

센서네트워크를 이용한 심전도 측정시스템 설계

김선재, 오해석
 경원대학교 전자계산학과
 e-mail:ruido87@naver.com

Electrocardiogram Measurement System using Sensor Network

Sun-Jae Kim, Hae-Seok Oh
 Dept of Computer Science, Kyung-Won University

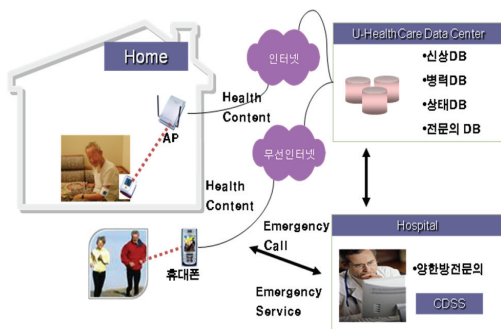
요 약

유비쿼터스 컴퓨팅 기술의 발전과 IT-BT-NT를 포함한 기술간 컨버전스 경향은 유비쿼터스 헬스케어(u-Healthcare)의 실현을 가속화하고 있다. u-Healthcare 시스템은 센서 네트워크로부터 수집된 대량의 생체신호를 신속히 처리 분석하여 의료진에게 전달함으로써 시간과 장소에 관계없이 환자에게 적절한 의료 서비스를 제공할 수 있다. 기존의 u-Healthcare 시스템은 모든 이벤트를 전송하였다. 본 논문에서는 미리 정의된 이벤트에 속하는 데이터만 선별하여 베이스 노드로 전송하는 EEF(Embedded Event Filtering) 기법을 적용하여 통신 빈도수와 처리 비용을 줄였다. 시뮬레이션 결과를 통해 기존의 심전도 측정시스템보다 효율적인 시스템임을 확인하였다.

1. 서론

미래정보사회는 네트워크 기술의 획기적인 발전으로 모든 정보단말, 가전기기, 사물 등이 하나의 네트워크에 연결되며, 디지털 컨버전스와 유비쿼터스 환경이 구축되면서 개인 삶의 질은 향상되어 장소 및 시간에 제약이 없는 유라이프(u-Life) 시대가 도래할 것이다.

(그림 1)은 이러한 USN의 응용 분야 중의 하나인 u-Healthcare 시스템의 구조를 나타내며, 시간과 장소에 상관없이 환자의 건강 상태를 확인하고 응급 상황 발생 시 신속한 의료 서비스를 제공할 수 있는 시스템이다. 그리고 u-Healthcare 시스템은 만성 질환을 가진 환자나 독거노인들을 위한 의료 서비스 제공뿐만 아니라 심장 마비와 같은 긴급 상황 발생시 신속한 응급조치 제공을 위한 것으로 이러한 시스템에 대한 연구 및 서비스 개발에 대한 필요성이 증대되고 있다 [1][2].

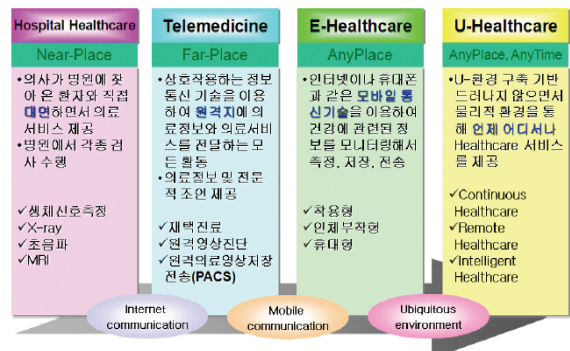


(그림 1) u-Healthcare 시스템 구조

2. 관련 연구

2.1 u-Healthcare

기존의 의료 서비스는 IT 기술과 접목되면서 (그림 2)와 같이 단순히 원격진료 단계를 거쳐 이헬스케어(e-Healthcare)에서 u-Healthcare로 단계적인 진전이 이루어지고 있다. u-Healthcare에서는 의료기관 중심의 서비스에서 이용자 중심의 서비스로 발전되고, 질병이 발생된 후 치료 중심에서 질병의 예방중심으로 변화되며, 나아가 질병관리에서 웰니스(Wellness)로 진화되고 있다. 이 같이 u-Healthcare는 환자가 아니더라도 사전진단을 통해 질병예방이 가능한 보건 의료 서비스로서 생체신호 센싱 기술과 유무선 네트워크 기술을 기반으로 환자, 병원, 의료정보제공자 등이 유기적 연계되어 실시간으로 국민의 건강 상태를 체크하여 삶의 질을 향상시켜 줄 수 있다.



