

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2023.23.3.99>
JIIBC 2023-3-14

클라우드와 P2P 구조 기반의 MMORPG에서 소영역을 활용하는 관심 구역의 관리 기법

Management Techniques of Interest Area Utilizing Subregions in MMORPG based on Cloud and P2P Architecture

김진환*

Jin-Hwan Kim*

요약 본 논문에서 P2P 네트워킹과 클라우드 컴퓨팅이 통합된 MMORPG를 위한 소영역 기반의 관심 구역 관리 기법이 제시된다. 혼잡한 영역은 여러 소영역으로 분할되며 각각의 소영역을 관리하기 위한 플레이어가 조정자로 설정된다. 제시된 기법은 이런 플레이어의 통신과 컴퓨팅 오버헤드가 적정 범위 내에서 조절되는 부하 균형 메커니즘을 포함하고 있다. 또한 각 플레이어의 뷰가 게임 세계에서 이동될 때 뷰와 겹치는 여러 소영역들이 신속하고 연속적으로 전환될 수 있는 요건을 만족시키기 위한 메커니즘도 제공하고 있다. 자원이 효율적으로 공급되는 제시된 기법은 플레이어들의 처리 능력을 효과적으로 활용함으로써 클라우드에 있는 서버의 부하 즉 컴퓨팅 능력과 통신량을 감소시킨다. 시뮬레이션 결과 클라우드와 P2P 구조에 기반한 MMORPG는 혼잡 지역 또는 핫스팟에서 플레이어들의 수에 따라 이용가능한 자원도 같이 증가됨에 따라 클라이언트 서버 구조에 비하여 서버의 통신 대역폭을 상당부분 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다.

Abstract In this paper, we propose subregion-based area of interest management techniques for MMORPG(massively multiplayer online role playing games) integrating P2P(peer-to-peer) networking and cloud computing. For the crowded region, the proposed techniques partition it into several subregions and assign a player to manage each subregion as a coordinator. These techniques include a load balancing mechanism which regulates communication and computation overhead of such player below the specified threshold. We also provide a mechanism for satisfying the criterion, where subregions overlapped with each player's view must be switched quickly and seamlessly as the view moves around in the game world. In the proposed techniques where an efficient provisioning of resources is realized, they relieve a lot of computational power and network traffic, the load on the servers in the cloud by exploiting the capacity of the players effectively. Simulation results show that the MMORPG based on cloud and P2P architecture can reduce the considerable bandwidth at the server compared to the client server architecture as the available resources grow with the number of players in crowding or hotspots.

Key Words : massively multiplayer online role playing game, peer-to-peer, interest management, subregion

*정회원, 한성대학교 컴퓨터공학부
접수일자 2023년 4월 4일, 수정완료 2023년 5월 4일
게재확정일자 2023년 6월 9일

Received: 4 April, 2023 / Revised: 4 May, 2023 /

Accepted: 9 June, 2023

*Corresponding Author: kimjh@hansung.ac.kr

School of Computer Engineering, Hansung University, Korea

I. 서 론

상업적 MMOG의 대부분은 모든 플레이어들의 위치와 상태를 포함하는 전역적 게임 상태가 집중화된 방식으로 관리되는 클라이언트 서버 시스템으로 구현된다^[1]. 특히 MMORPG는 전역적 게임 상태가 여러 조각으로 분할되며 많은 플레이어들이 동시에 동일한 게임에 참여하게 된다^[2]. 동시에 참여하는 플레이어들의 수가 증가할수록 클라이언트 서버 시스템의 기법은 규모의 확장성과 이용가능성에 제한이 발생하게 된다. 클러스터 기반의 클라이언트 서버 구조도 모든 통신 대역폭이 데이터 센터에 집중되며 서비스의 최대치를 수용할 수 있도록 사전에 충분한 컴퓨팅 능력과 전력을 항상 준비해야 한다.

이러한 단점을 해결하고자 요구형 방식의 클라우드 컴퓨팅과 P2P 통신망을 통합하는 MMOG의 하부구조가 제시된 바 있다^[3]. 클라우드 컴퓨팅은 다른 서비스 공급 구조처럼 MMOG에서도 현재 부하에 따라 필요한 자원을 제공하므로 최대치를 대비한 하드웨어 관리 비용을 절감할 수 있고 서버의 컴퓨팅 능력과 통신 비용도 합리적으로 유지할 수 있는 장점이 있다. 그러나 플레이어들이 급증하는 MMORPG의 경우 이를 수용하기 위한 컴퓨팅 능력을 제공하려면 요구형 자원이 증가하게 되고 필요한 비용도 비례하여 증가하게 된다.

