

만성질환 클러스터링을 위한 서비스 지향형 PACS-Grid

Fawaz Al Hazemi*, 송혜원*, 윤찬현*, 김병상*, 김영현**, 진광자***

*한국과학기술원

**(주)알티베이스

***한국전자통신연구원

e-mail : {fawaz, hwonsong, chyoun, bskim}@kaist.ac.kr, mystical@google.com, gjjin@etri.re.kr

Service-oriented PACS-Grid for Chronological Clustering

Hyewon Song*, Fawaz Al Hazemi*, Chan-Hyun Youn*, Younghun Kim**

* Korea Advanced Institute of Science and Technology

** Altibase

***Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

본 논문에서는 전산화 및 통합된 환경에서 의료정보처리 요구사항을 만족시키기 위하여 만성질환 클러스터링 기법을 제안하고, 이를 서비스 지향형 PACS-Grid 플랫폼에 적용하여 그 성능을 평가한다. 마지막으로 제안된 시스템 형상이 기존의 PACS-Grid 보다 데이터 처리 성능이 개선되었음을 보여준다.

1. 서론

의료 기술의 고도화와 의료 기술의 전문성의 증가로 인류의 수명은 늘어나고 있으며, 이에 따라 인류의 질병 형태와 의료환경 또한 변해가고 있다. 과거의 일시적이고 단발성적인 질환 치료에서 장기적이고 만성적인 건강관리 분야로 확대되고 있으며, 또한, 장기적이고 복합적인 의료환경 및 서비스를 제공하기 위해서, 의료 정보 기기들의 컴퓨터화/전산화 및 이종 기기의 상호운용의 중요성이 더욱 증가하고 있다. [1]

특히, 다양화된 의료정보를 통합하고, 만성질환을 대상으로 하는 의료환경 기술은 특정 질환에 대한 영역에서 꾸준히 연구되고 있다. 중앙학, Health-care 와 같은 분야에서 의료 정보를 통합하여 진료의 목적으로 시간 기반의 의료정보 가시화 기술 분야의 연구가 이에 속한다. 이뿐 아니라, 이종의 의료 기기의 통합성과 상호 운용성을 재고하기 위해 IHE (Integration of Health Enterprise), MediGrid, European HER 등 연구가 진행되고 있다. 그러나 이 둘의 영역은 보통 개별적으로 연구가 진행되고 있으며, 단일한 기관 외 다중 의료기관의 데이터에 바탕으로 하는 연구는 진행되고 있지 않다.

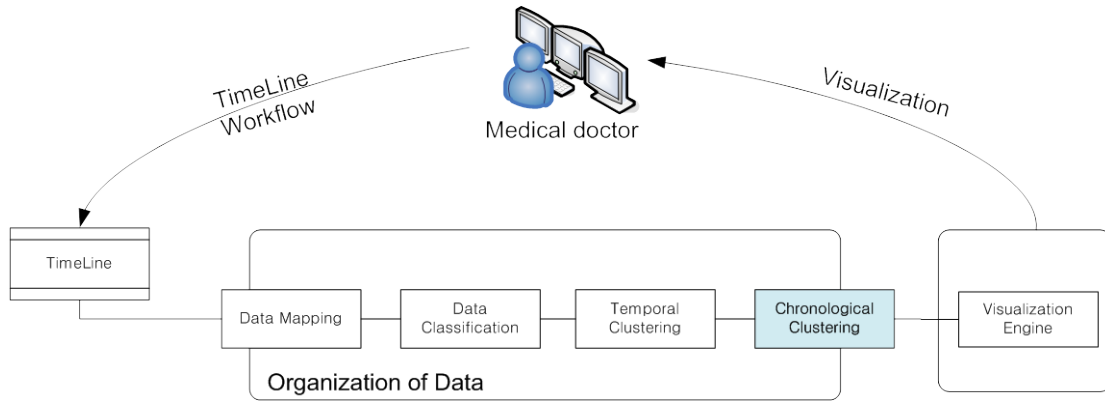
만성질환을 관리하기 위한 정보는 장기적으로 생성되며, 다량의 정보가 존재하며, 시간을 중심으로 한 진후 관계가 중요성을 갖는다. 다량의 정보는 단일한 화면에 문제 중심으로 모든 정보가 가시화 되어야 한다. 이 특징을 바탕으로 의료정보 처리 플랫폼은 환자의 의료기록을 시간상으로 정렬하고 통합하며, 이와 관련된 다량의 의료영상들에 대해 대상으로 하는 영상처리의 방법이 통합되어 수행되어야 한다. 이에 관련된 선행 연구로 TimeLine[3] 및 Sakura-

