

어트리뷰트 그래머 인터프리터를 이용한 QRS 인식

이병채* · 남승우* · 홍재우** · 이명호*

= Abstract =

QRS Recognition Using Attribute Grammar Interpreter

Byung chae Lee*, Seung Woo Nam*, Jae Woo Hong**, Myoung Ho Lee*

This paper presents a QRS recognition algorithm using attribute grammar and its interpreter. This system extracts primitive and their attributes by linear approximation technique and then represented linguistic formation using attribute grammar. These nonterminals and their attributes are evaluated by attribute grammar interpreter. The performance of the QRS recognition algorithm has been evaluated using arrhythmia simulator and CSE ECG library.

1. 서 론

심전도는 심장에서 발생하는 전기적 신호를 기록한 것으로서, 심장의 임상적인 진단 수단으로 사용된다. 이에 대한 많은 연구가 진행되어 왔으나 아직까지도 QRS군(complexes)를 효과적으로 인식할 수 없는 문제점이 있다.

QRS 콤플렉스의 정확한 검출은 심전도 자동진단 알고리즘의 성능에 커다란 영향을 미친다. 따라

서 QRS 콤플렉스를 검출하기 위한 알고리즘이 많이 개발되어왔다. 이와같은 알고리즘은 크게 (1) 비문장론적 (non-syntactic) 방법과 (2) 문장론적 (syntactic) 방법으로 분류된다.

종전의 알고리즘은 대부분이 비 문장론적 방법에 속하는데 비 문장론적인 방법은 미분법, 역치 비교법등과 같이 정량적인 자료를 토대로 QRS 콤플렉스를 검출하기 때문에 심전도 인식에서 매우 중요한 구조적 정보를 고려하지 못하는 단점을 내포하고 있다. 또한 이들 알고리즘은 기저선 동요, 전원잡음, 근잡음등에 의해 크게 영향을 받기때문에 이들 잡음을 제거하기위해 아날로그 또는 디지털 필터를 사용함으로써 심전도 신호의 저주파 성분 또는 고주파 성분의 일부가 손실되는 단점도 있다. 따라서 본 논문에서는 하나의 패턴을 부패된

<접수 : 1991년 6월 26일>

* 연세대학교 공과대학 전기공학과
Dept. of Electrical Engineering, College of Eng., Yonsei University

** 현대전자
Hyundae Electronics Co.

(sub-pattern)으로 나누고, 다시 그 부패턴을 좀 더 간단한 부패턴으로 분리하는 과정을 반복함으로써 복잡한 패턴을 간단한 구조로 분해, 묘사하며 인식하는 심전도 신호의 구조적 정보를 사용함으로써 인식과정이 인간의 판단과 매우 유사한 문장론적 QRS 인식 알고리즘을 제시하고, 이를 바탕으로 문장론적 해석과 어의론적 평가를 동시에 수행하는 심전도 신호 해석 인터프리터(interpreter)를 설계하고자 한다.

본 논문에서는 인식하고자 하는 QRS패턴을 묘사하기 위해 어트리뷰트 그래머를 사용하였고 이를 해석, QRS 인식을 위한 인터프리터는 판독, 수정이 용이 하도록 고급언어인 C언어를 사용하여 구성 하였고 어트리뷰트 그래머를 좌에서 우로 단일 패스(pass)동안에 평가하며, 비 결정적 하강 파서(non-deterministic top-down parser)를 사용하는 특성을 갖도록 설계하였다.

2. 심전도 신호의 패턴 묘사

2.1 패턴

심전도 신호는 그림 1과 같이 P파, QRS 콤플렉스, T파로 구성되어 있다. P파는 심방이 탈분극할 때 발생하는 신호이며, QRS 콤플렉스는 심실이 수축할 때 발생하는 신호이다. 또한 T파는 심실의 재분극으로 인한 신호이다. 이 중에서 QRS 콤플렉스는 인간의 생명에 치명적인 영향을 미치는 부정맥(arrhythmia)을 진단하는데 가장 중요한 요소로서, QRS 패턴은 그림 1에 나타난 바와 같이 Q, R, S파라고 불리는 3개의 부 패턴으로 이루어져 있다. QRS 콤플렉스는 1개내지 7개의 부 패턴을 가질 수 있다. 모든 QRS 콤플렉스가 이런 구조로 구성되어 있는 것은 아니나 조합의 수는 한정되어 있다. 그 조합을 BNF(backus normal form)으로 나타내 보면 다음과 같다

