

**ÖZET****Cloud-RAN Tabanlı Sistemlerde RRH-BBU Havuzları Arasındaki  
Taşıma Ağının Seçimi İçin Bir Sistem ve Yöntem**

- 5 Buluş, Cloud-RAN (C-RAN) tabanlı sistemlerde uygulama bazlı olarak BBU-RRH havuzu arasındaki taşıma ağları bağlantılarından hangisinin seçileceğini belirlemek üzere Çoklu Özellikli Karar Verme (Multiple Attribute Decision Making-MADM) tekniklerini kullanan bir sistem ve yöntemi ile ilgilidir.

**10 Şekil 1**

## İSTEMLER

### 1. Buluş,

- Cloud-RAN uygulamalarında mobil kullanıcıların (11) bağlandığı ilk anten yapısını temsil eden RRH havuzu (1),
- RRH havuzunun (1) bağlı olduğu ünite olan BBU havuzu (2),
- RRH havuzu (1) ile BBU havuzu (2) arasında dijital tabanbant sinyallerinin iletilmesi için farklı taşıma ağlarını

içeren Cloud-RAN tabanlı sistemlerde farklı uygulamalara ait akışlar için RRH-BBU havuzları (2) arasındaki en uygun taşıma ağının seçimini sağlamak için bir sistem olup özelliği,

- RRH havuzundan (1) ve BBU havuzundan (2) geçen akışlara ait paketlerin birbirleri arasındaki zaman aralığına, paket uzunluklarına, paket sayılarına göre akışın hangi uygulamaya ait olduğu belirleyen bir uygulama belirleme modülü (9),
- her bir uygulama için o uygulamanın özelliklerine bağlı olarak belirlenmiş olan ağırlık değerleri ve RRH havuzu (1) ile BBU havuzu (2) arasındaki her bir taşıma ağının karakteristik özellikleri doğrultusunda uygulama belirleme modülü (9) tarafından belirlenen uygulama için en uygun olan taşıma ağını çoklu karar verme algoritması tekniklerinden birini kullanarak gerçekleştiren bir iletişim seçim modülü (8)

içermektedir.

### 2. İstem 1'e uygun taşıma ağı seçim sistemi olup özelliği, bahsedilen taşıma ağlarının;

- CPRI/OBSAI standardı ile iletişim sağlayan uçtan uca iletim bağlantısı (3),
- Fiber bağlantı üzerinde kullanılan WDM-PON bağlantısı (4),
- Microwave (5) tabanlı kablosuz bağlantı,
- Ethernet (6) tabanlı kablosuz bağlantı,

- Birkaç optik ağ elemanından (Optical Network Element – ONE) oluşan ve birbirleri ile olan iletişimlerinde fiber bağlantısı kullanan OTN bağlantısı (7) olmasıdır.

3. İstem 1'e uygun taşıma ağı sistemi olup özelliği, bahsedilen taşıma ağı  
5 karakteristik özelliklerinin hız, gecikme, paket kaybı, süreklilik, güvenilirlik, güvenlik değerleri olmasıdır.

#### 4. Buluş,

- Cloud-RAN uygulamalarında mobil kullanıcıların bağlandığı ilk anten yapısını temsil eden RRH havuzu (1),  
10
- RRH havuzunun (1) bağlı olduğu ünite olan BBU havuzu (2),
- RRH havuzu (1) ile BBU havuzu (2) arasında dijital tabanbant sinyallerinin iletilmesi için farklı taşıma ağları

15 içeren Cloud-RAN tabanlı sistemlerde farklı uygulamalara ait akışlar için RRH-BBU havuzları (2) arasındaki en uygun taşıma ağının seçimini sağlamak için bir yöntem olup özelliği,

