

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2017.17.3.23>

IIBC 2017-3-3

의료 정보 FHIR 리소스 무선 데이터 방송을 위한 분산 인덱싱 기법

A Distributed Indexing Scheme for Wireless Data Broadcasting of Health Information FHIR Resources

임석진*

Seokjin Im*

요약 차세대 의료 정보 교환 표준인 FHIR는 빠른 의료정보 교환이 가능할 뿐 아니라 효과적인 다양한 의료서비스가 가능하다. 본 논문은 FHIR 리소스를 보안 채널기반의 무선 데이터 방송에 적용하여 사용자에게 효율적으로 리소스를 전달할 수 있도록 하기 위해 FHIR 리소스 기반의 인덱싱 기법을 제안한다. 제안된 인덱싱 기법은 리소스를 받고자 하는 사용자 정보와 사용자에 대한 FHIR 리소스를 유지하여 대량의 사용자가 빠른 시간에 적은 에너지를 사용하여 원하는 리소스를 다운로드할 수 있도록 한다. 시뮬레이션을 통해 제안된 인덱싱 기법이 다른 기법들 보다 우수한 성능을 보임을 보였다.

Abstract FHIR, next-generation standard for health information exchange, allows to exchange health information fast and to provide various health services. In this paper, we propose an indexing scheme of FHIR resources for adopting the resources to wireless data broadcasting with a secure channel. That scheme keeps the information of users to support to download FHIR resources from the secure wireless broadcast channel and the information on the resources. Using the proposed index, massive users can download their desired FHIR resources with less energy in short time. With simulation studies, we show the proposed indexing scheme outperforms other scheme broadcasting FHIR resources.

Key Words : Health Informatics, FHIR Resource, Wireless Data Broadcast, Indexing Scheme

1. 서 론

의료기술의 발전은 평균 수명의 증가와 삶의 질의 향상을 가져왔다. 의료기술은 ICT 기술과의 융합으로 사용자의 만족도를 높일 수 있는 의료 서비스 뿐만 아니라 다양한 상황에서 안정적인 의료서비스가 가능하게 한다. 또한 ICT 기술과의 융합으로 인해 개인이 자신의 의료 정보를 수집하여 제 3의 의료 서비스에 사용할 수도 있어

다양한 맞춤형 의료 서비스가 가능하게 한다^[1, 2, 8, 9, 10, 11].

효과적인 의료서비스를 가능하게하고 또한 서비스를 제공하는데 소요되는 비용을 낮추기위해서 필요한 여러 가지 요소들 중에 중복적인 의료 서비스를 제거하는 것이 중요하며 이를 위해 의료 서비스 사이의 의료 데이터의 상호 교류가 중요하다.

HL(Health Level)7 FHIR(Fast Healthcare Interoperability Resources)는 문서기반의 의료 정보 교

*정회원, 성결대학교 공과대학 컴퓨터공학부
접수일자: 2017년 4월 13일, 수정완료: 2017년 5월 13일
게재확정일자: 2017년 6월 9일

Received: 13 April, 2017 / Revised: 13 May, 2017 /
Accepted: 9 June, 2017

*Corresponding Author: imseokjin@gmail.com
Dept. of Computer Engineering, Sungkyul University, Korea

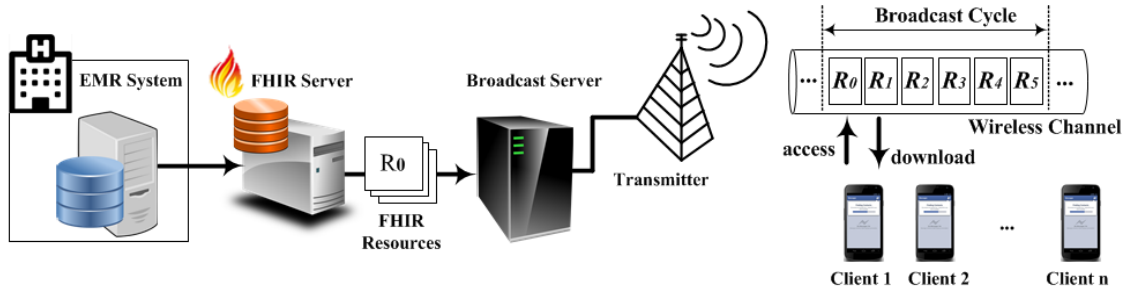


그림 1. FHIR 리소스 문서 전달을 위한 무선 데이터 방송 시스템
 Fig. 1. Wireless Data Broadcast System for Delivery of FHIR Resource Documents

