

ÖZET**SDN TABANLI VE PAYLAŞIMLI BULUT RADYO ERİŞİM AĞLARININ (C-RAN) YONETİM SİSTEMİ VE METODU**

5

Buluş; telekomünikasyon ve haberleşme sektörlerinde kullanılmak üzere, sdn tabanlı ve paylaşımlı, bulut radyo iletişim ağlarının (C-RAN) yönetim sistemi ve bahsedilen sistemi gerçekleştirecek metod ile ilgilidir.

10 (Şekil-1)

İSTEMLER

1. Buluş;

- kullanıcı tanımlanması ve adreslemeyi sağlayan abone sunucusu (1a),
kullanıcı hareketliliği, izleme, çağrı, dolaşım ve LTE baz istasyonları arası geçiş (handover) işlemlerini gerçekleştiren hareketlilik yönetim birimi (1b), SDN ile sanallaştırmayı, MME (1b) ve abone sunucusu (1a) gibi yapıların kendi üzerinde koştan bir uygulama olmasını sağlayan SDN kontrolör (1c) içeren bir mobil operatör (1),
- hata düzeltme, güç kontrolü, hücre seçim mekanizması, mantıksal ve taşıma ağları arasındaki eşleştirme, kullanıcı cihazları (10) arasında önceliklendirme, radyo taşıyıcılarının yönetimi, kurulması, bakımı ve sürüm güncellenmesinin yapılmasını sağlayan BBU (2),
- bahsedilen BBU'lar (2) ile yüksek bant genişliği, düşük gecikmeli ön ağ vasıtasıyla bağlantı kuran, mobil operatörlere (1) ait olan ve kullanıcılara internet servisini kablosuz sağlayan RRH (4),
- taşıyıcı ağın bir parçası olan ve BBU'ları (2) çekirdek ağa bağlayan, RAN'dan aldıkları verileri çekirdek ağa ileten anahtar (5),
- çekirdek ağ ekipmanı olan ve internetin çekirdek ağa bağlanmasını sağlayan, hizmet ağ geçidi (6) ve paket veri ağ geçidi (7),

içeren, telekomünikasyon ve haberleşme sektörlerinde kullanılmak üzere, sdn (software defined networks - yazılım destekli ağlar) tabanlı ve paylaşımlı, bulut radyo iletişim ağlarının (C-RAN) yönetim sistemi olup, **özellikleri**;

- - o radyo erişim ağlarının izlenmesini ve yönetilmesini kontrol eden,
 - o bahsedilen RRH'lere (4) ve BBU'lara (2) gerekli komutları gönderen, eICIC (Enhanced Inter-cell interference cancellation-geliştirilmiş hücreler arası girişim engelleme), CoMP (coordinate multipoint – koordineli çoklu nokta) iletişim ve ortak zamanlama (scheduling) gibi birden fazla RRH (4) arasında gerçekleşen radyo ile ilgili işlevsellikler için gerekli koordinasyonu sağlayan,

RAN kontrolör (3),

•

- o altyapı sahibi tarafından sahip olunan ve altyapı sahibinin'nin ağ altyapısını yönetmesini sağlayan,
- o üzerinde hangi mobil operatöre (1) hangi kaynakların -baz istasyonu, mobil çekirdek ağ ve yakın ağ anahtarlar portları- ayrılacağını belirleyen,
- o hangi mobil operatörün (1) ne kadar sanallaştırılmış ağ altyapısı alacağını; mobil operatörün (1) daha önce altyapı sahiplerine hizmet karşılığı ödediği ve kendi abonelerine garanti vermesi gereken minimum QoS'u (hız seviyesi, gecikme) da dikkate alarak ve mobil operatörlerin (1) anlık QoS isteklerine göre belirlenecek şekilde ayarlayan,

sanallaştırma kontrolörü (9),

içermesidir.

2. İstem 1'e göre bir yönetim sistemi olup, **özelliği**; anahtar (5) portları üzerindeki güncellemeler, anahtarların (5) ve RRH'lerin (4) bağlı olduğu taşıyıcı ağının AÇIK/KAPALI olma durumu, her bir anahtara (5) bağlı cihazların listesi, ağ parametrelerindeki orta-uzun vadeli değişiklikler ve taşıyıcı ağ gecikme değerlerinin bahsedilen sanallaştırma kontrolörüne (9) iletilmesini sağlayan kontrolör arayüzü (9.1) içermesidir.

3. İstem 1'e göre bir yönetim sistemi olup, **özelliği**; kullanıcı cihazlarının (10) internet'e (8) RAN'da (radio Access network-radyo erişim ağı) erişebilmesi için gerekli kuralları RAN kontrolör (3)'e iletilmesini sağlayan RAN arayüzü (3.1) içermesidir.

4. İstem 1'e göre bir yönetim sistemi olup, **özelliği**; kablosuz ağların radyo erişim teknolojileri seçimi, radyo kaynak yönetimi, radyo QoS ve politikalarının işlendiği RAN kontrol uygulaması (3.2) içermesidir.

5. İstem 1'e göre bir yönetim sistemi olup, **özelliği**; ağın taleplerine göre sanallaştırma kontrolörünün (9) her bir mobil operatör (1) için farklı taşıyıcı ağ ve çekirdek ağ servislerini gerçekleştirmesini ve RAN kontrolörden (3) ağ üzerinde düzenlemeler yapılabilmesini sağlayan REST arayüzü (3.3) içermesidir.

6. Buluş;

- kullanıcı tanımlanması ve adreslemeyi sağlayan abone sunucusu (1a), kullanıcı hareketliliği, izleme, çağrı, dolaşım ve LTE baz istasyonları arası geçiş (handover) işlemlerini gerçekleştiren hareketlilik yönetim birimi (1b), SDN ile sanallaştırmayı, MME (1b) ve abone sunucusu (1a) gibi yapıların kendi üzerinde koştan bir uygulama olmasını sağlayan SDN kontrolör (1c) içeren bir mobil operatör (1),
- hata düzeltme, güç kontrolü, hücre seçim mekanizması, mantıksal ve taşıma ağları arasındaki eşleştirme, kullanıcı cihazları (10) arasında önceliklendirme, radyo taşıyıcılarının yönetimi, kurulması, bakımı ve sürüm güncellenmesinin yapılmasını sağlayan BBU (2),
- bahsedilen BBU'lar (2) ile yüksek bant genişliği, düşük gecikmeli ön ağ vasıtasıyla bağlantı kuran, mobil operatörlere (1) ait olan ve kullanıcılara internet servisini kablosuz sağlayan RRH (4),
- taşıyıcı ağın bir parçası olan ve BBU'ları (2) çekirdek ağa bağlayan, RAN'dan aldıkları verileri çekirdek ağa ileten anahtar (5),
- çekirdek ağ ekipmanı olan ve internetin çekirdek ağa bağlanmasını sağlayan, hizmet ağ geçidi (6) ve paket veri ağ geçidi (7),

içeren, telekomünikasyon ve haberleşme sektörlerinde kullanılmak üzere, sdn (software defined networks - yazılım destekli ağlar) tabanlı ve paylaşımlı, bulut radyo iletişim ağlarının (C-RAN) yönetim sistemine ait bir yöntem olup, **özelliği**;