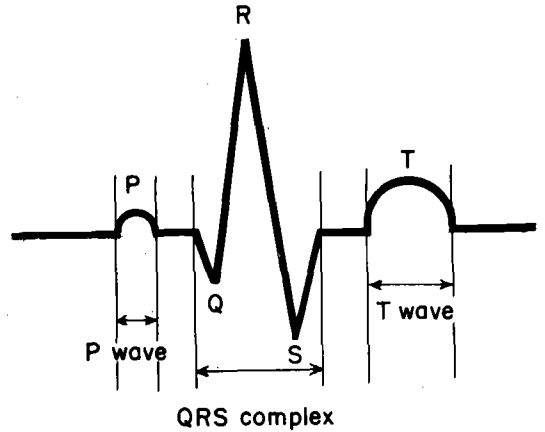
$$\begin{aligned} \langle \text{QRS complex} \rangle &\rightarrow [\langle \text{Q} \rangle \langle \text{R} \rangle [\langle \text{S} \rangle] | \\ &\quad \langle \text{QS} \rangle | \\ &\quad [\langle \text{Q} \rangle \langle \text{R} \rangle \langle \text{S} \rangle \langle \text{R}' \rangle [\langle \text{S}' \rangle] | \\ &\quad [\langle \text{Q} \rangle \langle \text{R} \rangle \langle \text{S} \rangle \langle \text{R}' \rangle \langle \text{S}' \rangle \langle \text{R}'' \rangle [\langle \text{S}'' \rangle]] \\ &\quad (1) \end{aligned}$$


그림 1 심전도 신호의 구성요소
Fig. 1 ECG wave components

2.2 프리미티브 선택

패턴 프리미티브(primitive)는 특정한 구조적 관계를 통해 인식하고자 하는 패턴을 묘사하기 위한 가장 기본적인 부패턴으로서, QRS 패턴이 갖는 중요한 정보를 포함해야 한다.

심전도 신호는 선분의 연결로 볼 수 있기 때문에 본 논문에서는 선분(line segment)을 패턴 프리미티브로 선택하였다. 패턴 프리미티브를 선택한 후에는 입력 신호를 언어구조와 비슷한 문자열로 표현하기 위해 프리미티브 심볼을 선택하여야 한다. 본 논문에서는 기울기를 프리미티브 심볼로 선택하였다.

2.3 어트리뷰트 그래머의 설계

프리미티브 심볼을 선택한 후, 인식하고자 하는 QRS 패턴을 묘사하기 위한 언어를 생성하는 문법을 설계하여야 한다. QRS 패턴은 여러가지 형태(morphology)를 갖음과 동시에 잡음에 의한 피이크도 존재하기 때문에 이들을 효율적으로 분류하기 위해서는 문장론적 정보뿐만 아니라 어의론적 정보를 묘사할 수 있는 강력한 문법이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 어트리뷰트 그래머를 사용하여 QRS패턴의 문장론적 정보와 어의론적 정보를 표현하였다. 어의론은 선택된 프리미티브의 속성(attribute)으로 구성된 집합을 말한다. 어트리뷰

트 그래머는 문맥 자유 문법(context-free grammar)의 각 생성 규칙(production rule)에 의미규칙을 부여하여 비 문맥 자유 특징을 표현 가능하도록 한 문법이다. 임의 심볼에 대한 속성은 합성 속성(synthesized attribute)과 상속 속성(inherited attribute)으로 나누어진다. 파스 트리(parse tree)에서 각 노드의 속성 값은 그 노드에서 사용된 생성 규칙과 결합된 어의론적 규칙(semantic rule)에 의해 정의된다.

한 노드에 대한 합성 속성의 값은 그 노드의 자손(child)이 갖는 속성 값으로 계산되고, 상속 속성의 값은 그 노드의 부모(parent), 형제(sibling) 노드에 대한 속성 값으로 부터 계산된다.

어의론적 규칙은 속성 간의 종속성을 결정하여 어의론적 규칙의 평가 순서(evaluation order)를 결정한다. 어의론적 규칙의 평가는 파스 트리에서 입력 문자열에 대한 노드의 속성 값을 정의한다.

어트리뷰트 그래머에서 각 생성 규칙 $A \rightarrow \alpha$ 는 $b := f(c_1, c_2, \dots, c_k)$ 형태의 어의론적 규칙 집합과 상호 관련된다. 이때 b 가 A 의 합성 속성이고, c_1, c_2, \dots, c_k 가 생성 규칙의 좌측에 있는 심볼에 속하는 속성이거나 또는 b 가 생성 규칙의 우측에 있는 심볼의 상속 속성이고, c_1, c_2, \dots, c_k 가 생성 규칙의 심볼에 속하는 속성일 때 속성 b 는 속성 c_1, c_2, \dots, c_k 에 의존한다고 한다.