류 표준으로써 RESTful 웹 서비스를 통해 의료 정보를 쉽게 교류할 수 있도록 한다. FHIR는 의료정보를 리소스 단위로 구성하여 의료정보를 구조화하기가 쉽고 의료 정보를 빠르게 교환할 수 있도록 한다^{3, 4)}.

FHIR 리소스는 의료 서비스 사이의 의료 정보의 교환도 쉽게 해 줄 수 있을 뿐만 아니라 개인이 의료 정보의 수집과 이를 이용한 제 3의 서비스를 받을 수 있도록 할 수 있어 응용 범위가 넓다.

대규모의 사용자들이 자신의 모바일 디바이스를 이용하여 FHIR 리소스를 수집하려고 하는 상황에서, 대규모의 사용자의 수는 FHIR 리소스를 제공하는 서버의 부담을 가중시켜 리소스를 제공하는 서비스가 원활하지 않을 수 있다.

무선 데이터 방송은 사용자의 수에 상관없이 데이터를 전달할 수 있는 기술로서 대규모의 사용자에게 데이터를 효과적으로 전달할 수 있어 사용자의 수에 대한 확장성을 보장한다^{5,6,7)}. FHIR 리소스를 대규모의 사용자에게 전송할 때, 무선 데이터 방송은 확장성 측면에서의 대안이 될 수 있다. 그림 1은 병원의 EMR 시스템의 의료 정보를 FHIR 서버에서 리소스화 한 후, 무선 데이터 방송 서버를 통해 무선 채널에 방송하는 시스템을 보인다. 이 시스템에서 FHIR 리소스를 방송하기 위한 무선 채널은 보안성이 확보된 채널을 적용하여 사용자가 안전하게 개인의 FHIR 리소스를 무선채널에서 다운로드할 수 있다.

무선데이터방송은 FHIR 서버가 생성한 FHIR 리소스를 무선 채널에 방송하고 클라이언트들은 무선채널에 액세스하여 자신이 원하는 리소스를 다운로드할 수 있다.

본 논문에서는 무선 데이터 방송을 이용하여 FHIR 리소스를 클라이언트에게 효과적으로 전달하기 위해, FHIR 리소스를 채널에 방송하기 위한 FHIR 리소스 기반의 분산 인덱스를 제안한다.

본 논문은 2장에서 관련연구로서 FHIR 리소스를 리뷰하고, 3장에서 FHIR 리소스 분산 인덱스를 제안한다. 4장에서 제안된 분산 인덱스를 이용한 무선 데이터방송 시스템에서의 성능을 평가한 후, 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

1. HL7 FHIR

HL7 FHIR는 의료 정보 교환을 위한 차세대 표준 프레임워크로서 웹상에서 RESTful API를 이용하여 의료 정보를 교환한다. FHIR는 DSTU2 버전이 2015년 9월에 발표되었고 의료 정보 교환에 대한 이슈들이 지속적으로 업데이트되고 있다³⁾. 그림 2에 보인 것과 같이 FHIR는 의료 정보를 리소스 단위로 구성하고 해당 리소스의 문서와 메시지를 RESTful API를 이용하여 교환하여 기존의 방법들 보다 보다 간단한 형식으로 빠르게 의료 정보를 교환할 수 있도록 한다. 의료 정보를 리소스 단위로 구성하였기 때문에 필요한 리소스들만 선택하여 교환하려는 의료정보를 구성할 수 있으며 이 때 리소스들 간의 링크정보를 이용한다. 링크정보를 이용하여 하나의 리소스에서 다양한 리소스들을 참조할 수 있는 장점이 있어 유연한 의료정보의 교환이 가능하게 된다.