(그림 2) u-Healthcare의 발전 단계

u-Healthcare는 시스템의 역할에 따라 센싱(Sensing), 모니터링 (Monitoring), 분석(Analyzing), 경고(Alert) 등으로 구분 된다.

센싱은 환자에게서 발생하는 물리적, 화학적인 현상의 변화를 감지하는 역할을 수행하고, 모니터링은 측정된 생체정보를 1차적으로 가공하는 단계로서 환자의 정보를 실시간으로 확인하는 역할을 수행한다. 분석의 경우 수집된 데이터로부터 정보를 획득하는 단계로서 환자의 상태를 파악하는 역할을 수행하고, 경고는 획득된 정보를 바탕으로 사용자에게 관련 정보를 알리는 역할을 수행한다.

u-Healthcare의 특징으로는 신속한 의료서비스, 질병 예방, 생체 데이터 관리 중앙처리화 및 진료 분산화, 노약자, 장애인, 독거인 관리 등이 있다. 신속한 의료서비스는 실시간으로 환자의 상태를 모니터링 함으로서 환자의 상태가 악화될 경우 능동적으로 대처할 수 있다. 질병 예방의 경우 환자의 상태를 지속적으로 모니터링 함으로서 질병의 사후 치료가 아닌 건강상태 사전관리 및 예방이 가능하다. 생체 데이터 관리는 중앙처리화 하는 반면 진료를 분산화 함으로서 환자 이외에도 노약자, 장애인, 독거인 등의 관리에 활용할 수 있으며, 전통적인 Healthcare 방식에 비해 비용이 저렴하고, 유연한 시스템을 보유할 수 있게 되었다. <표 1>은 전통적인 Healthcare와 u-Healthcare의 특징을 비교한 것이다[4].

<표 1> 전통적인 Healthcare와 u-Healthcare의 비교

구분	전통적인 Healthcare	u-Healthcare
위치	병원 등 전문기관	소비자위주
조직	분산	네트워크화
임상접근	발병위주	건강관리
의사결정자	의사	의사와 환자
데이터	일정기간 자료관리	항상 자료관리가능

2.2 EEF 기법

u-Healthcare 시스템에서 센서 노드는 센서 노드에서 수집한 환자에 대한 모든 데이터를 베이스 노드로 전송한다. 또한 베이스 노드 역시 센서 노드로부터 수신한 데이터의 처리 및 분석을 위하여 수신한 정보를 서버로 전송한다. 그리고 서버는 연속적으로 전송되는 데이터를 실시간 분석하여 환자의 상태를 확인하고 적절한 조치를 취하도록 일련의 프로세스를 수행한다.

그러나 이러한 기존의 시스템 구조는 센서 노드와 베이스 노드 측면에서 많은 문제점을 갖고 있다. 센서 노드의 경우 환자의 신체에 부착되는 휴대용으로 제작되며 소형의 배터리로 동작하므로 신체로부터 수집되는 모든 데이터를 무선통신을 통하여 베이스 노드로 전송하는 것은 많은 양의 전력소모를 가져오며 비효율적이다. 또한 USN 환경에서 하나의 베이스 노드는 여러 개의 센서 노드의 값을 동시에 수신하므로 센서 노드에서 수집한 모든 데이터를 베이스 노드로 전송하는 경우 베이스 노드의 처리 비용이 증가하며 전송 과정에서 패킷이 손실되는 문제가

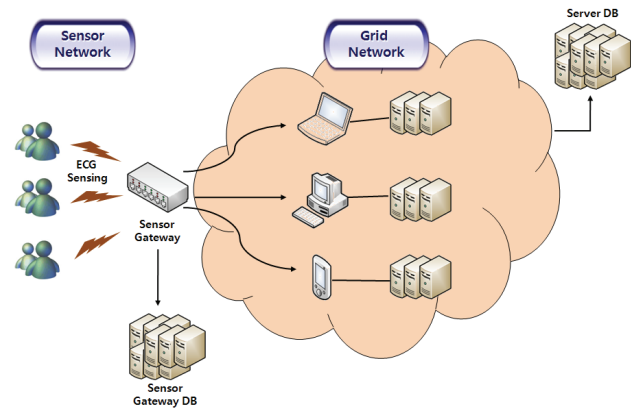
발생한다.

