

Gelecek Nesil Telsiz Sistemlerinde Kaynak Tabanlı Çoklu Gönderim

Umud Ayhan, Erdiñ Pehlivan, Mehmet Şenvar, Tuna Tuğcu, Fatih Alagöz
Boğaziçi Üniversitesi, Bilgisayar Müh. Bölümü

Özet — Bu bildiri, Gelecek Nesil Telsiz Sistemleri'nde (GNTS) kaynak tabanlı çoklu gönderimlere ilişkin yeni bir çözüm sunmaktadır. Çoklu gönderim, verinin birden fazla hedefe eşzamanlı gönderimidir. Amacımız, çoklu gönderim paketlerinin ağ kaynaklarının en az miktarda kullanılarak dağıtılmasını sağlamaktır. Çoklu gönderim konusundaki önerilmiş birçok çözüm ağaç yapılandırması tabanlıdır. *Kompella Pasquale Polyzos* (KPP) [1] algoritmasını temel alarak geliştirdiğimiz algoritma da benzeri bir ağaç yapılandırması üzerine kurulmuştur. Ancak, öne sürdüğümüz algoritmanın en önemli özelliği yeni bir düğüm seçimiyle ilişkilidir. GNTS'deki farklı alt sistemlerin kapsadığı alanlar-arası hiyerarşik yapı özelliğini, düğüm seçimi algoritması sırasında kullanarak sistemin başarımını artırabiliriz. Bu çalışmada öncelikle klasik KPP algoritması ve GNTS ağ mimarisi kısaca belirtildikten sonra Hiyerarşik-KPP algoritması öne sürülmektedir. H-KPP algoritmasının başarımı, klasik KPP algoritmasının başarımından kayda değer bir oranda yüksek olabileceği gösterilmektedir.

I. GİRİŞ

TEKNOLOJİK gelişmeler ve avuçiçi telsiz terminalerin hızla gelişimine paralel olarak, telsiz ve mobil (gezin) iletişimde yeni bir çığır açılmaktadır. Ergonomik ve ekonomik faktörleri göz önünde bulundurursak ve her yerde bilgiye ulaşılabilirliği sağlayan iletişim sektöründeki yeni akımları düşünürsek, mobil kullanıcıların sayısı çok büyük bir oranla artmaya devam edecektir. Teknoloji geliştikçe bir çok uygulama, bilgiyi daha etkili sunmak için multimedya platformlara geçiş yapmaktadır. Bununla eş zamanlı olarak; mobil kullanıcılar da her zaman, her yerden, hareket halindeyken bile bu servisleri kullanabilmeyi talep etmektedirler. Gelecek Nesil Telsiz Sistemleri (GNTS), geleceğin mobil toplumunun bu artan bant genişliği ihtiyacını karşılayacak şekilde olanaklar sağlamak ve Servis Kalitesi (SK) için mekanizmalar tanımlamak zorundadır.

Günümüzde, mobil toplumunun gelecek taleplerine uyabilecek nitelikte bir sistem yoktur. Uydu sistemleri karasal sistemlerin yüzlerce katı büyüklüğündeki alanları kapsarlar. Buna rağmen; düşük bant genişliği ve yüksek bit hata oranlarından zarar görürler ve bina içi kapsamayı sağlayamazlar. GSM ise pratik olarak, açık deniz gibi alanlarda kapsamayı sağlayamaz. Ek olarak GSM, yoğun

yerleşim olan bölgelerde, her kullanıcıya multimedya servislerini sağlayamaz. Kullanıcılar multimedya servislerini kullanabilmek için bir takım koşulları yerine getirmek zorundadırlar; baz istasyonlarına yakın olmak ya da hızlı hareket etmemek gibi. WLAN ise; yüksek bant genişliği ve düşük bit hata oranı sahip olsa da geniş alanları kapsayamaz.

GNTS multimedya servislerini her zaman ve her yerden SK şartlarını gözeterek sağlayacaktır. GNTS varolan teknolojiyi ve yeni teknolojileri birleştirerek, her yerden yüksek bant genişliğine ulaşabilmeyi sağlayacaktır. GSM, WLAN, uydu ve 4G Mobil gibi yeni telsiz sistemler GNTS'nin alt sistemleri olarak servis sağlayacaklardır. Bu nedenle, bahsettiğimiz bu alt sistemlerin iyi özelliklerinden yararlanmalıyız.

