Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 17, No. 12 pp. 708-715, 2016

http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.12.708
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

계층화된 매크로-펨토셀 망에서 QoE를 지원하기 위한 자원할당 방법

이기성[1], 이종찬[2*]
[1]호원대학교 컴퓨터·게임학부, [2]군산대학교 컴퓨터정보통신공학부

Resource Allocation to Support QoE in Hierarchical Macrocell-Femtocell Networks

Gi-Sung Lee[1], Jong-Chan Lee[2*]
[1]**Div. of Computer and Game, Howon University**
[2]**School of Computer Information and Communication Engineering, Kunsan National University**

요 약 매크로-펨토셀이 중첩된 환경에서 멀티미디어 서비스의 QoE를 보장하는 것은 5G 이동통신을 위한 중요한 문제이다. 이동 단말기가 이동 시 서비스 연속성을 지원하기 위해서는 종단 간 협상 정보에 근거하여 사용자의 QoE를 보장할 수 있는 운영 구조가 필요하다. 또한 멀티미디어 서비스의 연속성은 지연에 영향 받기 때문에 QoE 요구 사항을 효과적으로 유지하기 위한 자원 관리 방법이 필요하다. 본 연구에서는 서로 다른 특성을 갖는 멀티미디어 서비스의 QoE를 지원하기 위하여 4 부류의 자원 관리 방법을 제안한다. 이를 위하여 QoE 구조가 제안되고 QoE를 지원하기 위하여 전용으로 자원을 운용하는 방법을 제안한다. 제안된 방법을 통하여 음성, 영상, 데이터 서비스 등 자원할당 요구 사항이 서로 다른 멀티미디어 서비스의 QoE을 지원할 수 있다. Outage 확률과 데이터 처리율을 성능척도로 하여 수행된 시뮬레이션을 수행하고 결과를 분석한다. Outage 확률과 데이터 처리량을 성능척도로 하여 수행된 시뮬레이션 결과에 의하면 제안된 방안이 기존 방안에 비하여 더 우수한 성능을 가짐이 확인된다.

Abstract Quality of experience (QoE) for multimedia services in macro-femtocell networks is one of the key issues for 5G mobile and wireless communications. A service management structure needs to guarantee the QoE for mobile users based on end-to-end negotiation to support service continuity. Resource management is necessary to maintain the QoE requirements of different multimedia applications, because service continuity may be impeded by delays. This paper proposes four types of resource management scheme to support consistent QoE for different multimedia services. For this purpose, a QoE structure is suggested, and a resource allocation scheme is proposed by utilizing a fixed amount of radio resources reserved for dedicated use to support QoE. Various multimedia services with different requirements (such as voice, image, and data) can be serviced simultaneously, because QoE can be provided under our proposed scheme. Simulation results show that our scheme provides better performance than a conventional scheme with respect to outage probability and total data throughput.

Keywords : Macro/Femtocell, MOS, QoE, Resource Allocation, Service Continuity

1. 서론

미래에는 고품질 멀티미디어 서비스의 다양화, 사물 인터넷 서비스 확산 등으로 인하여 무선 데이터 트래픽이 폭발적으로 증가할 것으로 예상된다. 현재의 이동통신 망 기술로는 이러한 변화를 수용할 수 없으므로 가용 주파수 확보, 안테나 기술의 제약, 소형 셀 구성 등의 한계가 있기에 진보된 기술이 요구되고 있다. 특히 단일한

본 논문은 호원대학교 2016년도 교내학술연구조성비에 의한 결과임.
*Corresponding Author : Jong-Chan Lee(Kunsan National Univ.)
Tel: +82-63-469-4863 email: chan2000@kunsan.ac.kr
Received November 3, 2016 Revised December 7, 2016
Accepted December 8, 2016 Published December 31, 2016

접속 망을 모든 지역을 커버할 수 있도록 설치하는 것이 아니라 소형 셀인 펨토셀 영역 위주로 초고속 데이터 통신을 지원하고, 펨토셀 영역 외의 지역에는 기존의 시스템과의 연동을 통해 어느 지역에서든 하나의 MT로 최적의 서비스를 제공해야 한다. 즉 펨토셀을 이용하여 서비스 반경을 확대시키고 실내외의 펨토셀 영역에서 초고속서비스의 저비용 사용을 가능하게 한다[1-4].