- - o radyo erişim ağlarının izlenmesini ve yönetilmesini kontrol eden,
 - o bahsedilen RRH'lere (4) ve BBU'lara (2) gerekli komutları gönderen, eICIC (Enhanced Inter-cell interference cancellation-geliştirilmiş hücreler arası girişim engelleme), CoMP (coordinate multipoint – koordineli çoklu nokta) iletişim ve ortak zamanlama (scheduling) gibi birden fazla RRH (4) arasında gerçekleşen radyo ile ilgili işlevsellikler için gerekli koordinasyonu sağlayan,

RAN kontrolör (3),

- - o altyapı sahibi tarafından sahip olunan ve altyapı sahibinin'nin ağ altyapısını yönetmesini sağlayan,

- o üzerinde hangi mobil operatöre (1) hangi kaynakların -baz istasyonu, mobil çekirdek ağ ve yakın ağ anahtarlar portları- ayrılacağını belirleyen,
- o hangi mobil operatörün (1) ne kadar sanallaştırılmış ağ altyapısı alacağını; mobil operatörün (1) daha önce altyapı sahiplerine hizmet karşılığı ödediği ve kendi abonelerine garanti vermesi gereken minimum QoS'u (hız seviyesi, gecikme) da dikkate alarak ve mobil operatörlerin (1) anlık QoS isteklerine göre belirlenecek şekilde ayarlayan,

sanallaştırma kontrolörü (9),

içeren C-RAN yönetim sistemi vasıtasıyla gerçekleştirilen,

- mobil operatör (1) tarafından sağlanan veri bağlantısı üzerinden kullanıcı cihazlarının (10) internete (8) erişim talebinde bulunması,
- farklı mobil operatörlerin (1) altyapı sağlayıcıların kendilerine sağladığı altyapı üzerinden radyo erişim için belirli sayıda RRH (4) ve BBU (2) isteğinde bulunması ve bahsedilen isteği sanallaştırma kontrolörüne (9) iletmesi,
- mobil operatörlerin (1) kaynak isteği altyapı sağlayıcı tarafından sahip olunan sanallaştırma kontrolörüne (9) iletildikten sonra, sanallaştırma kontrolörünün (9), her bir mobil operatöre (1) istedikleri sayıda RRH (4) ve BBU (2) aktarımını sanallaştırılmış hücresel yakın ağ/çekirdek ağ üzerine gönderdiği kurallar vasıtasıyla gerçekleştirmesi,
- sanallaştırma kontrolörünün(9), RRH (4) ve BBU'ların (2) her bir mobil operatöre (1) atanması işlemi için, her bir mobil operatörün (1) anlık istedikleri veri isteği ve QoS farkında olan planlama algoritmaları kullanıldığı zaman altyapıyı kiralamak için ödedikleri değerleri de göz önüne alması,
- RRH'lere (4) gelen ilk paketlerin BBU'lara (2) ve daha sonra RAN kontrolöre (3) iletilmesi,
- RAN kontrolörün (3) mobil kullanıcıların Internet'e (8) RAN'da erişebilmesi için gerekli kuralları RAN arayüzü (3.1) üzerinden RRH'lere (4) ve BBU'lara (2) iletilmesi,
- RRH (4) ve BBU'lara (2) kullanıcı cihazlarının (10) internet'e (8) girmesi için gerekli kurallar yüklendikten sonra paketlerin taşıyıcı ağdaki anahtarlara (5) iletilmesi,

- taşıyıcı ağa gelen paketlerin çekirdek ağa iletilmesi ve sanallaştırma kontrolörünün (9) kullanıcı cihazlarının (10) internet'e (8) taşıyıcı ve çekirdek ağda erişebilmesi için gerekli kuralları ile taşıyıcı ağ ve çekirdek ağ ekipmanlarına iletmesi,
- her bir mobil operatör (1) içerisinde paylaşılan RAN kontrolör (3) üzerinde çalışan RAN kontrol uygulamaları (3.2) tarafından RAN kontrolör (3) ile sanallaştırma kontrolörü (9) rest arayüzü (3.3) yardımıyla iletişimde bulunarak her bir mobil operatördeki (1) farklı kullanıcı cihazları (10) için farklı uygulamaların ve servislerin açılması,

işlem adımlarını içermesidir.

TARİFNAME

SDN TABANLI VE PAYLAŞIMLI BULUT RADYO ERİŞİM AĞLARININ (C-RAN) YONETİM SİSTEMİ VE METODU

5

Teknik Alan

Buluş; telekomünikasyon ve haberleşme sektörlerinde kullanılmak üzere, sdn (software defined networks - yazılım destekli ağlar) tabanlı ve paylaşımlı, bulut radyo iletişim ağlarının (C-RAN) yönetim sistemi ve bahsedilen sistemi gerçekleştirecek metod ile ilgilidir.

10

Tekniğin Bilinen Durumu

Literatürde birçok RAN paylaşımı ve C-RAN tabanlı mimariler önerilmiştir, Bunlar referanslar kısmında [1], [2], [3], [4], [5], [6] şeklinde belirtilmiştir. [1]'de ağ paylaşımı prensiplerinden, mekanizmalarda ve mimarilerinden gelecek nesil mobil ağlara 3GPP standartlarında gerçekleşen gelişimin gelen bir bakışı verilmiştir. [2]'de ise uçtan-uca sistem performansını arttırmak için C-RAN mimarisinin operasyonu ile koordineli çalışacak şekilde bulut bilişim servisleri analiz edilmiştir. [3]'de yazarlar ise bilgi kuramı kavramlarını kullanarak enerji tasarruflu C-RAN mimarisi önermişlerdir. [4]'de bulut tabanlı küçük hücre mimarilerinde CoMP (Coordinate MultiPoint - Koordine Çoklu Nokta) ve HO (handover – hücresel ağlar arası geçiş) mekanizmaları performansları incelenmiştir.

15

20

Ağ paylaşımı ve C-RAN teknolojilerine ek olarak, SDN ve sanallaştırma kavramları yeni nesil ağların içerisinde kullanılması için de aday teknolojilerdir. Bu nedenle [5]'deki yazarlar SDN, ağ sanallaştırması ve NFV (Network Function Virtualization – Ağ Fonksiyonu Sanallaştırması)'nın mobil ağ altyapısı ile entegrasyonu üzerine genel bir mimari yapı üzerine çalışmalarda bulunmuştur.

25

Mevcut uygulamalara dair eksiklikler şu şekilde listelenmiştir;

30

- Daha önceki çalışmaların hiçbirinde SDN ve ağ sanallaştırmasının avantajlarından yararlanan RAN ve çekirdek ağ/yakın ağın birlikte paylaşıldığı bir çözüm önerilmemektedir.