즉 클라우드 컴퓨팅으로 MMORPG를 운영할 때 불필요한 서버를 유지하거나 서버의 컴퓨팅 자원과 통신 대역폭을 많이 사용할 경우 상당한 비용 부담이 발생할 수 있다. 그러나 MMORPG의 시스템 부하를 플레이어 즉 사용자가 제공하는 자원으로 해결하게 되면 비용을 상당 부분 절감할 수 있게 된다. 따라서 MMORPG에서도 서버에 대한 부담을 감소시키려면 확장가능한 P2P 구조와 각 플레이어의 처리능력을 활용할 필요가 있다^[4]. P2P 구조 자체는 시스템 상태 유지와 보안이 취약하나 클라우드의 서버 기능과 P2P 기능이 통합될 경우 클라이언트 서버 구조와 순수 P2P 구조의 단점들을 모두 보완할 수 있고 MMORPG의 하부 구조^[5]로 구성될 수 있다.

본 논문에서도 게임에 참여하는 플레이어들의 수가 급증할 경우 서버에 대한 대규모 비용 증가없이 MMORPG의 원활한 실행과 서비스 품질이 보장되도록 P2P와 클라우드가 통합된 구조를 활용하고자 한다.

P2P와 클라우드가 통합된 구조 기반의 MMORPG에서 전체 게임 상태는 동일한 크기의 여러 영역으로 분할되며^[6] 각 영역마다 게임 상태를 영역 내 다른 플레이어들에게 전송하는 특정 플레이어가 조정자로 설정된다.

영역 내 플레이어들의 수가 급증할 경우를 대비하여 각 영역은 동일한 크기의 소영역으로 다시 분할되며 각 소영역에 대한 조정자가 설정될 수 있는 기법이 본 논문에서 제시된다. 특정 영역을 대표하는 조정자로 설정된 플레이어의 컴퓨팅 능력과 통신 대역폭을 고려하여 과부하가 발생되지 않도록 소영역마다 별도의 조정자가 설정되는 것이다. 특정 영역에 플레이어들이 급증할 경우 본 논문에서는 클라우드의 서버 자원을 요구하는 대신 플레이어들의 컴퓨팅 자원을 활용하게 된다.

또한 본 논문에서는 각 플레이어의 이동으로 인해 뷰가 여러 영역에 겹칠 경우 플레이어의 뷰를 소영역 단위로 신속하고 연속적으로 처리하여 서비스 품질 저하없이 구성하는 과정도 기술된다.

본 논문에서는 MMORPG의 영역별로 플레이어들이 수용되는 P2P와 클라우드 컴퓨팅 통합 구조가 2 장에서 기술되며 3 장에서 MMORPG의 특정 영역에서 플레이어들이 급증할 경우 소영역내 조정자들을 추가로 설정하는 방법과 다른 영역으로 플레이어가 이동할 때 소영역 단위로 처리하여 뷰를 구성하는 방법이 기술된다. 4 장에서는 MMORPG의 서버, 영역 조정자들과 플레이어들의 통신 대역폭에 대한 실험 결과가 비교 분석되었으며 5 장에서 결론이 기술된다.

II. P2P와 클라우드 컴퓨팅 통합

대부분의 상업적 MMOG들은 사용자 인증, 가상 환경 관리, 플레이어들 간의 동기화, 과금 등 주요 기능을 직접 관리하는 집중화된 구조에 의존하고 있다^[5]. 그러나 동시에 참여하는 게임 플레이어들의 수가 급증할 때 집중화된 구조는 규모 확장성에 한계가 있으며 서버의 유지 비용이 증가하게 된다. 실제로 서비스의 최대치를 수용하기 위해 클러스터 기반의 집중화된 구조가 대규모 통신 대역폭 용량의 보장을 요구하며 특정 데이터 센터를 위해 모든 통신 대역폭을 사용할 수 있다. 그러나 최대치를 대비한 대규모 자원 공급은 시스템 부하가 최대치가 아닐 경우 사용되지 않는 자원이 발생할 수 있으므로 결과적으로 자원의 초과 공급이 된다.

반면 클라우드 컴퓨팅은 자원의 초과 공급 문제를 해결할 수 있는 패러다임을 제공한다. 즉 MMORPG 운영자들은 IaaS(Infrastructure as a Service) 형태로 클라우드를 활용하여 필요한 만큼의 자원을 적시에 동적으로 공급받을 수 있는 것이다. 따라서 클라우드 컴퓨팅과 같

은 요구형 자원 공급은 MMORPG의 확장성과 하드웨어 구입 문제를 해결할 수 있다. 즉 운영자들은 하드웨어 구입과 유지 관리에 대한 부담을 줄이고 임차를 함으로써 규모가 확장되는 상황도 효과적으로 대비할 수 있는 것이다. 그러나 클라우드 컴퓨팅도 서버의 활용도가 낮을 경우 불필요한 비용 지출이 발생하게 되며 특히 통신 대역폭 소비는 게임 운영시 상당한 비용 발생 요인이 된다. 따라서 MMORPG의 부하 일부를 사용자가 제공하는 자원으로 공유할 수 있는 방법이 필요하다.