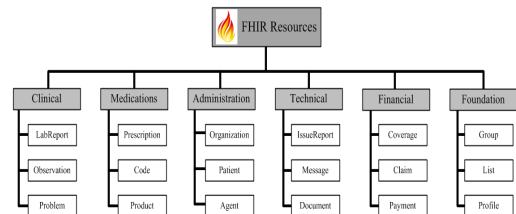


그림 2. FHIR 리소스
 Fig. 2. FHIR Resources

III. FHIR 리소스 무선 방송을 위한 인덱싱 기법

사용자의 FHIR 리소스를 무선 데이터 방송 기법을 이용하여 사용자에게 효율적으로 전달하기 위해 FHIR 서버는 사용자가 필요로 하는 FHIR 리소스들을 묶어 번들로 구성한 후, 데이터 방송 서버에 전달하고 방송서버는 사용자들의 FHIR 리소스 번들을 보안성이 확보된 무선 채널에 방송한다. 그림 3은 n명의 사용자에 대해 각자 요청한 FHIR 리소스들을 번들로 구성한 예를 보인다.

FHIR 리소스 번들이 방송되는 무선 채널에서 사용자가 효과적으로 자신의 번들을 검색하기 위해서는 각 번들이 언제 방송되는지에 대한 정보를 유지하는 인덱싱 정보가 필요하며 이 인덱싱 정보는 무선 채널에서 FHIR 리소스 번들과 함께 교차적으로 방송된다.

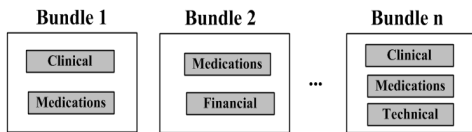


그림 3. 사용자들을 위한 FHIR 리소스 번들
 Fig. 3. FHIR Resource Bundle for users

1. 무선 방송을 위한 FHIR 리소스 인덱싱(FRI, FHIR Resource Index)

사용자가 무선 채널에서 자신의 FHIR 리소스 번들을 효과적으로 찾기 위한 인덱싱은 사용자 정보와 각 번들에 대한 정보를 유지한다.

본 논문에서 제안하는 인덱싱은 사용자 정보로서 어떤 사용자들이 있으며 그들의 각 번들이 언제 무선 채널에서 방송되는지에 대한 정보를 유지하고 또한 각 번들에 포함되어 있는 리소스들이 언제 방송되는 지에 대한 정보를 유지한다. 이를 위해 각 사용자는 자신의 고유 식별자 번호로서 구분되고, 각 번들은 번들이 구성된 날짜와 시간을 이용한 식별자 번호가 부여되어 구분된다.

- 사용자 인덱싱 테이블(User Indexing Table)

사용자들은 자신의 고유한 ID(UID, User ID)로 구분되며 사용자들이 요청한 FHIR 리소스들의 번들 문서를 무선채널에 방송한다. 이때 사용자들은 자신이 요청한 번들 문서의 방송시간을 알아야 그 때 문서를 무선 채널

에서 다운로드할 수 있다. 사용자 인덱싱 테이블(UID, User Indexing Table)은 사용자의 고유 ID와 그 사용자의 번들 문서의 방송시간을 유지한다.

$$UIT = \langle UID, t_{uid} \rangle$$

여기서 t_{uid} 는 사용자 UID에 대한 번들 문서가 방송되는 시간이다.

- FHIR 리소스 인덱싱 테이블(FRIT, FHIR Resource Indexing Table)

무선 방송 채널에서 방송되는 사용자의 번들 문서는 다양한 리소스를 포함한다. 따라서 각 번들 문서에 어떤 리소스가 포함되어 있고 각 리소스가 방송되는 시간을 알아야 한다. 사용자의 ID가 uid인 사용자에 대한 FHIR 리소스 인덱싱 테이블 $FRIT_{uid}$ 는 uid의 번들 문서에 포함된 FHIR 리소스의 종류와 그 리소스의 방송시간을 유지한다.

$$FRIT_{uid} = \{ \langle RName, t_{rsc} \rangle \}$$

여기서 $RName$ 은 번들에 포함된 리소스 이름이고 t_{rsc} 는 해당 리소스가 방송되는 시간이다.