QRS 패턴은 다른 심전도 패턴(P 패턴, T 패턴)과 달리 기울기가 가파르다. 또한 QRS 패턴은 잡음에 의한 스파이크(spikes)와는 달리 가파른 기울기를 갖는 선분의 길이가 충분히 길다. 이와 같은 속성에 의한 사전지식(priori knowledge)에 근거한 어의론을 묘사하기 위해 어트리뷰트 그래머를 이용하여 문법을 구성하였다. 어트리뷰트 그래머의 표기에는 전역 속성 변수(global attribute variable) "FLAG"이 사용되었다. FLAG의 값이 BNF 규칙의 문장론적 평가 동안 거짓(false)이면 파서는 입력 부분자열(substring)이 대응하는 문장론적 구조에 대한 정합이 성공하지 않았음을 나타낸다.

3. QRS 패턴 인식

3.1 전처리

심전도 신호에는 근육의 움직임, 전극의 이동, 전원등에 의해 많은 잡음이 섞일 수 있다. 따라서 QRS 패턴을 인식하기 위해서는 먼저 잡음을 제거하여야 한다. 이를 위한 방법으로는 아날로그/디지털 필터링이 널리 사용되어왔다. 그러나 이 방법은 신호의 부분적 특성이 손상되는 단점을 안고 있다. 따라서 본 논문에서는 신호가 갖는 부분적 특성을 손상시키지 않고 신호에 가장 근사한 선분으로 근사화 시킬 수 있는 선형근사화 알고리즘을 이용하였다. 선형 근사화 알고리즘이 많이 개발되어 왔으나 본 논문에서는 Sklansk와 Gonzalez가 제안한 알고리즘을 이용하였다.

파형은 좌표가 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ 으로 주어진 n 개의 샘플 점으로 정의된다. 시작점 (x_1, y_1) 에서 v_1 과 l_1 의 초기치를 $\pi/2$ 와 $-\pi/2$ 라 정의한다. 그 다음 샘플점 (x_i, y_i) 에 대해 각각 $[(x_i, y_i), (x_i, y_i + \epsilon)]$ 와 $[(x_i, y_i), (x_i, y_i - \epsilon)]$ 의 점을 지나 는 두 선을 긋는다. 여기서 ϵ 는 실험적으로 결정한 문턱치이다. 이 직선들은 x 축과 a_i, b_i 를 이룬다. 여기서 각 점 (x_i, y_i) 에 대해 각 v_i 과 l_i 을

$$v_i = \min(v_{i-1}, a_i), \quad l_i = \max(v_{i-1}, b_i) \quad (2)$$

으로 결정한다. 만일 $v_i > l_i$ 이고 점 (x_i, y_i) 가 $[(x_i, y_i) \tan v_i]$ 와 $[(x_i, y_i) \tan l_i]$ 의 사이에 있다면 그 점은 유효하다. 그러나 그 사이에 존재하지 않을 경우, 점 (x_{i-1}, y_{i-1}) 을 선분의 끝점으로 선택한다. 즉 점 (x_i, y_i) 가 유효하지 않다면, 두점 $(x_i, y_i), (x_{i-1}, y_{i-1})$ 을 연결하는 선분이 그 두점 사이의 신호를 근사화한 선분이 된다. 다시 점 (x_i, y_i) 를 근사화 하고자 하는 다음 선분에 대한 시작 점으로 정의하고 v_i 와 l_i 는 각각 $\pi/2, -\pi/2$ 로 설정한 다음 이 알고리즘을 파형의 모든 점 $\{(x_i, y_i) \mid 1 \leq i \leq n\}$ 에 반복 적용함으로써 입력 파형을 선형 근사화한다. 이 알고리즘은 Δy 의 에러가 발생하며 $|\Delta y| \leq \epsilon$ 을 만족하게 된다. 입력 신호에 위의 알고리즘을 적용함으로써 입력 신호는 일련의 선분으로 선형 근사화된다. 즉 선분1, 선분2, ..., 선분 m 이