차세대 서비스의 경우 사물통신 및 디바이스 간 직접 통신, 원격 운전 제어 그리고 멀티미디어 온라인 게임 등 지연에 민감한 실시간 서비스가 증대될 것으로 예상되고 있다. 차세대 이동통신망은 클라이언트와 서버 간의 단순한 데이터 전달이 아니라 데이터의 특성을 파악하고 전달 망에서 효과적으로 이를 처리하는 것이 필요하다. 이를 통하여 전송지연을 줄이고 사용자가 요구하는 최적의 서비스를 보장할 수 있어야 하므로 QoE(Quality of Experience) 제공 방안이 중요한 문제로 대두되고 있다[5-7].

QoS(Quality of Service)는 전달 망에서 대역폭과 지연시간을 사용자가 원하는 수준으로 제공하는 것으로서 사용자에게까지 이를 전달하기 위해서는 서비스 수준의 QoE가 보장되어야 한다. 즉, 각 사용자는 서비스의 품질에 대하여 서로 다른 요구사항을 가질 수 있으므로 최종적으로 QoE를 보장할 수 있어야 한다[8-10]. 기존의 연구는 QoS 보장을 위한 네트워크 자원예약 및 관리 기술에 집중되어왔다. 그러나 각 서비스의 QoS 특성과 네트워크의 QoS 특성이 매우 다르고, 이로 인하여 상호연동이 매우 복잡해지므로 서비스로의 보급은 매우 저조하였다. 따라서 현실적인 측면에서도 QoE로의 확장은 필수불가결하다. 서비스 제공자 입장에서는 SLA 기준의 서비스 제공이지만 최종적으로는 사용자 기준의 서비스 수준을 보장해야 하므로 서비스 제공자는 QoE를 분석하여 이에 맞게 전달 망에서의 QoS 수준을 정해야 한다. 또한 SLA를 통하여 제공되는 서비스들에 대해 지속적인 QoS 관리를 통하여 사용자의 QoE 만족을 유지해야 한다.

사용자의 QoE를 효율적으로 보장하기 위해서는 멀티미디어 서비스의 특성을 기반으로 자원 관리를 수행해야 한다. 실시간성 서비스의 경우 할당된 일정량의 전송률을 전 서비스 시간에 걸쳐서 변화 없이 사용하는 반면에, 비실시간성 서비스의 경우 최소 전송률과 최대 전송률을 동시에 지정함으로 가용 무선 자원 및 무선 링크의 상태에 따라 단말기는 최소전송률과 최대전송률 사이에서 전송률을 조정할 수 있다. 본 연구에서는 상위의 특성을 기반으로 QoE를 지원하기 위한 자원관리 방안을 제안한다. 각 요구 서비스의 허용 가능한 지연을 MOS(Mean Opinion Score) 기준으로 무선 자원을 효율적으로 증대시킬 수 있는 방안을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 본 연구에서 적용한 시스템 기능 요구 사항을 기술하고, III장에서는 각 서비스 부류 별 자원 관리 방안을 제시한다. IV장에서는 시뮬레이션을 통해 성능을 평가하고 V장에서는 본 논문의 결론과 향후 연구 방향에 대하여 논한다.

2. 자원 운용 및 QoE 수준

2.1 무선자원 운용 방법

본 연구에서는 무선 자원을 효율적으로 관리하기 위하여 서비스 형태에 따라 상이한 관리 방법을 사용한다[12].