- RRH havuzunda (1) bulunan mobil cihazlardaki uygulamalardan internete ya da internetten RRH havuzuna (1) erişmek isteyen uygulamalara ait akışların RRH havuzu (1) ve BBU havuzu (2) tarafından kendi tampon belleklerine alınması,  
20
- Bir uygulama belirleme modülü (9) tarafından akışlara ait paketlerin birbirleri arasındaki zaman aralıkları, paket uzunlukları, paket sayıları doğrultusunda uygulamanın ne olduğunun belirlenmesi,
- Bir iletişim seçim modülü (8) tarafından her bir uygulama için o uygulamanın özelliklerine bağlı olarak belirlenmiş olan ağırlık değerleri ve RRH havuzu (1) ile BBU havuzu (2) arasındaki her bir taşıma ağının karakteristik özellikleri doğrultusunda çoklu karar verme algoritması tekniklerinden biri kullanılarak uygulama gereksinimlerine en uygun taşıma ağının belirlenmesi,  
25
- İletişim seçim modülünün (8) belirlediği taşıma ağının RRH havuzu (1) ve BBU havuzu (2) ekipmanlarına bildirilmesi,  
30

- RRH havuzu (1) ve BBU havuzunun (2) daha önce kendi tampon belleklerine almış oldukları paketleri belirlenen taşıma ağı üzerinden iletmesi

İşlem adımlarını içermesidir.

## TARİFNAME

### Cloud-RAN Tabanlı Sistemlerde RRH-BBU Havuzları Arasındaki Taşıma Ağının Seçimi İçin Bir Sistem ve Yöntem

#### 5 TEKNİK ALAN

Buluş, Cloud-RAN (C-RAN) tabanlı sistemlerde uygulama bazlı olarak BBU-RRH havuzu arasındaki taşıma ağları bağlantılarından hangisinin seçileceğini belirlemek üzere Çoklu Özellikli Karar Verme (Multiple Attribute Decision Making-MADM) tekniklerini kullanan bir sistem ve yöntemi ile ilgilidir.

#### ÖNCEKİ TEKNİK

Cloud-RAN (C-RAN) genel olarak Radyo Erişim Ağları'nda (Radio Access Network – RAN) fiziksel katman ile daha üstteki katmandaki temelbant işleme ünitelerini birbirinden ayırmaya yönelik olarak önerilmiştir. Bunlar Uzak Radyo Baş (Radio Remote Head - RRH) olarak davranan RRH havuzu ekipmanları ve RRH'den alınan verileri işleyen Tabanbant İşleme Ünitesi (Baseband Processing Unit-BBU) havuzudur. RRH ve BBU havuzları arasında uçtan uca iletim (CPRI/OBSAI), WDM-PON, Microwave, Ethernet ve OTN gibi farklı taşıma ağlarından biri kullanılarak farklı ekipmanlar arasında noktadan noktaya bağlantı kurulmaktadır.

Mevcut teknikte BBU-RRH havuzları arasındaki taşıma ağları bağlantılarından hangisinin seçileceğini belirlemek üzere Çoklu Özellikli Karar Verme (Multiple Attribute Decision Making-MADM) tekniklerinin kullanılması mevcut teknikte uygulanmamaktadır.

Mevcut teknikte BBU-RRH havuzlarındaki ekipmanlar farklı taşıma ağlarındaki taşıma ağ parametrelerini ölçme özelliğine sahip değildir.

30

Mevcut teknikte RRU ve BBU havuzlarından geçen paketlerin birbirleri arasındaki zaman aralığı, paket uzunlukları, paket sayıları gibi değerler kullanılarak paket akışlarının hangi uygulamaya ait olduğunu belirleyen bir uygulama bulunmamaktadır.

## BULUŞUN KISA AÇIKLAMASI

Mevcut buluş yukarıda bahsedilen dezavantajları ortadan kaldırmak ve ilgili teknik alana yeni avantajlar getirmek üzere geliştirilmiştir.

5

Buluşun ana amacı, Cloud-RAN (C-RAN) tabanlı sistemlerde uygulama bazlı olarak BBU-RRH havuzu arasındaki taşıma ağları bağlantılarından en uygun olanın seçilmesini sağlamaktır.

- 10 Buluş ile MADM tekniklerinden biri kullanılarak bahsedilen uygulama için farklı taşıma ağlarının seçimi sağlanabilmektedir. Bunun için öncelikle bir uygulama modülü aracılığıyla uygulamanın ne olduğu belirlenmekte ve uygulama bilgisi bir iletişim seçim modülüne iletilmektedir. İletişim seçim modülü uygulama bilgisi doğrultusunda hangi taşıma ağının seçilmesi gerektiğine MADM tekniklerini kullanarak karar
- 15 vermektedir. İletişim seçim modülünün belirlediği taşıma ağı bilgisi RRH ve BBU havuzundaki ekipmanların bu durumu sağlaması için bu ekipmanlara iletilmektedir.