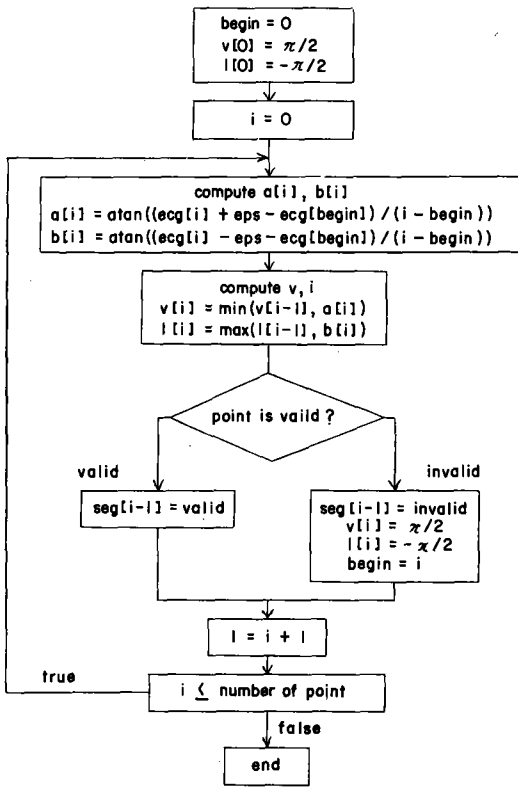


그림 2 선형 근사화 알고리즘의 흐름도
 Fig. 2 Flowchart of algorithm for linear approximation

발생하게 된다. 여기서 m 은 세그먼트의 갯수이고, 선분 $k = ((x_k^b, y_k^b), (x_k^e, y_k^e))$ (3)
 (x_k^b, y_k^b) 는 선분 k 의 시작점
 (x_k^e, y_k^e) 는 선분 k 의 끝점이다. 이 알고리즘의 흐름도는 그림 2와 같다.

3.2 프리미티브 추출

QRS 패턴을 인식하기 위한 어트리뷰트 그래머에서는 3개의 인수를 갖는 프리미티브를 종단(terminal) 기호로 선택하였다. 종단기호는 $V_T = \{(LP, i, n), (SP, i, n), (SN, i, n), (LN, i, n)\}$ 이다. 각 종단은 4가지 심볼 LP, SP, SN, LN으로 이루어져 있고, 이들 각각은 가파른 양의 기울기, 가파른 음의 기울기, 완만한 양의 기울기, 완만한 음의 기울기

를 나타낸다. 세 인수 중 두번째 요소는 그 선분의 시작 점의 x좌표인 선분에 대응하는 속성 값을 나타내며, 세번째 요소는 그 선분의 지속기를 나타내는 속성 값이다.

프리미티브의 추출은 전처리에서 선형 근사화된 각 선분 $((x_k^b, y_k^b), (x_k^e, y_k^e))$, $1 \leq k \leq m$ 에 대해 세 인수 (TS_k, i_k, n_k) 를 다음과 같이 할당 함으로써 수행된다.

$$i_k^b = x_k$$

$$n_k = x_k^e - x_k^b$$

$$ts \begin{cases} LP : s \geq \delta \text{ 인 기울기 } s \text{를 갖는 선분} \\ SP : 0 \leq s < \delta \text{인 기울기 } s \text{를 갖는 선분} \\ SN : -\delta < s < 0 \text{인 기울기 } s \text{를 갖는 선분} \\ LN : s \leq -\delta \text{ 인 기울기 } s \text{를 갖는 선분} \end{cases}$$

여기서

$$s_k = (y_k^e - y_k^b) / (x_k^e - x_k^b) \quad (4)$$

이고 δ 는 문턱치이다.

3.3 어트리뷰트 그래머 인터프리터

본 논문에서 제안한 어트리뷰트 그래머는 어트리뷰트 그래머 인터프리터에 의해 평가한다. 인터프리터는 문장론적 분석과 어의론적 분석과정을 동시에 수행하며, 문장론적 분석은 비 결정적 파서로, 어의론적 분석은 eval 프로시저에 의해 수행된다.

(1) 문장론적 분석

이 과정은 입력 문자열을 파싱하는 과정으로서 주어진 문법 G 가 있을 때 입력 문자열 w 에 대한 파스 트리를 만들고, w 가 문법 G 에서 파생 가능한 문자열인가의 여부를 판단하는 것이다.

파싱의 방법은 크게 하강 파서와 상승 파서로 나눌 수 있다. 하강 파서는 근저(root)에서 지엽(leaves)으로 파스 트리를 구성하고, 상승 파서는 그 반대 방향으로 파스 트리를 구성한다. 두 경우 모두 한번에 한개의 심볼을 좌에서 우로 스캔한다.

본 논문에서는 하강 파서 중 비 재귀 서술적(non-recursive predictive) 파싱 알고리즘을 사용하였다. 그 구조는 그림 3과 같다.

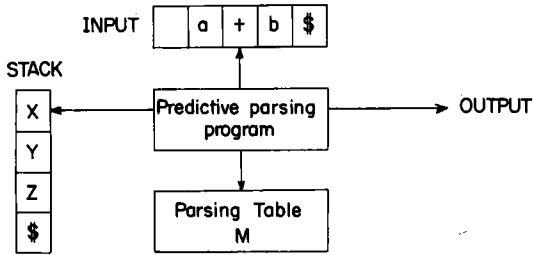


그림 3 비 재귀 서술적 파서의 구조
Fig. 3 Model of a non-recursive predictive parser

이 파서는 입력 버퍼(buffer), 스택, 파싱 테이블로 구성된다. 입력 버퍼는 \$로 끝나는 심볼로 이루어진 문자열이고, 스택은 문법 심볼을 가지고 있다. 파싱 테이블은 2차원 배열(array) $M[A, a]$ 로 구성되고 여기서 A는 비 종단, a는 종단이다.