그러므로 EEF 기법은 이러한 문제를 해결하기 위하여 센서 노드에서 수집된 데이터를 분석하여 미리 정의된 값을 만족하거나 데이터 전송을 필요로 하는 이벤트 값에 해당되는 데이터만을 센서 노드에서 베이스 노드로 전송한다. 따라서 EEF 기법은 기존의 시스템과 달리 센서 노드와 베이스 노드와의 통신횟수를 줄이고 베이스 노드의 처리 비용을 줄일 수 있는 특징을 갖는다 [3].

3. 제안하는 시스템

3.1 시스템 구조

(그림 3)은 제안하는 EEF 기반의 u-Healthcare 시스템 구성도를 나타낸다.



(그림 3) 시스템 구성도

제안하는 시스템은 u-Healthcare 시스템에서도 환자의 생명과 직접적인 관련이 있는 ECG를 측정 하는 시스템으로 의료서비스사용자는 신체에 패치 부착 형태의 심전도 측정 센서 모듈을 장착하고 있어 언제든지 자신의 심전도 상태를 모니터링 할 수 있으며 부정맥 같은 이상 증세가 나타날 시 심전도 신호를 블루투스 무선 센서네트워크로 전송한다.

센서 노드의 네트워크 형성을 통해 여러 의료서비스 사용자로부터 수집된 대량의 심전도 신호는 EEF 기법을 통해 정의된 이벤트에 해당하는 데이터만 선별하여 센서 게이트웨이로 전송함으로써 데이터 전송빈도수를 감소시키며 네트워크의 효율성을 증대시킨다. 기존의 EEF 기법은 각각의 센서 노드 단에서 분석이 이루어 졌으나 제안하는 시스템의 EEF 기법은 센서 게이트웨이에 별도의 모듈을 두어 데이터를 분석함으로써 휴대용 센서 노드의 수명과 효율성을 향상시켰다.

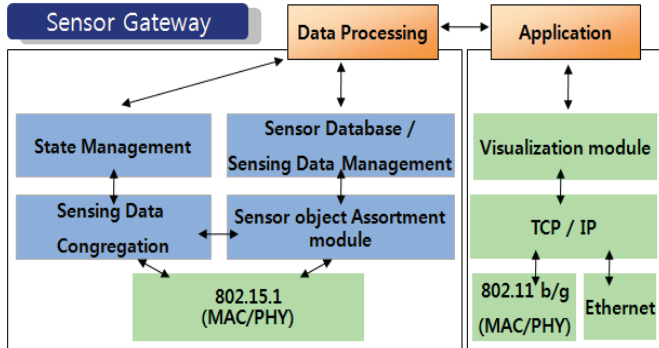
TCP/IP 프로토콜을 사용하는 그리드 네트워크로의 전송을 위해 별도의 프로토콜 변환이 필요하며 제안하는 EEF 기법을 통해 센서 노드 단에서 분석된 심전도 이상 결과를 그리드 네트워크와 연결되어 있는 각종 통신기기에 전송하여 의료진 및 환자의 보호자에게 통보함으로써 심전도 이상의 발생이나 악화를

사전에 방지할 뿐만 아니라 급성 질환의 경우 빠른 응급조치를 가능하게 한다. 또한 분석된 결과는 그리드 네트워크내의 각종 기기들의 데이터베이스와 서버 데이터베이스에 저장되어 추후 환자의 병력 비교 분석 자료로 활용될 수 있다.

