

서버 처리 비용 분산을 위해 확장된 Peer-to-peer 방식을 사용한 공간데이터 관리기

김호석¹, 강동재², 정보홍³, 김재홍³, 배해영³
¹인하대학교 전자계산공학과
²영동공과대학교 컴퓨터 공학과
³ETRI 인터넷 서비스 연구부

The spatial data manager using extended peer-to-peer computing method for balancing the cost of server side

Ho-Seok Kim¹, Dong-Jae Kang², Bo-Heung Chung³,
Jae-Hong Kim³, and Hae-Young Bae³

¹Dept. of Computer Science & Engineering, Inha University

²Dept. of Computer Engineering, Youngdong University

³ETRI Computer & Software Technology Laboratory

요 약

클라이언트-서버 환경에서 공간 데이터와 같은 대용량의 데이터를 처리하는 시스템이나 다수의 클라이언트의 요구가 발생하는 시스템에서는 데이터 처리 시 발생하는 서버 I/O연산의 수행 비용과 질의 처리비용 및 결과 데이터의 전송 비용이 서버 사이드의 병목 현상과 질의 처리속도의 저하라는 문제점을 유발한다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하기 위한 방법으로 서버 처리비용의 분산을 위한 확장된 Peer-to-peer를 지원하는 방식을 제안하며, 이러한 확장된 Peer-to-peer방식을 지원할 수 있는 공간데이터 관리기의 설계 및 구현사항을 제안한다. 공간데이터 관리기는 서버에 접속된 클라이언트의 정보와 클라이언트에 캐쉬된 데이터의 정보를 관리하는 공간데이터 관리기의 CIT(Client Information Table)와 이 CIT에 가용한 데이터를 캐쉬한 클라이언트가 여럿인 경우에 대상 클라이언트의 선정이 요구되며, 적은 비용으로 처리 가능한 클라이언트의 선정을 위한 알고리즘과 클라이언트 사이의 확장된 Peer-to-peer 방식을 지원하기 위한 서버와 클라이언트간의 데이터 일관성 유지를 위한 데이터 유효성 관리를 제안한다.

1. 서론

현재 멀티미디어 데이터나 공간 데이터는 활용 분야가 계속 증가하고 있으며 요구하는 데이터의 크기도 다양화되고 있다. 멀티미디어 및 공간 데이터는 크기가 대용량이라는 특징을 가지기 때문에 이러한 데이터에 대한 운용, 처리 및 전송에 있어서의 비용도 점차로 증가하고 있는 추세이다.

공간 데이터와 같은 대용량의 데이터를 처리하는 시스템이나 다수의 클라이언트들에 의한 요구가 과도한 서버 I/O연산의 수행 비용과 질의 처리 비용 및 결과 데이터의 전송 비용을 유발하므로 이로 인한 서버 사이드의 병목 현상과 질의 처리 속도의 저하는 기존의 공간 데이터베이스 시스템에서 문제가 되고 있다.

본 논문에서는 기존의 공간 데이터베이스 시스템에서 이러한 문제점을 개선하기 위해 서버의 처리 비용을 분산시키기 위한 기존의 Peer-to-peer 방식을 확장한 공간데이터 관리기의 설계 및 구현을 제안한다. 공간 데이터베이스에서 클라이언트 사이의 데이터 공유를 효과적으로 지원하기 위한 확장된 Peer-to-peer를 지원하는 공간데이터 관리기의 역할과 정책을 기술하며 요구되어지는 기능들의 설계와 클라이언트 간의 데이터 전송에서 요구되는 서버, 공간데이터 관리기, 클라이언트 사이에서의 프로토콜을 정의한다. 제안된 방식에서 공간데이터 관리기는 확장된 Peer-to-peer 방식을 지원하기 위해서 서버에 접속된 클라이언트의 정보와 클라이언트에 캐쉬된 데이터의 정보를 CIT (Client Information Table)에서 관리한다. CIT에서 데이터의 타입 정보는 비트들의 배열로서 관리되며 이는 데이터를 유지하기 위한 비용을 줄이고 캐쉬된 데이터의 검색 시에 비트 AND 연산을 수행함으로써 처리 속도를 향상시킬 수 있다.