- LL (Low Delay, Low Loss)는 지연에 민감하며 손실에도 취약한 특성을 갖는 실시간 서비스이다.
- LH (Low Delay, High Loss Class) 서비스는 지연에 민감하나 손실에 대해서는 덜 취약한 특성을 갖는 실시간 서비스이다.
- HL(High Delay, Low Loss class) 서비스는 지연에 덜 민감하나 손실에는 취약한 특성을 갖는 비실시간 서비스이다.
- HH (High Delay, High Loss Class) 서비스는 지연에 민감하지 않고 손실에도 덜 취약한 특성을 갖는 서비스이다.

매크로셀 내에 펨토셀이 위치하는 계층 셀 구조를 이루므로 망의 자원은 공유될 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 매크로셀 또는 펨토셀에서 사용자 요구에 부합하는 자원이 부족할 경우에 특정 조건하에서 서비스에게 공유자원을 할당한다. 그림 1과 같이 매크로셀 전용자원인 R_m, 펨토셀 전용자원인 R_f, 그리고 공유자원인 R_h로 무선자원을 분배한다.

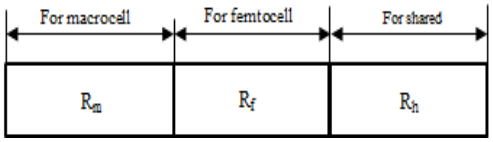

Fig. 1. Resource Allocation Strategy

2.2 QoE 수준 결정

표 1은 서비스 사용자의 QoE 수준을 5단계의 수치로 구분하는 MOS을 나타내고 있다. 서비스 사용자의 QoE 기준은 Excellent(5)의 제공으로서 서비스 유지에 대한 QoE의 협약이 Fair(3)이면 전달 망에서는 이 협약에 적합한 성능을 제공해야 한다.

Table 1. MOS Score vs Perceptual Quality

Perceptual Quality	MOS Score
Excellent	5
Good	4
Fair	3
Poor	2
Bad	1

본 연구에서는 서비스 유지를 위한 QoE 수준으로서 MOS를 적용하고 MOS의 각 수준은 지연 기준치로 정의된다[9].

$$mos_f \le qoe_{mos} \le mos_e \quad (1)$$

$$d^{\max} \le mos_f \quad (2)$$

QoE 성립 조건은 식 (1-2)와 같다. 여기서 mos_e은 MOS 지연 수준이 Excellent(5), mos_f은 MOS 지연 수준이 Fair(3), qoe_{mos}은 협약된 MOS 지연 수준을 의미한다. $d^{\max}$는 전송지연과 처리지연의 합을 의미한다. 식 (1)은 최소한 MOS 수준은 Fair(3)을 만족시켜야 함을 의미하고, 식 (2)는 지연(전송지연과 처리지연의 합)이 mos_f보다 작아야 함을 의미한다.

3. 제안된 방법

3.1 LL 서비스를 위한 QoE 지원 방법

LL 서비스는 지연 시간이 짧으며 손실에 약한 트래픽 특성을 갖는 서비스로서 고정화된 전송률과 지속적인 전송률 유지가 필요하다. 따라서 단위 시간동안 고정된 데이터 량이 서비스 k에 전송되어야 한다[11]. LL 서비스를 QoE의 mos_e유지에 필요한 서비스 전송률 $\zeta_k^{mos|e|ll}$을 수용하기 위하여 식 (3)에 의하여 무선자원을 할당한다. 여기서 C은 서비스 k에 할당 가능한 가용자원(여기서는 부채널)의 양을 의미하고, $\sum_{n=1}^{C} r_k^n$는 가용자원으로부터 획득 가능한 전송률의 합을 의미한다.

$$\sum_{n=1}^{C} r_k^n = \zeta_k^{mos|e|ll} \quad (3)$$

무선자원의 가용 여부에 따라 두 가지 상태를 고려할 수 있다.