3.2 센서 게이트웨이

(그림 4)는 제안하는 시스템을 위한 센서 게이트웨이의 구조를 나타낸다. 제안하는 시스템의 센서 게이트웨이 구조는 다음과 같다. 블루투스 센서 노드로부터 수집된 심전도 신호 및 센서 부착의 이상유무 등의 매개변수 데이터는 Sensing Data Congregation 모듈을 통과한다. 또한 Sensor object Assortment 모듈은 미리 정의해 둔 이벤트에 해당하는 데이터만 전송할 수 있도록 데이터의 종류를 분류한다. 분류된 데이터는 Sensor Database에 저장되고 추후에 환자 진단을 위한 데이터로써 관리된다.

수집된 심전도 신호는 프로세싱을 거쳐 응용 계층으로 전송되며 Visualization 모듈을 통해 실시간으로 심전도 신호를 그래프 형태와 수치로 나타내어 보여주며 그리드 네트워크를 구성하고 있는 무선랜과 인터넷으로 전송된다. 이미 Sensor object Assortment 모듈을 통해 이상이 있는 심전도 신호만을 전송함으로써 TCP/IP 네트워크의 통신 횟수와 처리 비용을 줄일 수 있는 특징을 가지고 있다.

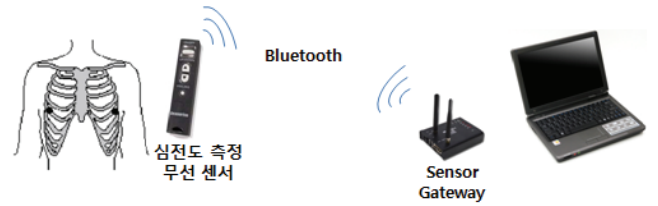


(그림 4) 센서 게이트웨이 구조

4. 실험 및 평가

4.1 실험환경

본 논문에서 설계한 블루투스 기반의 심전도 센서를 이용한 u-Healthcare 시스템의 성능을 평가하기 위해 (그림 5)와 같은 실험환경을 구축하였다. 한백전자의 Ubi-Box II를 이용하여 게이트웨이를 구성하였으며 피시험자의 양측 늑골에 부착하여 측정된 심전도 신호 데이터를 블루투스 네트워크를 통해 센서 게이트웨이로 전송하고 이를 받아 단말기로 전송하는 구조이다.



(그림 5) 실험 환경 시스템 구조

해당 게이트웨이의 사양은 <표 2>와 같다. 제안한 알고리즘을 이용한 시스템의 실험 및 평가를 위해 10ms 단위로 정상인 경우와 심실세동, 심실빈맥인 경우의 심전도 신호에 대한 정확한 판단 여부를 측정하였으며 결과 값을 기존의 알고리즘과 비교하여 성능평가를 하였다. 센서 게이트웨이는 TinyOS[5]로 동작되고 핵심 알고리즘은 NesC로 개발하였다. NesC는 이벤트 처리에 적합하게 설계된 언어로서 TinyOS의 실행모델을 구조화시킨 언어이다. 단말기에서는 Cygwin을 이용하여 시리얼수신용 프로그램을 개발하여 실험에 사용하였다.

<표 2> 게이트웨이 사양

CPU 모듈	Marvell PXA272모듈
RAM	64Mbyte
FLASH	16Mbyte
Connectivity	Ethernet, Bluetooth, USN, WLAN
Button	4ea
User LED	2ea
Bluetooth	V1.0
RF power	10dBm
RF distance	약 300m
사용전원	5V Adapter
OS	Embedded Linux Kernel 2.6, TinyOS2.x

4.2 성능평가

기본적으로 두 가지 경우에 대해 실험을 수행하였다. 첫 번째 (Case1) 경우는 정상 측정에서 심전도 신호를 10ms 단위로 측정하여 전송하는 것이고, 두 번째(Case2) 경우는 제안한 알고리즘을 이용하여 측정된 심실세동 및 심실빈맥 신호를 전송하는 것이다. 총 5명의 대상자에게 10회에 걸쳐 실험하였으며 제안하는 알고리즘과 기존에 일반적으로 심전도 측정에 사용되었던 알고리즘인 Amann 알고리즘과의 성능평가를 위하여 제안하는 알고리즘의 심전도 이상 신호 중 심실세동, 심실빈맥 검출과 정상인 경우 검출에서의 FN(false negative), TN(true negative), TP(true positive), FP(false positive)를 측정하였다. 의료영상 검출의 신호검출이론에 입각해서 시각, 지각적 평가로 실험을 정량적으로 취급, 해석하는 ROC(Receiver Operating Characteristic) 방법을 이용하여 평가하였다.