제안된 공간데이터 관리기는 공간 데이터베이스 시스템 서버에서 클라이언트들이 발생시키는 대용량 데이터에 대한 처리 요구와 클라이언트들의 동시 요구에 의해서 유발되는 I/O비용과 요구처리 및 전송 비용을 현재 서버에 접속중인 공간 데이터베이스 시스템의 클라이언트들에게 분배하며, 이는 서버의 처리 비용을 감소시켜 대용량 데이터의 처리를 요구하는 다수 클라이언트들에 의한 서버 사이드의 병목현상을 감소시킬 수 있다. 이러한 장점을 통하여 서버 처리 시간의 단축과 클라이언트 사이드에서의 반응 속도를 개선할 수 있으며 현재 서버에 연결된 클라이언트들의 가용한 처리 성능 및 자원을 활용할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장 관련 연구에서는 기존 공간데이터베이스 시스템인 GEOMania/ Millennium서버의 구조를 살펴보고 최근 인터넷의 새로운 패러다임인 Peer-to-peer 모델과 타일 기반의 지리 데이터 저장 구조를 기술한다. 3장에서는 서버 처리 비용의 분산을 위해서 본 논문에서 제안하는 공간데이터 관리기의 구조와 기능 및 요구되는 자료구조에 대해서 기술한다. 또 그러한 공간데이터 관리기가 효과적으로 사용되기 위한 조건인 클라이언트-서버 사이의 데이터 일관성을 유지하기 위한 정책을 고려한다.

4장 성능 평가에서는 제안된 공간데이터 관리기에 대한 평가를 실시하며 기존의 시스템과 공간 데이터관리기가 추가된 시스템에 대한 실험의 결과를 제시한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 기술한다.

2. 관련연구

클라이언트-서버 시스템은 업무가 지역적으로 분산된 곳에서 이루어지고 동시에 여러 응용 업무에 공통된 데이터를 사용할 필요성이 있는 환경에서, 복잡한 분산 환경 시스템을 구축하지 않고 개발비용을 커소로 유지하고 성능을 극대화하기 위한 해결책으로 제시되었다. 하지만 최근에 인터넷 환경에서는 이러한 클라이언트-서버의 고정적인 환경으로부터 사용자가 스스로 서비스의 제공자인 동시에 수요자가 되는 새로운 패러다임(Peer-to-peer)을 제시하고 있다[1]. 관련 연구에서는 기존의 공간 데이터베이스 시스템인 GEOMania/Millennium[9]의 구조에 대해서 살펴보고 새로운 패러다임인 Peer to peer 방식의 현재 모델[1]과 공간 데이터베이스 시스템에서의 타일 기반의 지리 데이터의 저장 구조에 대해서 기술한다[1].

2.1 GEOMania/Millennium 의 구조

대용량의 공간 및 비공간 데이터의 관리와 다수 사용자에게 의한 데이터 공유를 지원하기 위해서는 클라이언트-서버 구조의 공간 데이터베이스 시스템을 사용하는 것이 효과적이다.

GEOMania/Millennium은 인하대학교 데이터 베이스 연구실에서 개발한 클라이언트-서버 구조의 공간 데이터베이스 시스템으로 공간 및 비공간 데이터를 통합하여 저장, 관리하는 통합구조의 시스템이다[9].

2.2 Peer-to-peer 방식 모델

클라이언트-서버 방식과 Peer-to-peer 방식은 서버와 클라이언트의 관계가 존재한다는 점에서는 같지만 Peer-to-peer방식에서는 서로 연결된 각각의 호스트(peer)들이 서버와 클라이언트의 두 가지 역할을 모두 수행한다는 점이 클라이언트-서버 환경과의 차이점을 만드는 근본적인 이유가 된다[1,4]. 이러한 Peer-to-peer 방식 모델은 사용자 사이에 브로커(Broker)시스템을 두어 데이터를 관리하는 방식의 Broker mediated file sharing, 각각의 호스트 사이에 상호 데이터 정보를 등록하고 있는 Peer-to-peer file sharing, 마스터(Mater) 시스템이 존재하여 호스트 사이에 발생하는 질의를 처리하는 Cycle sharing 의 세가지로 분류하고 있다[1].