파서는 문자열 w와 문법 G에 대한 파싱 테이블 M을 입력받아, $w \in L(G)$ 이면 w의 가장 왼쪽 비 종단의 유도(derivation)를 출력하고 조건을 만족하지 않으면 오류를 표시한다. 또 초기 조건으로 G의 최초 심볼 S가 스택의 최상에 존재하고, 입력 버퍼에 w\$가 있어야 한다.

(2) 어의론적 평가

Eval 프로시저를 위해 인터프리터의 BNF 표기 외의 추가되는 표기는

1) $[f(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n)]$ 은 함수 f와 매개 변수 $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ 를 나타내고

2) 변수의 이름인 g는 전역 계수(global counter)의 값을 유지한다.

이 전역 계수는 그림 4에 나타난 파싱 트리에서 생성된 노드의 라벨을 부여한다. 이 라벨을 그 노드에 대응하는 비 종단의 인스턴스(instance)수라고 한다. 전역계수는 BNF의 새로운 대안이 선택되었거나 더 이상 적용할 BNF 규칙이 없을 때 g의 값으로 재 초기화한다.

추가된 BNF 표기법으로 다음의 문법을 보면

$$\langle \overset{\dots}{S}_{i00} \rangle = \dots [eval(g, i, 1, 1)] \langle s_{i11} \rangle$$

$$\dots [eval(g, i, 1, 2)] \langle s_{i12} \rangle \dots$$

$$\dots [eval(g, i, 1, m)] \langle s_{i1m} \rangle$$

$$\dots [eval(g, i, 1, 0)] \mid \dots$$

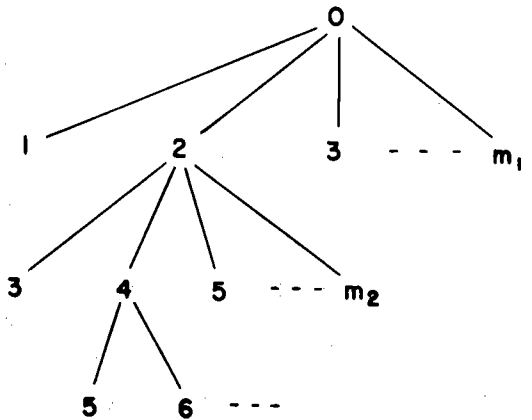


그림 4 파스 트리와 노드의 라벨
Fig. 4 Parse tree and labeling the nodes

$$[eval(g, i, 2, 1)] \langle s_{i21} \rangle$$

$$\dots [eval(g, i, 2, m_2)] \langle s_{i2m} \rangle$$

$$\dots [eval(g, i, 2, 0)] \mid \dots 1$$

$$[eval(g, i, k, 1)] \langle s_{i k1} \rangle$$

$$\dots [eval(g, i, k, m_k)] \langle s_{i k m} \rangle$$

$$\dots [eval(g, i, k, 0)]$$

이고, 여기서 $1 \leq i \leq n$ 인 s_{i00} 는 BNF 규칙의 왼쪽 부분인 비 종단 심볼이고 s는 i번째 BNF 규칙의 j번째 대체 선택의 n번째 비 종단 심볼을 나타낸다. 여기서 m을 비종단의 일련번호(serial number)라고 한다. 위에서 프로시저 eval은 심볼 g와 인덱스(index) i, j, m을 매개 변수로 하여 비 종단 $(s, m \neq 0)$ 직전에 호출된다. 또 g, i, j, o를 매개변수로 하여 각 대체 선택의 마지막에서 한번 더 호출된다.

비 종단과 관련된 속성의 집합인 A를 $\{a_1, a_2, \dots, a_r, FLAG\}$ 이라 정의 하면 i번째 BNF 규칙의 j번째 대체선택에서 m번째 비 종단 m과 관련된 어의론적 규칙은

$$S(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n, FLAG)$$

의 형태가 되고 여기서

a) $a(1 \leq t \leq r)$ 은 일련번호 s, $s \in \{0, 1, \dots, m\}$ 와 그 비종단의 속성 $a, a \in A$ 이다.

b) FLAG는 부울(Boolean) 메타 변수로 어의론적 평가과정 동안 값을 가지며 입력 절의 파싱 과정을 가르킨다.

c) S는 변수 a, \dots, a , FLAG의 값을 이용하는 프로그램 스테이트먼트(program statement)이다. 이 프로그램 스테이트먼트는 일련번호 s_i 가 m 인 비종단의 속성을 일련번호 S_i 가 $0 \leq s_i \leq m$ 이고 대체선택된 나머지 비종단의 속성으로 부터 계산하는데 쓰인다. 또 FLAG이 S에서 검사되는데 만약 값이 거짓이라면 그것은 파싱 과정에서 문장론적 규칙의 새로운 대체 선택이 필요하다는 것을 의미하게 된다.

