırıp dosya hizmetini ana makinenin vermesini sağlar.

Vekil Sunucu Tabanlı Olmayan Yaklaşımlar:

Vekil sunucu alt sistemi kullanmayan eşler ya kendi kendilerine uyanmak ya da kendilerinin eşleri tarafından uyandırılmaktadır. [11]'deki çalışmada enerji tasarruflu bir görevdeş depolama sistemi inşa etmek hedefleniyor. Görevdeş sistemlerdeki boşta bulunan ağ kaynaklarının çok olduğundan ve enerji tasarrufu için bu kaynakların uyku durumuna geçmesi gerektiğini savunuyor. Uyku durumuna geçmeden önce, her bir düğüm gelecekteki uyanma süresini hesaplamalıdır. Bu süre sona erdiğinde, eğer bir arıza oluşmamışsa uyanma gerçekleşir.

Başka bir çalışmada [6], enerji tasarrufu için BitTorrent protokolünün uyarlanması gerektiği belirtilmektedir. Bu amaçla, enerji tasarrufu sağlayan set-top-box prototipi önerilmektedir. Enerji tasarrufu modu bulunan ve wake-on-LAN teknolojisi kullanan yeni eş durumu tanımlanır ve hazırda mesaj ve uyandırma mesajı olmak üzere iki tür mesaj kullanılır. Wake-on-LAN teknolojisi, bilgisayar açıldığında veya ağ üzerindeki başka bir bilgisayarda çalıştırılan basit bir program tarafından gönderilen şebeke mesajı ile uzaktan uyandırmaya izin veren bir Ethernet bilgisayar ağ standartıdır.

Yeşil BitTorrent için bir simülasyon çalışması [12]'de önerilmiştir. BitTorrent protokolünde basit değişiklikler yaparak, eşlerin uzun ömürlü bilgisinin tutulması ve yeni bir uyandırma anlambilimi (semantic), istemcilerin aktif indirme ve yükleme yapmıyorken diğer eşlere yanıt verebilmesine olanak sağlamaktadır. Yeşil BitTorrent büyük dosya indirme süresine sahip olmasına rağmen, deneysel sonuçlar standart BitTorrent'e göre %25'ten daha az enerji tükettiğini göstermiştir.

[13]'te ise veri merkezlerinde enerji tüketimini azaltmak için geliştirilmiş bir model anlatılmaktadır. Bu amaçla, dağıtık bir algoritma kullanılmakta ve STB'lerden (set-top-box) oluşan görevdeş ağ üzerinden yayılmaktadır. STB'ler sabit disk, işlemcisi ve hatta GPU işlemcisi olan küçük bilgisayarlara benzemektedir. Bu çalışmadaki amaç, kullanılmayan STB'leri bekleme moduna Genel Hizmet Seviyesi Anlaşmasını (HSA) bozmaksızın getirmektir. STB'ler sadece istemcilerden hizmet talebi geldiğinde açık duruma gelirler. STB'leri kapatılarak elde edilen olası avantajlardan bahsedilmekte ve değerlendirmeler enerji tüketimindeki gelişmeyi göstermektedir.

Diğer iki çalışmada [14, 15] ise enerji verimli dosya dağıtımı için optimizasyon modeli sunulmaktadır. Buradaki temel fikir, sunucudan istemciye dosya dağıtmak için eşlere gereken toplam zamanın belirlenmesidir. Eğer toplam yükleme süresi verimli bir şekilde tespit edilebilirse, optimizasyon teknikleri kullanarak minimize edilebilir ve enerji tüketimi böylelikle düşürülebilir.

2.2 Hiyerarşik Yaklaşımlar

Hiyerarşik yaklaşımlar düğümler arası bir yapı kullanır. Bazı hiyerarşik yaklaşımlarda bir süper eş bir mekanizma bulunmaktadır, bu da bazı düğümlerin enerji verimliliği açısından daha avantajlı ve diğer düğümlere göre daha çok tercih edilir olması anlamına gelmektedir. İkinci olarak, sistemdeki aktif düğüm sayısını azaltmayı amaçlayan hiyerarşik yaklaşım bulunmaktadır. Sistemdeki aktif düğüm sayısını azaltarak, ağ yükü ve ağları kaynakların kullanımının azaltılması hedeflenmektedir.