Uygulama belirleme modülü, RRH ve BBU havuzundan geçen trafik akışının içerisindeki paket özelliklerine bakarak (paketlerin birbirleri arasındaki zaman aralığı, paket uzunlukları, paket sayıları) uygulamanın ne olduğunu belirlemektedir. Daha

20 sonra iletim seçimi modülü tarafından bu uygulama için hız, paket kaybı, güvenilirlik, güvenlik, gecikme, seğirme ve paket kaybı değerlerinden hangilerine öncelik verilmesi gerektiği belirlenmekte ve buna uygun olarak taşıma ağı seçimi gerçekleştirilmektedir.

25

Belirli bir uygulamaya ait olan (VoIP gibi) trafik akışları için öncelik sırası gecikme, daha sonra hız ve en son güvenilirlik iken, bir başka uygulamaya ait (video servisi gibi) trafik akışları için öncelik sırası hız, paket kaybı, gecikme ve en son seğirme olabilir. Örneğin, VoIP gibi uygulamalar için anlık ölçülen değerlere göre Ethernet taşıma

30 ağının kullanmak olabilirken, video servisi gibi uygulamalar için iletim seçim modülü tarafından seçilen Uçtan uca iletimi (CPRI/OBSAI) kullanmak mümkün olacaktır.

Buluşun sağladığı yenilikler aşağıda sunulmaktadır:

1. BBU-RRH havuzu ekipmanlarının ile birlikte çalışan iletim seçim modülü ile BBU-RRH havuzu ekipmanlarının üzerinde geçen ve belirli bir uygulamaya ait trafik akışlarının en uygun taşıma ağına (Uçtan uca iletim (CPRI/OBSAI), WDM-PON, Microwave, Ethernet ve OTN) aktarılması ile mobil kullanıcıların trafiği daha efektif olarak taşıma ağlarında iletilebilmektedir.

RRH ve BBU havuzu arasında var olan taşıma ağları farklı şekilde olabilmektedir. Yalnız bu taşıma ağlarından en uygun olanın seçilmesi gerekliliği önyüz bağlantının mesafesinin çok olması durumunda önem kazanmıştır. Bazı durumlarda RRH-BBU havuzu arasındaki bu mesafe kilometrelerce olabilmektedir.

Bu buluş ile birlikte taşıma ağı tarafında yapılan iyileştirme ile hangi uygulamaların hangi taşıma ağını seçeceği servis sağlayıcılar tarafından belirlenebilmektedir. Çoklu şekilde taşıma ağlarının var olması ve farklı uygulamalara ait trafik akışları için bunların arasında en uygun taşıma ağı seçme politikasının yaratılması son derece esnek bir sistem oluşturmayı sağlar.

Bu buluş sayesinde, tüm mobil kullanıcıların farklı uygulamaları, internete erişmek için farklı taşıma ağını kullanabilme olanağına sahip olacaktır. Herhangi bir taşıma ağının performans parametreleri düşük olduğu veya çalışmama durumu olduğu zaman, mobil kullanıcının kullandığı uygulamalar daha düşük performans seviyesinde de olsa çalışmaya devam edecektir. Örneğin, bir mobil kullanıcının ön taşıyıcıdaki OTN bağlantısı koptuğu zaman, trafiğin microwave ile iletimi sağlanabilmektedir.