본 연구에서 설계한 인터프리터의 구조는 그림 5와 같다. 파서는 비 결정된 하강 방식으로 전역 계수와 적당한 매개 변수로 eval 프로시유어를 수행한다. 파서는 BNF 규칙을 인터프리트(interpret)하는 일반적인 파싱 알고리즘에 근거하였다. 파서에 의해 eval이 호출될 때 마다 FLAG의 값이 조사되고 만약 그것이 거짓이라면 다음 BNF 규칙으로 백 트래킹(back tracking)한다. 그러므로 어트리뷰트 그램에 의해 언어의 문법 의존 어의론(context sensitive semantics)를 기술할 수 있다.

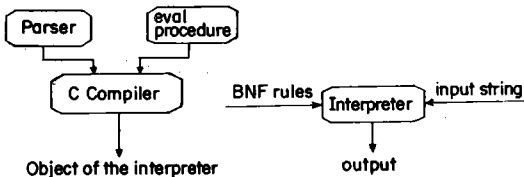


그림 5 인터프리터의 구조
Fig. 5 Overview of the proposed interpreter

4. 실험 및 결과고찰

4.1 실험

그림 6은 어트리뷰트 그램 인터프리터를 이용한 QRS인식 알고리즘의 흐름도이다.

입력데이터는 부정맥에서의 성능 평가를 위해 ECG 시뮬레이터 KONTRON 994에서 나오는 다양한 파형을 240Hz로 샘플링하는 12-Bit A/D변환기를 이용하여 디지털 데이터를 구성하였다. 데이터의 종류는 1도 방실 전도 장애, 3도 방실 전도 장애, 심실 빈맥, 조기 심실 수축, 역위 P파, 2방성 P파이다. 또한 환자데이터에서의 정량적인 평가를 위

해 CSE(common standard for electrocardiography) 데이터 3을 사용하였다. 이 데이터는 500 Hz로 샘플링한 125명 환자의 15 리이드 데이터이다. 이들

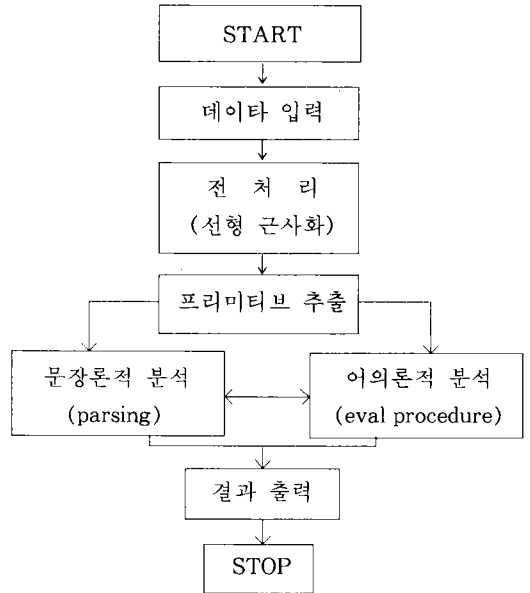


그림 6 QRS 인식 알고리즘 흐름도
Fig. 6 A flowchart of the QRS recognition

데이터는 선형 근사화 알고리즘에 의하여 선분의 접합으로 나누어지고 이는 문턱치에 의한 분류로 프리미티브로 나누어진다. 본 논문의 중단 심볼인 프리미티브는 파서의 입력버퍼에 놓이게 되고 생성 규칙의 평가가 필요할 때 비 결정적 하강 파서는 프로시유어 eval을 호출하게 된다. 입력 심볼의 파싱이 성공하면 ECG신호에 QRS 콤플렉스의 위치를 표시한다.