$$\sum_{n=1}^{C} r_k^n \ge \zeta_k^{mos|e|ll} \quad (4)$$

식 (4)이 성립될 경우에 서비스에게 mos_e 수준의 자원이 할당된다.

$$\sum_{n=1}^{C} r_k^n < \zeta_k^{mos|e|ll} \quad (5)$$

식 (5)이 성립될 경우에, QoE 수준의 확보를 위한 무선자원을 할당할 수 없으므로, 자원의 부가적인 추가가 필요하다. 전송에 필요한 무선자원을 확보하기 위하여 펨토셀과 매크로셀의 공유자원인 R_h에서 가용자원을 할당한다.

$$\sum_{n=1}^{C} r_k^n + R_h \ge \zeta_k^{mos|e|ll} \quad (6)$$

식 (6)이 성립되는 경우에는 $\zeta_k^{mos|e|ll}$을 수용할 수 없으므로 서비스는 절단된다.

3.2 LH 서비스를 위한 QoE 지원 방법

LH 서비스는 지연 시간에 민감하지만 손실에 강한

트래픽 특성을 갖는 서비스이다. LH 서비스는 데이터 발생이 가변적이므로, 항상 극단적인 지연이 발생할 수 있는 가능성이 내재한다[11]. 따라서 지연이 발생할 경우, 부채널을 추가 할당함으로서 전송 지연을 해결한다. LH 서비스를 QoE의 mos_e유지에 필요한 자원의 양 $\zeta_k^{mos|e|lh}$을 수용하기 위하여 식 (7)에 의하여 무선자원을 할당한다.

$$\sum_{n=1}^{C} r_k^n = \zeta_k^{mos|e|lh} \tag{7}$$

무선자원의 가용 여부에 따라 두 가지 상태를 고려할 수 있다.

$$\sum_{n=1}^{C} r_k^n \geq \zeta_k^{mos|e|lh} \tag{8}$$

식 (8)이 성립될 경우에 서비스에게 QoE 수준의 무선자원이 할당된다.

$$\sum_{n=1}^{C} r_k^n < \zeta_k^{mos|e|lh} \tag{9}$$

식 (9)이 성립될 경우에 가용자원의 부족으로 인하여 서비스 전송률을 수용할 수 없으므로 QoE 수준을 mos_f로 재조정한다.

$$\sum_{n=1}^{C} r_k^n \geq \zeta_k^{mos|f|lh} \tag{10}$$

식 (10)이 성립될 경우, 서비스 k에 조정된 전송률 $\zeta_k^{mos|f|lh}$을 부여한다.

$$\sum_{n=1}^{C} r_k^n < \zeta_k^{mos|f|lh} \tag{11}$$

식 (11)이 성립할 경우에 추가 무선자원이 필요하다. 전송에 필요한 부가자원을 확보하기 위하여 펨토셀과 매크로셀의 공유자원인 R_h 에서 무선자원을 확보한다.

$$\sum_{n=1}^{C} r_k^n + R_h \geq \zeta_k^{mos|f|lh} \tag{12}$$

식 (12)의 경우, 서비스 k에 $\zeta_k^{mos|f|lh}$을 부여한다.

$$\sum_{n=1}^{C} r_k^n + R_h < \zeta_k^{mos|f|lh} \tag{13}$$

식 (13)이 성립되는 경우에는 $\zeta_k^{mos|f|lh}$을 수용할 수 없으므로 서비스 k는 절단된다.