2. BBU-RRH havuzu ile birlikte çalışan uygulama belirleme modülü ile farklı uygulamaların ve trafik dağıtım yönteminin belirlenmesi:

Bu buluş içerisinde var olan uygulama belirleme modülü ile trafik akışı içerisinde RRH ve BBU havuzu ekipmanları tarafından uygulama yöntemi belirleme modülü gönderilen paket özellik bilgilerini (paketlerin birbirleri arasındaki zaman aralığı, paket

uzunlukları, paket sayısı) kullanarak trafik akışlarının hangi uygulamaya ait olacağı belirlenir. Uygulamalara ait akışları bulmak için uygun makine öğrenme tekniklerinden yararlanır. Farklı kümeleme algoritmaları (DBScan, K-means gibi bu sınıflandırmayı gerçekleştirmek için kullanılabilir. Daha sonra her bir uygulama için

5 hangi taşıma ağı seçilmesi gerektiğine karar verilir. Örneğin, VoIP gibi uygulamalar için anlık ölçülen değerlere göre OTN ağı kullanılabilirken, video servisi gibi uygulamalar için iletim seçim modülü tarafından seçilen WDM-PON kullanmak mümkün olacaktır

10 3. İletim seçim modülü yardımıyla uygulamalara ait trafik akışlarının izleyeceği farklı taşıma ağları için (Uçtan uca iletim (CPRI/OBSAI), WDM-PON, Microwave, Ethernet ve OTN) bağlantı karakteristik parametrelerinin (gecikme, hız, seğirme ve paket kaybı) ölçülmesinin sağlanması ve bunlar için önceliklerin ayarlanması:

15 İletim seçim modülü paketlerin ve akışların hangi fiziksel taşıma ağı bağlantı yolu izleyeceğine, uygulama bilgilerine ve her bir taşıma ağı için hız, gecikme, seğirme, paket kaybı gibi ölçümleri kullanarak gerçekleştirir. Taşıma ağı karakteristiğini ölçmek için iki yöntem kullanır. Bunlardan birincisi, her bir bağlantıdan geçen normal trafik içerisindeki paketlerin başlığına sarmalama (encapsulate) başlığı eklemektir. Eklenen

20 başlığın içerisine sıra numaraları ve zaman bilgisi değerleri de bulunduğu için iletim seçim modülünün farklı taşıma ağları için gecikme, seğirme ve paket kaybı gibi değerlerini ölçmesi sağlanabilir. İkinci ölçüm mekanizması ise aynı şekilde farklı taşıma ağı bağlantıları için hız, gecikme, seğirme ve paket kaybı gibi değerleri ölçmek için farklı taşıma ağların her birine sıra numarası ve zaman bilgisini içeren

25 sentetik bir trafik göndermek olmaktadır. Bu iki mekanizma da ek ağ genişliğine ihtiyaç uymaktadır. İkinci yöntem ise ölçüm için normal trafik akışına ihtiyaç yoktur. BBU ve RRH havuzu ekipmanı, normal trafik akışına bağımlılığı önlemek için bu iki mekanizmayı da kullanabilirler.

30 Bu buluş ile oluşturulan altyapı sayesinde farklı trafik akışlarına ait uygulamaların farklı taşıma ağı için iletim seçim modülü yardımıyla önceliklendirilmesi sağlanmış olmaktadır. Bazı ticari kritik trafik akışları da bu şekilde önceliklendirerek, uygun taşıma ağı bağlantı yolu üzerinde yönlendirilmesi de sağlanmış olmaktadır. İletim seçim modülü merkezi olarak herhangi bir taşıma ağında belirlenen arıza durumunu



anında BBU ve RRH havuzu ekipmanından aldığı ölçümler sayesinde tespit edecek ve bu durumda uygulamalar için taşıma ağı bağlantı parametrelerini güncelleyecektir.

- 5 Mevcut buluşun yapılanması ve ek elemanlarla birlikte avantajlarının en iyi şekilde anlaşılabilmesi için aşağıda açıklaması yapılan şekiller ile birlikte değerlendirilmesi gerekir.

### **ŞEKİLLERİN KISA AÇIKLAMASI**

- 10 Şekil 1, buluş konusu taşıma ağı seçim sisteminin şematik görünümüdür.