GNTS'deki çoklu gönderim şu anda varolan sistemlerdeki çoklu gönderimden farklıdır. GNTS'de birbirine yakın olan kullanıcılar, çağrılarını başlatıldığı alt sistem ve/veya kullanıcı tercihleri gibi kriterlere göre, farklı alt sistemlerden hizmet alıyor olabilirler. Ancak; birbirine komşu kullanıcılara giden çoklu gönderim rotalarını birleştirmek, iletişim maliyetini en aza indirebilmek için GNTS'nin yararınadır. Kıt radyo kaynakları üzerinden yapılan multimedya iletişimi sırasında bu konu çok önem kazanmaktadır. Bu gerçeği algoritmamızda, coğrafik olarak birbirine yakın kullanıcılara aynı alt sistem üzerinden hizmet sunarak kullanıyoruz.

Çalışmamızın devamı şöyledir. II.Bölüm konuyla ilgili ön çalışmaları, III.Bölüm GNTS ağ mimarisini ele almaktadır. IV.Bölüm H-KPP algoritmasını belirtmektedir.V Bölüm simülasyon parametreleri ve başarım analizini içermektedir. VI.Bölüm çalışmamızı sonuçlarını belirtmektedir.

II. İLGİLİ ÇALIŞMA

Çoklu gönderim ağaç yapılandırması algoritmaları, iki optimizasyon hedefi düşünülerek geliştirilmiştir. Birinci hedef minimum ortalama yol gecikmesidir. D_T ile gösterilir. Minimum Ortalama Yol Gecikmesi (MOYG), paket kaynağından çoklu gönderim grubundaki her bir hedefe giden yolların ortalaması olarak tanımlanmaktadır. MOYG ağacı $O(n^2)$ zamanda Dijkstra'nın en kısa yol algoritması kullanılarak oluşturulabilir. Burada n grafikteki düğümlerin sayısıdır. İkinci hedef, çoklu gönderim ağacının maliyetidir. C_T ile gösterilir ve ağacın dallarının maliyetleri toplanarak hesaplanır. En düşük maliyetli ağaç Steiner Ağaç yapısıdır ve böyle bir ağacı bulma problemleri ancak polinomsal olmayan algoritmalarla çözülebilir.

Düşük maliyetli çoklu gönderim rotaları oluşturan bir çok algoritma, Steiner ağaçlarına yakın ağaç yapıları oluşturmak için sezgisel yöntemler uygular. Deneysel gözlemler göstermiştir ki, sezgisel yöntemler Steiner ağaçlarına yakın ağaçları $O(n^3)$ - $O(n^4)$ polinomsal zaman aralığında üretebilmektedirler. Buna ek olarak üretilen çözümlerin üretilebilecek en iyi çözümden en fazla iki kat daha maliyetli olduğu ispatlanmıştır.

Aslında, D_T ve C_T ölçümleri bir başlarına etkileşimli bir multimedy iletişimini tanımlamak için bir temel oluşturmaya yetersizdirler. Böyle bir iletişimin performansı iki etken tarafından belirlenir: i) kaynaktan hedefe giden her yolun sınırlandırılmış uçtan uca gecikmesi ve ii) çoklu gönderim ağacının maliyeti. Örnek olarak bu maliyet bant genişliği kullanımının verimi cinsinden hesaplanabilir. Algoritmamızı *Kompella Pasquale Polyzos* (KPP) [1] algoritmasını temel olarak oluşturduk. KPP'de, bir çoklu gönderim ağacı, sınırlandırılmış bir Steiner ağacıdır. Bu ağaç gecikme açısından sınırlandırılmış minimum maliyetli ağaç olarak da adlandırılabilir. Burada, gecikme sınırı çoklu gönderim yapan uygulama tarafından belirlenir. Simülasyonlarımızı kolaylaştırmak adına gecikme sınırı sonsuz olarak kabul edilmiştir.

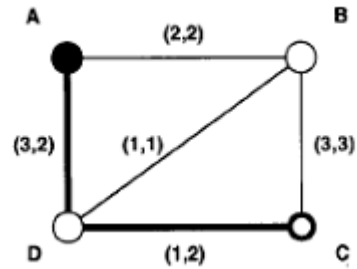
KPP'de, sınırlandırmış Steiner ağacı problemi aşağıdaki gibi tanımlanmıştır. Düğüm kümesinin V ve bağlantı kümesinin E ile gösterildiği $G=(V,E)$ grafiğinde, KPP e bağlantısı üzerinde $C(e)$ ve $D(e)$ olmak üzere iki tane ağırlık fonksiyonu tanımlar. $C(e)$ e üzerinde pozitif tamsayı maliyet fonksiyonu ve $D(e)$ ise e üzerinde pozitif tamsayı gecikme fonksiyonudur. Bu grafikte, KPP çoklu gönderim grubunu kaynak düğümü (s) ve hedef düğümleri kümesinin (S) birleşimi olarak tanımlar. T ile gösterilen sınırlandırılmış yayılım ağacı s den başlayan ve S kümesindeki her düğüme yayılan bir ağaçtır. Verilen gecikme sınırı Δ ile gösterilirse, bu T ağacında s 'den S nin elemanı olan her bir v düğüme giden yollar Δ ile üstten sınırlandırılmıştır.