Süper Eşleri Kullanan Yaklaşımlar:

Ağ ömrünü arttırmak için çift katmanlı mobil görevdeş sistemler için enerji tasarruflu yönlendirme yaklaşımı geliştirilmiştir [16]. Çift katmanlı görevdeş sistemde, süper eş ve alt eş olmak üzere iki tür eş vardır ve arama işlemi genelde süper eşler ile yapılır. Bir süper eş, id (no) ve dosya listesini içeren alt eş girdilerini tablo halinde tutar. Bir alt eş süper eşinden bir dosya istediğinde, süper eş dosya yönlendirme tablosunu arar. Eğer tabloda dosyaya ait bir girdi varsa, süper eş dosya sahibi olan alt eşini bilgilendirir. Aksi takdirde, süper eş komşu süper eşleri aracılığıyla bazı alt eşlerine 'istek' mesajı gönderir. Ayrıca, çalışmada Maksimal Bağımsız Küme (MBK) sistemi adı verilen süper eş seçmekte kullanılan rastgele sayılara yer verilmiştir. En büyük rastgele sayıya sahip eş, sadece haberleşme aralığında bulunan diğer eşler arasından süper eş olarak seçilir. Önerilen sistemdeki her süper eş sırasıyla, yönleri ve dosya listelerine ait bilgileri tutmak için bir yönlendirme ve dosya yönlendirme tablosuna sahiptir. Rastgele, kısa ve kısa-güçlü olmak üzere iç yönlendirme yapısı sunulmakta ve deneysel sonuçlar ile kısa-güçlü yönlendirmenin diğerlerine kıyasla enerji verimliliği açısından daha avantajlı

olduğu gösterilmektedir. Kısa-güçlü yaklaşım enerji durumu ve atlama sayısı açısından avantaj sağlamaktadır.

[17] ve [18] no'lu çalışmalarda ise toplam güç tüketimini azaltarak sağlayan algoritmalarından bahsedilmektedir. Her birinin f dosyasını içerdiği birden çok sunucu bilgisayarın olduğu bir sistem geliştirir. Bir istemci bilgisayar c, f dosyasının transfer isteğini yük dengeleyici K ya gönderir, K bir mantıksal işlemidir. Yük dengeleyici K, S kümesinden bir sunucu bilgisayar seçer. Bir istemci bilgisayar c de, güç tüketimini azaltmak için S kümesinden bir sunucu bilgisayarı nasıl seçmek gerektiğini anlatmaktadır. Bir başka çalışmada ise enerji tasarruflu görevde anlaşma protokolü önerilmektedir [19]. Bu protokol, güvenilirlikten ödün vermeden gereksiz iletimleri azaltmayı amaçlamaktadır. Bu amaca ulaşmak için TBMPR olarak adlandırılan bir mekanizma kullanır. Deneysel sonuçlar TBMPR'nin mesajlaşmayı yaklaşık %70 oranından azalttığını göstermektedir.

[2]'deki çalışmada, görevde sistemlerde enerji verimliliğinin önemine dikkat çekilmekte ve görevde ortamda enerji adaptasyonun istemci-sunucu ortamından daha karmaşık olduğundan bahsedilmektedir. Bu çalışmada, görevde sistemler için enerji uyarlamalı hesaplama tekniği önerilmektedir. Eşler için bir güç modu tanımlanmış ve eğer bir eş güç kısıtlı modunda ise, bazı sorumluluklarını enerji kısıtlı moda olmayan başka bir istemciye aktarması istenebilir.

Aktif/Pasif Eşleri Kullanan Yaklaşımlar:

[20] no'lu çalışmada dedikodu işlemi gerçekleştiren eşlerin sayısını azaltarak enerji tasarrufunu sağlayan bir hiyerarşik model önerilmektedir. Hiyerarşiyi oluşturmak için hakim küme kullanılmaktadır. Hakim küme, grafik $G=(V,E)$ 'nin S bir alt kümesi olmak üzere, G deki her bir köşe ya S'in içinde yada S'teki bir köşeye komşu olacak şekilde tanımlanabilir. Sistemde, hakim küme eş (DS) ve Hakim Küme olmayan eş (NDS) olmak üzere iki tip eş bulunmaktadır. NDS eşler dedikodu işleminin dışında bırakılır. Böylece, enerji tüketiminin azalmasına katkıda bulunmuş olurlar.

2.3 Kaynak Atama Yaklaşımları

Kaynak atama yaklaşımları görevde ağlardaki enerji tüketimini azaltmakta önemli bir etkiye sahiptir. Bu teknikler farklı kaynak ayırtımı mekanizmaları aracılığıyla, işlem veya dosya, ya da sanallaştırma gibi mekanizmalarla uygulanabilmektedir.

Süreç/İçerik Tabanlı Yaklaşımlar:

[21]'deki çalışma, her bir bilgisayarda işlem yapmak için ne kadar elektrik harcandığına odaklanmaktadır.