### **REFERANS NUMARALARI**

- 1 RRH Havuzu  
 2 BBU Havuzu  
 15 3 Uçtan Uca İletim Bağlantısı  
 4 WDM-PON Bağlantısı  
 5 Microwave Bağlantısı  
 6 Ethernet Bağlantısı  
 7 OTN Bağlantısı  
 20 8 İletim Seçim Modülü  
 9 Uygulama Belirleme Modülü  
 10 Yakın Ağ ve Çekirdek Ağ  
 11 Mobil Kullanıcı
- 25 RRH: Radio Remote Head – Radyo Uzak Baş  
 BBU: Baseband Processing Unit - Tabanbant İşleme Ünitesi  
 WDM-PON: Wavelength Division Multiplexing-Passive Optical Network  
 OTN: Optical Transport Network

### **30 BULUŞUN DETAYLI AÇIKLAMASI**

Bu detaylı açıklamada, buluş konusu yenilik sadece konunun daha iyi anlaşılmasına yönelik hiçbir sınırlayıcı etki oluşturmayacak örneklerle açıklanmaktadır.

Buluş,

- Cloud-RAN uygulamalarında mobil kullanıcıların (11) bağlandığı ilk anten yapısını temsil RRH havuzu (1),
- RRH havuzunun (1) bağlı olduğu ünite olan BBU havuzu (2),
- 5 • RRH havuzu (1) ile BBU havuzu (2) arasında dijital tabanbant sinyallerinin iletilmesi için farklı taşıma ağları,
- Mobil kullanıcıların (11) internete erişim sağlamak üzere kullandıkları mobil operatörlere ait yakın ağ ve çekirdek ağı (10)

10 içeren Cloud-RAN tabanlı sistemlerde farklı uygulamalara ait akışlar için RRH-BBU havuzları (2) arasındaki en uygun taşıma ağının seçimini sağlamak için bir sistem ve yöntem ile ilgidir.

Bahsedilen taşıma ağları tercihen;

- CPRI/OBSAI standardı ile iletişim sağlayan uçtan uca iletim bağlantısı (3),
- 15 • Fiber bağlantı üzerinde kullanılan WDM-PON bağlantısı (4),
- Microwave (5) tabanlı kablosuz bağlantı,
- Ethernet (6) tabanlı kablosuz bağlantı,
- Birkaç optik ağ elemanından (Optical Network Elemen – ONE) oluşan ve birbirleri ile olan iletişimlerinde fiber bağlantısı kullanan OTN bağlantısıdır (7).

20 Şekil 1'de buluş konusu taşıma ağı seçim sisteminin unsurları ve bu unsurlar arası ilişkiler şematik olarak gösterilmektedir. Sistem en uygun taşıma ağı seçimini gerçekleştirmek üzere;

- RRH havuzundan (1) ve BBU havuzundan (2) geçen akışlara ait paketlerin
- 25 özelliklerine göre hangi akışın hangi uygulamaya ait olduğu belirleyen bir uygulama belirleme modülü (9),
- her bir uygulama için o uygulamanın özelliklerine bağlı olarak belirlenmiş olan ağırlık değerleri ve RRH havuzu (1) ile BBU havuzu (2) arasındaki her bir taşıma ağının karakteristik özellikleri doğrultusunda uygulama belirleme
- 30 modülü (9) tarafından belirlenen uygulama için en uygun olan taşıma ağını çoklu karar verme algoritması tekniklerinden birini kullanarak gerçekleştiren bir iletişim seçim modülü (8) içermektedir.

içermektedir.

RRH havuzu (1) iletim seçim modülünün (8) aldığı karara göre mobil kullanıcılardan (11) gelen akışları farklı taşıma ağlarına iletme yetkinliğine sahiptir. Ayrıca RRH havuzunda bulunan RRH ekipmanları mobil kullanıcılardan (11) gelen akışlar içerisindeki paketleri tampon belleğe alıp, iletişim seçim modülünün (8) verdiği karardan sonra bu akışları uygun taşıma ağına yönlendirebilmektedir.

BBU havuzu (2) da iletişim seçim modülünün (8) aldığı karara göre internetten gelen akışları farklı taşıma ağlarına iletme yetkinliğine sahiptir. Ayrıca BBU havuzunda (2) bulunan BBU ekipmanları internetten gelen akışlar içerisindeki paketleri tampon belleğe alıp, iletişim seçim modülünün (8) verdiği karardan sonra bu akışları uygun taşıma ağına yönlendirebilmektedir.