P2P 방식에서 진화된 사용자 제공형 자원이 MMORPG에 적용될 경우 서버의 부담을 감소시킬 수 있다. P2P 기법 자체는 플레이어들의 수가 증가할 때 사용가능한 자원도 같이 증가하는 것이라 규모 확장성이 보장된다. 또한 필요한 통신 대역폭도 플레이어들에 분산시킴으로써 특별한 비용 증가 없이 서버에 대한 병목 현상을 해결하게 된다. P2P 방식 자체는 보안과 데이터 이용 제한 등 여러 단점이 존재하므로 MMORPG 요건을 충족시키기 위해서는 추가 메카니즘이 필요하다. 특히 가상 세계에 대한 정확한 갱신과 보안 강화 기능, 플레이어들이 가지고 있는 컴퓨팅 능력과 통신망 성능에 대한 이질적 제약 요소, 플레이어의 시스템 진출입시 데이터의 이동과 이용 보장 등이 해결되어야 한다^[6].

주문형 방식의 클라우드 컴퓨팅과 사용자 자원이 제공되는 P2P 방식은 상호 보완적으로 통합되어 MMOG 외에 스트리밍^[7], 저장장치^[8], 복제본 관리^[9], 콘텐츠 분산 응용^[10] 등 다양한 응용 분야에서 활용되고 있다. 본 논문에서도 P2P와 클라우드 컴퓨팅을 통합한 구조를 MMORPG의 하부 구조로 구성하여 확장성을 제공하고자 한다. 단기간에 플레이어들이 급증할 수 있는 MMORPG를 위하여 P2P 방식으로 플레이어들의 컴퓨팅 처리 능력과 자원을 충분히 활용하고 클라우드의 기존 서버에 대한 부하를 증가시키지 않음으로써 서버에 대한 병목 현상없이 비용 절감과 시스템 성능의 향상을 동시에 달성하고자 한다.

III. 영역 기반의 MMORPG와 뷰 구성

1. 영역과 소영역

본 논문에서 MMORPG의 가상 세계는 연속적이지만 겹치지 않는 사각형 영역(region)으로 구성되며 크기가 동일한 각 영역에 대한 관심 관리^[11]는 해당 영역을 대표

하는 영역 조정자가 수행하게 된다. 대표 영역 조정자는 영역에 처음 진입하는 플레이어이며 다소 우수한 컴퓨팅 성능과 통신 대역폭을 구비한 것으로 가정한다. 플레이어들 간 충분한 정보를 상호 교환하는 관심 관리의 개념 활용은 서버가 플레이어들에게 전송하는 통신량의 크기를 감소시킬 수 있으며 발행(publish)/구독(subscribe) 서비스로 모델화될 수 있다.

본 논문에서 각 영역은 크기가 동일한 일정 개수의 사각형 소영역(subregion)으로 구성되는 것을 가정한다. 플레이어의 관심 구역(area of interest)^[12]을 의미하는 뷰에서 소영역은 실제 표시되지 않으며 뷰는 영역과 크기가 같은 것으로 가정한다. 특정 영역에 플레이어들의 수가 급증할 경우를 대비하여 소영역을 관리하는 별도의 조정자들이 각각 설정되어 대표 영역 조정자의 통신 대역폭과 컴퓨팅 자원을 분담하게 된다.

P2P와 클라우드 컴퓨팅이 통합된 본 논문의 MMORPG에서 두 가지의 액션이 고려된다. 첫째, 게임 상태를 변경하지 않는 상태 불변 액션으로서 플레이어들이 이동할 때 발생하는 위치 변경 액션이다. 둘째, 특정 플레이어가 다른 플레이어를 공격하거나 또는 특정 아이템 변경가능한 객체를 획득하는 등 게임의 중요한 상태를 변경시키는 상태 변경 액션이다. 특히 MMORPG에서 액션의 대부분은 위치 변경 액션으로 구성된다^[13]. 클라우드 컴퓨팅의 서버, 영역 조정자들과 소영역 조정자들 그리고 영역내 플레이어들이 구성된 MMORPG 구조는 그림 1과 같다.

그림 1에서 영역 A와 B의 대표 조정자는 체크 무늬 원으로 표기되었고 영역 A의 소영역 조정자는 수평선 무늬 원으로 표기되었다. 그림 1처럼 영역 A의 대표 조정자가 관리하는 플레이어는 위치 변경 액션(파선으로 표현) 요청을 영역 내 대표 조정자와 소영역 조정자에게 전송하게 되며 대표 조정자와 소영역 조정자는 일정 주기마다 플레이어들의 위치 변경 결과를 관리하는 소영역내 모든 플레이어들에게 전송한다(실선으로 표현). 영역 B에서는 아직 소영역 조정자가 없으므로 플레이어는 대표 조정자에게만 위치 변경 액션을 전송하게 된다. 그리고 모든 플레이어의 상태 변경 액션(점선으로 표현)은 서버에게 직접 전송되며 서버는 이를 승인하고 처리할 경우 해당 영역의 대표 조정자와 소영역 조정자에게 갱신된 결과를 전송하고(실선으로 표현) 대표 조정자와 소영역 조정자는 관리하는 모든 플레이어들에게 이 결과를 다시 전송하게(실선으로 표현) 된다.