Viewer[4]가 있다. 앞서 말한 바와 같이, [3]과 [4]에서의 연구는 플랫폼의 용도가 단일한 목적에 국한되어 있으며 응용의 특징상 확장의 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 응용의 한계점을 극복하고, 만성질환 중심의 의료정보처리를 통합하기 위해서 기 연구한 PACS-Grid 플랫폼[2]을 이용하여 서비스 지향형 PACS-Grid 플랫폼을 제안하고, 이를 기반으로 만성질환 클러스터링을 통한 정보 및 영상 가시화 기법에 대하여 기술한다. 또한, 제안된 만성질환 클러스터링 기법 기반 PACS-Grid 서비스를 실행하여 기존의 PACS-Grid 서비스 수행 결과와 비교 분석함으로써, 제안된 플랫폼에서의 성능이 개선되었음을 보여준다.

2. 만성질환 클러스터링 알고리즘

만성질환 클러스터링[5][6]은 시간에 대한 관계성을 관찰하는 클러스터링 방법으로, 결합 관계 (Connectedness) 와 퓨전 레벨 (Fusion Level) 이라는 두 가지 요소를 포함하고 있다. 결합 관계는 시간 도메인에서 분산되어 있는 데이터나 데이터의 관찰 결과가 서로 연관되어 있다는 것을 의미하며, α 로 나타나는 퓨전 레벨은 클러스터링 튜닝 지표이며, 인접한 관찰 결과 사이에 유사성(Similarity)를 정의하는 주요 요소인 동시에, 관찰 결과 간의 유사성 혹은 연관성 (Correlation) 의 용인 양 (Tolerance ration) 을 의미한다.

이러한 α 는 서비스 지향형 PACS-Grid 플랫폼에서 의료 영상 및 의료 정보 데이터에 대한 콘텐츠를 정의하고, 이들간의 관계를 산술적 방정식을 이용해 0 와 1 사이로 정형화한 값 (e.g. 퍼센트 값) 으로 변환함으로써 얻을 수 있다. 만성질환 클러스터링에서는 의료 영상 및 의료 정보 데이터의 업데이트와 서



(그림 1) 만성질환 클러스터링을 통한 PACS-Grid 서비스

비스 지향형 PACS-Grid 플랫폼에서의 시간 연대적 가시화 (Timeline Visualization) 를 제어하는 주요한 지표가 된다.

α 는 이전 데이터와 연속해서 얻어지는 데이터간의 차이값 (Differentiation value) d 를 통해 업데이트되는데, d 는 다음과 같이 정의된다.

$$\text{Differentiation } (d) = \frac{\sum_{i=1}^{N_c} |\text{Former report value} - \text{Current report value}|}{\text{No. of Contentes } (N_c)}$$

이러한 d 가 $(1-\alpha)$ 보다 작을 때, 현재 환자의 상태에서 중요한 변화가 없으므로 결과의 업데이트는 일어나지 않는다. 반대로 d 가 $(1-\alpha)$ 보다 크다면 현재 환자의 상태에 중요한 변화가 있다는 것을 의미하므로, 업데이트되어 디스플레이 된다.

또한, α 값은 그 값이 1 에 가까울수록 데이터 간 연관성이 작음을 의미하며, 따라서 서비스 지향형 PACS-Grid 플랫폼에서의 시간 연대적 가시화에서 최대한 모든 정보를 최적화된 방법을 통해 디스플레이 하는 것을 의미한다. 예를 들어, 만약 특정 구간의 상세 데이터에 관심이 있는 경우, α 의 값을 감소시키도록 튜닝하여 PACS-Grid 서비스를 수행하게 된다. 또한 α 를 이용하여 특정 레벨에서의 만성질환 클러스터링 수행 결과를 나타낼 수 있으며, α 가 작을수록 해당 환자와 관련된 모든 의료 영상 및 의료 정보 이력들을 디스플레이 해주게 된다.