Biçimsel olarak, her $v \in S$ için $P(s,v)$ T 'de s 'den v 'ye bir yol gösteriyorsa

$$\sum_{e \in P(s,v)} D(e) < \Delta$$

KPP'de Δ limitli bir tamsayı değeri olarak kabul eder. Bu durumda sınırlandırılmış Steiner ağacı, aşağıdaki şartı sağlayan bir sınırlandırılmış yayılım ağacı olarak tanımlanabilir.

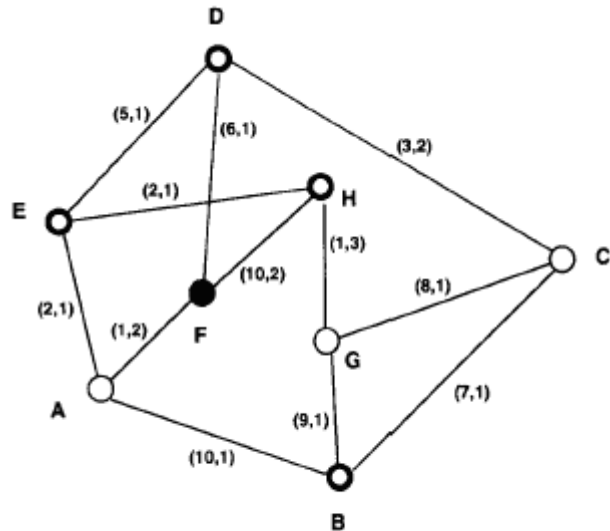
$$\sum_{e \in T} C(e) \text{ minimize edilmiş}$$



Şekil.1.A'dan C'ye sınırlandırılmış minimum maliyetli yol, $\Delta=6$. Kenarlar üzerindeki değerler (maliyet, gecikme süresi)

A. KPP'deki Sınırlandırılmış Steiner Ağacı için Sezgisel Yaklaşım

KPP algoritması, çoklu gönderim ağacının oluşturulması aşamasında kaynak düğümün gerekli tüm bilgiye sahip olduğunu varsaymaktadır. Bu tip algoritmalar, kaynak tabanlı yönlendirme algoritmaları olarak adlandırılmaktadır. Düğüm v ile w arasındaki sınırlandırılmış minimum maliyetli yol, gecikmesi süresi Δ than küçük olan, en az maliyetli yoldur. Bu yolun maliyeti $P_c(v,w)$ ve gecikme süresi de $P_d(v,w)$ olarak temsil edilmektedir.



Şekil.2. Sezgisel Yaklaşımı gösteren bir grafik

Şekil 1 de, gecikme sınır $\Delta=6$ için, A dan C ye üç tane sınırlandırılmış minimum maliyetli yol vardır; bunlar maliyetleri sırası ile 5, 4, 4 olan AB-BC, AB-BD-DC, ve AD-DC yollarıdır. Örnekteki son iki yol arasında karar aşamasında önemli olan nokta yolların gecikme süreleridir ve AD-DC yolu daha az gecikme süresine sahip olduğundan, bu yol en az maliyetli sınırlandırılmış yoldur. Biz kendi algoritmamızda, gecikme süresini 0 sonsuz aralığında üst sınırsız olarak varsaydık ve bu nedenle kaynaktan hedefe giden bütün yollar, çoklu gönderim ağacının oluşturulması aşamasında