3.3 HL 서비스를 위한 QoE 지원 방법

HL 서비스는 지연 시간에 민감하지 않은 반면에 손실율 보장이 필요하므로 QoS 요구사항으로 최소전송률을 유지해야 한다[11]. HL 서비스는 무선자원의 가용 여부에 따라 세 가지 상태를 고려한다.

$$\sum_{n=1}^{C} r_k^n \geq \zeta_k^{mos|e|hl} \tag{14}$$

식 (14)의 경우에 서비스에게 $\zeta_k^{mos|e|hl}$을 할당한다.

$$\zeta_k^{mos|f|hl} \leq \sum_{n=1}^{C} r_k^n < \zeta_k^{mos|e|hl} \tag{15}$$

식 (15)의 경우에 서비스 k에게 해당 무선자원을 할당한다.

$$\sum_{n=1}^{C} r_k^n < \zeta_k^{mos|f|hl} \tag{16}$$

식 (16)이 성립할 경우에 QoE 수준의 확보를 위하여 부가자원이 필요하다. 전송에 필요한 자원을 확보하기 위하여 R_h 에서 자원 확보를 시도한다. 여기서 $\sum_{n=1}^{C} d_k^n$는 각 무선자원에서 발생하는 지연의 합, $d_k^{\max}$는 최대 전송지연을 의미한다.

$$\sum_{n=1}^{C} r_k^n + R_h \geq \zeta_k^{mos|f|hl}$$

$$\text{subject to } \sum_{n=1}^{C} d_k^n < d_k^{\max} \quad (17)$$

식 (17)의 경우에 서비스 k에 $\zeta_k^{mos|f|hl}$을 부여한다.

$$\sum_{n=1}^{C} r_k^n + R_h < \zeta_k^{mos|f|hl} \quad (18)$$

식 (18)이 성립되는 경우에는 $\zeta_k^{mos|f|hl}$을 수용할 수 없으므로 서비스 k는 절단된다.

3.4 HH 서비스를 위한 QoE 지원 방법

HH 서비스는 QoE 제공이 거의 없는 서비스로서, 지연 및 손실에 둔감하므로 가용자원이 있을 경우에만 한정된 자원이 할당된다[11]. HH 서비스는 가용자원의 여부에 따라 두 가지 상태를 고려한다.

$$\sum_{n=1}^{C} r_k^n \geq \zeta_i^{mos|e|hh} \quad (19)$$

식 (19)의 경우에 서비스 k에 $\zeta_i^{mos|e|hh}$를 할당한다.

$$\zeta_i^{mos|f|hh} \leq \sum_{n=1}^{C} r_k^n < \zeta_i^{mos|e|hh} \quad (20)$$

식 (20)의 경우에 서비스 k에게 해당 무선자원을 할당한다.

$$\sum_{n=1}^{C} r_k^n < \zeta_i^{mos|f|hh} \quad (21)$$

식 (21)의 경우에 가용자원이 부족하므로 대기 큐에서 우선순위를 할당받은 후 대기한다. 식 (22)과 같이 허용 가능한 최대전송지연기준치를 초과하면, 자원 점유의 높은 우선권을 가지게 되고 버퍼에 저장된 패킷을 전송하기 위한 자원할당을 시도한다.

$$\sum_{n=1}^{C} d_k^n \geq d_k^{\max} \quad (22)$$

식 (22)가 성립될 경우에 가용자원의 여부에 따라 식 (23)을 고려할 수 있다.

$$\zeta_i^{mos|b|hh} \leq \sum_{n=1}^{C} r_k^n < \zeta_i^{mos|f|hh} \quad (23)$$

식 (23)이 성립될 경우에 서비스 k에게 가용자원을 할당한다.

4. 성능 평가

7개의 매크로셀과 각 매크로셀에 20개의 펨토셀이 균일하게 분포된 재사용도 1의 매크로셀 및 펨토셀 중첩망을 고려하였다. MT의 이동 경로와 속도는 도로 구조에 의해 영향을 받으며 이러한 방향 및 속도의 변화가 MT 이동 패턴을 지배한다. 단말기의 이동 속도에 따라 고속 MT와 저속 MT로 분류하였고 저속 MT, 즉 보행자는 전체의 60%를 차지하며 그들 중 50%가 정지 상태에 있고 나머지 50%가 보행 상태에 있는 것으로 분류하고 고속 MT는 전체의 40%이라고 가정하였다. 주요 시스템 레벨 시뮬레이션은 OFDMA-based 3GPP LTE-Advanced system [12]과 3GPP LTE Ericsson model [13]의 시스템 레벨 파라미터와 채널 구조를 적용한다. 표 2에 시뮬레이션 파라미터를 보인다.

