

ÖZET

5

BEŞİNCİ NESİL HÜCRESEL HABERLEŞME SİSTEMLERİNDE NUMEROLOJİ SAYISININ OPTİMİZASYONU VE NUMEROLOJİ SEÇİM YÖNTEMİ

10 Buluş, bir baz istasyonunun hizmet verdiği kullanıcıların ihtiyaçlarına göre, anlık olarak en fazla kaç numeroloji yapısının kullanılması gerektiğine karar vererek mevcut numeroloji kümesinden en uygun numerolojilerin seçilmesini sağlayan bir yöntemdir.

İSTEMLER

- 5 1. Buluş, 5. Nesil (5G) ve sonrası hücresel haberleşme sistemlerinde baz istasyonu ve sim kart takılabilen cihazlar arasında kullanılacak karma numeroloji yapıları için farklı numeroloji yapılarının sayısının önemli performans ölçütleri de göz önünde bulundurularak anlık olarak baz istasyonu tarafından belirlenmesiyle mevcut numeroloji kümesinden kullanıcılar için en uygun numerolojilerin seçilmesini sağlayan yöntem ile ilgili olup, özelliği; yöntemin işleyişine ait aşağıdaki işlem basamaklarını içermesi ile karakterize edilir:
- 10 • Numeroloji kümesinde kaç numerolojinin yer aldığı baz istasyonu tarafından kontrol edilir,
- Numeroloji kümesinde birden fazla numeroloji var ise, baz istasyonundan hizmet almakta olan tüm kullanıcılar için kullanıcıların ihtiyaçlarına göre ayrı ayrı mümkün olan en uygun numeroloji seçimleri yapılır,
- 15 • Numeroloji seçimlerinin yapılmasından sonra baz istasyonu tarafından anlık verilen hizmete ait, sistemin esnekliğine bağlı genel bir sistem mutluluk değeri uygun bir yöntemle hesaplanarak bu değer baz istasyonunda kayıt edilir,
- Numeroloji seçimlerinin yapılmasından sonra en az tercih edilen numeroloji baz istasyonu tarafından numeroloji kümesinden çıkarılır ve algoritma döngüsü başa döner,
- 20 • Algoritma döngüsünün her tekrar edilişinde bir numerolojinin kümeden çıkarılması dolayısıyla numeroloji kümesinde sadece bir tane numeroloji kaldığında, tüm kullanıcıların bu numerolojiyi tercih etmesi durumu için baz istasyonu tarafından anlık verilen hizmete ait, sistemin esnekliğine bağlı genel bir sistem mutluluk değeri uygun bir yöntemle hesaplanarak bu değer baz istasyonunda kayıt edilir,
- 25 • Baz istasyonundaki genel sistem mutluluk değerleri karşılaştırılarak bu değerlerin arasından en yükseği elde edilirken kullanılmış olan numerolojiler kaç tane ise, o kadar sayıda numeroloji kullanılması gerektiğine karar verilir,
- 30 • En yüksek nihai mutluluk değerine ulaşılan durum için her bir kullanıcının tercih ettiği numeroloji baz istasyonu tarafından tespit edilir,
- Karma numerolojiler için kullanıcılar baz istasyonu tarafından farklı numerolojilere ait uygun frekans bantlarına yerleştirilir.

TARİFNAME

BEŞİNCİ NESİL HÜCRESEL HABERLEŞME SİSTEMLERİNDE NUMEROLOJİ SAYISININ OPTİMİZASYONU VE NUMEROLOJİ SEÇİM YÖNTEMİ

5

Teknik Alan

Buluş, 5. Nesil (5G) ve sonrası hücresel haberleşme sistemlerinde baz istasyonu ve sim kart takılabilecek cihazlar arasında kullanılacak karma numeroloji yapıları için farklı numeroloji yapılarının sayısının anlık olarak belirlenerek, mevcut numeroloji kümesinden en uygun numerolojilerin seçilmesi yöntemi ile ilgilidir.