2. 무선 방송 채널 구조와 번들 문서 검색

제안된 FRI가 적용된 무선 방송채널의 구조는 그림 4에 보인 것과 같이 사용자 인덱싱 테이블 UIT과 FHIR 리소스 인덱싱 테이블 FRIT는 무선 채널에 사용자의 FHIR 리소스 번들 문서와 교차적 분산되어 방송된다.

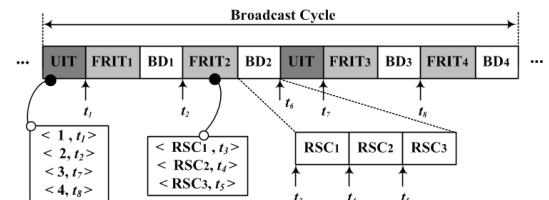


그림 4. 무선방송채널 구조
 Fig. 4. Wireless Broadcast Channel Structure

UIT는 채널에서 n 번 반복되어 사용자들이 찾는 번들

문서의 방송 시간을 빠른 시간 안에 찾을 수 있게 하고 FRIT는 번들 문서 바로 전에 번들 문서 앞에 방송되어 해당 번들 문서에서 리소스를 찾을 수 있게 한다.

• FHIR 리소스 번들 문서 검색

사용자는 무선 채널에 액세스 한 후, 먼저 UIT에 액세스하여 자신이 원하는 번들 문서의 검색과 다운로드를 시작한다.

- (Step 1) 액세스 한 UIT를 이용하여 자신의 UID를 찾고 자신의 번들문서가 방송되는 시간 t_{uid} 를 확인한 후, 대기 모드로 전환하고 시간 t_{uid} 에 채널 청취 모드로 전환하여 FRIT에 액세스한다.
- (Step 2) FRIT에 액세스한 후, $RName$ 을 검색하여 원하는 리소스들의 방송시간 t_{rsc} 들을 저장하고 대기 모드로 전환한다.
- (Step 3) 저장된 t_{rsc} 에 채널 청취 모드로 전환하여 검색하고자 했던 FHIR 리소스들을 다운로드한다.

IV. 구현과 실험결과

본 논문에서 제안한 인덱싱 기법인 FRI의 선을 평가를 위해 이산시간 시뮬레이션 패키지인 SimJava를 이용하여 무선 데이터 방송을 위한 테스트베드를 구현하였다. 설계한 XML 기반의 CCR 문서의 무선 방송 시뮬레이션 프레임워크를 JAVA 기반으로 구현하였다. 테스트베드는 FHIR 번들 문서를 방송하는 서버와 300명의 사용자 클라이언트로 구성된다. 시뮬레이션에서 8KB의 FHIR 리소스 3개를 포함하는 FHIR 리소스 번들을 사용하였다. 그림 5는 성능평가에 사용된 번들 문서의 Patient 리소스를 보인다.

제안된 인덱싱 기법 FRI의 성능을 비교하기 위한 기법으로 인덱스 정보가 없이 번들 문서만 방송하는 방송 기법과 지수(Exponential) 인덱스를 사용하여 방송 기법을 채택하여 액세스 시간과 에너지 사용량을 나타내는 튜닝 시간을 비교하였다.

```
{
  "resourceType": "Patient",
  "id": "example",
  "text": "example",
  "status": "generated",
  "identifier": [
    {
      "fhir_comments": [
        "MRN assigned by ACME healthcare on 6-May 2001"
      ],
      "use": "usual",
      "type": {
        "coding": [
          {
            "system": "http://hl7.org/fhir/v2/0203",
            "code": "MR"
          }
        ]
      },
      "system": "urn:oid:1.2.36.146.595.217.0.1",
      "value": "12345",
      "period": {
        "start": "2001-05-06"
      },
      "assigner": {
        "display": "Acme Healthcare"
      }
    }
  ]
}
```

그림 5. FHIR 리소스 문서
Fig. 5. FHIR resource document

1. 성능평가

구현된 테스트베드를 이용하여 액세스타임과 튜닝타임을 무선방송 기법에서 데이터 전달의 최소 단위인 버킷(bucket)의 수로 측정하였다.