그림 1 은 만성질환 클러스터링을 통한 PACS-Grid 서비스의 워크플로우를 나타내고 있으며, 이러한 워크플로우 기반에 PACS-Grid 서비스의 수행 성능을 평가하기 위해서 본 논문에서는 비용 모델을 적용한다. 그림 1 과 같은 환경에서 만성질환 클러스터링을 통한 환자의 이력 정보와 분산된 의료 영상 및 의료 정보 관련 데이터를 시각화 (Visualization) 하기까지의 과정은 다음과 같다. ① 다른 병원에 위치한 분산되어 있는 환자의 의료 영상 및 의료 정보 관련 데이터를 포함하여 환자의 이력 정보를 검색한다. ② 검색된 데이터를 분류한다. ③ 분류된 데이터를 만성질환

클러스터링을 통해 계산한다. ④ 그 결과를 시각화한다. 이러한 과정을 위한 비용 모델은 다음과 같이 정의될 수 있다.

$$Cost = C_R + C_S + C_{CC} + C_V$$

여기서 C_R 은 정보 검색 (Retrieving) 시 발생하는 비용을, C_S 는 검색된 정보를 분류 (Sorting) 하는데 드는 비용을, C_{CC} 는 분류된 데이터를 이용하여 만성질환 클러스터링을 수행하는데 드는 비용을, C_V 는 그 결과를 시각화 (Visualization) 하는데 드는 비용을 각각 의미한다.

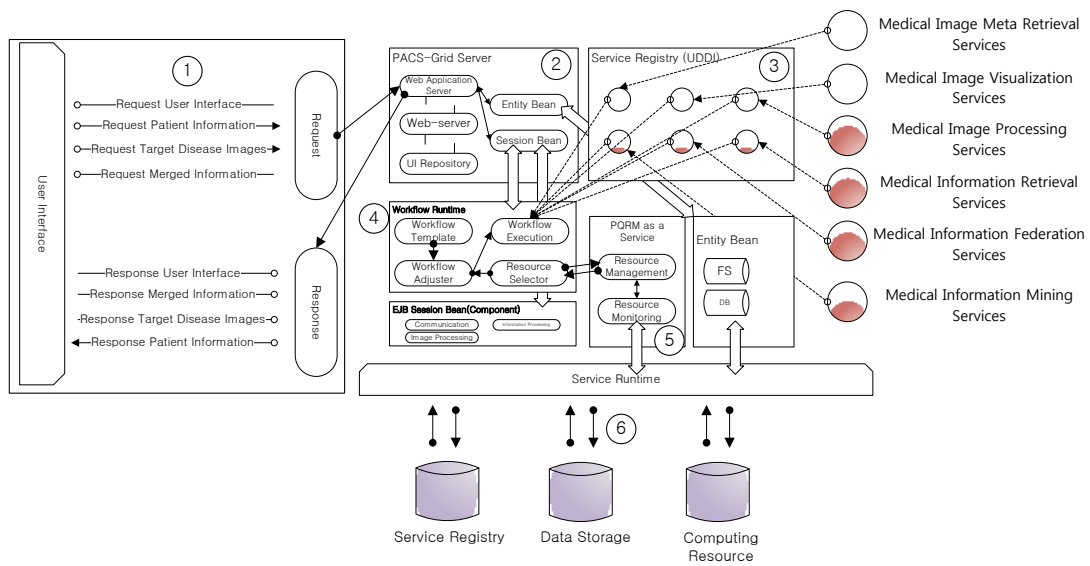
만약 의사가 환자의 이력에서 숨은 데이터를 관찰하기 위해 α 값을 튜닝하는 과정을 수행할 때, 튜닝을 반복할 때마다 위의 과정은 검색부터 시각화까지 반복된다고 가정한다면, 의사가 N 번 튜닝 과정을 거칠 때, 전체 서비스 수행을 위한 비용은 다음과 같이 정의된다.

$$Cost_{total} = \sum_{i=1}^N C_{R(i)} + C_{S(i)} + C_{CC(i)} + C_{V(i)}$$

그러나 본 논문에서 제안하는 만성질환 클러스터링을 위한 서비스 지향형 PACS-Grid 플랫폼은 튜닝 때마다 단순히 모든 절차를 반복하는 것이 아니라 만성질환 클러스터링 절차만을 반복하므로, 위의 비용 모델은 결국 다음과 같이 재정의될 수 있다.

$$Cost_{total} = \text{init.} \{C_R + C_S + C_{CC} + C_V\} + \text{inc.} \sum_{i=2}^N \{C_{CC(i)} + C_{V(i)}\}$$

즉, 초기에 전체 절차를 수행하는데 드는 비용과 튜닝을 위해 반복될 때마다 증가하는 만성질환 클러스터링 수행을 위한 비용과 시각화 비용의 합으로 재정의될 수 있다.