Makro düzey modeli kullanarak hesaplama miktarı ilişkisini ve eş bilgisayarların web tipindeki uygulama işlemlerinin toplam güç tüketimini göstermekte ve gevşeklik kavramını bir bilgisayara bir işlem tahsis ederek tartışmaktadır. Böylece süre kısıtlaması sağlanır ve toplam güç tüketimi azalır. Bilgisayarlara işlemleri tahsis etmek için sistemde bir süre kısıtlaması bulunmaktadır. İşlem p_s için süre kısıtlaması TC_s uygulama tarafından düzenlenmekte ve işlem p_s bir bilgisayara tahsis edilerek süre kısıtlaması TC_s tarafından sonlandırılabilir. Gevşeklik tabanlı algoritmadaki süre kısıtlamasını sağlamayan işlemlerin sayısı azalmakta ve değerlendirmeler gevşeklik tabanlı işlem tahsis etme algoritmasının geleneksel round-robin algoritmaları ile karşılaştırıldığında toplam güç tüketimini azaltmakta daha etkili olduğunu göstermektedir.

[22]'te önerilen modelde, enerji tüketimi içerik kirliliği açısından incelenmiş, kararlı ve flaş kalabalık sistemlerde kirli kopyaların silindiği durumlarda indirme hızının olumlu olarak etkilendiği durum gözlenmiştir.

Sanallaştırma Yaklaşımları:

Görevde sistemlerde, enerji tasarrufu için sanallaştırma tekniğini öneren yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmalar [23, 24, 25] ev ağları arasında enerji verimli kaynak paylaşımı fikrine dayanmaktadır, görevlerin sanallaştırma yoluyla görevde ağda birbirine bağlanmasıdır. Görevin sanallaştırılması demek, belirli bir görev için sorumlu bir sanal makineden başka bir sanal ev ortamına (VHE) taşınmak demektir. Sanal makineler, basit bir dosya da saklanabilirler; böylece bir ev ağından başka birine kolaylıkla taşınabilirler. Yüğü az sayıda bilgisayara kaydırmak başka bilgisayarlara rahatlık sağlamaktadır. Böylelikle rahatlayan bilgisayarlar enerji tasarrufu için uzun uykuya (hibernate) geçebilir.

3. Sonuç

Bu çalışmada, mevcut çevreci görevde çözümleri ve teknikleri enerji verimliliği açısından değerlendiren bir araştırma sunmayı amaçladık. Mevcut çalışmalarını inceleyerek enerji tasarruflu görevde sistemleri sınıflandırmayı hedefledik ve görevde sistemlerde enerji tasarrufunu sağlayan üç ana kavram olduğu tespit edildi. İlk olarak, uyku/bekleme yaklaşımı enerji tüketiminde en yaygın olarak kullanılan yaklaşımdır ve çevreci görevde sistemler alanındaki birçok çalışma, en popüler görevde uygulama olan ve görevde trafiğin büyük bir bölümünden sorumlu olan BitTorrent uygulamasına odaklanmaktadır. İkinci yaklaşım, ağ ek yükünü azaltarak enerji tasarrufunu sağlayan hiyerarşik yaklaşımdır. Son olarak, bilgisayarlarda kaynak atamanın verimli ve enerji tasarruflu olarak sağlamayı hedefleyen çalışmalar da bulunmaktadır.