Table 2. Simulation Parameters [14-16]

Item	Parameter (Value)
Frequency Bandwidth	Carrier Frequency : 2.3GHz
	Effective Frequency: 8.75MHz
BS Tx	BS Tx power: 43dBm
	BS Max EIRP: 60dBm
Channel Model	Path-loss Model - Urban Macro Type - path-loss exponent: 4
	Shadowing Model - WINNER Channel Model II - 8dB
	Fading Model - ITU-R M.1225 pedestrian B - 5dB
SINR	Exponential: 3dB

그림 2는 각 매크로셀에 20개의 펨토셀이 중첩된 환경에서 제안된 방법을 성능을 평가하기 위한 시뮬레이션 시나리오를 보이고 있다[16-18]. 메시지 큐가 신규 세션 및 핸드오버 요구를 위한 프리미티브(primitive)를 위하여 사용되고, RM-DB는 접속 망의 자원 및 부하 등의 현재 상태 정보를 저장하고, 제안된 알고리즘과 연결된다.

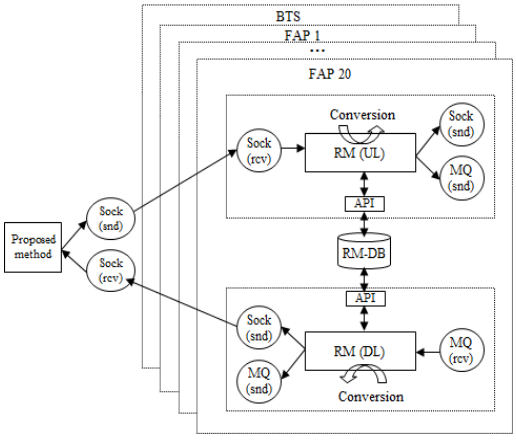

Fig. 2. Simulation Scenario

멀티미디어 서비스 요구는 셀 내에서 고르게 발생하며, 서비스의 발생은 포아송 분포를 따른다. 서비스는 다양한 전송률, 전송 지연, 지속 시간 등을 갖는다. 따라서 제안된 방법에 대한 영향을 분석하기 위하여 표 3과 같이 실시간과 비실시간 서비스를 각각 고려하였다[16-18].

Table 3. Classification of Multimedia Services

Multimedia services		Data rate	Trans. delay	Duration time
Real-time services	High quality voice	32K	150ms	0.5
	Video telephone	64~384K	150ms	1.0
	VoD	10~20M	150ms	1.0
Non-real-time services	WWW	< 2M	20s	0
	FTP	64~384K	4s	0
	Background service	< 20M	10s	0.2

그림 3은 제안 방안의 outage 확률을 각 서비스 부류의 도착률의 변화에 따라 비교한 결과이다. 실시간성 서비스에 비하여 비실시간성 서비스의 outage 확률이 감소함을 알 수 있다. 비실시간성 서비스의 경우 일정한 지연을 허용함으로서 감소된 무선 자원의 할당을 허용함과 동시에 낮은 QoE를 허용함으로써 outage 확률이 감소할 수 있다. 실시간성 서비스의 경우 QoE 허용 수준이 증가함으로서 지연이 감소할 수 있지만, 더 많은 무선자원을 각 서비스에 할당해야 하므로 추가할 자원의 부족 시에 outage 확률이 증가한다.