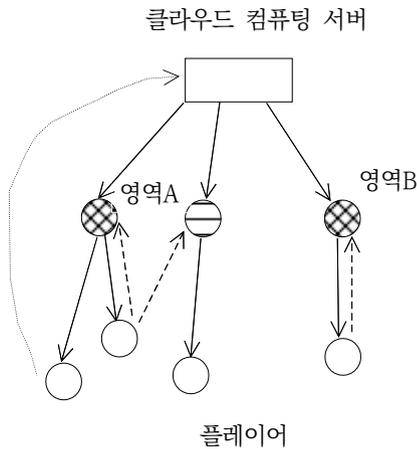


그림 1. 영역 조정자와 소영역 조정자가 구성된 MMORPG
Fig. 1. A MMORPG with region and subregion coordinators

본 논문에서는 게임에 참여하는 모든 플레이어들은 최소 수십 플레이어들과 협업할 수 있는 컴퓨팅 능력과 통신 대역폭 능력이 있는 것으로 가정한다. 임의의 영역에 최초로 진입하는 0번 플레이어는 이 영역의 대표 조정자가 되며 0번부터 15번까지 16 개로 구성된 소영역을 일단 모두 관리하게 된다(그림 2 참조). 이후 1번 플레이어가 영역에 진입하면 실제 위치에 상관없이 1번 플레이어는 1번 소영역의 조정자로 설정된다. 동일한 방법으로 영역에 진입하는 2번 플레이어부터 15번 플레이어까지 각각 2번 소영역부터 15번 소영역까지 조정자로 설정된다. 따라서 본 논문에서는 특정 영역에 진입한 플레이어들의 수가 16 이상일 경우 모든 소영역마다 조정자가 설정된다.

0	1	2	3
4	5	6	7
8	9	10	11
12	13	14	15

그림 2. 16 개의 소영역으로 구성된 영역
Fig. 2. A region with 16 subregions

이후 영역에 진입한 플레이어들은 진입한 위치에 따라 해당 소영역 조정자의 관리를 받게 된다. 최초 소영역 조정자가 게임 시스템을 떠날 경우 이 조정자 다음으로 소영역에 진입한 플레이어가 차기 조정자로 설정되는 것을 가정한다. 플레이어들의 위치 변동이 수시로 발생하므로

소영역마다 동일한 수의 플레이어들이 구성되긴 어렵다. 본 논문에서는 한 영역에 최대 256 플레이어들이 진입할 수 있는 것으로 가정하며 이 때 각 소영역 조정자가 관리하는 플레이어들의 평균 숫자는 15가 된다.

특정 소영역에 속한 플레이어는 영역 내 16 개 이하의 소영역 조정자들에게 항상 자신의 위치 변경 액션을 전송하게 된다. 예를 들어 영역 내에 플레이어들의 수가 20 이고 17번 플레이어가 속한 소영역이 6번이라 가정할 경우 17번 플레이어는 6번 소영역은 물론 나머지 15 개 소영역 조정자들에게도 자신의 위치 변경 액션을 전송하게 되며 모든 소영역 조정자들은 17번 플레이어의 위치 변경 결과를 자신들이 관리하는 플레이어들에게 다시 전송하게 된다.

2. 플레이어의 뷰 이동

임의의 영역에서 $i(0 \leq i \leq 255)$ 번 플레이어는 영역 내 소영역 조정자들에게 자신의 위치 변경 액션 결과를 전송해야 한다. 그러나 자신의 관심 구역인 뷰가 여러 영역에 걸쳐 있는 경우 다른 영역의 영역 조정자들에게도 위치 변경 액션 결과를 전송할 필요가 있다. 그림 3에서 각 영역의 16 개 소영역에 영역을 의미하는 알파벳이 표기되어 있다. 그림 3의 (a)는 i 번 플레이어의 관심 구역인 뷰가 영역 E와 동일한 상태를 나타낸 것으로 음영 처리되었다. 그리고 그림 3의 (b)는 이 플레이어가 위와 오른쪽으로 각각 2 개 소영역만큼 이동한 뷰를 나타낸 것이며 영역 B, C, E, F와 겹친 뷰는 음영 처리되었다.

A	A	A	A	B	B	B	B	C	C	C	C
A	A	A	A	B	B	B	B	C	C	C	C
A	A	A	A	B	B	B	B	C	C	C	C
A	A	A	A	B	B	B	B	C	C	C	C
D	D	D	D	E	E	E	E	F	F	F	F
D	D	D	D	E	E	E	E	F	F	F	F
D	D	D	D	E	E	E	E	F	F	F	F
D	D	D	D	E	E	E	E	F	F	F	F
G	G	G	G	H	H	H	H	I	I	I	I
G	G	G	G	H	H	H	H	I	I	I	I
G	G	G	G	H	H	H	H	I	I	I	I
G	G	G	G	H	H	H	H	I	I	I	I