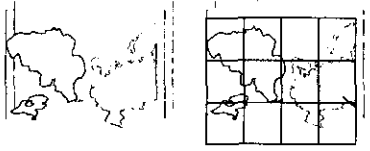
¹ 본 연구는 정보통신부의 대학 S/W 연구센터 지원사업의 연구 결과임

2.3 타일 기반 지리 데이터 저장 구조

지리 데이터는 행정경계, 지하철 노선, 건물, 등고선 등과 같이 서로 같은 주제를 가지는 각각의 레이어로 분할되어 관리된다[8].

서버측에서는 클라이언트에서 요구되어지는 지리데이터를 전송하기 위해서 항상 레이어 전체를 전송해야 하는 부담이 발생하고, 클라이언트는 레이어 전체가 전송될 때 까지 대기할 해야 하는 문제가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 레이어의 전체 영역을 일부 작은 영역인 타일(Tile)로 분할하여 지리 데이터를 관리한다. 전송단위로 타일을 사용하여 클라이언트가 요구하는 일부영역의 지리데이터에 대해서 해당 타일의 지리데이터만 전송함으로써 클라이언트의 대기시간을 줄일 수 있는 장점이 있다. 이러한 시스템은 레이어를 레이어 부분(Layer Part), 타일 부분(Tile Part), 공간객체 저장부분(Spatial Object Storage Part)으로 나누어 관리한다.

[그림2-11은 타일 단위의 데이터 관리와 레이어 단위의 데이터 관리를 보여 준다.

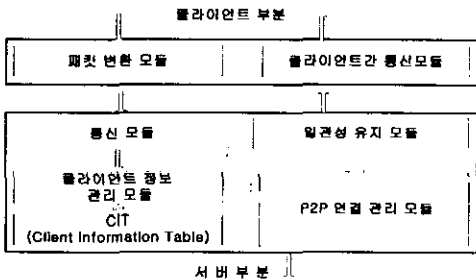


레이어 단위의 공간 데이터 타일 단위의 공간 데이터
[그림 2-11] 타일 단위의 레이어 관리

3. 확장된 Peer-to-peer 방식 공간데이터 관리기

제한하는 방식은 Peer-to-peer 방식 지원을 위해 요구되어지는 공간데이터 관리기의 기술들이며 수정이 빈번히 발생하지 않은 대용량의 데이터를 접근하는 그룹 단위의 작업이 이루어지는 소규모 네트워크 환경에 적합하다. 각각의 클라이언트에서 발생하는 질의는 요구되는 데이터가 클라이언트 캐쉬에 존재하는 경우는 클라이언트에서 처리하고, 캐쉬가 존재하지 않는 경우에 공간데이터 관리기로 질의를 전송하여 가용한 데이터를 가진 클라이언트 정보를 CIT 테이블에서 검색하여 각각의 클라이언트에게 메시지를 전송하여 클라이언트간의 전송을 지원한다. CIT 테이블에 가용한 데이터를 가진 클라이언트가 존재하지 않을 경우에는 서버에 처리를 요구하여 질의를 처리한다.

그림 13-11은 공간데이터 관리기의 전체구조 이다.

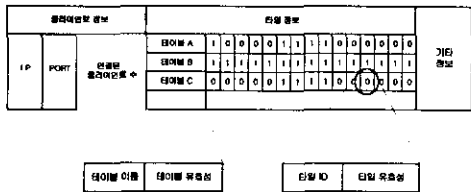


[그림 3-1]공간데이터 관리기의 전체구조

3.1 공간 데이터 관리기 구성

3.1.1 공간데이터 관리기에 제안된 자료구조 - CIT (Client Information Table)

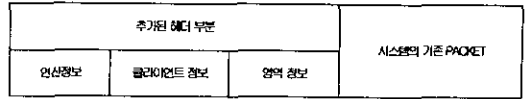
제한하는 방식에서는 CIT라는 테이블에 현재 서버에 연결된 클라이언트의 정보와 해당 클라이언트에 캐쉬되어 있는 데이터의 정보를 관리한다. 데이터의 정보는 캐쉬된 테이블의 이름과 테이블에 속하는 타일 중에서 실제로 클라이언트에 존재하는 타일에 대한 ID를 관리한다. [그림3-2]는 공간데이터 관리기에서 관리하는 CIT 테이블의 구조를 보여준다.