Buluşun Altyapısı

15 Haberleşme teknolojilerinde bireysel iletişim konusunda son yıllarda büyük gelişmeler yaşanmıştır. Bunlardan bazıları, son zamanlarda artan kullanıcı sayısı ve internet, televizyon, gerçek zamanlı oyunlar gibi yüksek veri hızları gerektiren uygulamalara olan talebin artması ve farklı tür gereksinimlere sebep olan uygulama çeşitliliğinin artması olarak gösterilebilir. Değişen sistem ve kullanıcı gereksinimleri ile beraber son 20 yirmi beş yıl içerisinde hücresel haberleşme sistemleri açısından sırasıyla 2. Nesil sistemler, 3. Nesil sistemler ve 4. Nesil sistemler geliştirilerek bu sistemlerin kullanıldığı birçok ürün ortaya çıkmıştır.

25 4. Nesil (4G) ve önceki hücresel haberleşme sistemlerinde bir baz istasyonu için aynı anda sadece tek bir dalga şekline ait tek bir numeroloji (dalga şekline ait parametreler bütünü) kullanılmaktaydı. European Telecommunications Standards Institute (ETSI) The 3rd Generation Partnership Project (3GPP) tarafından devam ettirilmekte olan 5. Nesil (5G) hücresel haberleşme sistemlerinin standartlaştırılması çalışmalarında, 5G'de de 4G hücresel haberleşme sistemlerinde kullanılan dalga şekli olan Çevrimsel 30 Önek Dikgen Frekans Bölmeli Çoğullama (Cyclic Prefix Orthogonal Frequency Division Multiplexing, CP-OFDM) tercih edilmektedir. Fakat 5G ile beraber tek bir numeroloji yerine bir baz istasyonunda aynı anda birden fazla numerolojinin bir arada kullanılması (mixed numerologies) istenmektedir. Böylece sistem esnekliğinin artırılmasıyla

kullanıcı (sim kart takılabilecek cihaz) ihtiyaçlarının daha yüksek oranda karşılanması hedeflenmektedir.

5 5G ile beraber gelen çok yüksek seviyedeki uygulama çeşitliliği bir baz istasyonunun hizmet verdiği kullanıcı çeşitliliğini oldukça arttırmıştır. 5G öncesindeki hücresel haberleşme sistemlerinde en önemli ihtiyaç yüksek veri kapasitesi ve yüksek veri hızıyken, 5G ile beraber farklı kullanıcılar için farklı ihtiyaçlar ön plana çıkmıştır.

10 Her ne kadar kullanıcıların farklı ihtiyaçları olsa da, 5G için, mevcut numeroloji kümesi içerisindeki mümkün olan en fazla sayıda numeroloji yapısının bir arada kullanılmasına çoğu zaman ihtiyaç olmayacağı öngörülmektedir. Daha fazla numeroloji yapısını bir arada kullanırken, sistemin spektrum ihtiyacı artmaktadır ve spektral verimlilik (spectral efficiency) azalmaktadır. Çünkü farklı numeroloji yapıları arasında girişim (interference) olmaması için belli bir koruma bandı (guard band) ayırmak
15 gerekmektedir.

Tek bir numeroloji yapısının kullanıldığı bir durumda koruma bandı olmaksızın sistem girişimsiz hizmet verebilmektedir. Bir başka deyişle, daha az numerolojinin bir arada kullanılması spektral verimliliğinden kaybı azaltmaktadır. Fakat bu durumda sistem
20 esnekliği istenilen düzeyde sağlanamamaktadır. Spektral verimlilik ölçütü haricinde, bir baz istasyonu tarafından aynı anda kullanılan numeroloji yapılarının sayısı arttıkça, bu baz istasyonunun bağlı olduğu hücresel haberleşme ağı üzerindeki sinyalleşme yükü (signaling overhead) ve zamanlama karmaşıklığı (scheduling complexity) da artabilmektedir. Görüldüğü üzere, birçok farklı performans ölçütünün göz önünde
25 bulundurulması gerekmektedir.

Buluş konusu yöntem ile numeroloji yapısı sayısının artmasıyla sistemin daha fazla esneklik kazanması sırasında oluşan olumsuzluklar sınırlandırılabilir.