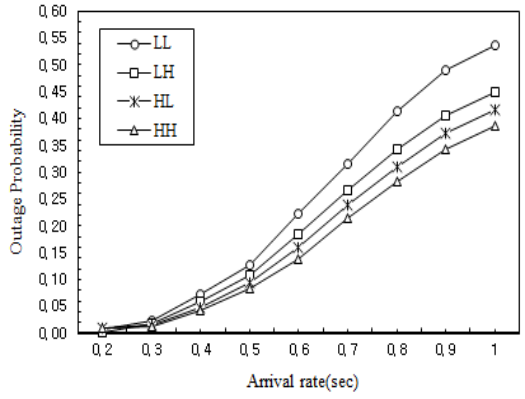

Fig. 3. Comparison of Outage Probability

그림 4는 각 서비스 부류의 도착률의 증가에 따른 총 데이터 처리량을 보인다. 실시간성 서비스의 경우, 비실시간성 서비스에 비하여 데이터 처리량이 증가함을 알 수 있다. 이는 비실시간성 서비스에 비하여 지연 조건에 민감하게 QoE를 적용하고 이에 의하여 QoE 허용 수준이 증가함으로서 자원 할당량이 증가하기 때문이다. 이를 통하여 각 서비스의 데이터 처리량이 증가하고 QoE를 지속적으로 지원할 수 있다.

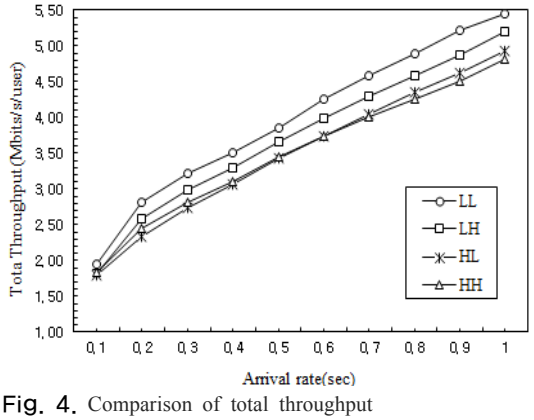

Fig. 4. Comparison of total throughput

5. 결론

본 논문에서는 매크로-펨토셀이 중첩된 이동통신망에서 QoE를 지원하기 위한 자원관리 방안을 제안한다. 이 방법은 자원을 멀티미디어 서비스 특성에 따라 4개의 부류로 분류하고 지연 특성에 근거하여 자원을 할당하는 방법이다. 제안된 방안의 성능을 평가하기 위하여 outage 확률과 데이터 처리율을 주요 성능 척도로 규정하고 성능을 분석하였다. 향후 본 연구를 5G 시스템에 적용하기 위하여 접속 망 및 코어 망과의 연계를 고려한 QoE 방법의 연구가 필요하다.

References

[1] D. Xenakis, N. Passas, L. Merakos, and C. Verikoukis, “Mobility Management for Femtocells in LTE-Advanced: Key Aspects and Survey of Handover Decision Algorithms,” *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, no. 99, pp. 1-28, July 2013.
DOI: http://dx.doi.org/10.1109/SURV.2013.060313.00152

[2] J. Li, H. Shi, H. Ju, and Jie Zheng, “Queue-Aware Resource Allocation Scheme in Hybrid Macrocell-Femtocell Networks,” *IEEE 87th Vehicular Technology Conference (VTC Fall)*, pp. 1-5, 2013.
DOI: https://doi.org/10.1109/vtcfall.2013.6692385

[3] M. Alreshoodi, J. Woods, “Survey on QoE-QoS Correlation Models for Multimedia Services”, *International Journal of Distributed and Parallel Systems*, vol. 4, no. 3, May 2013.

[4] J. H. Jung, I. S. Sohn, "Femtocell System Technology Analysis," *The Journal of The Institute of Webcasting, Internet and Telecommunication*, vol. 9, no. 4, pp. 169-173, 2009.

[5] J. Jang and D. Kwon "5G Mobile Communication Technology," *Electronics and Telecommunications Trends*, vol. 30, no. 5, pp. 109-117, Oct. 2015.

[6] J. Moon, N. Park, S, Lee, and Y. Kim "Convergence of Wired Wireless Network Technologies for 5G Networks," *Electronics and Telecommunications Trends*, vol. 28, no. 6, pp. 1-12, Dec. 2013.