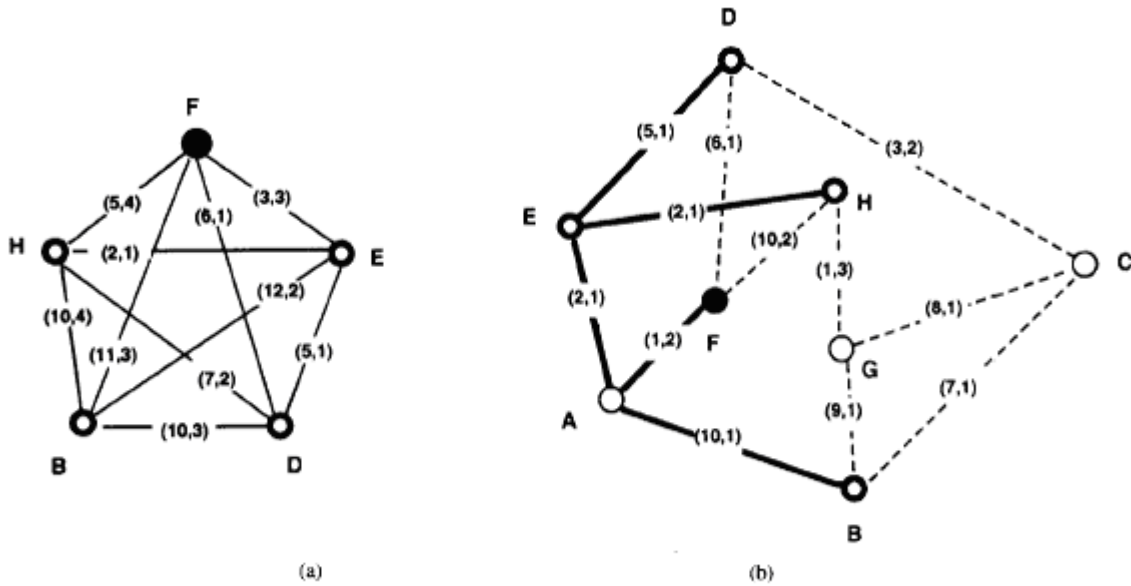
değerlendirmeye alınmıştır. Aynı zamanda, kaynaktan hedefe minimum maliyetli yolun bulunmasında KPP algoritmasında olduğu gibi Dijkstra'nın "En Kısa Yol Algoritması" uygulanmıştır.

Düğüm kümesi N i kapsayan kapsanım grafiği, her $v, w \in N$ için kenar maliyeti $P_c(v, w)$, gecikme süresi $P_d(v, w)$ olan tam bir grafiktir. Kapsanım grafiği G' nü oluşturmak için, öncelikle $S \cup \{s\}$ setindeki tüm düğüm çiftleri için ikili en kısa yollar hesaplanmıştır; ki bu da kaynak düğümünün ve hedef düğümünün birleşim setidir.

KPP algoritmasının ikinci adımı, G' için yayılım ağacının oluşturulmasıdır. Tüm hedef düğümlerinin kapsanması aşamasında, yayılım ağacının alt ağaçlarına dalların eklenmesinde adimsal bir algoritma kullanılmıştır. Varsayalım ki, v o ana kadar oluşturulmuş ağaç yapısı olsun, ve v ye komşu olan herhangi bir kenarı v ağacına ekleyip eklememe aşamasındayız.

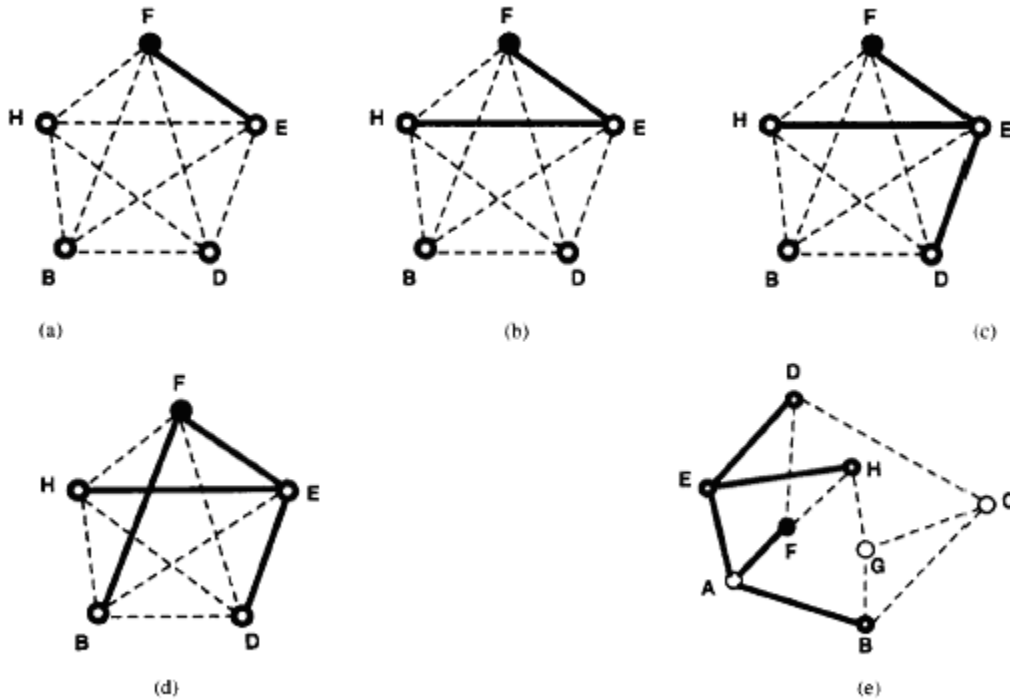
Anlaşıldığı gibi, v ilk başta kaynak düğümüdür. Daha sonra algoritma, bu ağaca kenarlardan, minimum maliyetli olanı ağaca ekleyecek şekilde ilerler. İlk düğümün eklenmesinden sonra elimizde iki düğümden oluşan kısmi bir ağaç yapısı vardır. Algoritma daha sonra bu kısmi ağaca dahil edilmemiş, hedef düğümü arayarak devam eder. Ve bizim kısmi ağacımızın köşelerine yol mesafesi olarak en yakın olan düğüm hedef düğüm olarak seçilir ve kısmi ağaç yapısına ekler. Algoritma, tüm hedef düğümler yayılım ağaç yapısına dahil edilinceye kadar devam eder.