[그림3-2] CIT의 구조

3.1.2 패킷 변환 모듈

클라이언트 사이의 데이터 공유를 기본 공간 데이터베이스 시스템에서 지원하기 위해서는 클라이언트-서버, 클라이언트-클라이언트 사이에 새로운 패킷이 요구된다. 패킷 변환 모듈에 의해서 변형된 패킷의 형태는 [그림3-3]과 같다.



[그림 3-3] 패킷 변환 모듈에 의해 헤더가 추가된 패킷

3.1.3 클라이언트 정보 관리 모듈

클라이언트 정보 관리 모듈에서는 대상 클라이언트와 전송 타일 리스트의 선정용을 위한 알고리즘을 제공한다.

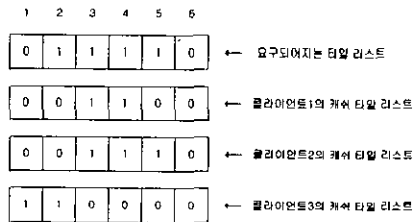
- ITL (InitialTileList) : 클라이언트의 요구 메시지에 포함된 영역정보를 이용하여 공간데이터 관리기가 서버로부터 받은 해당 영역을 포함하는 타일리스트
- CTL (CachedTileList) : 해당 클라이언트에 존재하는 요구된 테이블에 속하는 캐쉬된 타일 리스트
- RTL (RequiredTileList) : 질의 처리를 하기 위해서 요구되어지는 타일 리스트

여기서 질의에 필요한 타일리스트는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$RTL = ITL - CTL$$

다음은 클라이언트 선정용을 위해 적용되는 알고리즘이다. CIT의 타일정보에서 요구되는 타일을 캐쉬하고 있는 클라이언트에 대한 선정은 비트 연산인 AND연산을 수행함으로써 구한다. 연산을 위해서 테이블을 구성하는 타일의 개수만큼 해당하는 비트들이 사용된다. 비트들의 순서와 타일 ID는 일대일 대응이 되며 RTL에 포함되어 있는 타일들에 대해서 해당하는 비트에 1로 표시한다.

다음 그림[3-4]은 임의의 테이블 A에 대해서 테이블 A에 포함되는 타일 2,3,4,5를 가진 클라이언트를 선정하기 위한 초기 상태이다.



[그림 3-4] 클라이언트 선정 초기단계

RTL을 사용하여 각각의 CIT와 AND연산을 차례대로 수행하면 다음과 같은 결과리스트를 얻을 수 있다.

클라이언트	캐쉬된 클라이언트
클라이언트 1	3,4
클라이언트 2	3,4,5
클라이언트 3	2

타일리스트의 포함관계를 비교하여 동일한 타일을 가진 클라이언트를 삭제하면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

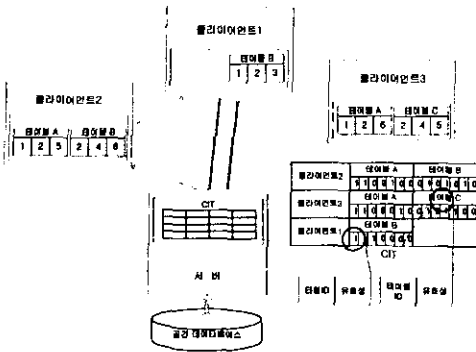
클라이언트 2	3,4,5
클라이언트 3	2

연산 후 결과에 포함되지 않은 타일은 클라이언트 사이드에 캐쉬되어 있지 않은 타일이므로 서버로부터 전송을 받아야 하는 타일임을 의미한다.

3.1.4 Peer-to-peer 연결 관리 모듈

Peer-to-peer 연결 관리 모듈에서는 클라이언트-서버 환경에서 확장된 Peer-to-peer방식을 지원하기 위한 클라이언트, 공간 데이터 관리기, 서버 사이의 패킷 전송 및 연결 관리를 지원하는 모듈이다.

다음 그림에서 클라이언트 2의 CIT 정보는 데이터 전송을 위해서 선정되어지는 순간에 현재 연결된 클라이언트의 수가 1이 증가하게 되면 전송 완료 후 클라이언트 1이 수신 완료 메시지를 전송한 직후에 다시 1이 감소한다. 이는 동일한 클라이언트에 여러 클라이언트가 연결되어 분산된 서버의 처리 비용이 특정한 클라이언트에 집중되는 것을 막기위한 정보이다.