4. Kaynaklar

- [1] Chu, F.S., Chen, K. C., and Cheng, C. M., "Toward Green Cloud Computing", in Proceedings of the 5th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication, ser. ICUIMC '11. New York, NY, USA: ACM, pp. 31:1–31:5, (2011).
- [2] Kant, K., "Challenges in Distributed Energy Adaptive Computing", SIGMETRICS Perform. Eval. Rev., vol. 37, pp. 3-7, (2010).
- [3] Kilper, D., "Tutorial: Energy Efficient Networks", in Optical Fiber Communication Conference and Exposition (OFC/NFOEC) and the National Fiber Optic Engineers Conference, (2011).
- [4] Christensen, K. and George, A., "Increasing the Energy Efficiency of the Internet with a Focus on Edge Devices", in The Energy Efficient Internet Project, University of South Florida and University of Florida, (2005-2008).
- [5] Bolla, R., Bruschi, R., Davoli, F., and Cucchietti, F., "Energy Efficiency in the Future Internet: A survey of Existing Approaches and Trends in Energy-aware Fixed Network Infrastructures", Communications Surveys Tutorials, IEEE, vol. 13, no. 2, pp. 223-244, (2011).
- [6] Lee, Y.J., Jeong, Y.H., Kim, H.Y. and Lee, C.H., "Energy-saving Set Top Box Enhancement in BitTorrent Networks", in Network Operations and Management Symposium (NOMS), IEEE, pp. 809–812, (2010).
- [7] Anastasi, G., Conti, M., Giannetti, I. and Passarella, A., "Design and Evaluation of a BitTorrent Proxy for Energy Saving", in Computers and Communications (ISCC), IEEE Symposium on, (2009).
- [8] Anastasi, G., Giannetti, I., Passarella, A., "A BitTorrent proxy for Green Internet file sharing: Design and experimental evaluation", Computer Communications, Volume 33, Issue 7, Pages 794-802, (2010).
- [9] Kelenyi, I., Ludanyi, A., Nurminen, J. K., "Energy-efficient BitTorrent Downloads to Mobile Phones through Memory-limited Proxies", Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), IEEE, vol., no., pp.715-719, (2011).
- [10] Jimeno, M. and Christensen, K., "A Prototype Power Management Proxy for Gnutella Peer-to-Peer File Sharing", in Local Computer Networks (LCN), (2007).
- [11] Lefebvre, M. J. F., "Energy-efficient Peer-to-Peer Storage", in Technical Report (TR-2003-17), Department of Computer Science, University of British Columbia, (2003).
- [12] Blackburn J. And Christensen, K., "A Simulation Study of a New Green BitTorrent", in Communications Workshops (ICC), IEEE International Conference on, (2009).
- [13] Jourjon, G., Rakotoarivelo, T. and Ott, M., "Models for an Energy- efficient P2P Delivery Service", in Parallel, Distributed and Network-Based Processing (PDP), 18th Euromicro International Conference on, (2010).
- [14] Sucevic, A., Andrew, L. L. H, and Nguyen, T.T.T., "Powering Down for Energy Efficient Peer-to-Peer File Distribution", SIGMETRICS Perform. Eval. Rev. 39, 3, 72-76, (2011).
- [15] Andrew, L.L.H, Sucevic, A. and Nguyen, T.T.T., "Balancing Peer & Server Energy Consumption in Large Peer-to-Peer File Distribution Systems", in Proc. of IEEE Online Conference on Green Communications, (2011).
- [16] Han, J.S, Song, J.W., Kim, T.H., and Yang, S.B., "Double-layered Mobile P2P Systems using Energy-efficient Routing Schemes", in Telecommunication Networks and Applications Conference (ATNAC), Australasian, pp. 122-127, (2008).
- [17] Enokido, T., Aikebaier, A., and Takizawa, M., "A Model for Reducing Power Consumption in Peer-to-Peer Systems", Systems Journal, IEEE, vol. 4, no. 2, pp. 221-229, (2010).
- [18] Enokido, T., Suzuki, K., Aikebaier, A. and Takizawa, M., "Laxity- based Algorithm for Reducing Power Consumption in Distributed Systems", in Complex, Intelligent and Software Intensive Systems (CISIS), International Conference on, pp. 321-328, (2010).
- [19] Aikebaier, A., Enokido, T., Takizawa, M. and Deen, S., "Energy-efficient Agreement Protocols in P2P Overlay Networks", in Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW), IEEE 30th International Conference on, (2010).
- [20] Koc, T., Cem, E. and Ozkasap, O., "Dominating-set based and Power-aware Hierarchical Epidemics in P2P systems", in 2nd International Conference on Energy-Efficient Computing and Networking, (2011).
- [21] Enokido, T., Aikebaier, A. and M. Takizawa, M., "Process Allocation Algorithms for Saving Power Consumption in Peer-to-Peer Systems", Industrial

Electronics, IEEE Transactions on, vol. 58, no. 6, pp. 2097-2105, (2011).

[22] Zhang, P. and Helvik, B.E., "Towards Green P2P: Understanding the Energy Consumption in P2P under Content Pollution", in Proceedings of the 2010 IEEE/ACM Int'l Conference on Green Computing and Communications & Int'l Conference on Cyber, Physical and Social Computing (GREENCOM-CPSCOM '10), IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 332-337, (2010).

[23] Garcia, A.E., Weidlich, R., de Lope, L.R., Hackbarth, K.D., Hlavacs, H. and Leandro, C.S., "Approximation towards energy-efficient distributed environments", in Proceedings of the 3rd International ICST Conference on Simulation Tools and Techniques, ser. SIMUTools '10. Brussels, Belgium, Belgium: ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering), 2010, pp. 81:1–81:7, (2010).

[24] Hlavacs, H., Weidlich, R., and Treutner, T., "Energy Saving in Future Home Environments", in Wireless Days (WD'08), 1st IFIP, pp. 1-5, (2008).

[25] Hlavacs, H., Hummel, K.A., Weidlich, R., Houyou, A.M., and De Meer, H., "Modelling Energy Efficiency in Distributed Home Environments", International Journal of Communication Network Distribution Systems, 4, 2, pp. 161-182, (2010).