액세스 시간 비교

그림 6은 제안된 FRI 인덱스를 지수인덱스(EXP Index)와 인덱스가 없이 번들을 방송하여 최적의 액세스 시간을 얻는 기법(OPT_access)과 액세스 시간을 비교한다. 그림 6에 보인 것과 같이 OPT_access 기법이 가장 좋은 액세스 시간을 보인다. 이는 채널에 인덱스 없이 FHIR 리소스 번들만 방송하기 때문에 클라이언트가 최적화된 액세스 시간내에 원하는 리소스 번들을 다운로드할 수 있게 한다. 인덱스를 사용하는 기법과의 비교에서 제안된 FRI 기법은 지수 인덱스 기법보다 짧은 액세스 시간을 보인다. 이는 제안된 FRI 기법이 UIT와 FRIT를 이용하여 클라이언트가 효과적으로 원하는 번들에 액세스할 수 있게 해주는 것을 의미한다.

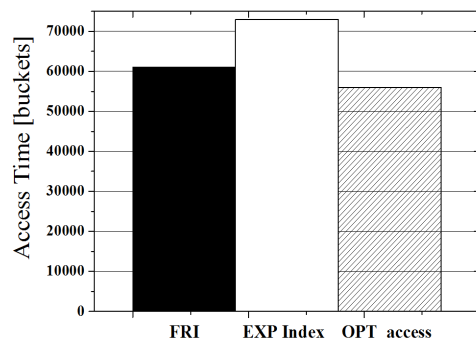


그림 6. 액세스 시간 비교
Fig. 6. Comparison of the access time

• 튜닝 시간 비교

그림 7은 제안된 FRI기법과 다른 기법과의 튜닝시간을 보인다. 튜닝시간은 클라이언트가 채널에서 원하는 리소스 번들을 다운로드하는 과정에서 대기모드로 있던 시간을 제외하고 채널을 청취했던 시간들의 총합이다. 따라서 튜닝시간은 리소스 번들을 다운로드하는 과정에서 해당 기법에 의해 클라이언트들이 사용한 에너지의 상대적 비교를 가능하게 한다. 그림 7에서 OPT_access는 다른 기법에 비해 큰 에너지를 사용하는데 이는 인덱스를 사용하지 않기 때문에 클라이언트가 선택적으로 번들을 다운로드할 수 없고 채널에 액세스 한 후부터 원하는 번들을 다운로드할 때까지 모든 번들을 청취해야하기 때문이다. 제안된 FRI는 지수인덱스보다 적은 튜닝시간을 보인다. 이는 지수인덱스가 원하는 번들을 찾는 과정에 제안된 FRI보다 많은 수의 리소스 번들을 다운로드하기 때문이다.

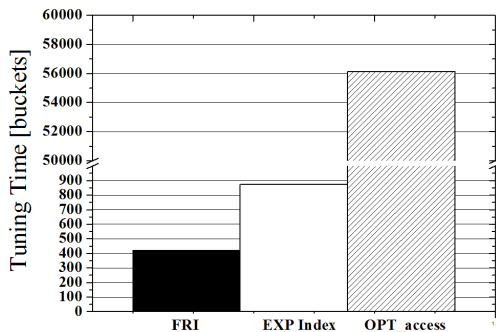


그림 7. 튜닝 시간 비교
 Fig. 7. Comparison of the tuning time

V. 결론

본 논문에서는 빠른 의료 정보 교환을 가능하게 하는 FHIR 리소스의 번들을 무선 데이터 방송 기법을 이용하여 사용자에게 효과적으로 전달하기 위한 FRI 인덱스를 제안하였다. FRI는 사용자 정보를 유지하는 사용자 인덱스 테이블과 리소스 번들 문서에 대한 정보를 유지하는 FHIR 리소스 인덱싱 테이블을 구성한 후, 무선 채널에 번들 문서와 분산적으로 교차하여 방송하여 사용자 클라이언트가 무선 채널에서 효과적으로 자신의 번들 문서를 검색하여 다운로드할 수 있도록 한다. 성능평가를 위해 테스트베드를 구현하여 액세스 시간과 튜닝 시간을 하여

다른 기법들과 비교하여 제안된 기법이 인덱스를 사용하는 다른 기법에 비해 우수한 성능을 보임을 보였다.