G' ile ilgili sorunlardan bir tanesi, G nin bozulmuş bir görünümünü sunmasıdır. Örnek olarak, Şekil 2 de, F den E ye en az maliyetli yol A dan geçendir. Fakat, Kapsanım grafiği bunu yansıtmamaktadır. Bu tutarsızlık, G düğümünü paylaşan bağlantıların seçiminde çelişkilere yol açmaktadır. Bu, en kısa yol algoritmasındaki düğümlerin kayıtlarının tutulması ile geliştirilebilir.



Şekil.3. (a) $S=\{B,D,E,H\}$ seti üzerinde $\Delta=5$ ve $s=F$ için kapsanım grafiği

(b) Optimum sınırlandırılmış Steiner Ağacı



Şekil 4. (a)-(d)Yayımlı ağacının oluşturulmasındaki 4 aşama

(e) Sınırlandırılmış Yayımlı Ağacı

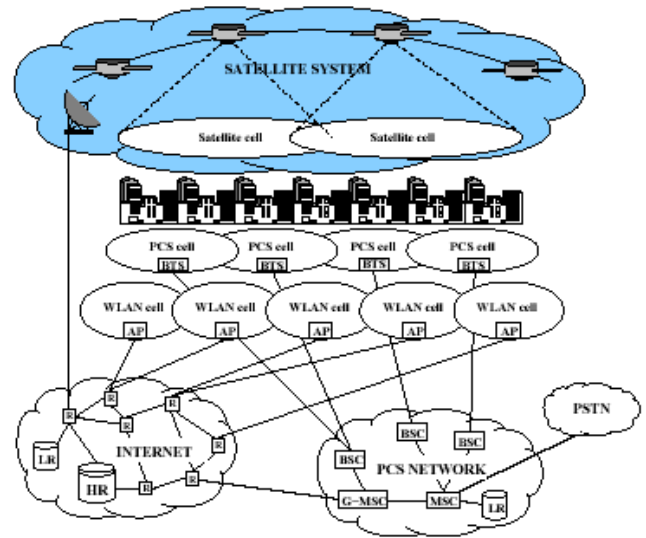
Şekil 2, kaynak düğümü F olan ve hedef kümesi {B, D, E, F} düğümleri olan bir durumu göstermektedir. Bu durum için kapsam grafiği Şekil 3.a da gösterilmiştir ve optimum çözümden Şekil 3.b de gösterilmiştir. Şekil 4 KPP algoritmasının adımlarını göstermektedir.

kısmi olarak, erişim düğümlerini kullanarak kapsamaktadırlar.

III. AĞ MİMARİSİ

Gelecek nesil telsiz sistemlerde (GNTS) her bir alt sistem kullanıcılar için birer erişim ağı olarak hizmet vermektedir. Şekil 5 de örnek bir GNTS mimarisi gösterilmiştir. Alt sistemlerin servis alanlarının birbiriyle iç içe geçen yapısından dolayı, mobil terminaller birden fazla alt sisteme aynı anda erişim olanağına sahiptirler. Mobil terminaller, o anda hangi alt sistemlere erişebildiklerini, o alt sistemlerin erişim düğümlerinden gelen pilot sinyalleri tarayarak anlamaktadırlar. Kablosuz yerel ağlar, kişisel haberleşme sistemleri, uydu sistemleri ve bu sistemlerin ileri nesil varyasyonları, 4G mobil ile beraber gelecek nesil telsiz sistemlerde alt sistemleri oluşturmaya aday sistemlerdir. Her bir alt sistemin kendisine özgü detaylarından bağımsız olarak, biz GNTS'yi şu şekilde tanımlıyoruz : $GNTS = \{A, AK\}$.