[그림 3-5] 확장된 Peer-to-peer의 지원

3.1.5 일관성 유지 모듈

3.1.5.1 객체 수정 연산에서의 일관성 유지

객체에 대한 수정인 경우 공간데이터 관리기는 클라이언트가 수정하려는 객체를 포함하는 타일을 CIT 테이블에서 검색한다. 해당 타일을 캐쉬하고 있는 클라이언트들의 정보에 대해서는 검색된 타일의 Validation 필드에 OFF(O)를 기록함으로써 인접 클라이언트에 의한 접근을 막는다. 타일 단위의 유효성 필드를 유지함으로써 캐쉬 데이터에 대한 인접 클라이언트들의 데이터 유효성을 높일 수 있다는 장점을 갖는다. 해당 타일에 대한 유효성을 OFF 시킨 후에 서버로 처리 요구를 하게 되며 서버에서 해당 객체에 대한 수정 연산을 수행한다. 서버의 수정 연산이 완료되면 질의를 발생시킨 클라이언트에게 처리 완료 메시지를 전송함으로써 요구 처리를 완료한다. 다음으로 공간데이터 관리기는 서버와 클라이언트 데이터의 일관성을 유지하기 위하여 수정의 대상 객체를 포함하는 타일들을 가진 클라이언트들에게 캐쉬 데이터에 대한 수정 변경 메시지를 전송한다. 메시지를 수신한 클라이언트들은 해당 객체에 대한 수정을 수행하며 완료 후 공간데이터 관리기에 수정 변경 완료 메시지를 전송한다. 수정 변경 완료 메시지가 수신되는 순서대로 해당 클라이언트의 CIT 정보에서 타일의 유효성 필드(Validation)를 ON 시킴으로써 인접 클라이언트의 데이터에 대한 접근을 허용한다.

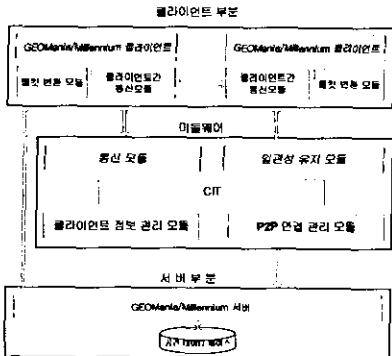
3.1.5.2 테이블 수정 연산에서의 일관성 유지

테이블에 대한 수정은 테이블에 속한 모든 타일이 포함하는 객체에 변경이 발생하는 경우로서 객체에 대한 수정 연산 방식을 적용하면 처리비용의 증가 문제가 발생하므로 테이블 전체를 삭제하는 방식을 사용함으로써 클라이언트에서의 처리 비용을 줄일 수 있으며 공간데이터 관리기와 클라이언트 사이에 발생할 수 있는 네트워크 트래픽을 막을 수 있다.

3.1.6 클라이언트간 통신 모듈

클라이언트간의 전용 통신을 위한 것으로 연결 시 서버로서의 역할을 위한 모듈 부분과 클라이언트로서의 역할을 위한 부분을 모두 구현한다. 각각의 부분에 대한 기능은 일반적인 클라이언트-서버에서의 통신 모듈과 유사하며 공간데이터 관리기로부터의 전송된 메시지에 의해서 동작하도록 구현하게 된다.

3.2 시스템 전체 아키텍처



[그림 3-6] 시스템 전체 구조

본 논문에서 제안된 공간데이터 관리기가 추가된 [그림 3-6]의 시스템은 클라이언트의 요구 발생시 본문에서 제안된 자료구조와 공간데이터 관리기의 기능들을 이용하여 클라이언트에 요구되는 데이터가 없는 경우에 대한 서버 비용을 분산시키는 역할을 수행한다. 다수의 클라이언트 요구가 발생하더라도 클라이언트가 유사한 데이터를 접근하는 경우에는 서버의 처리 비용이 연결된 클라이언트로 분산되기 때문에 서버의 처리 비용이 크지않다. 뿐만 아니라 클라이언트의 가용한 자원을 활용함으로써 시스템 전체의 성능 향상을 기대할 수 있다.