- Mevcut çalışmalar SDN ile mobil operatör altyapısının paylaştırılması sonucu C-RAN altyapısının RAN kontrolör ve sanallaştırma kontrolör ile yönetilmesini sağlayacak çalışmalarında bulunmamıştır.

5 Sonuç olarak yukarıda anlatılan olumsuzluklardan dolayı ve mevcut çözümlerin konu hakkındaki yetersizliği nedeniyle ilgili teknik alanda bir geliştirme yapılması gerekli kılınmıştır.

Buluşun Amacı

10 Buluş, mevcut durumlardan esinlenerek oluşturulup yukarıda belirtilen olumsuzlukları çözmeyi amaçlamaktadır.

Onerilen SDN tabanlı C-RAN altyapısı içinde C-RAN yönetimi için RAN kontrolör ve yakın ağ/çekirdek ağ yönetimi için sanallaştırma kontrolörü kullanan paylaşımlı EPS (Evolved Packet System- Evrimleşmiş paket sistemi) mimarisi **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**de verilmiştir. SDN-bazlı paylaşımlı EPS mimarisinin iki tane ana sanallaştırılmış ve paylaşımlı bileşenleri mevcuttur: Bunlardan birincisi, EPC (Evolved Packet Core- Evrimleşmiş paket şebekesi)'nin sanallaştırılması, ikincisi ise E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network- Evrimleşmiş Evrensel Yer üstü radyo erişim ağı) sanallaştırılmasıdır.

20 **A- Dilimlenmiş ve Sanallaştırılmış EPC mimarisi:**

Gelecek nesil hücresel ağların etkinleştirilmesi için RAN, yakın ağ ve çekirdek ağın SDN-bazlı olarak dilimlenmesi önemli bir mimari evrim olacaktır. **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**, RAN, yakın ağ ve çekirdek ağın sanallaştırma ve RAN kontrolör ile N tane mobil operatör (MO) paylaştırılmasının gösteren örnek bir senaryodur. Bu mimaride, her bir MO'nun SDN kontrolörü, sanallaştırma kontrolörü (OVX-openvrtex [6] gibi) ile direk iletişimde bulunarak MO'lar arasında sanallaştırma ve dilimlemeyi gerçekleştirmektedir. Her bir MO'nun SDN kontrolörüne bağlı olmanın yanında sanallaştırma kontrolörü ayrıca daha büyük coğrafik alanda kapsama için üst hiyerarşide RAN kontrolörlerle bağlıdır. RAN kontrolörlerin üst katmanındaki hiyerarşide sanallaştırma kontrolörü, RAN kontrolör ile karşılaştırıldığında RAN'da karar veme noktasında daha yüksek öncelik sırasına sahiptir. Sanallaştırma kontrolörü RAN ile ilgili parametre verilerini (CQI (Channel Quality Indicator – Kanal Kalitesi İndikatörü) gibi) RAN kontrolörden alır ve yakın ağ/çekirdek ağın yönetilmesi yanında RAN ile ilgili olarak orta-uzun vadeli kararlar vermektedir.

Bu buluştaki sanallaştırma kontrolörün RAN kontrolör ile entegrasyonu sayesinde RAN kontrolör bilgilerinin (örneğin birden fazla MO'ya ait UE (User Equipment- Kullanıcı Cihazı)'lerin kanal durum göstergeleri gibi) sanallaştırma kontrolörüne geribesleme ile iletmesi mümkün olmaktadır. Bunun bir çok yararı bulunmaktadır: İlk olarak, sanallaştırma kontrolörü RAN kontrolörü bir üst hiyerarşide kontrol ettiği için sanallaştırma kontrolörü RAN durum bilgilerini sorgulayarak RAN kontrolörü yönetebilir. İkinci olarak, RAN ve yakın ağ/çekirdek ağ arasında senkron çalışmayı sağlayarak, ağ kaynaklarının etkin bir şekilde uçtan-uca kontrolü ve kullanıcılara QoS (Quality-of-Service – Hizmet Kalitesi) desteği sağlanmasını sağlar. Üçüncü olarak, esneklik ve hata toleransı için, sanallaştırma kontrolör, farklı RAN kontrolörleri kullanarak bozukluk olma senaryoları için etkili yük dengeleme işlemlerini gerçekleştirebilmektedir.

B- C-RAN ve RAN kontrolörlü sanallaştırılmış E-UTRAN mimarisi

Genel olarak buluşta önerilen C-RAN ve RAN kontrolörü içeren SDN tabanlı E-UTRAN mimarisi **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**'de verilmiştir. Bu buluşun temel mimari bileşenleri UE katmanındaki UE'ler, RRH (Remote Radio Head - – Radyo Uzak Baş) katmanındaki RRH'ler, BBU (Baseband Unit - Tabanbant İşleme Ünitesi) katmanındaki BBU'lar, Kontrolör katmanında bulunan RAN kontrolörü ve Uygulama katmanında bulunan radyo kaynak paylaşımı (radio resource management, RRM), yük dengelemesi, CoMP, geliştirilmiş hücresel ağlar arası girişim engelleme (eICIC), taşıyıcı bütünleştirilmesi (carrier aggregation-CA) gibi uygulamalardır.

1) UE katmanı: UE katmanındaki UE'ler Internet gibi PDN (packet data network – paket veri ağı) servislerine sırasıyla ön ağ (fronthaul), yakın ağ ve çekirdek ağ yardımıyla bağlanmaktadır. UE'ler farklı MO'lere ait olmakla beraber sanallaştırılmış RRH'lerden herhangi birine bağlanılabilir özelliğine sahiptirler.

2) RRH katmanı: Bu katmanda RF önuç ekipmanları bulunmakta ve RRH ekipmanları BBU katmanındaki BBU'lara ve anahtarlara yüksek bant genişlikli, düşük gecikmeli ön ağ (fronthaul) ile bağlıdır. Bütün RAN'la ilgili RRM, CA, CoMP, eICIC gibi fonksiyonelitlerinin yanı sıra PCI (Physical Cell Identity – Fiziksel Hücre kimliği), RSI (Rach Root Square Index – Rach Kök kare endex) gibi parametrelere de daha üst katmanda eniyileştirmektedirler.

3) BBU katmanı: Bu katmanda BBU havuzları yer almaktadır. BBU ekipmanları dijital sinyal işleme tekniklerinin kullanan özel donanım platformlarıdır.