References

- [1] I.Hababeh, S. Alouneh and A.F. Khalifeh, "A Position Aware Mobile Application for E-Health Services", Intl. Conference on Intelligence System, Modeling and Simulation, Jan. 25, 2016.
 DOI: 10.1109/ISMS.2016.69
- [2] S.Lucidi, M. Maurici, L. Paulon, F. Rinaldi, and M.Roma, "A Simulation-Based Multiobjective Optimization Approach for Healthcare Service Management", IEEE Trans. ACE, Vol. 13, No. 4, pp. 1480-1491, 2016.
 DOI: 10.1109/TASE.2016. 2574950
- [3] www.hl7.org/fhir
- [4] S. Ismail, M. Alshmary, U. Qamar, H. Butt, K. Latif, and H.F. Ahmad, "HL7 FHIR Compliant Data Access Model for Maternal Health Information System", Intl. Conference on Bioinformatics and Bioengineering, pp. 51-56, 2016.
 DOI: 10.1109/BIBE.2016.9
- [5] J. Xu, W.C. Lee, X. Tang, Q. Gao, and S. Li, "Exponential Index: A parameterized distributed indexing scheme for data on air", Proc. of ACM Conf. MobiSys 04, pp 153-164, Boston, Massachusetts, USA, June 2004..
- [6] X. Gao, Y. Yang, G. Chen, X. Lu, and J. Zhong "Global Optimization for Multi-Channel Wireless Data Broadcast with AH-Tree Indexing Scheme", IEEE Trans. Computers, Vol. 65, No. 7, pp. 2104-2117, 2016.
 DOI: 10.1109/TC.2015.2479603
- [7] S. Luan and P. He "A Novel On-Demand Data Broadcast Scheme in Wireless Networks", Intl Symposium Parallel Architectures, Algorithms and Programming, pp. 155-160, 2014.
- [8] Min-soo Kang, Chunhwa Ihm, Jaeyeon Lee, Eun-Hye Choi, and Sang Kwang Lee, "A Study

on Object Recognition for Safe Operation of Hospital Logistics Robot Based on IoT”, The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (JIIBC), Vol. 17, No. 2, pp.141-146, 2017.

DOI: <https://doi.org/10.7236/JIIBC.2017.17.2.135>

- [9] Sung-Yoon Chae and Jinhee Park, “A Study of Non-Intrusive Appliance Load Identification Algorithm using Complex Sensor Data Processing Algorithm”, The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (JIIBC), Vol. 17, No. 2, pp.199-204, 2017.

DOI: <https://doi.org/10.7236/JIIBC.2017.17.2.199>

- [10] Yeong-Kyong Oh and Seon-Young Hwang, “Effects of Obesity on Survival Rate and Disease-free Survival Rate of Breast Cancer Patients sub-classified according to Reproductive History and Age”, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 18, No. 3, pp. 105-114, 2017.

DOI : <https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.3.105>

- [11] Jong-Yul Lee, “A Study on Nurse Image, Professional Self-concept and Organizational Commitment of Nursing Students”, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 18, No. 3, pp. 284-295, 2017.

DOI : <https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.3.284>

저자 소개

임 석 진(정회원)



- 1996년 2월 : 국민대학교 전자공학과(공학사)
- 1998년 2월 : 국민대학교 전자공학과(공학석사)
- 2007년 8월 : 고려대학교 컴퓨터학과(이학박사)
- 2014년 4월~현재 : 성결대학교 컴퓨터공학부

<주관심분야 : Ubiquitous Computing, Spatial-Temporal Data Processing, Wireless Data Broadcasting, Smart Health Care>