(a) 영역 E인 i 번 플레이어의 뷰
View of i th player equal to E

A	A	A	A	B	B	B	B	C	C	C	C
A	A	A	A	B	B	B	B	C	C	C	C
A	A	A	A	B	B	B	B	C	C	C	C
A	A	A	A	B	B	B	B	C	C	C	C
D	D	D	D	E	E	E	E	F	F	F	F
D	D	D	D	E	E	E	E	F	F	F	F
D	D	D	D	E	E	E	E	F	F	F	F
D	D	D	D	E	E	E	E	F	F	F	F
G	G	G	G	H	H	H	H	I	I	I	I
G	G	G	G	H	H	H	H	I	I	I	I
G	G	G	G	H	H	H	H	I	I	I	I
G	G	G	G	H	H	H	H	I	I	I	I

(b) 여러 영역에 걸친 i 번 플레이어의 뷰
 View of ith player across regions

그림 3. 영역 B, C, E, F에 걸쳐있는 i 번 플레이어의 뷰
 Fig. 3. View of ith player across regions B, C, E and F

영역 E에 있는 i번 플레이어는 16 개 소영역의 조정자들을 파악하고 있으며 그림 3의 (a)처럼 주변 8 개 영역에 대한 소영역 조정자들에 대한 리스트도 서버와 영역 E의 대표 조정자를 통하여 사전에 파악하고 있는 것으로 가정한다. 그림 3의 (b)처럼 영역 E에서 다른 영역들로 이동할 경우 플레이어는 해당 영역의 소영역 조정자들에게 자신의 위치 변경 액션 결과를 전송하며 소영역 조정자들이 관리하는 다른 플레이어들의 위치 변경 결과와 상태 변경 결과도 수신하면서 뷰를 구성하게 된다.

그림 3의 (a)에서 점선으로 구성된 사각형은 영역 E와 주변 영역의 소영역들을 포함한 8*8 개의 소영역들을 의미한다. 영역 A, C, G, H의 4 개 그리고 영역 B, D, F, H의 8 개 등을 모두 포함한 64 개의 소영역 조정자들에게 플레이어가 위치 변경 액션 결과를 전송하고 각 소영역의 다른 플레이어들의 위치 변경 결과를 항상 수신하고 있을 경우 플레이어의 통신 대역폭은 증가하는 반면 더 빠른 시간 내에 해당 플레이어의 뷰를 구성할 수 있다. 본 논문에서는 그림 3의 (a)에 있는 8*8 사각형을 i 번 플레이어의 가상 뷰로 기술하며 6*6, 8*8, 10*10, 12*12 크기로 구성될 수 있음을 가정한다.

IV. 성능 분석

1. 실험 환경과 변수

본 논문에서는 가상의 MMORPG가 클라우드 컴퓨팅 기반의 P2P 시스템에 적용되는 모델을 가정한다^[14]. 예를 들어 게임에 참여하는 임의의 플레이어가 현관을 걸

어갈 때 발생하는 연속적인 위치 변경 액션은 뷰를 구성하는 소영역 조정자들에게 전송된다. 그리고 임의의 플레이어가 바닥에 있는 동전을 집을 때 발생하는 상태 변경 액션은 클라우드 컴퓨팅 서버에 직접 전송되며 서버는 동전이 더 이상 바닥에 존재하지 않는 변경된 화면을 관련 소영역 조정자들에게 먼저 전송하고 이후 소영역 조정자들은 자신이 관리하는 모든 플레이어들에게 이 상태 변경 결과를 다시 전송하게 된다.

본 논문에서는 각 플레이어의 위치 변경 액션 요청과 결과에 대한 대역폭을 20 바이트로 가정하며 객체에 대한 상태 변경 액션 결과를 320 바이트로 각각 가정한다^[15]. 각 플레이어의 위치 변경 액션은 초당 평균 10 회 그리고 객체에 대한 상태 변경 액션은 분당 평균 6 회씩 수행되며 영역 내 플레이어들의 수와 객체들의 수는 동일한 것으로 가정한다.

소영역 조정자가 아닌 i 번 플레이어가 $n(n \geq 1)$ 개의 소영역 조정자들에게 전송하는 위치 변경 액션 결과와 서버한테 직접 전송하는 상태 변경 액션 결과의 평균 대역폭 B_p 는 수식 (1)과 같으며 초당 바이트 수를 의미한다.

$$B_p = 20 * 10 * n + 320 * 6 / 60 \quad (1)$$

소영역 조정자인 플레이어는 자신에게 위치 변경 액션 결과를 별도로 전송할 필요가 없고 $n-1$ 개의 소영역 조정자들에게만 전송하게 되므로 평균 대역폭 B_{co_p} 는 수식 (2)와 같다.

$$B_{co_p} = 20 * 10 * (n-1) + 320 * 6 / 60 \quad (2)$$

소영역 조정자는 자신이 관리해야 하는 $m(m \geq 1)$ 플레이어로부터 수신한 위치 변경 액션 결과(수식 (3)의 $20 * 10 * m$)와 서버로부터 수신한 m 플레이어들에 대한 상태 변경 액션 결과(수식 (3)의 $320 * 6 / 60 * m$)를 다시 m 플레이어들에게 전송해야 하므로 필요한 통신 대역폭 B_{co_c} 는 수식 (3)과 같이 설정된다.

$$B_{co_c} = (20 * 10 * m + 320 * 6 / 60 * m) * m \quad (3)$$

따라서 소영역 조정자가 플레이어 역할도 하면서 조정자의 역할을 수행해야 하므로 필요한 통신 대역폭 B_{co} 는 수식 (2)의 B_{co_p} 와 수식 (3)의 B_{co_c} 합으로 설정이 된다.