4.2 결과 및 고찰

본 논문에서 제시한 알고리즘을 IBM-PC를 이용하여 시뮬레이터의 부정맥 신호를 사용하여 검증한 결과를 그림 7, 그림 8, 그림 9에 나타내었다. 인식된 QRS의 시작 점, 끝점 그리고 Q, R, S파형의 판독된 위치를 각각 Begin, End, Q, R, S로 표시하였으며, 특히 QRS시작점과, 끝점은 명확한 구분을 위해 실선으로 나타내었다. 또한 환자데이터로 사용된 CSE 데이터베이스는 15 리이드중 리이

표 1 CSE 데이터베이스에 대한 QRS의 인식결과

Table 1 The results of QRS recognition for CSE database

전체 비트수	False positive	False negative	Failed detection	Accuracy
3,750(beats)	107(beats)	68(beats)	175(beats)	95.3%

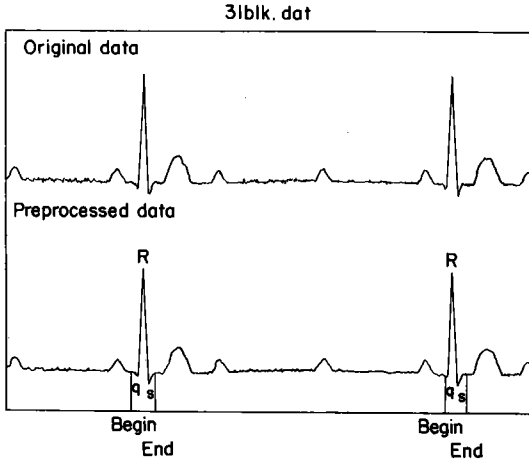


그림 7 제안된 알고리즘을 3도 방실 전도 장애 파형에 적용한 결과

Fig. 7 Results of ECG outputs in cases of 3rd block applied by the proposed algorithm

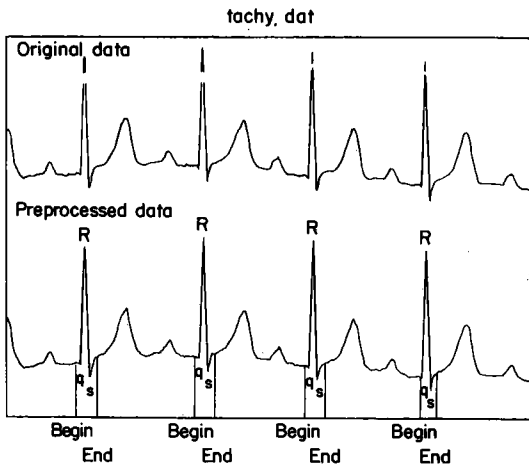


그림 8 제안된 알고리즘을 심실빈맥 파형에 적용한 결과

Fig. 8 Results of ECG outputs in cases of tachycardia applied by the proposed algorithm

드 II, VI, V6의 3 리이드에서 환자 1인당 각 10의 비트를 사용한 결과는 표 1에 나타내었다.

본 연구의 결과에서 보는 바와 같이 본 알고리즘을 이용하여 시뮬레이터의 경우 잡음 성분이 거의 존재 하지 않은 깨끗한 파형인 경우는 다른 알고리즘과 마찬가지로 효과적으로 검출하고 있음을 알수 있으나 환자 데이터의 경우 비교적 파형이 깨끗한 CSE 데이터 베이스의 경우에서 95.3%의 인식율을 얻었다. 어트리뷰트 그래머를 사용하고 전처리 및 프리미티브 추출과정에서 각 리이드별 환자별로 문턱치 값을 실험적으로 달리해줌으로써 기존의 문장론적 방법보다는 다소 향상된 인식율을 얻을 수 있었으나 비문장론적 방법의 정확도보다는 뒤떨어진다. 그러나 이 방법은 알고리즘의 확장, 수정등이 용이하고, 전처리 방법의 개선 및 멀티패스 파싱 알고리즘등의 개발등으로 성능향상을 위한 여지는 풍부하므로 심전도 파형의 구조적 정보를 사용할 수 있는 문장론적 방법의 전망이 밝다고 할수 있겠다.

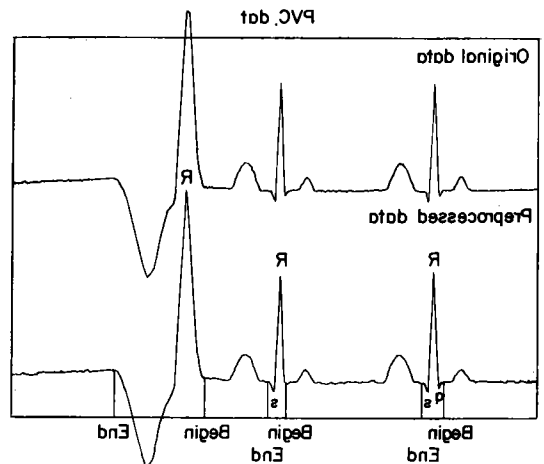


그림 9 제안된 알고리즘을 조기심실수축 파형에 적용한 결과

Fig. 9 Results of ECG outputs in cases of PVC applied by the proposed algorithm

5. 결 론

본 논문은 QRS 콤플렉스 인식을 위한 인터프리터에 관한 연구로서, 부분 선형 근사화로 전처리한 심전도 신호를 어트리뷰트 그램 인터프리터를 통해 파싱하였다. 제안된 인터프리터는 문장론적 해석과 어의론적 평가의 두 부분으로 이루어져 어트리뷰트 그램의 어의론을 평가함으로써 QRS 콤플렉스를 인식하는 알고리즘을 구축하였고 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 어트리뷰트 그램에서 정의된 어의론적 정보를 사용함으로써 근 잡음, 전원 잡음, 기저선 등 요소와 같은 잡음 성분에 영향을 받지 않고 QRS 콤플렉스를 인식할 수 있었다.