30 **Buluşun Çözümünü Amaçladığı Teknik Problemler**

Mevcut tekniklerde baz istasyonu ve bu baz istasyonunun kapsama alanındaki sim kart takılabilecek cihazlar arasında karma numeroloji yapıları kullanılırken anlık olarak kaç tane numeroloji yapısına ihtiyaç olduğuna karar veren algoritmalar henüz

geliştirilmemiştir. Buluşa konu olmuş yöntem ile bir baz istasyonunun hizmet verdiği kullanıcıların ihtiyaçlarına göre, anlık olarak en fazla kaç numeroloji yapısının kullanılması gerektiğine karar vererek hücresel haberleşme ağı üzerindeki mevcut numeroloji kümesinden en uygun numerolojilerin seçilmesi sağlanmaktadır.

- 5 Buluşun yapısal ve karakteristik özellikleri ve tüm avantajları aşağıda verilen şekiller ve yazılan ayrıntılı açıklama sayesinde daha net olarak anlaşılacaktır ve bu nedenle değerlendirmenin de bu şekiller ve ayrıntılı açıklama göz önünde bulundurularak yapılması gerekmektedir.

10 Buluşun Açıklanmasına Yardımcı Resimler

Şekil 1: Buluş konusu yöntemin işleyişini anlatan genel şematik gösterim

Şekil 2: Buluş konusu yöntemde kullanılan algoritmaya ait akış diyagramı

15 Buluşun Detaylı Açıklanması

Buluş, 5G ve sonrası hücresel haberleşme sistemlerinde baz istasyonu ve baz istasyonunun hizmet verdiği kullanıcılar arasında kullanılabilecek karma numeroloji yapıları için anlık kullanılabilecek farklı numeroloji yapılarının sayısının belirlenerek, mevcut numeroloji kümesinden her bir kullanıcı için en uygun numerolojilerin seçilmesini sağlayan yöntem olup iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda, sistemin esnekliği yeni bir ölçüt olarak özgün şekilde hesaplanmaktadır. İkinci kısımda ise esneklik ölçütü kullanılarak mevcut numeroloji kümesinden kaç tane numerolojinin kullanılması ile en iyi sonucu verecek özgün bir işleyiş bulunmaktadır.

Söz konusu buluşa ait yöntemin ilk kısmını oluşturan, Bir baz istasyonu tarafından verilen anlık hizmete ait esneklik değeri (F) aşağıdaki denklemle hesaplanmaktadır.

$$F = \sum_u \frac{S_u}{U}$$

Bu denklemde S_u ifadesi, u kullanıcısına ait mutluluk değerini vermektedir. Mutluluk değeri, kullanıcının ihtiyaçları ne kadar çok karşılanmışsa, o kadar yüksek

AM

İslak İmzalıdır
Melike ASLAN

hesaplanmaktadır. Denklemden kullanılan U , baz istasyonunun o an hizmet verdiği toplam kullanıcı sayısını ifade etmektedir. F her bir kullanıcının mutluluk değerlerini toplayarak ortalamasının alınmasıyla hesaplanmaktadır.

- 5 S_u değerlerinin her bir kullanıcı için hesaplanması ise aşağıdaki denklem kullanılarak yapılmaktadır.

$$S_u = \sum_k \frac{P_k}{K}$$

- 10 Bu denklemden P_k değerleri, algoritmaya girdi olarak kullanılan her bir ihtiyaç (k) ile ilgili kullanıcı mutluluğunu göstermektedir. Algoritmada girdi olarak kullanılan toplam K kadar ihtiyaç bulunmaktadır. Her bir S_u değeri, algoritma girdilerine ait kullanıcı mutluluklarının ortalaması olarak hesaplanmaktadır.