본 논문에서는 MMORPG의 게임 세계가 총 1024 개의 영역으로 구성되는 것을 가정한다. 이 중 25%인 256 개의 영역에만 플레이어들의 수가 16부터 256까지 급증하며 나머지 768 개의 영역에는 16으로 계속 유지되는 것을 가정한다. 서버가 플레이어들의 수가 급증하지 않는 768 개 영역은 제외하고 급증하는 256 개 영역들 중 한 영역의 소영역 조정자들에게 전송하는 상태 변경 액

선 결과의 평균 대역폭 B_{ser} 는 수식 (4)와 같다.

$$B_{ser} = 320 * 6 / 60 * (M_1 * N_1) \quad (4)$$

수식 (4)에서 플레이어들이 급증하는 256 개 영역들 중 영역 $l(0 \leq l \leq 255)$ 의 플레이어들 수를 M_l 로 설정하였다. 측정하려는 서버의 대역폭은 영역 l 에 있는 플레이어들로부터 상태 변경 액션을 직접 수신하여 처리한 후 다시 영역 l 에 있는 소영역 조정자들한테 처리 결과를 전송하게 된다. 수식 (4)에서 영역 l 에 존재하는 소영역 조정자들의 수를 N_l 로 설정하였다. 실제 각 영역은 최대 16 개의 소영역 조정자가 설정되므로 영역에 진입하는 플레이어들의 수가 16 이상일 경우 N_l 은 16으로 설정된다.

2. 통신 대역폭 분석

MMORPG의 1024 개 영역 중 256 개 영역에만 플레이어들이 증가하는 상황을 가정하여 실험이 수행되었다. 256 개의 영역에는 플레이어들의 수가 동일한 비율로 증가되는 상황을 가정하여 영역당 64, 128, 192, 256으로 유지될 때 통신대역폭이 측정되었으며 수식 (1)의 n 은 16으로 고정된 반면 수식 (3)의 m 은 3, 7, 11, 15로 각각 설정된다.

영역 l 의 플레이어들의 수가 16에서 증가할 때 소영역 조정자를 제외한 각 플레이어는 항상 16 개의 소영역 조정자들에게만 위치 변경 액션 결과를 전송하고 서버에게 상태 변경 액션 결과만 전송하므로 수식 (1)에 의해 초당 3232 바이트의 평균 대역폭 B_p 가 필요하게 된다. 그리고 소영역 조정자인 플레이어는 수식 (2)에 따라 초당 3032 바이트의 평균 대역폭 $B_{co,p}$ 가 요구된다. 그러나 자신이 관리하는 플레이어들로부터 수신한 위치 변경 액션 결과와 서버로부터 수신한 상태 변경 액션 결과를 플레이어들한테 다시 전송해야 하는 소영역 조정자의 평균 대역폭 $B_{co,c}$ 는 영역 당 플레이어의 수에 따라 증가되며 이 결과는 그림 4에 KB/s 단위로 기술되었다.

또한 서버가 영역 l 의 소영역 조정자들에게 전송하는 평균 대역폭 B_{ser} 도 영역 당 플레이어들의 수에 따라 증가되며 그림 4에 KB/s 단위로 기술되었다. 그림 4에서 영역 l 에 진입하는 플레이어들의 수가 증가할수록 $B_{co,c}$ 는 m 의 제공에 비례하여 증가하는 반면 B_{ser} 는 플레이어들의 수에 비례하여 증가하는 것으로 나타났다. 영역 l 의 플레이어들의 수가 증가함에 따라 측정된 플레이어들과 소영역 조정자들의 통신 대역폭이 그림 5에 나타나 있다.