측정 결과는 <표 3>과 같으며, 표 안의 숫자는 측정된 횟수를 의미한다. 정상 측정에서 FN은 심전도 신호에 이상이 있지만 정상으로 판단한 경우이고, TN은 심전도 신호 이상을 제대로 판단한 경우이다. 심실세동/심실빈맥 측정에서의 TP는 심실세동/심실빈맥을 제대로 판단한 경우이며, FP는 정상인 경우를 심실세동/심실빈맥으로 오판한 경우이다. 오차율은 약 4.5%이며 이는 기존의 알고리즘에 비해 1.5%의 성능 향상을 보여준다.

<표 3> 정상인 경우와 이상 신호가 발생한 경우 비교

조건	결과												
		1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회		
Case1	U1	FN	22	25	23	22	24	24	25	23	25	26	
		TN	478	475	477	478	476	476	475	477	475	474	
	U2	FN	25	26	24	25	23	24	24	25	23	25	
		TN	475	474	476	475	477	476	476	475	477	475	
	U3	FN	22	22	24	24	23	25	25	26	25	26	
		TN	478	478	476	476	477	475	475	474	475	474	
	U4	FN	22	23	25	25	26	25	23	23	25	26	
		TN	478	477	475	475	474	475	477	477	475	474	
	U5	FN	24	25	23	22	24	22	24	23	25	26	
		TN	476	475	477	478	476	478	476	477	475	474	
	Case2	U1	TP	352	350	351	353	352	354	350	351	350	352
			FP	148	150	149	147	148	146	150	149	150	148
		U2	TP	354	350	351	353	351	351	353	351	352	350
			FP	146	150	149	147	149	149	147	149	148	150
U3		TP	351	350	351	353	350	354	350	351	354	352	
		FP	149	150	149	147	150	146	150	149	146	148	
U4		TP	352	351	353	353	352	354	350	351	350	351	
		FP	148	149	147	147	148	146	150	149	150	149	
U5		TP	352	350	352	350	351	354	351	353	354	352	
		FP	148	150	148	150	149	146	149	147	146	148	

산원, 2006.

[2] 윤석우, 노인성 만성 질환자 실태에 관한 연구, 단국대학교 석사학위 논문, 2002.

[3] 김재인, 나철수, 한대영, 김대인, 황부현. “EEF 기반의 U-Health 시스템 설계”, 한국콘텐츠학회논문지, Vol. 9, No. 2, pp.88-96, 2009. 2.

[4] 정원수, 오영환. “u-Healthcare 기반의 환자 모니터링 시스템”, 한국통신학회논문지, Vol. 33, No. 7, pp.575-582, 2008. 7.

[5] <http://www.tinyos.net>

5. 결론

본 논문에서는 u-Healthcare 시스템에서 기존 심전도 신호 측정 알고리즘에 비해 데이터 수신 및 처리비용을 줄이고 정확하게 이상 신호를 판단하는 센서 게이트웨이를 설계 하였다. 기존의 EEF 기법은 센서 노드에서 데이터를 분석했지만 제안하는 시스템은 센서 게이트웨이의 모듈에서 EEF 기법을 적용하여 정의한 이벤트에 해당하는 데이터만 전송하고 사용환경에 따른 이벤트 정의를 지원함으로써 센서 수명에 더욱 효율적인 u-Healthcare 시스템이다. 또한 제안하는 시스템의 핵심 알고리즘과 기존 알고리즘의 성능을 측정 및 분석하여 설계한 시스템의 우수성을 검증하였다.

Acknowledgements

이 연구는 2009년 경원대학교 지원에 의한 결과임.

참고문헌

[1] 류경상, 유비쿼터스 사회의 발전 추세와 미래 전망, 한국전