Bu tanımda A, GNTS'deki tüm alt sistemleri gösteren bir seti temsil etmektedir. AK (Ana Kütük) ise tüm alt sistemlerdeki kullanıcılar hakkında statik ve dinamik bilgileri içeren veritabanını belirtmektedir. Biz GNTS'de alt sistemler olarak, simülasyonun gerçekleştirilmesini mümkün olabilmesi için, sadece uydu ve kişisel haberleşme sistemlerini ele aldık, fakat bu set öteki alt sistemleri de kapsayacak şekilde genişletilebilir. Alt sistemler servis alanlarını, bazı durumlarda



Şekil 5 Örnek bir GNTS mimarisi

Her bir alt sistem servis alanını, birden fazla hücreye bölmektedir. Açık bir şekilde görüldüğü üzere, erişim düğümleriyle hücreler arasında birebir eşleşme söz konusudur. Biz erişim düğümü terimini mobil terminallere erişim sağlayan araçları tanımlamak için kullanıyoruz. Bir erişim düğümü tarafından servis alan tüm yerleşim (lokasyon) kümesine de kısaca hücre diyoruz. Hücrelerin şekli,

büyüklüğü ve lokasyonu erişim düğümünün gücüne ve yeryüzü şekillerine göre değişim göstermektedir. Bu yüzden hücrelerin yapısı, alt sistemden alt sisteme farklılık göstermektedir.

IV. ALGORİTMA

Literatürdeki algoritmalar, GNTS'nin hiyerarşik yapısını göz ardı etmektedirler. Bu algoritmalar genellikle günümüz kablolu sistemleri için uygun bir yapıya sahiptirler. Fakat, GNTS'de birbirlerine yakın lokasyonlarda bulunan kullanıcılar, ki bu kullanıcılar birden fazla alt sistemden hizmet alabilmekte, aynı alt sistemden servis alabilmektedirler. Bu grupta çoklu gönderimin maliyetini önemli ölçüde azaltmaktadır. Biz bu gerçeği, kendi algoritmamız olan H-KPP (Hiyerarşik-KPP)'yi oluştururken kullandık.

Bizim KPP algoritmasına ana katkımız, algoritmaya eklediğimiz yeni bir düğüm seçme algoritmasıdır. Bu akıllı düğüm seçme algoritmasını, H-KPP algoritmasına düğüm seçerken kullanıyoruz. Farklı alt sistemlerdeki hücrelerin kapsadığı alanlar arasında hiyerarşik bir yapı yer almaktadır. Bir örnek vermek gerekirse, bir uydu hücresi birden fazla kişisel haberleşme hücresini kapsayabilmektedir. Her bir kişisel haberleşme hücresindeki kullanıcılara çoklu paket gönderimi, bu paketleri o kullanıcılara uydu ağından göndermekten daha maliyetli olabilir. Bizim düğüm seçme algoritmamız her bir hedef çoklu gönderim düğümünü girdi olarak almakta ve alt sistemlerin birbirleriyle iç içe geçmiş yapısını kullanarak, yeni bir çoklu gönderim düğüm kümesini çıktı olarak üretmektedir. Bu şekilde KPP algoritmasından düşük bir maliyetle çoklu gönderim yapılabilir. Bizim algoritmamız da iki ana aşama bulunmaktadır. İlk aşama olarak, bizim geliştirdiğimiz düğüm seçme algoritması hedef çoklu gönderim kümesi üzerinde çalıştırılmakta ve bu kümenin bir alt kümesi, gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra çıktı olarak döndürülmektedir. Bu çıktı üzerinde de KPP algoritması çalışmakta ve bize minimum maliyete sahip bir çoklu gönderim ağacını çıktı olarak vermektedir. Düğüm seçme algoritmamızda, sadece havadan gönderim maliyetini dikkate almaktayız, çünkü kablolardan veri göndermenin maliyeti havadan yayın yapmanın maliyetine göre yok sayılabilecek düzeydedir. Algoritmayı bir örnekle açıklamak gerekirse, beş tane kullanıcıya çoklu paket göndereceğimizi varsayalım. Her bir mobil terminal ayrı ayrı kişisel haberleşme hücrelerinde olsun, ve bu hücreleri de bir uydu hücresi kapsıyor olsun. Eğer uydu üzerinden bu mobil terminallere yayın yapmanın maliyeti, her bir mobil terminale, kişisel haberleşme ağı hücrelerinin, her birinin üzerinden ayrı ayrı yayın yapmanın toplam maliyetinden düşükse, bizim algoritmamız uydunun erişim düğümünü çıktı kümesine ekleyecektir. Aksi durumda ise, her bir kişisel hücre düğümü çıktı kümesine eklenecektir.

Düğüm seçme algoritmamızın aşamaları aşağıdaki gibidir :

1.Aşama :

Eğer sadece GSM (GSM burda kişisel haberleşme ağlarını temsil etmektedir) üzerinden servis alabilen çoklu gönderim kullanıcıları varsa, bu kullanıcıların GSM ağına erişim sağladıkları erişim düğümleri çıktı düğüm listesine eklenir.