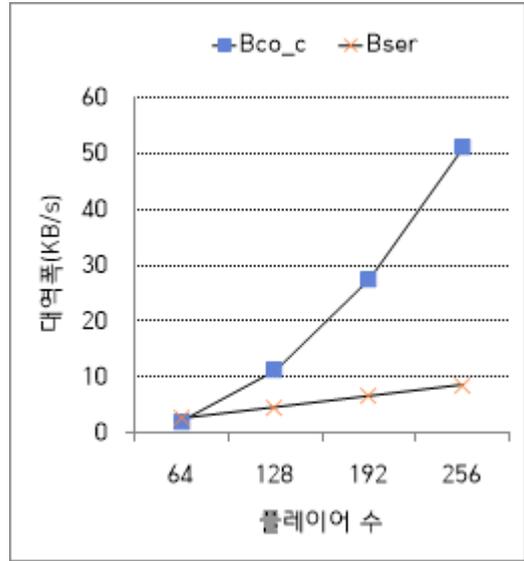


그림 4. $B_{co,c}$ 와 B_{ser}
Fig. 4. $B_{co,c}$ and B_{ser}

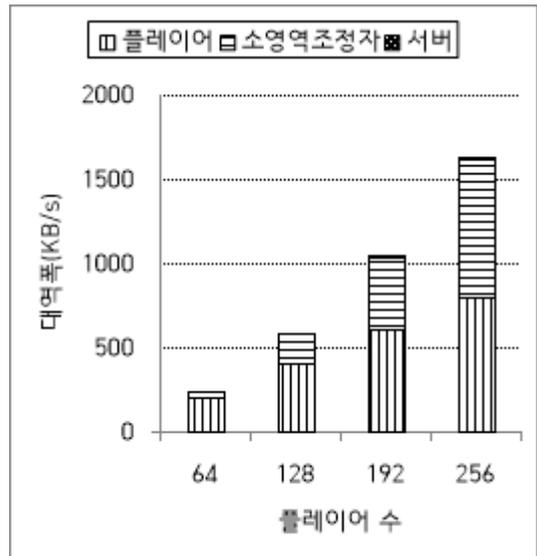


그림 5. 플레이어들과 소영역 조정자들의 대역폭
Fig. 5. Bandwidth of players and subregion coordinators

서버의 통신 대역폭은 상대적으로 크기가 작아서 그림 5에서 잘 나타나지 않음에 따라 플레이어들, 소영역 조정자들, 서버의 통신 대역폭 합에서 각각의 구성 비율이 그림 6에서 백분율로 표시되었다. 플레이어 수가 증가함에 따라 플레이어들의 대역폭 자체는 증가하지만(그림 5 참조) 총 통신 대역폭 중 플레이어들이 차지하는 비율은 85.0%에서 49.4%로 점차 완만하게 감소된다(그림 6 참

조). 반면 소영역 조정자들의 통신 대역폭은 다소 급격히 증가하며 총 통신 대역폭 중 소영역 조정자들이 차지하는 비율도 플레이어들에 비하여 13.9%에서 50.1%로 점차 증가되었다. 서버의 통신 대역폭(KB/s)과 구성 비율(괄호 안에 표기됨)은 플레이어들의 수가 64, 128, 192, 256일 때 각각 2.5(1.1%), 4.5(0.8%), 6.5(0.6%), 8.5(0.5%)로 나타났으며 플레이어와 소영역 조정자들에 비하여 현격하게 작은 수치이기 때문에 그림 5와 6에서 확인하기 어렵다. 소영역 조정자들은 사실상 서버의 역할을 대신한 것이며 특히 플레이어들의 수가 256일 때 플레이어들이 제공한 통신 대역폭은 99.5%가 되는 것이다. MMORPG에 참여한 플레이어들의 대역폭을 적극 활용함으로써 클라우드 컴퓨팅 서버의 대역폭을 상당히 절감하는 결과가 나타난 것이다.

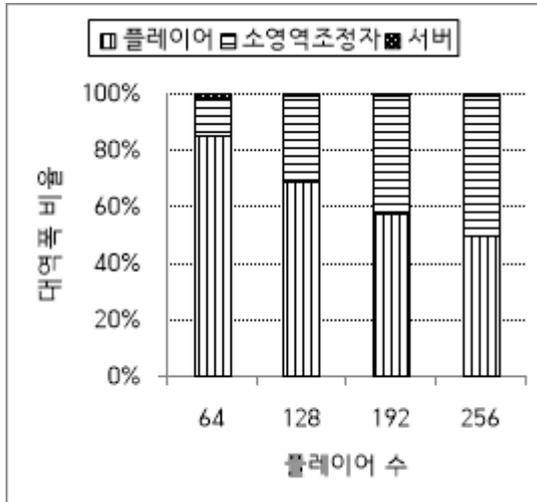


그림 6. 플레이어들과 소영역 조정자들의 대역폭 비율
 Fig. 6. Bandwidth ratio of players and subregion coordinators

V. 결 론

본 논문은 MMORPG의 영역을 다수의 소영역으로 구성하여 플레이어들의 수가 급증할 경우 영역 내 플레이어들의 컴퓨팅 자원과 통신 대역폭을 적극 활용함으로써 클라우드 컴퓨팅 서버의 부하를 감소시키고 전체 시스템의 부하 관리를 효율적으로 수행하고자 하였다. 즉 P2P 방식과 클라우드 컴퓨팅 방식이 통합된 구조 기반의 MMORPG는 각 소영역에서 통신 대역폭과 컴퓨팅 능력이 충분한 플레이어를 소영역 조정자로 설정하며 플레이

어들의 위치 변경 액션 결과와 서버로부터 수신한 상태 변경 액션 결과를 소영역 내 플레이어들에게 전송함으로써 서버의 통신 대역폭^[16, 17]과 컴퓨팅 자원의 사용을 최소화할 수 있다.

향후 통신 대역폭이 충분하고 컴퓨팅 능력이 우수한 스마트폰을 사용하는 플레이어들이 MMORPG에 대거 참여할 때 플레이어들의 자원을 적극 활용하고 서버의 부하를 절감하여 전체 시스템의 효율적 부하 관리 및 성능 향상을 도모할 수 있는 P2P와 클라우드 컴퓨팅의 통합 구조가 필요할 것으로 기대된다.