4) **Kontrol katmanı:** Bu katmanda RAN kontrolör bulunmaktadır. RAN kontrolör, RRH ve BBU'dan oluşan C-RAN tabanlı sistemi koordineli olarak yönetmektedir. RAN kontrolörün ana görevleri RRM, zamanlama (scheduling), aynı RAN elemanları arasında HO prosedürü, girişim yönetimi, etc'dir. Üstünde çalışan uygulamalar tarafından alınan aksiyonların gereğini getirmek için güneye yönelen API (southbound Application Programming Interface) yardımıyla BBU'lara talimat iletir. RAN ekipmanlarından periyodik olarak CSI (channel state information – kanal durum bilgisi), tıkanıklık, trafik, girişim gibi verileri milisaniye düzeyinde toplar. Kontrol katmanında RAN kontrolör uygulama katmanı tarafından alınan gerekli aksiyonları BBU katmanını kontrol ederek gerekli kuralları BBU havuzuna aktarır. Daha sonra BBU havuzunda gerekli aksiyonlar (HO prosedürler, CoMP, eICIC yapılması gibi) gerçekleştirilir. RAN kontrolör birden fazla RRH ve BBU havuzu arasında gerekli koordinasyonları yönetir. Bu kontrolör aynı zamanda kablosuz ağ kontrolünü Northbound API (kuzeye yönelen API) ile sağlamak için üstündeki ICIC, CoMP, zamanlama (scheduling), QoS (Quality-of-Service- Servis kalitesi) yönetimi gibi uygulamalar ile de iletişim halindedir. RAN kontrolör ayrıca eniyileştirme problemine göre RAN'a dayalı uygulamaları ve farklı görevleri gerçekleştirecektir. Böyle tabakalı bir mimari çerçevesi, kontrol düzeyinde etkili girişim yönetimi, zamanlama, bant genişliği tahsisi ve QoS yönetiminin yanı sıra mobil hücresel ağ altyapısı için güvenilir QoS garantisi sağlar.

Bir tane RAN kontrolör birden fazla RRH'ı yönetebilir. RAN kontrolör üzerinde çalışan uygulamaları yönetmek için, kullanıcı veri hacmi ve QoS'i arttırmak ve aynı zamanda bir akışın bir başka akışa olan girişiminin RAN kontrolör tarafından engellenmesi için her bir RRH'ın bireysel kaynakları UE'ler arasında paylaşılır. RAN kaynak izlemesi için, her bir aktif UE'nin kanal kalite değerleri (CQI) her bir TTI (transmission time interval - iletim zaman aralığı)'dan periyodunda geribeslenim olarak her bir UE'den alınır. Bu geribeslenim daha sonra RAN kontrolöre iletilmesi için iletilir. MO'lerin gereksinimleri ve UE'lerin QoS'inin sağlanması için RAN kontrolör uygulama katmanındaki uygulamalar elemanlarını oluşturur ve dinamik olarak bu uygulama elemanlarını kullanır. Ayrıca, ağın ihtiyaçlarına göre uygulama katmanında her bir erişim elemanının kullanımını kurma ve değiştirme yeteneğine sahiptir. Geniş bir coğrafik alanı kapsayan senaryolar için RAN kontrolörler dağıtık bir şekilde konuşlanmış olmalıdırlar. Ancak gecikme ve ölçeklenebilirlik yönleri bu dağıtık konuşlanma için önemli olmaktadır. Dağıtık bir konuşlanma gecikmeyi

azaltma ve RAN'ın micro-düzeyde görünümü için avantajlı olmakla beraber, dağıtıklılığın iletişim ve işbirlik ek yükü de beraberinde getirmektedir.

5) **Uygulama katmanı:** Uygulama katmanında MO tarafından yönetilen eICIC, CoMP, CA, RRM gibi uygulamalar çalışmakta olup RRH'lerdeki UE'lerin servis devamlılığının kontrolünü, görelilik olarak hızları artırma, adil zamanlama ve MO'lar arasında RRH'lerin yük'e göre verimli olarak dağılımı gibi fonksiyonelliklerin çalıştığı katmandır.

Buluşun sağladığı yenilikler aşağıda sunulmaktadır;

1. SDN-bazlı C-RAN mimarisinde RAN kontrolör ile sanallaştırma kontrolörü entegre edilmesi ile birlikte gelecek nesil mobil ağlar için RAN ve yakın ağ/çekirdek ağ paylaşılması gerçekleştirilmiştir:

- Hiyerarşik bir mimari tasarım ile RAN kontrolör üstünde çalışan uygulamalara ağ altyapısı hakkında daha güncel ve uygun bilgiler iletilmektedir.

2. Her bir eNodeB fonksiyonellitesi radyo kaynak paylaşımı (radio resource management, RRM), yük dengelemesi, CoMP, geliştirilmiş hücresel ağlar arası girişim engelleme (eICIC), taşıyıcı bütünleştirilmesi (carrier aggregation) BBU'ların bulutta olması nedeniyle kontrolörün üstünde uygulamalar olarak çalışması sağlanmıştır.

- Şu anki dağıtık bir yapı ile karşılaştırıldığında, bu hiyerarşik yapı daha verimli bir şekilde eniyileştirmenin gerçekleştirilmesine, baz istasyonlarında oluşabilecek hesaplama darboğazına karşı bütün hesaplamaların hesaplama yeteneği yüksek olan bulutta RAN kontrolörün üzerinde çalışan uygulamalar sayesinde yapılmasını sağlamaktadır.

3. Bu buluştaki mimari ile birlikte birden fazla MO arasında RRH (radio remote head – radyo uzak başlık) 'lerin paylaşımına izin verilmektedir. Bu durumda RAN kontrolörün üzerinde çalışan uygulamaya bağlı olarak farklı MO'lara ait UE'lerin (user equipment – kullanıcı ekipmanı) hangi RRH'e bağlanması gerekliliği sağlanmış olmaktadır.

- Her bir MO'ye bağlı olan UE'lerin trafiğinin durumuna göre MO'lara atanacak RRH'ler RAN kontrolör üzerinde çalışan uygulamalar sayesinde mümkün olmaktadır.

Buluş yukarıdaki amaçları yerine getirmek üzere,

- 5
 - kullanıcı tanımlanması ve adreslemeyi sağlayan abone sunucusu, kullanıcı hareketliliği, izleme, çağrı, dolaşım ve LTE baz istasyonları arası geçiş (handover) işlemlerini gerçekleştiren hareketlilik yönetim birimi, SDN ile sanallaştırmayı, MME ve abone sunucusu gibi yapıların kendi üzerinde koşan bir uygulama olmasını sağlayan SDN kontrolör içeren bir mobil operatör,
- 10
 - hata düzeltme, güç kontrolü, hücre seçim mekanizması, mantıksal ve taşıma ağları arasındaki eşleştirme, kullanıcı cihazları arasında önceliklendirme, radyo taşıyıcılarının yönetimi, kurulması, bakımı ve sürüm güncellenmesinin yapılmasını sağlayan BBU,
- 15
 - bahsedilen BBU'lar ile yüksek bant genişliği, düşük gecikmeli ön ağ vasıtasıyla bağlantı kuran, mobil operatörlere ait olan ve kullanıcılara internet servisini kablosuz sağlayan RRH,
- 20
 - taşıyıcı ağın bir parçası olan ve BBU'ları çekirdek ağa bağlayan, RAN'dan aldıkları verileri çekirdek ağa ileten anahtar,
 - çekirdek ağ ekipmanı olan ve internetin çekirdek ağa bağlanmasını sağlayan, hizmet ağ geçidi ve paket veri ağ geçidi,
 - o radyo erişim ağlarının izlenmesini ve yönetilmesini kontrol eden,
 - o bahsedilen RRH'lere ve BBU'lara gerekli komutları gönderen, eICIC (Enhanced Inter-cell interference cancellation-geliştirilmiş hücreler arası girişim engelleme), CoMP (coordinate multipoint – koordineli çoklu nokta) iletişim ve ortak zamanlama (scheduling) gibi birden fazla RRH arasında gerçekleşen radyo
- 25
 - ile ilgili işlevsellikler için gerekli koordinasyonu sağlayan,
- RAN kontrolör,