- 15 Her bir kullanıcının her bir ihtiyacı için hesaplanan P_k değerleri için aşağıdaki denklem kullanılmaktadır.

$$P_k = \begin{cases} 1, & I_{l,k} = N_{u,k} \\ 0, & D_k + 1 \geq M \\ 1 - \frac{D_k + 1}{M}, & D_k R_k \leq A_k \leq (D_k + 1) R_k \end{cases}$$

- 20 Bu denklemden, $N_{u,k}$ ifadesi u kullanıcısının k ihtiyacı için ideal şartlarda seçilebilecek numeroloji parametresini göstermektedir. $I_{l,k}$ ifadesi ise, k ihtiyacı için mevcut numeroloji kümesindeki l numaralı numerolojinin seçilmiş olduğu durumdaki ilgili parametreyi vermektedir. Eğer bir numeroloji kümesinde, o andaki kullanıcı sayısı kadar numeroloji tanımlanabiliyor olsaydı, bu durumda tüm P_k değerleri 1 olacak ve
25 ideal kullanıcı mutluluğu sağlanabilecekti.

Yukarıdaki denklemden gösterilen A_k ve D_k değerleri aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$A_k = |I_{l,k} - N_{u,k}|$$

$$D_k = \frac{A_k}{R_k} - \left[\frac{A_k}{R_k} (\text{mod}(1)) \right]$$

5 A_k , k ihtiyacı için ideal parametre ve o an seçilmiş olan numeroloji parametresi arasındaki uzaklığı vermektedir. R_k , k ihtiyacı için belirlenmiş olan bir referans değeridir. D_k ise A_k değerinin R_k değerine göre normalleştirilmesiyle hesaplanmaktadır. M değeri algoritmanın çözünürlüğünü belirlemektedir. Algoritma içerisinde en fazla $M+1$ kadar farklı P_k değeri olabilmektedir. M değeri arttıkça kullanıcı mutluluğu bulan algoritmanın çözünürlüğü artmaktadır fakat bu aynı zamanda hesaplama karmaşıklığının artmasına da sebep olmaktadır.

10

Buluşa konu olmuş yöntemin ikinci kısmında sistemin esnekliğine ek olarak, sistemin genel mutluluğunun da algoritmaya dahil edilmesiyle anlık olarak kaç tane numeroloji yapısına ihtiyaç olduğuna karar verilebilmesi sağlanmaktadır.

15 I_l^* değeri, mevcut numeroloji kümesi içerisinde bir kullanıcı için seçilebilecek en iyi numerolojiyi göstermektedir. Bu kapsamda aşağıdaki denklem kullanılarak her bir kullanıcı için numeroloji kümesinden en uygun numeroloji seçimi yapılmaktadır.

20

$$I_l^* = \underset{I_l}{\operatorname{argmax}} S_u$$

Her bir kullanıcı için en uygun numeroloji seçiminin yapılmasının ardından hangi numerolojinin kaç defa tercih edildiği sayılmaktadır. Ardından en az tercih edilen numeroloji o an için numeroloji kümesinden çıkarılarak, bu numeroloji yapısını
25 tercih eden kullanıcılar için yukarıdaki denklem yeniden uygulanarak yeni bir tercih yaptırılmaktadır. Bu döngü, numeroloji kümesinde tek bir numeroloji kalıncaya kadar devam ettirilerek, her aşamada aşağıdaki formül kullanılarak nihai mutluluk (V) hesaplanmaktadır. Algoritma sonunda, numeroloji kümesindeki numeroloji sayısı kadar nihai mutluluk hesaplanmış olacaktır. Bu
30 değerlerin arasından en yükseği elde edilirken kullanılmış olan numerolojiler kaç



İslak İmza'dır
Melike ASLAN

tane ise, algoritma bu kadar sayıda numeroloji kullanılması gerektiğine karar vermektedir.

$$V = \frac{B_U}{B_U + B_G} \times F$$

5

Yukarıdaki denklemde B_U değeri, baz istasyonunun kapsama alanındaki kullanıcıların ihtiyacı olan bant genişlikleri toplamını vermektedir. B_G değeri ise, farklı numeroloji yapıları arasında girişim olmaması için bırakılması gereken koruma bantlarının toplamını göstermektedir. Karma numeroloji yapılarının sayısı arttıkça B_G değeri de artmaktadır ve bundan dolayı spektral verimlilik düşmektedir. Spektral verimliliğin düşmesi sistemin genel mutluluğunu olumsuz etkilemektedir.