References

- [1] G. Wang and K. Wang, "An Efficient Hybrid P2P MMOG Cloud Architecture for Dynamic Load Management," International Conference on Information Network, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1109/ICOIN.2012.616437>
- [2] Y. Murata and K. Yasumoto, "A Distributed Event Delivery Method with Load Balancing for MMORPG," Workshop on Network and System Support for Games, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1145/1103599.11036107>
- [3] H. Kavalionak, E. Carlini, L. Ricci, A. Montresor and M. Coppola, "Integrating Peer-to-Peer and Cloud Computing for Massively Multiuser Online Games," Demo: combat state-aware interest management for online games," Peer-to-Peer Networking and Applications, Vol. 5, No. 2, 2013.
<https://doi.org/10.1007/s12083-013-0232-4>
- [4] H. Kavalionak, E. Carlini, L. Ricci, A. Montresor and M. Coppola, "Integrating Peer-to-Peer and Cloud Computing for Massively Multiuser Online Games," Peer-to-Peer Networking and Applications, v. 8, n. 2, 2013. <https://doi.org/10.1007/s12083-013-0232-4>
- [5] E. Carlini, M. Coppola and L. Ricci, "Integration of P2P and Clouds to Support Massively Multiuser Virtual Environments," Annual Workshop on Network and Systems Support for Games, 2010.
DOI: 10.1109/NETGAMES.2010.5679660
- [6] H. Kavalionak, E. Carlini, L. Ricci, A. Montresor and M. Coppola, "Integrating Peer-to-Peer and Cloud Computing for Massively Multiuser Online Games," Demo: combat state-aware interest management for online games," Peer-to-Peer Networking and Applications, Vol. 5, No. 2, 2013.
<https://doi.org/10.1007/s12083-013-0232-4>
- [7] A. Payberah, H. Kavalionak, V. Kumaresan, A. Montresor and S. Haridi, "Clive: Cloud-assisted p2p live streaming," 12th IEEE P2P Conference on Peer-to-Peer Computing, Spain, 2012.

<https://doi.org/10.1109/P2P.2012.6335820>.

- [8] H. Xu, Y. Shi, Y. Liu, F. Gao and T. Wan, "Integration of cloud computing and p2p: A future storage infrastructure," IEEE International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering, pp. 1489-1492, 2012.
<https://doi.org/10.1109/ICQR2MSE.2012.6246507>
- [9] H. Kavalionak and A. Montresor, "P2p and cloud: A marriage of convenience for replica management," Self-Organizing Systems, pp. 60-71, 2012.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-28583-7_6.
- [10] K. Lee, "Study on the Development of Convergence lesson about Computer with Internet Marketing subject in University," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, v. 19, n. 9, pp.7-12, 2018.
<https://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.9.7>.
- [11] K. Morse, L. Bic, and M. Dillencourt, "Interest Management in Large-scale Virtual Environments," Presence: Teleoperators & Virtual Environments, Vol. 9, No. 1, pp.52-68, 2000.
<https://doi.org/10.1162/105474600566619>
- [12] A. Rhalibi, M. Merabti and Y. Shen. "Aoim in Peer-to-Peer Multiplayer Online Games. ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology, pp. 71. 2006.
<https://doi.org/10.1145/1178823.1178907>
- [13] M. Ye and L. Cheng, "System-Performance Modeling for Massively Multiplayer Online Role-Playing Games", IBM Systems Journal, Vol. 45, No. 1, pp. 45-48, 2006. DOI: 10.1147/sj.451.0045
- [14] J. Kim, "A Scalable Hybrid P2P MMOG Cloud Architecture for Load Management in a Region", International Journal of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 22, No. 3, pp.83-91, 2022.
<https://doi.org/10.7236/IIBC.2022.22.3.83>
- [15] J. Jardine and D. Zappala, "A Hybrid Architecture for Massively Multiplayer Online Games," ACM SIGCOMM Workshop on Network and System Support for Games, pp. 60-65, 2008.
<https://doi.org/10.1145/1517494.1517507>
- [16] C. Shin, "Simultaneous Transmission of Multiple Unicast and Multicast Streams Using Non-orthogonal Multiple Access," The Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 22, No. 2, pp. 11-19, 2021.
<https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.2.11>
- [17] S. Kim, "MAC Protocol for Reducing Collision Probability of Uplink Channel in IEEE 802.11ax WLANs," The Journal of Korean Institute of Information Technology, Vol. 20, No. 6, pp. 77-84, 2022. <https://dx.doi.org/10.14801/jkiit.2022.20.6.77>

저 자 소 개

김 진 환(정회원)



- 1986년 : 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)
- 1988년 : 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(석사)
- 1994년 : 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(박사)
- 1994년 ~ 1995년 : 서울대학교 컴퓨터신기술공동연구소 특별연구원
- 1995년 ~ 현재 : 한성대학교 컴퓨터공학부 교수
- 주관심분야 : 멀티미디어 시스템, 실시간 게임 시스템

※ This research was financially supported by Hansung University.