Uygulama belirleme modülü (9), RRH havuzu (1) ve BBU havuzundan (2) geçen paketlerin hangi uygulamaya ait olduğunu belirlemek üzere, paketler arasındaki zaman aralıkları, paket uzunlukları, paket sayısı gibi bilgileri kullanmaktadır. Uygulama belirleme modülü (9) tarafından uygulamanın belirlenmesi sonrasında, RRH havuzu (1) ile BBU havuzu (2) arasındaki her bir taşıma ağı üzerinde gecikme, hız, paket kaybı, seğirme gibi bilgiler ölçülmekte ve iletişim seçim modülüne (8) iletilmektedir.

İletişim seçim modülü (8), taşıma ağları için ölçülen bu değerleri her bir uygulama için oluşturulan bir matrisde saklamaktadır. Bu matrisin sütunlarında ölçülen değerler, satırlarında ise taşıma ağları mevcuttur. Bu aşamadan sonra iletişim seçim modülü (8), her bir uygulamanın gereksinimlerine uygun olarak servis sağlayıcı tarafından önceden belirlenen değerler doğrultusunda çoklu karar verme algoritması (MADM) tekniklerinden birini kullanarak en uygun taşıma ağını belirlemektedir. İletişim seçim modülü (8), bu kararı RRH havuzu (1) ve BBU havuzundaki (2) ekipmanlara iletmektedir.

Buluş konusu sistemin işleyişi şu şekildedir: RRH havuzunda (1) bulunan mobil kullanıcıların (11), mobil cihazlarındaki farklı uygulamalar internete ya da internetten RRH havuzundaki (1) mobil cihazlara erişmek isteyen çeşitli uygulamalar erişim isteğinde bulunurlar. Uygulamaların akışları veya paketleri RRH havuzu (1) ve BBU

havuzu üzerine gelir. RRH havuzu (1) ve BBU havuzu (2) bu gelen akışları kendi içerisinde tampon belleğe alır. RRH havuzu (1) akışlara ait paketlerin özelliklerini (paketler arasındaki zaman aralıkları, paket uzunlukları, paket sayısı gibi) uygulama ve taşıma ağı seçiminin belirlenmesi için uygulama belirleme modülüne (9) iletir.

5 Uygulama belirleme modülüne (9) gelen paket ve akış bilgileri özellikleri kullanılarak, hangi uygulamaya ait oldukları belirlenir. Bu belirleme için farklı kümeleme ve sınıflandırma algoritmalarını da içine alacak şekilde farklı makine öğrenme yöntemleri kullanılmaktadır. Uygulama belirleme modülü (9) tarafından uygulamanın ne olduğu belirlendikten sonra RRH havuzu (1) ile BBU havuzu (2) arasındaki taşıma ağları  
10 üzerinde gecikme, hız, paket kaybı, güvenilirlik, güvenlik, seğirme gibi değerler ölçülür ve iletişim seçim modülüne (8) iletilir. İletişim seçim modülü (8) uygulamaya ait paketlerin hangi taşıma ağı üzerinden iletileceğini belirlemek üzere önceliklendirme yapmaktadır. Servis sağlayıcı tarafından her bir uygulama için o uygulamanın özelliklerine bağlı olarak belirlenmiş değerler bulunmaktadır. Bu  
15 değerler iletişim seçim modülü (8) tarafından o uygulama için ağırlık parametresi olarak atanmaktadır. Örneğin video akışı gibi yüksek hız servisleri için hız önemli iken gecikmeye hassas VoIP gibi uygulamalar için gecikme değeri önemlidir. İletişim seçim modülüne (8) gelen farklı taşıma ağları için ölçülen bu değerler her bir uygulama için birer matriste toplanır. Daha önce servis sağlayıcı tarafından uygulama  
20 özellikleri doğrultusunda belirlenen ağırlık parametrelerine göre çoklu karar verme algoritması teknikleri kullanılarak en uygun taşıma ağı belirlenir. İletişim seçim modülünün (8) aldığı karar RRH havuzu (1) ve BBU havuzuna (2) iletilir. RRH havuzu (1) ve BBU havuzu (2) ekipmanları daha önce tampon belleğe aldıkları akışları ve paketleri en uygun olarak belirlenen taşıma ağına gönderir.