 - - o altyapı sahibi tarafından sahip olunan ve altyapı sahibinin'nin ağ altyapısını yönetmesini sağlayan,
 - o üzerinde hangi mobil operatöre hangi kaynakların -baz istasyonu, mobil çekirdek ağ ve yakın ağ anahtarlar portları- ayrılacağını belirleyen,
- 30

- o hangi mobil operatörün ne kadar sanallaştırılmış ağ altyapısı alacağı, mobil operatörün daha önce altyapı sahiplerine hizmet karşılığı ödediği ve kendi abonelerine garanti vermesi gereken minimum QoS'u (hız seviyesi, gecikme) da dikkate alacak şekilde ve operatörlerin anlık QoS isteklerine göre belirlenecek şekilde ayarlayan,

sanallaştırma kontrolörü,

10 içermekte ve bahsedilen sistem vasıtasıyla gerçekleştirilen,

- mobil operatör tarafından sağlanan veri bağlantısı üzerinden kullanıcı cihazlarının internete erişim talebinde bulunması,
- farklı mobil operatörlerin altyapı sağlayıcıların kendilerine sağladığı altyapı üzerinden radyo erişim için belirli sayıda RRH ve BBU isteğinde bulunması ve bahsedilen isteği sanallaştırma kontrolörüne iletmesi,
- mobil operatörlerin kaynak isteği altyapı sağlayıcı tarafından sahip olunan sanallaştırma kontrolörüne iletildikten sonra, sanallaştırma kontrolörünün, her bir mobil operatöre istedikleri sayıda RRH ve BBU aktarımını sanallaştırılmış hücresel yakın ağ/çekirdek ağ üzerine gönderdiği kurallar vasıtasıyla gerçekleştirmesi,
- sanallaştırma kontrolörünün, RRH ve BBU'ların her bir mobil operatöre atanması işlemi için, her bir mobil operatörün anlık istedikleri veri isteği ve QoS farkında olan planlama algoritmaları kullanıldığı zaman altyapıyı kiralamak için ödedikleri değerleri de göz önüne alması,
- RRH'lere gelen ilk paketlerin BBU'lara ve daha sonra RAN kontrolöre iletilmesi,
- RAN kontrolörün mobil kullanıcıların Internet'e RAN'da erişebilmesi için gerekli kuralları RAN arayüzü üzerinden RRH'lere ve BBU'lara iletilmesi,
- RRH ve BBU'lara kullanıcı cihazlarının internet'e girmesi için gerekli kurallar yüklendikten sonra paketlerin taşıyıcı ağdaki anahtarlara iletilmesi,
- taşıyıcı ağa gelen paketlerin çekirdek ağa iletilmesi ve sanallaştırma kontrolörünün kullanıcı cihazlarının internet'e taşıyıcı ve çekirdek ağda erişebilmesi için gerekli kuralları ile taşıyıcı ağ ve çekirdek ağ ekipmanlarına iletilmesi,

- her bir mobil operatör içerisinde paylaşılan RAN kontrolör üzerinde çalışan RAN kontrol uygulamaları tarafından RAN kontrolör ile sanallaştırma kontrolörü rest arayüzü yardımıyla iletişimde bulunarak her bir mobil operatördeki farklı kullanıcı cihazları için farklı uygulamaların ve servislerin açılması,

5

işlem adımlarından meydana gelmektedir.

Buluşun yapısal ve karakteristik özellikleri ve tüm avantajları aşağıda verilen şekiller ve bu şekillere atıflar yapılmak suretiyle yazılan detaylı açıklama sayesinde daha net olarak anlaşılacaktır ve bu nedenle değerlendirmenin de bu şekiller ve detaylı açıklama göz önüne alınarak yapılması gerekmektedir.

10

Buluşun Anlaşılmasına Yardımcı Olacak Şekiller

Şekil-1, buluşa konu olan sdn tabanlı ve paylaşımlı bulut radyo erişim ağlarının (C-RAN) yönetim sisteminin temsili görünümüdür.

15

Parça Referanslarının Açıklaması

20

1. Mobil Operatör

1a. Abone Sunucusu

1b. Hareketlilik Yönetim Birimi

1c SDN Kontrolör

2. BBU

25

3. Ran Kontrolör

3.1 Ran Arayüz

3.2 RAN Kontrol Uygulamaları

3.3 REST Arayüzü

4. RRH

30

5. Anahtar

6. Hizmet Ağ Geçidi

7. Paket Veri Ağı Geçidi

8. İnternet

9. Sanallaştırma Kontrolörü

35

9.1 Kontrolör Arayüzü

10. Kullanıcı Cihazı

Buluşun Anlatımında Kullanılan Yabancı Terimler ve Kısaltmaların Açıklaması

5

SDN: Software Defined Networks – Yazılım Destekli Ağlar

HSS: Home Subscriber Server – Abone Sunucusu

MME: Mobility Management Entity – Hareketlilik Yönetim Birimi

BBU: Baseband Unit – Tabanbant İşleme Ünitesi

10

RRH: Remote Radio Head - Radyo Uzak Baş

S-GW: Serving Gateway – Hizmet Ağ Geçidi

P-GW: Packet Data Gateway – Paket Veri Ağı Geçidi

REST- Representational State Transfer - Temsili Durum Transferi

MO: Mobile Operators – Mobil Operatörler

15

UE: User Equipment – Kullanıcı Cihazı

Buluşun Detaylı Açıklaması

20 Bu detaylı açıklamada, buluşun tercih edilen yapılanmaları, sadece konunun daha iyi anlaşılmasına yönelik olarak ve hiçbir sınırlayıcı etki oluşturmayacak şekilde açıklanmaktadır.