(2) 전체 입력 데이터의 한점에 대해 한번의 연산 만이 필요하므로, 단 한번의 연산으로 선형 근사화가 가능하기 때문에 속도가 빠르고, 알고리즘이 간단해 구현하기 쉽다.

(3) 본 논문에서 설계한 인터프리터는 문장론적 해석과 어의론적 평가를 동시에 수행한다. 문장론적 해석 장치는 일반적인 비 결정적 하강 파싱 알고리즘을 사용하고, 어의론적 평가는 어트리뷰트 그램을 표현하는 eval 프로시저에 의해 수행된다. 어의론적 평가 과정에서 FLAG라는 메타 변수(mata variable)를 사용함으로써 열거된 문제의 문맥의존 제한을 검지할 수 있을뿐만 아니라 문법 해석동안 대체 규칙을 선택, 평가할 수 있다.

(4) 어트리뷰트 그램을 심전도 파형의 표준화된 표현 도구로 사용할 수 있으며 알고리즘의 확장, 수정등이 용이하다.

(5) 문턱치의 영향을 크게 받으므로 전처리 및 프리미티브 추출과정의 문턱치 값을 파형 성질에 따라 가변할 수 있는 알고리즘을 개발하여야 하며 단일 패스 파싱보다는 멀티 패싱 파서로의 연구가 진행되어야 한다.

참 고 문 헌

1) J. H. van Bommel and J. L. Willems, eds, Trends

in computer-Processed Electrocardiograms. North Holl and, Amsterdam 1977.

2) T. Shibahara, J. Mylopoulos, K. Tsotsos and D. Convoy, CCA : a knowledge based system with causal knowledge to diagnose rhythm disorders in heart, Proc. of the 4th CSCSI/SCEIO Conf., pp. 71-78, 1982.

3) A. Lestenberg and M. Kunt, A robust-digital QRS detection algorithm for arrhythmia monitoring, Comp. Biomed. Res. 16, pp. 273-286, 1983.

4) O. Pahlm and L. Sornmo, Software QRS detection in ambulatory monitoring-a review, Med. Biomed. Eng. Comput. pp. 289-297, 1984.

5) K. P. Birman, Rule-based learning for more accurate ECG analysis, IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. PAMI-4, pp. 369-380, 1982.

6) K. P. Birman, Using SEEK for multichannel pattern recognition, Comp. Biomed. Res. 16, pp. 311-333, 1983.

7) K. S. Fu, Syntactic Pattern Recognition and Applications. Prentice-Hall, Englewood Cliffs. NJ, 1982.

8) R. C. Gonzalez and M. G. Thomason, Syntactic Pattern Reconition. Addison-Wesley, Reading, MA, 1987.

9) S. L. Horowitz, A syntactic algorithm for peak detection in waveforms with application to cardiography, Comm. Ass, comput. Mach. 18, pp. 281-285, 1975.

10) G. Stockman, L. Kanal and M. C. Kyle, Structural pattern recognition of caroted pulse waves using a general waveform parsing system, Comm. Ass. comput. Mach. 19, pp. 688-695, 1976.

11) G. C. Stockman and L. N. Kanal, Problem representation for the linguistic analysis of waveforms, IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. PAMI-5, pp. 287-298, 1983.

12) D. A. Giese, J. R. Bourne and J. W. Ward, Syntactic analysis of the electroencephalogram, IEEE Trans. Syst. Man Cybernet. 9, pp. 429-

- 435,1979.
- 13) G. Belforte, R. de Mori and F. Ferraris, A contribution to the automatic processing of electrocardiograms using syntatic methods, IEEE Trans. Biomed. Eng. BME-26, pp. 125-136, 1979.
 - 14) J. K. Udupa and I. S. N. Murthy, Syntactic approach to ECG rhythm analysis, IEEE Trans. Biomed. Eng. BME-27, pp. 370-375, 1980.
 - 15) G. K. Papakonstantinou, An interpreter of attribute grammars and its application to waveform analysis, IEEE Trans. Software Eng. SE-7, pp. 279-283, 1981.