(그림 2) 서비스 지향형 PACS-Grid 아키텍처

3. 만성질환 클러스터링을 지원하는 서비스 지향형 PACS-Grid

서비스 지향형 PACS-Grid 는 서비스 중심의 정보처리 시스템이다. 서비스는 특정 하드웨어와 소프트웨어에 의존적이지 않으며 서로간의 통신된 규약으로 상호작용할 수 있다. 따라서, 환자의 의료정보를 취득하고, 관련된 의료영상을 취득하고 요구되는 영상 처리 방법을 적용하기 위한 개별적인 응용들을 서비스로 분류하였다. 서비스의 분류는 다음과 같다.

- Medical Image Meta Retrieval Services
- Medical Image Processing Services
- Medical Information Retrieval Services
- Medical Information Federation Services
- Medical Information Processing Services

상기의 서비스를 바탕으로 만성질환 지향형 가시화를 위한 서비스 워크플로우를 구성한다. 기 정의된 서비스를 바탕으로 조합하여 새로운 서비스를 구성할 수 있고, 각각의 서비스 혹은 조합된 서비스는 그림 2 의 서비스지향형 아키텍처의 UDDI 에 다른 서비스들과 같이 등록된다.

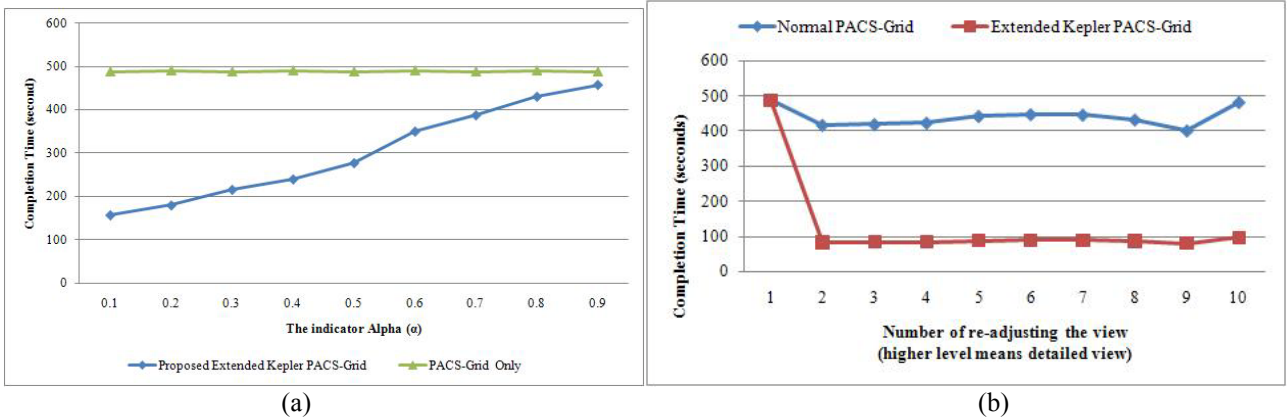
UDDI 에 등록된 서비스는 서비스 지향형 PACS-Grid 아키텍처의 요소로서 수행된다. [그림 2] 서비스 이외에 아키텍처는 다음으로 구성된다. ① 사용자 인터페이스이다. 추상화된 개념으로 웹, 모바일, 어플리케이션으로써 서비스의 처리된 결과를 가시화 하기 위한 인터페이스의 영역을 말한다. ② PACS-Grid Server 는 Web application server (WAS)와 web server, UI repository 를 포함한다. ③ Service Registry (UDDI)이다. 서비스 이름을 WSDL 로 바꿔주는 맵핑 역할을 한다. ④ Workflow Runtime 워크플로우 실제 수행 역할을 담당한다. ⑤ PQR as a Service 는 동일한 서비스가 다양한 시스템에 디플로이되어 사용할 준비가 되었을

때, 이를 이용한 워크플로우의 수행 시에 적절한 서비스자원을 선택하는 역할을 한다.