Kullanıcı cihazları (10) kendi mobil operatörleri (1) tarafından sağlanan veri bağlantısı üzerinden Internet'e (8) erişim talebinde bulunmaktadırlar. Farklı farklı mobil operatörler (1) altyapı sağlayıcıların kendilerine sağladığı altyapı üzerinden radyo erişim için belirli sayıda

25 RRH (4) ve BBU (2) isteğinde bulunmakta ve bu isteği sanallaştırma kontrolörüne (9) iletmektedirler. Mobil operatörlerin (1) kaynak isteği altyapı sağlayıcı tarafından sahip olunan sanallaştırma kontrolörüne (9) iletdikten sonra sanallaştırma kontrolörü (9) her bir mobil operatöre (1) istedikleri sayıda RRH (4) ve BBU (2) aktarımını sanallaştırılmış hücresel yakın

30 ağ/çekirdek ağ ekiplamanları olan hizmet ağ geçidi (6), paket veri ağı geçidi (7) ve anahtar (5) üzerine gönderdiği kurallar vasıtasıyla gerçekleştirir. RRH (4) ve BBU (2)'ların her bir mobil operatöre (1) atanma işlemi, her bir mobil operatörün (1) anlık istedikleri veri isteği ve QoS (Quality-of-Service -- Servis Kalitesi) farkında olan planlama algoritmaları kullanıldığı zaman altyapıyı kiralamak için ödedikleri değerler göz önüne alınmaktadır. RRH (4) ve BBU (2)'lara gelen ilk paketler, RAN kontrolör'e (3) iletilmektedir. RAN kontrolör (3), kullanıcı cihazlarının

35 (10) internet'e (8) RAN'da (radio Access network-radyo erişim ağı) erişebilmesi için gerekli kuralları RAN kontrolör (3) 'deki RAN arayüz (3.1) protokolü ile RRH (4) ve BBU'lara (2)

iletmektedir. RRH (4) ve BBU (2)'lara kullanıcı cihazlarının (10) internete (8) girmesi için gerekli kurallar yüklendikten sonra paketler taşıyıcı ağdaki anahtarlara (5) iletilir. Taşıyıcı ağa gelen paketler, çekirdek ağ ekipmanlarından hizmet ağ geçidi (6) ve paket veri ağı geçidine (7) iletilmektedir. Sanallaştırma kontrolörü (9) kullanıcı cihazlarının (10) internete (8) taşıyıcı ve çekirdek ağda erişebilmesi için gerekli kuralları ile taşıyıcı ağ anahtarlarına ve çekirdek ağ ekipmanları olan hizmet ağ geçidi (6) ve paket veri ağı geçidine (7) iletmektedir. Bu aşamadan sonra buluş mimarisinde mobil operatör (1) içerisinde kullanıcı cihazlarının (10) internete (8) girebilmeleri bütün bu işlemler yapıldıktan sonra sağlanmaktadır.

- 10 RAN kontrolörün (3) üzerinde çalışan değişik RAN kontrol uygulamaları (3.2) katmanında, kablosuz ağların radyo erişim teknolojileri seçimi, radyo kaynak yönetimi, radyo QoS ve politikaları gibi işlevsellikler yapılmaktadır. Bu şekilde, uygun bir RAN kontrol uygulaması (3.2) seçilerek akışlar, kullanıcıların kanal kalitesi bazlı ayırımı, hareket koşulları, ağ frekansı, mobil cihaz yeteneği ve radyo erişim ağına özel diğer ağ özelliklerine bağlı olarak ayrılmaktadır.
- 15 **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**'de önerilen mimaride RAN kontrolör (3), periyodik olarak CQI (channel quality indicator- kanal kalite göstergesi), tıkanıklık, trafik, girişim, etc. gibi bilgileri RAN ekipmanları olan RRH (4) ve BBU'lardan (2) toplamaktadır. **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**'de görüldüğü gibi RAN kontrolör (3) ve RAN ekipmanları arasındaki duplex arabağlantı olan RAN arayüz (3.1) kaynak yönetimi için izleme ve yönetim mekanizmasını ve ICIC ve CoMP gibi radyo özellikli fonksiyonların gerçekleştirmesini sağlamaktadır. RAN kontrolör (3) ve RAN ekipmanları olan RRH (4) ve BBU (2) arasında bulunan RAN arayüz (3.1) protokolü, RAN ağ ekipmanlarındaki kaynakları gözlemlemeyi ve RAN kontrolör (3) tarafından dikte edilen radyo en iyileştirmesinin yürütülmesi işlemleri için kullanılmaktadır. RAN kontrolör (3) ayrıca kendisi ve sanallaştırma kontrolörü (9) arasında
- 20 kuzeye giden API (northbound API) bağlantısı aracılığıyla sanallaştırma kontrolörü (9) ile kontrolör arayüzünü (9.1) oluşturmaktadır. Kontrolör arayüzü RAN durumuna göre taşıyıcı ve çekirdek ağın kendi operasyonun gelişmesine izin vermekte, kontrolör hiyerarşisine uygun olarak sanallaştırma kontrolörünün (9), RAN kontrolörü (3) yönetmesini sağlayacak olanağı da sağlamış olmaktadır.

30

Sanallaştırma kontrolörünün (9) üzerindeki takılabilir modüller, (örneğin REST arayüzü (3.3.), OpenFlow vb.) sayesinde ağın taleplerine göre sanallaştırma kontrolörü (9) her bir mobil operatör (1) için farklı taşıyıcı ağ ve çekirdek ağ servislerini gerçekleştirebilmektedir. Sanallaştırma kontrolörün (9) yapabilecekleri görevler arasında, çekirdek ağ ekipmanları olan hizmet ağ geçidi (6) ve paket veri ağı geçidi (7), taşıyıcı ağ anahtarları (5) ve RRH (4) ve BBU'ların (2) yeteneklerini ve ulaşılabilirliğini anlamının yanında, fiziksel taşıyıcı ağ ve