10

Buluşa konu olmuş yöntemin işleyişine ait işlem adımları aşağıdaki gibidir:

15

- Numeroloji kümesinde kaç numerolojinin yer aldığı baz istasyonu tarafından kontrol edilir,
- Numeroloji kümesinde birden fazla numeroloji var ise, baz istasyonundan hizmet almakta olan tüm kullanıcılar için kullanıcıların ihtiyaçlarına göre ayrı ayrı mümkün olan en uygun numeroloji seçimleri yapılır,

20

- Numeroloji seçimlerinin yapılmasından sonra baz istasyonu tarafından anlık verilen hizmete ait, sistemin esnekliğine bağlı genel bir sistem mutluluk değeri uygun bir yöntemle hesaplanarak bu değer baz istasyonunda kayıt edilir,

- Numeroloji seçimlerinin yapılmasından sonra en az tercih edilen numeroloji baz istasyonu tarafından numeroloji kümesinden çıkarılır ve algoritma döngüsü başa döner,

25

- Algoritma döngüsünün her tekrar edilişinde bir numerolojinin kümeden çıkarılması dolayısıyla numeroloji kümesinde sadece bir tane numeroloji kaldığında, tüm kullanıcıların bu numerolojiyi tercih etmesi durumu için baz istasyonu tarafından anlık verilen hizmete ait, sistemin esnekliğine bağlı genel bir sistem mutluluk değeri uygun bir yöntemle hesaplanarak bu değer baz istasyonunda kayıt edilir,

30



- Baz istasyonundaki genel sistem mutluluk değerleri karşılaştırılarak bu değerlerin arasından en yükseği elde edilirken kullanılmış olan numerolojiler kaç tane ise, o kadar sayıda numeroloji kullanılması gerektiğine karar verilir,
- En yüksek nihai mutluluk değerine ulaşılan durum için her bir kullanıcının tercih ettiği numeroloji baz istasyonu tarafından tespit edilir,
- Karma numerolojiler için kullanıcılar baz istasyonu tarafından farklı numerolojilere ait uygun frekans bantlarına yerleştirilir.

Baz istasyonu, anlık olarak kullanılmasına karar verilen numeroloji yapılarına uygun olarak her bir numeroloji yapısına ait bant genişliklerini ayarlayarak kapsama alanındaki kullanıcılara hizmet vermektedir. Bu buluş ile karma numeroloji yapılarında numeroloji kümesindeki numerolojilerin tümü kullanılmadan baz istasyonu tarafından her bir kullanıcıya ait en uygun numerolojinin seçimi yapılabilecektir.

Teknikte uzman bir kişinin buluşta ortaya konan yeniliği, benzer yapılanmaları kullanarak da ortaya koyabileceği ve/veya bu yapılanmayı ilgili teknikte kullanılan benzer amaçlı diğer alanlara da uygulayabileceği açıktır. Dolayısıyla böyle yapılanmaların yenilik ve özellikle tekniğin bilinen durumunun aşılması kriterinden yoksun olacağı da aşıkardır.

Buluşun Sanayiye Uygulanma Biğimi

5G baz istasyonlarının tasarlanması ve üretilmesi sırasında buluşa konu yöntemin bu baz istasyonlarında uygulanması gerekebilecektir. Baz istasyonlarının yanı sıra, hücresel haberleşme altyapısını kullanacak olan yani sim kart takılabilen farklı cihazların ilgili elektronik birimlerinde, baz istasyonuna gerekli kullanıcı ihtiyaçlarını iletebilmek için çeşitli modüllerin tasarlanması ve üretilmesi sırasında da buluşa konu yöntemden yararlanılabilecektir. Bu kapsamda buluşa konu yöntem, 5G altyapısını kullanacak baz istasyonları, cep telefonları ve sim kart takılabilen diğer kullanıcı birimleri açısından faydalı olacaktır.

İslak İmzalıdır
Melike ASLAN

AM

HA