이러한 서비스 지향형 PACS-Grid 플랫폼은 만성질환 클러스터링 기반의 PACS-Grid 서비스를 워크플로우 기반의 서비스 관리를 수행을 통해 제공함으로써 보다 효과적으로 제공할 수 있다. 특히, 앞 장에서 언급했듯이, 만성질환 클러스터링을 통한 PACS-Grid 서비스 수행 시 드는 비용 모델을 통해 그 성능 및 복잡성을 고려할 때, 이는 비용 효율성 측면에서 보다 좋은 비용 성능을 제공할 수 있다.

4. 성능 평가

본 논문에서는 환자 치료 이력 데이터베이스와 이를 기반으로 하는 시간 연대적 디스플레이 및 간단한 의료 영상처리 서비스를 구성하여 제안한 서비스 지향형 PACS-Grid 플랫폼과 기존 PACS-Grid 플랫폼 환경에서 비교 실험을 통해 성능평가를 수행하였으며, 그 결과는 그림 3 에서 볼 수 있다. 3 개의 병원에 분산된 15 개의 의료 영상 및 의료 정보 리포트를 가진 환자의 시간 연대적 이력 데이터베이스를 구성하였고, 이를 기반으로 만성질환 클러스터링 알고리즘을 이용해 서비스 지향형 PACS-Grid 플랫폼을 통해 디스플레이 하였다. 그림 3 (a) 에서 알 수 있듯이, 기존의 PACS-Grid 플랫폼은 α 값에 상관없이 해당 환자의 모든 이력 데이터를 디스플레이 하지만, 제안한 서비스 지향형 PACS-Grid 플랫폼은 α 의 값이 작을수록 만성 질환 클러스터링을 통해 필터링 된 이력 데이터만 디스플레이 하므로 서비스 수행 완료 시간이 짧아진다. 또한, 장기적 관점에서 제안한 서비스 지향형 PACS-Grid 플랫폼은 α 값의 재조정을 통해 꾸준히 해당 환자의 이력을 관리함으로써, 기존의 PACS-Grid 플랫폼에 비해 짧은 서비스 수행 시간 동안에 해당 서비스들을 처리할 수 있다.[그림 3 (b)]



(그림 3) 제안된 플랫폼과 기존 PACS-Grid 플랫폼에서의 실험 결과 비교 (a) α 에 따른 서비스 완료 시간 비교, (b) α 값의 재조정에 따른 서비스 완료 시간 비교

5. 결론

본 논문에서는 다양화된 의료정보를 통합하고, 만성질환을 대상으로 하는 의료 기술의 변화를 효과적으로 지원할 수 있는 만성 질환 클러스터링을 위한 서비스 지향형 PACS-Grid 플랫폼을 제안함으로써, 확장성 있고 유연한 서비스 기반의 의료 영상 및 의료 정보 처리 서비스를 효과적으로 지원하고, 만성질환 클러스터링을 통해 환자의 의료 영상 및 의료 정보 관련 이력 데이터를 효율적으로 관리하여 시간 연대적 디스플레이를 통해 제공할 수 있다. 또한, 기존 플랫폼과의 성능 비교 실험 결과를 통해 알 수 있듯이, 이러한 제안된 플랫폼에서의 서비스 수행이 기존 플랫폼에서의 서비스 수행하는 것 보다 성능이 개선되었음을 보여준다.

참고문헌

[1] Grimes, S.L., "The challenge of integrating the healthcare enterprise," *Engineering in Medicine and*

Biology Magazine, IEEE, vol.24, no.2, pp.122-124, March-April 2005

[2] Yong-Jie Ni, "A PQRM-based PACS System for Advanced Medical Services under Grid Environment", Information and Communications University, 2007

[3] Toyoda, S.; Niki, N.; Nishitani, H., "SAKURA-Viewer: Intelligent Order History Viewer Based on Two-Viewpoint Architecture," *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on*, vol.11, no.2, pp.141-152, March 2007

[4] Bui, A.A.T.; Aberle, D.R.; Hooshang Kangarloo, "TimeLine: Visualizing Integrated Patient Records," *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on*, vol.11, no.4, pp.462-473, July 2007

[5] Bell, M.A.; Legendre, P., "Multicharacter Chronological Clustering in a Sequence of Fossil Sticklebacks," *Systematic Zoology*, Vol. 36, pp 52-61, 1987

[6] Legendre, P.; Dallot, S.; Legendre, L., "Succession of species within a community: Chronological clustering, with application to marine and freshwater zooplankton," *Am. Nat.* Vol. 125, pp. 257-288, 1985