[7] F. Li, Y. Zhang, M. Song, X. Si, "A QoE-based Resource Scheduling Scheme In Multiservice LTE-Advanced System with Inter-band Carrier Aggregation," *International Conference on Communications and Networking in China*, pp. 550-555, Aug. 2015.
DOI: http://dx.doi.org/10.1109/CHINACOM.2015.7497999

[8] M. Mushtaq, A. Mellouk, "QoE Power-Efficient Multimedia Delivery Method for LTE-A," *IEEE Systems Journal*, vol. 10, no. 2, pp. 749-760, Aug. 2016.
DOI: https://doi.org/10.1109/JSYST.2015.2435994

[9] Ye Wang, Xiao-Lei Zhang, Weiwei Chen, J. G. Ki, K. T. Lee, "Comparative study of an integrated QoS in WLAN and WiMAX ," *The Journal of The Institute of Webcasting, Internet and Telecommunication*, vol. 10. no. 3, pp. 103-110, 2010.

[10] J. Lee and M. Lee, "Supporting Quality of Experience based on Service Level Agreement for Heterogeneous Networks," *Journal of the Korea Society of Computer Information*, vol. 21, no. 7, pp. 17-22, July 2016.
DOI: https://doi.org/10.9708/jksci.2016.21.7.017

[11] J. Lee and M. Lee, "Resource Allocation for QoS Provisioning in Overlaid Macrocell-Femtocell Networks," *Journal of the Korea Society of Computer Information*, vol. 20, no. 10, pp. 153-59, 2015.
DOI: https://doi.org/10.9708/jksci.2015.20.10.053

[12] 3GPP TR R1-050255, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Downlink Transmission Scheme," April 2005.

[13] 3GPP TS 36.211 v8.4.0, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Channel and Modulation," Sep. 2008.

[14] J. Lee and M. Lee, "Sub-channel Allocation Based on Multi-level Priority in OFDMA Systems," *KSII Transactionson Internet and Information Systems*, vol. 7, no. 8, pp. 1876-1889, August 2013.
DOI: https://doi.org/10.3837/tiis.2013.08.008

[15] P. Kyosti et al., "WINNER II Channel Models," *IST-WINNER II D1.1.2*, November 2007.

[16] J. Lee and M. Lee, "Resource Allocation Scheme for Macro-Femtocell Overlaid LTE-Advanced Networks," *Journal of the Korea Society of Computer Information*, vol. 19, no. 12, pp. 81-89, December 2014.
DOI: https://doi.org/10.9708/jksci.2014.19.12.081

[17] J. Lee and M. Lee, “A QoS Provisioning Based on Load Balancing for Hand-over in OFDMA System,” *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, vol. 18 no. 2, pp. 59-68, Feb. 2013.
DOI: https://doi.org/10.9708/jksci.2013.18.2.059

[18] J. Lee and M. Lee, “Interrelation Based Resource Allocation Scheme for Mobile Multimedia Networks,” *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, vol. 15 no. 8, pp. 79-87, Oct. 2010.
DOI: https://doi.org/10.9708/jksci.2010.15.8.079

이 기 성(Gi-Sung Lee) **[종신회원]**

- 1993년 2월 : 숭실대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
- 1996년 8월 : 숭실대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2001년 8월 숭실대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 2001년 9월 ~ 현재 : 호원대학교 컴퓨터게임학부교수

<관심분야>
이동통신, 멀티미디어통신, 컴퓨터네트워킹 보안

이 종 찬(Jong-Chan Lee) **[정회원]**

- 1996년 8월 : 숭실대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2000년 8월 : 숭실대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 2000년 10월 ~ 2005년 3월 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2005년 4월 ~ 현재 : 국립군산대학교 컴퓨터정보통신공학부

<관심분야>
이동통신, 멀티미디어통신, 정보보안