2.Aşama :

i) Eğer sadece uydu üzerinden servis alabilen çoklu gönderim kullanıcıları varsa, bu kullanıcıların uydu ağına erişim sağladıkları erişim düğümleri, çıktı düğüm listesine eklenir.

ii) Çıktı düğüm listesine eklenen uydu düğümlerinin kapsama alanı içerisinde yer alan, ve içinde çoklu gönderim hedef kullanıcıları barındıran GSM hücreleri varsa, bu hücrelerin erişim düğümleri girdi kümesinden çıkartılır. Çünkü bu hücreler zaten uydu üzerinden çoklu gönderim paketlerini alacaklardır.

iii) Hem uydu, hem de GSM üzerinden servis alabilen çoklu gönderim kullanıcıları içinse aşağıdaki aşamalar sırasıyla takip edilir.

a) GSM kullanıcıları buldukları uydu hücreleri bazında ayrı ayrı gruplanır.

b) Her bir grup için o gruptaki kullanıcılara uydu üzerinden gönderim maliyetine bakılır. Bu işlemden sonra da, yine her bir grup için kullanıcılara çoklu gönderim paketlerini, GSM ağı üzerinden her bir GSM hücresine ayrı ayrı göndermenin maliyeti hesaplanır ve bu maliyetlerin toplamı uydu hücresi bazında GSM üzerinden göndermenin toplam maliyeti olarak döndürülür.

c) Her bir grup için, o gruba uydu üzerinden paket gönderim maliyeti ile aynı gruba GSM üzerinden paket göndermenin toplam maliyeti karşılaştırılır. Eğer uydunun maliyeti düşükse uydu erişim düğümü çıktı listesine eklenir, aksi durumda ise GSM erişim düğümlerinin her biri çıktı listesine eklenir.

V. SİMÜLASYON VE ÇIKARIMLAR

Algoritmamızı C programlama dili ile geliştirip uyguladık. Simülasyonlarımızda KPP algoritması ile kendi algoritmamızın performansını karşılaştırdık. Bu amaçla 2 ana test yaptık : i) Grafikteki düğüm sayısını sabit tutarak, çoklu gönderim düğüm sayısının değiştirilmesi ii) Grafik düğüm sayısının değiştirilerek, çoklu gönderim düğüm sayısının sabit tutulması. Şekil 6 da gösterilen başarımların sonuçlarından da açıkça görüleceği gibi, her iki durumda da algoritmamızın, KPP algoritmasından daha iyi sonuçlar vermektedir. KPP algoritması, ağ mimarisinin hiyerarşik yapısını göz önünde bulundurmadığından dolayı, aynı data paketinin hem GSM hem de uydu tarafından gönderilmesine sebep olmaktadır. Bu çift gönderimi yapmasa bile, algoritmamız hava iletim maliyetlerini karşılaştırarak, düğüm seçme yöntemi uygulayıp

düğüm azalımı yaptığından dolayı, KPP algoritmasından daha etkin sonuç vermektedir.

Grafiğimizdeki düğümlerin üretimi sırasında düğümlerin %10 i sadece uydudan data alabilen düğümler, % 25 i sadece GSM den data alabilen düğümler, % 15 i hem GSM hem de uydudan data alabilen düğümler olarak atanmıştır. Geriye kalan %50 lik düğümler ise ağda yönlendirici (router) görevi yapan ve altındaki kullanıcılara herhangi bir data iletimi yapmayan bağlantı düğümleri olarak atanmıştır. Bu düğümlerin seçilmesi ve genel grafik yapısının oluşturulması tamamen rastlantısal seçim üzerine dayandırılmıştır. Grafiğin bağlantı oranını azalttıkça, algoritmamızın performansının da azaldığını gözlemledik. Bunun nedeni, düğüm seçme yönteminin sadece hava iletim maliyetini değerlendirmeye alması ve aradaki kablo bağlantı maliyetlerini değerlendirmeye almamasıdır.