35

çekirdek cihazlarından toplanan ağla ilgili istatistik ve ölçüm değerlerini içermektedir. Örneğin, sanallaştırma kontrolörü (9), bir alt hiyerarşideki RAN kontrolöründen (3), RRH (4) ve BBU'lar (2) ile ilgili orta ve uzun vadede toplanan değerleri elde etmekte, bahsedilen değerler kullanıcı cihazlarının (10) belirli bir zaman aralığındaki ortalama RSSI (received signal strength indicator-alınan sinyal seviyesi göstergesi) değerleri, RRH (4) ve BBU'lar (2) üzerindeki ortalama kapasite değerleri olabilmektedir. Bunun haricinde anahtarlardan (5) belirli bir zaman aralığındaki geçen ortalama paket sayısı değerleri, her bir taşıyıcı ağı bağlantısı üzerindeki ortalama kullanılan kapasite değerleri de toplanmakta, bahsedilen değerler sanallaştırma kontrolör (9) tarafından toplandıktan sonra RRH'ler (4) arasında uygun hücreler arası geçiş kararları için hareketlilik desteği veya taşıyıcı ağda uygun trafik yönlendirilmesi için trafik mühendisliği desteği sağlanmaktadır. Ayrıca sanallaştırma kontrolörü (9), kendi taşıyıcı ağ ekipmanları olan anahtarlardan (5) alınan taşıyıcı ağ gecikmesi, taşıyıcı ağ kapasitesi, taşıyıcı ağ cihazların CPU kullanımı, kendi çekirdek ağ cihazlarından olan hizmet ağ geçidi (6) ve paket veri ağı geçidinden (7) alınan çekirdek ağ cihazlarında açılan PDP (packet data protokol- paket veri protokol)/bearer sayıları, çekirdek ağ cihazları hizmet ağ geçidi (6) ve paket veri ağı geçidi (7) kapasitesi, her bir mobil operatörün (1) çekirdek ağ cihazları olan; abone sunucusunun (1a) ve hareketlilik yönetim biriminin (1b) CPU kullanımı ve diğer KPI (key parameter indicator – anahtar parametre göstergesi) gibi değerleri de kullanıcı cihazlarının (10) hücresel ağlardaki geçiş kararının verilmesi için kullanabilmektedir. Burada, RAN kontrolör (3) tarafının anlık RSSI değerlerine göre aldığı hücresel geçiş kararları, sanallaştırma kontrolörü (9) tarafından bir üst düzeydeki hiyerarşide ortalama RSSI değerleri ve taşıyıcı ağdaki diğer KPI değerleri (taşıyıcı ağ gecikmesi, taşıyıcı ağdaki tıkanıklık v.s. gibi) de dikkate alınarak iptal edilebilmektedir. Bu da daha üst hiyerarşide RAN tarafının ve taşıyıcı ağın yönetimini sağlamaktadır. Bu karar vermede, kullanıcı cihazının (10) yeni geçilen bölgede alacağı servisin tipine göre veya hizmet ağ geçidi (6) ve paket veri ağı geçidindeki (7) diğer KPI değerlerine (çekirdek ağ cihazlarındaki kapasite, çekirdek ağdaki tıkanıklık vs gibi) de dikkate alınmaktadır. Örneğin, sanallaştırma kontrolörüne (9) eklenebilen RAN kontrolör (3) ile iletişimi sağlayan modül ile (örneğin **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**'deki REST arayüzü (3.3) gibi) orta ve uzun vadede alından bilgilerle RAN kontrolörden (3) ağ üzerinde düzenlemeler yapılabilir. Taşıyıcı ağ üzerindeki her anahtar (5), sanallaştırma kontrolörü (9) üzerindeki takılabilir modüller ile iletişime geçmektedir. İlgili bilgiler ve ağ elemanlarındaki en son durum güncellemeleri (anahtar (5) portları üzerindeki güncellemeler, anahtarların (5) ve RRH'lerin (4) bağlı olduğu taşıyıcı ağının AÇIK/KAPALI olma durumu, her bir anahtara (5) bağlı cihazların listesi, ağ parametrelerindeki orta-uzun vadeli değişiklikler, taşıyıcı ağ gecikme değerleri gibi) uygun eklenebilen modüle (**Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**'deki REST arayüzü (3.3) veya OpenFlow gibi) sanallaştırma kontrolöründeki (9) güneşe yönelen kontrolör arayüzü (9.1)

yardımla iletilmektedir. Ayrıca, ilgili bilgiler ve çekirdek ağ ekipmanları olan hizmet ağ geçidi (6) ve paket veri ağ geçidine ait (7) en son durum güncellemeleri (ağ geçitleri seçimi, ağ geçitlerin AÇIK/KAPALI olma durumu, her bir ağ geçidine bağlı taşıyıcı ağ cihazlarının listesi, RRH (4), BBU (2) ve taşıyıcı ağ anahtarları (5) parametrelerindeki orta-uzun vadeli değişiklikler, çekirdek ağ ekipmanlarından hizmet ağ geçidi (6) ve paket veri ağ geçidi (7)'de yaşanan gecikme değerleri gibi) uygun eklenebilen modüle **(Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**deki REST arayüzü (3.3) veya sanallaştırma arayüzü (9.1) yardımla iletilmektedir.

10

Sanallaştırma kontrolörü (9) çekirdek ve taşıma ağ ekipmanlarının (anahtarlar (5) ve hizmet ağ geçidi (6), paket veri ağ geçidi) yönetim için iki adet sanallaştırma arayüzü (9.1) açmaktadır. Bunlar; kuzeye yönelen ve güneye yönelen arayüzlerdir. Kuzeye yönelen API ile sanallaştırma uygulamalarının talebine göre çekirdek ve taşıma ağın yapılandırması ve yönetimi gerçekleştirilmektedir. Çekirdek ağın yeniden yapılandırması, hareketlilik yönetimi ve kullanıcı cihazları (10) için yeni servis oluşturma yönetimi, sanallaştırma kontrolörün (9) taşıyıcı ağ karakteristiği çıkarmasından ve sanallaştırma ağ uygulamalarından gelen ağ uygulama ve servis taleplerinden elde edilmektedir. Güneye yönelen kontrolör arayüzü (9.1) ile çekirdek ve taşıma ağ ekipmanlarının (anahtarlar (5) ve hizmet ağ geçidi (6), paket veri ağ geçidi) yapılandırılması gerçekleştirilmektedir. Çekirdek ve taşıma ağ için ağ ekipmanları sanallaştırma arayüzü (9.1) ile yapılandırılmaktadır. Sanallaştırma kontrolörünün (9) içerisinde her bir mobil operatör (1) için farklı fonksiyonellere yerine getirecek birimler mevcuttur. Örneğin, sanallaştırma kontrolörünün (9) üzerinde çalışan hareketlilik yönetim birimi (1b) sayesinde hücreler arası geçiş kararlarının belirli bir kullanıcı cihazının (10) belirli bir alan dışında gezinmesine olanak vermeyecek şekilde kısıtlı hareketliliğe izin verecek şekilde olması gibi kararlar yönetilmektedir.

25

Her bir mobil operatör (1) içerisinde paylaşılan RAN kontrolör (3) üzerinde çalışan ran kontrol uygulamaları (3.2 tarafından RAN kontrolör (3) ile sanallaştırma kontrolörü (9) REST arayüz (3.3) yardımla iletişimde bulunarak her bir mobil operatördeki (1) farklı kullanıcı cihazı (10) için farklı uygulamaların ve servislerin açılması sağlanmaktadır. Örneğin, kullanıcıların kullanıcı servisini/deneyimini (QoS/QoE –quality of service, quality of experience) arttırmak için, internet (8) üzerinden yapacakları veri alış-verişi (video, VoIP, veri indirme etc.), RAN, taşıyıcı ağ ve çekirdek ağda yapılacak iyileştirmelerle kullanıcı deneyimini arttıracak şekilde iyileştirme sağlayabilmektedir. Bu durumda RAN tarafında RAN kontrolör (3) üzerinde çalışan CoMP gibi tekniklerin aktifleştirilmesi, sanallaştırma kontrolörü (9) üzerinde çalışan abone

30

35

sunucusu (1a) ile taşıyıcı ağında trafik mühendisliği ile kullanıcı akışları için en iyi güzergahların belirlenmesi (veri hacmini artıracak güzergahlar ya da ağdaki tıkanıklığı azaltacak güzergahlar gibi) ve çekirdek ağda kullanıcı cihazlarının (10) en uygun hizmet ağ geçidi (6) ve paket veri ağı geçidine (7) yönlendirilmesi, çekirdek ağda belirlenen mobil kullanıcılar (1) için farklı servis açılmasının yönetilmesi gibi aksiyonlar RAN kontrolörü (3) ve sanallaştırma kontrolörünün (9) birbirleri ile olan eşzamanlı iletişimi vasıtasıyla gerçekleşmektedir. SDN kontrolörü (1c) ise her bir mobil operatör (1) içerisinde SDN ile sanallaştırmayı, MME (1b) ve ana abone sunucusu (1a) gibi yapıların kendi üzerinde koşan bir uygulama olmasını sağlayan ve BTP tarafından sağlanan sanallaştırma kontrolörü (2) ile iletişimde bulunan bir yapıdır. Ana abone sunucusu (1a), mobil terminal tanımlanması ve adreslemeyi sağlamaktadır.