4. 성능평가

4.1 성능평가 환경

항목	클라이언트 1	클라이언트 2	클라이언트 3	클라이언트 4
기종	IBM PC	IBM PC	IBM PC	IBM PC
CPU	Pentium II 400	Pentium II 400	Pentium III 700	Pentium III 700
Main Memory	128	128	256	256
OS	Windows98	Windows98	Windows NT	Windows 2000

[표 4-1] 실험에 사용된 클라이언트의 시스템 명세

4.2 성능평가 결과

연결된 클라이언트 수		캐쉬 클라이언트 수			
		1	2	3	4
공간 데이터 관리기 시스템	기본 시스템	68.87	84.01	123.22	196.42
	0	69.22	84.11	124.89	198.27
	1	65.35	69.03	87.26	129.06
	2	64.91	66.97	71.24	87.11
	3	66.01	65.55	68.92	75.31
4	65.33	68.86	67.23	74.23	

[표 4-2] 캐쉬 클라이언트 수에 따른 실험치

[표 4-2]는 공간데이터 관리기가 적용되지 않은 시스템과 적용된 시스템에서의 다중 클라이언트의 요구가 발생하는 경우의 처리 시간을 나타낸다. 공간데이터 관리기가 적용된 시스템의 경우, 요구하는 데이터를 캐쉬하고 있는 클라이언트의 수를 순차적으로 변화시키며 그에 따른 성능을 측정함으로써 구성된다.

5. 결론

본 논문은 공간 데이터베이스 시스템인 GEOMania/Millennium에서 확장된 Peer-to-peer 방식을 제안하였고 이를 지원하는 공간데이터 관리기의 설계 및 구현을 제안하였다.

서버 사이트의 디스크 I/O 비용과 처리 및 전송 비용을 현재 서버에 접속 중인 클라이언트들에게 분산시킴으로써 서버 처리 속도의 향상 및 다수 클라이언트들의 요구에 의한 서버 사이트의 병목현상을 완화시켰다. 이러한 장점을 통하여 서버 처리 시간의 단축과 클라이언트들의 가용한 처리 성능 및 자원을 활용할 수 있다는 장점을 갖는다.

향후 연구로는 클라이언트 사이에서의 처리 및 전송을 지원할 경우 해당 현재 클라이언트 사이트에서 진행중인 작업에 대해서 영향을 주게 되므로 해당 클라이언트에서의 진행 중인 작업이 있는 경우에 부하를 줄일 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다.

6. 참고 문헌

- [1] Bob Knighten "Peer to Peer Computing", Intel Developer Forum, Fall, 2000
- [2] Ralph Witmann, Martina Zitterbart, "Multicast Communication Protocol and Applications", Morgan Kaufmann, 7-36, 53-119, 1999
- [3] Douglas E. Comer, Ralph E. Droms, "Computer Networks and Internets", Prentice Hall, 1999
- [4] Michael J. Franklin, Michael J. Carey, Miron Livny "Transactional Client-Server Cache Consistency: Alternatives and Performance", ACM, 1997
- [5] Yongdong Wang, Lawrence A. Rowe, "Cache Consistency and Concurrency Control in a Client-Server DBMS Architecture", ACM, pp367-379
- [6] Jayavel Shanmugasundaram, Arvind Mithrakashyap, Rajendran Sivasankaran, Krithi Ramamritham, "Efficient Concurrency Control for Broadcast Environments", ACM, 1999
- [7] C. Mohan, Inderpal Narang, "ARIES/CSA: A Method for Database Recovery in Client-Server Architectures", ACM SIGMOD 94, 1994
- [8] 조 영섭, "타일 저장 구조와 하이브리드 공간 질의 처리 기법을 이용하는 클라이언트 중심 웹 지리정보시스템", 인화대학교 대학원 전자계산공학과 공학 박사 학위 논문, pp34-57, 1999.2
- [9] 이 환재, 안 준순, 강 동재, 이 경보, 정 보홍, 박 동선, 배 해영, "GEO/Millennium: 클라이언트-서버 공간 데이터베이스 시스템", Proceedings of the 26th KISS Conference, 제 26권 2호, 2000.4
- [10] 강 동재, 정 보홍, 박 동선, 배 해영, "C-C Connector: 공간 데이터 베이스에서 서버 처리 비용의 분산을 위한 미들웨어", Proceeding of the 27th KISS Fall Conference, 제 27권 2호