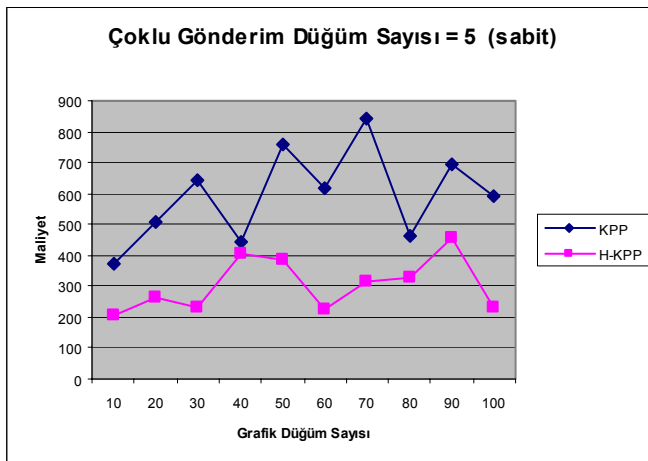
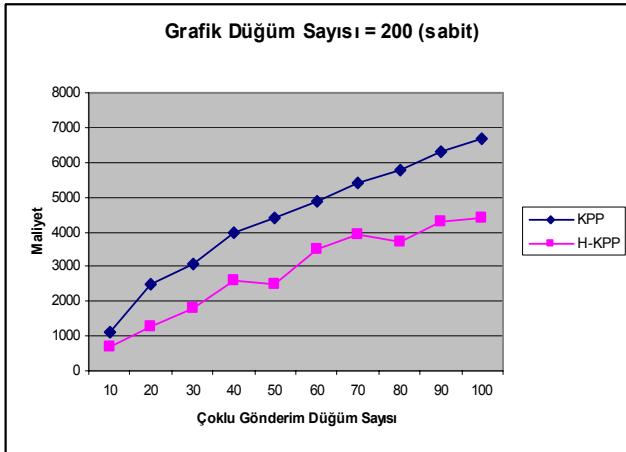
Hedef çoklu gönderim düğüm sayısı arttıkça, H-KPP algoritması, KPP algoritmasından daha iyi performans göstermektedir. Bunun nedeni seçilen düğümler içindeki, hem GSM den hem de uydudan servis alabilen düğüm sayısının artmasıdır. Aradaki farkta ise, orantısal olarak yaklaşık sabit bir oran vardır ki bu da rastlantısal seçimin doğal sonucudur.

VI. SONUÇLAR VE GELECEK ÇALIŞMALAR

Bu çalışmamızda, Gelecek Nesil Telsiz Sistemleri (GNTS) üzerinde kaynak tabanlı çoklu gönderiminde, ağ mimarisinin hiyerarşik yapısını ve birbirini kapsayan sistemleri değerlendirerek, ağ kaynaklarının minimum şekilde kullanılmasını sağlayan yeni bir algoritma sunduk. Algoritmamızın yapısını, işleyişini ve diğer algoritmalara kıyasla başarımındaki verimliliğini ele aldık.

Şu an için H-KPP algoritması sadece GSM ve uydu sistemlerini ele almaktadır. İleriki çalışmalarda, algoritmanın WLAN, 4G ve diğer gelecek nesil telsiz sistemleri de kapsayacak şekilde geliştirilmesi yapılabilir.

Ayrıca, H-KPP algoritması şu an için gönderim süre üst limitini sonsuz olarak değerlendirmiştir. Algoritmanın geliştirilmesi ve sonuçların daha manzum olması amacı ile süre parametresi de sisteme eklenebilir.



Şekil 6. Başarım karşılaştırması sonuçları

ALGORİTMA İÇİN PSEUDO KOD

```

G={V, E} ağ mimarisini temsil eden set olsun
s = kaynak düğüm
S =çoklu gönderim kümesi
dc = gecikme süre limiti /*sonsuz olarak set et*/
begin
her v ∈ S
begin
düğüm seçimi uygula
end
/*en yakın yol algoritmasını S U {s} içindeki tüm
düğüm için uygula*/
V' = S U {s}
Her v,w ∈ V'
Begin
v,w arasındaki en yakın yolun maliyetini hesapla
end
C={s}
T= boş küme
/* V' tüm düğümler işlenene kadar /
while C eşit değilken V' do
set min = sonsuz
begin
her (v ∈ V') ve (v ∈ değil C)
begin
if En Yakın Yol Maliyeti(v,w) < min then
begin
sonrakikenar = (v,w)
min =en yakın yol maliyeti (v,w)
end
end
w yi C ye ekle
sonrakikenar ı Tye ekle
end
end

```

VII. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Boğaziçi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Fonu tarafından desteklenmiştir. Proje No BAP.04 S 104.

REFERANSLAR

- [1] V.P. Kompella, J.C. Pasquale and G.C. Polyzos, "Multicasting for multimedia applications", 1992 Proc. IEEE INFOCOM, Florence, Italy (May 1992).
- [2] T. Tugcu and F. Vainstein, "Mathematical Foundations of Resource Management in Next Generation Wireless Systems," PIMRC'03, Beijing, China, September, 2003.
- [3] E.E. Dijkstra, "A note on two problems in connection with graphs", Numer.Mathematik 1 (1995) 269-271.
- [4] W. Hoffman and Richard Pavley "A Method for the Solution of the Nth Best Path Problem"
- [5] A.Hac and K. Zhou "A New Heuristic Algorithm for Finding Minimum-cost Multicast Trees with bounded Path Delay", INTERNATIONAL JOURNAL OF NETWORK MANAGEMENT 265-278(199)