Buluş ile RAN kontrolör (3) ile sanallaştırma kontrolörü (9) entegrasyonu sonucunda oluşan ağ şu yeteneklere kavuşmuştur:

15

- Radio kaynakların en-iyileştirilmesi: RAN kontrolör (3), radyo kaynakların izlenmesini ve QoS, hareketlilik ve ağ politikalarına göre radyo kaynak tahsisinin yönetilmesini sağlamaktadır.
- Hareketli kullanıcılar için daha iyi QoS/QoE sağlanması: RRH (4) ve BBU'ların (2) izlenmesi ve sanallaştırma kontrolörünün (9) kontrolündeki kullanıcı cihaz (10) profillerinin kullanılması ile kullanıcı cihazlarına (10) daha iyi QoS/QoE desteği ve her bir mobil operatörün (1) kullanıcı cihazlarına (10) farklılaşmış hizmet vermesi sağlanmıştır.
- Tutarlı bir uçtan-uca kullanıcı deneyimi için radyo kaynakları tahsisi ve yönetimi mobil taşıyıcı ağ ve çekirdek şebeke ile ortaklaşa çalışmalıdır. Bu da hiyerarşiler arasında sanallaştırma kontrolörü (9) ve RAN kontrolörünün (3) birbirleri ile olan senkron kontrol iletişimi ile gerçekleşmektedir. Örneğin, radyo hattında sağlanan radyo kaynak hazırlanması taşıyıcı ağı ve çekirdek ağda yeterli seviyede iletim ve işleme kapasitesi ayarlanmamışsa başarısız olarak sonuçlanabilmektedir.
- Sanallaştırma kontrolörü (9) üzerinde çalışan mobil operatörlerin (1) kendi ağlarında açacağı servislerin çok daha şeffaf ve hızlı bir şekilde açılmasının sağlanması gerçekleşmiştir.

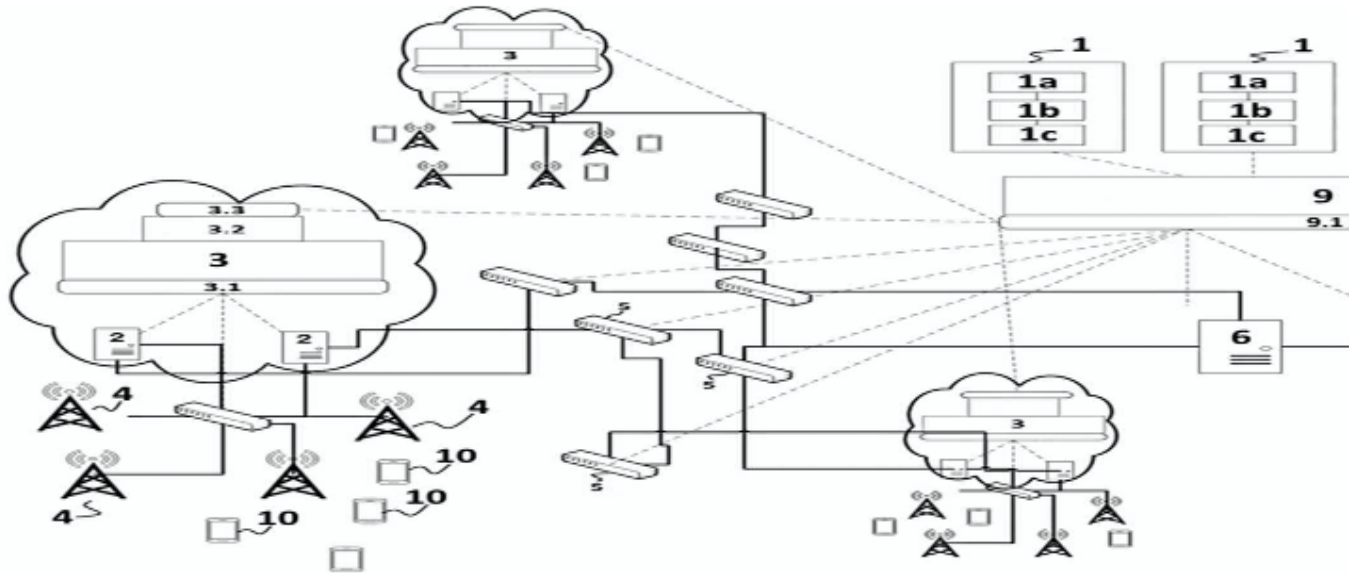
20

25

30

Referanslar

- 5 [1] K. Samdanis, X. Costa-Perez, and V. Sciancalepore, "From networksharing to multi-tenancy: The 5G network slice broker,"IEEE Com-munications Magazine, vol. 54, pp. 32–39, July 2016.
- [2] Y. Cai, F. R. Yu, and S. Bu, "Dynamic Operations of Cloud RadioAccess Networks (C-RAN) for Mobile Cloud Computing Systems,"IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 65, pp. 1536–1548, March 2016.
- 10 [3] N. Saxena, A. Roy, and H. Kim, "Traffic-Aware Cloud RAN: AKey for Green 5G Networks,"IEEE Journal on Selected Areas inCommunications, vol. 34, pp. 1010–1021, April 2016.
- [4] H. Zhang, C. Jiang, J. Cheng, and V. C. M. Leung, "Cooperativeinterference mitigation and handover management for heterogeneouscloud small cell networks,"IEEE
- 15 Wireless Communications, vol. 22, pp. 92–99, June 2015.
- [5] V.-G. Nguyen, T.-X. Do, and Y. Kim, "SDN and virtualization-based LTE mobile network architectures: A comprehensive survey," Wireless Personal Communications, vol. 86, no. 3, pp. 1401–1438, 2016.
- [6] A. Al-Shabibi, M. De Leenheer, M. Gerola, A. Koshibe, G. Parulkar, E. Salvadori, and B.
- 20 Snow, "Openvirtex: Make your virtual sdns programmable," in Proceedings of the third workshop on Hot topics in software defined networking, pp. 25–30, ACM, 2014.



ŞEKİL-1