

선택틱 패턴 인식 알고리즘에 의한 심전도 신호의 패턴 분류에 관한 연구

남승우 · 이명호

= Abstract =

A Study of ECG Pattern Classification of Using Syntactic Pattern Recognition

Seung Woo Nam, and Myoung Ho Lee

This paper describes syntactic pattern recognition algorithm for pattern recognition and diagnostic parameter extraction of ECG signal. ECG signal which is represented linguistic string is evaluated by pattern grammar and its interpreter-LALR(1) parser for pattern recognition. The proposed pattern grammar performs syntactic analysis and semantic evaluation simultaneously. The performance of proposed algorithm has been evaluated using CSE database.

1. 서 론

심장의 전기적 활동을 기록한 심전도(electrocardiogram : ECG)는 환자의 심장 상태를 진단하기 위한 중요한 수단으로 사용되어 왔다. 심전도 자동진단을 위한 심전도 신호처리는 심전도 신호의 패턴을 인식하여 진단에 사용되는 구분점을 추출하고 진단 기준을 적용하여 환자의 심장상태를 결정하는 진단과정을 거쳐 수행된다^[1]. 심전도 자

동진단에서 가장 중요한 부분은 심전도를 구성하는 각 파형에 대한 시점과 종점을 나타내는 구분점을 인식한 후 각 파형에 대한 패턴을 분류하는 패턴 인식과정이다^[2].

본 논문에서는 심전도 신호의 구조적 성질을 고려할 수 있을 뿐만 아니라 구문론적 정보와 의미론적 평가를 함께 표현할 수 있는 패턴 그래머를 사용함으로써 심전도 신호를 효율적으로 분류하고 구분점을 정확히 추출할 수 있는 선택틱 패턴 인식 알고리즘을 설계하고자 한다.

본 논문에서 제안한 문장론적 접근방법은 심전도 신호의 구조적 성질을 고려하여 인식 과정을 간단히 수행할 수 있는 방법으로서, 패턴 프리미티

〈접수 : 1991년 11월 15일〉
연세대학교 공과대학 전기공학과
Dept. of Electrical Engineering Yonsei University

브를 정의하고 프리미티브 심볼과 서브 패턴간의 관계를 토대로 신호를 패턴 분류한다.

선택된 패턴 인식 알고리즘은 패턴 프리미티브를 선택하고 추출하는 과정, 패턴 그래머와 그에 따른 파서의 설계과정, 설계된 패턴 그래머를 사용하여 심전도 신호의 패턴을 인식하는 과정, 구분점 추출과정으로 구성되어 있다. 심전도 신호를 구성하는 P파, QRS군, T파는 피이크의 형태를 취하므로 패턴 프리미티브로서 피이크를 선택하였고 패턴 프리미티브의 추출은 피이크의 구조적 성질을 고려하는 선택된 피이크 인식 알고리즘을 사용하였다. 추출된 패턴 프리미티브를 패턴인식에 사용하는 프리미티브 심볼의 문자열로 바꾸고 구문론적 분석과 의미론적 평가를 수행하는 패턴 그래머로서 심전도 신호의 패턴을 인식하였다. 인식된 심전도 신호로부터 진단에 사용하는 진단파라미터를 추출하였다. 본 논문에서 제시한 알고리즘을 CSE 데이터 베이스의 심전도 신호에 적용하여 성능 평가를 하였다.

2. 심전도 신호의 선택된 패턴인식

2.1 패턴 프리미티브 심볼의 선택

패턴 프리미티브(pattern primitive)는 인식하고자 하는 패턴의 특정한 구조적 관계를 통해 패턴을 묘사하기 위하여 사용되는 가장 기본적인 서브 패턴으로서 특정 응용 분야에서 인식하고자 하는 패턴이 갖는 중요한 정보를 포함해야 한다. 심전도 파형은 피이크와 세그먼트성분으로 구성되어져 있기 때문에 피이크와 세그먼트를 패턴 프리미티브로 선택하였다. 패턴 프리미티브를 선택한 후에는 입력신호를 언어구조와 비슷한 문자열(string)로 표현하기 위하여 프리미티브 심볼(primitive symbol)을 선택하여야 한다. 피이크에 관한 프리미티브 심볼은 피이크를 구성하는 선분의 기울기를 토대로 기울기가 큰 피이크, 기울기가 작은 피이크 등 두가지 형태로 구분하여 선택하였다. 추출한 프리미티브 심볼을 다음과 같은 5가지 형태의 프리미티브 심볼의 문자열로 표현하였다.

$$\Sigma = \{ksp, ksn, klp, kln, e\}$$

ksp : positive peak with small slope

ksn : negative peak with small slope

klp : positive peak with large slope

kln : negative peak with large slope

e : straight line segment

선택된 각각의 프리미티브 심볼에는 의미론적 평가를 위해 여러가지 속성을 부여하였으며, 이는 입력신호로부터 프리미티브를 추출하는 과정에서 계산되어지고 패턴 인식과정에서 패턴을 분류하기 위해 사용된다.

피이크에 관한 프리미티브 심볼 Pk에는 다음과 같은 8가지의 속성을 부여하였다.

$$PK = \{xlk, ylk, xmk, ymk, xrk, yrk, Ek, \text{anglek}\}$$

여기서

(xlk, ylk) : left boundary of the peak Pk

(xmk, ymk) : peak extreme of the peak Pk

(xrk, yrk) : right boundary of the peak Pk

Ek : energy of the peak Pk

anglek : angle of the peak Pk

피이크의 에너지와 작은 패턴 인식할 때 심전도 성분을 잡음 성분과 구별하기 위한 중요한 정보로 쓰인다. 피이크가 가지고 있는 에너지의 계산 방법은 다음식과 같다.

$$\sum_p^q (y_i - y_{i-1})^2, p = xlk + 1, q = xrk \quad (2-1)$$

또한 세그먼트에 관한 프리미티브 심볼 S에는 다음과 같은 4가지의 속성을 부여하였다.

$$S = \{xls, yls, xrs, yrs\}$$

(xls, yls) : start point of the segment S

(xrs, yrs) : end point of the segment S

2.2 신경회로망을 이용한 정보압축의 원리

선택한 패턴 프리미티브 심볼을 사용하여 입력신호를 언어적 표현으로 나타내기 위해서는 우선 입력 신호로부터 프리미티브를 추출하여야 한다. 신호로부터 피이크를 추출하기 위해 기존의 알고리즘은 정량적인 정보만을 사용하여 피이크를 인식하기 때문에 신호가 잡음에 심하게 오염되거나 신호 패턴이 복잡한 경우 피이크를 정확히 인식할 수 없었다. 본 논문에서는 피이크를 효율적으로 추출하기 위하여 피이크의 구조적 정보를 고려할 수

있는 선택적 피이크 인식 알고리즘[2]을 사용하였다.

2.3 패턴 그램의 구성

패턴 그램은 BNF(Backus Normal Form)문법과 어트리뷰트의 집합으로 구성된 그램이다. BNF문법은 프리미티브 심볼로 표현한 종단기호(terminal symbol)와 문법을 표현한 비 종단기호(nonterminal symbol)를 가지고 구문론적 분석(syntax analysis)을 하는 것이고 어트리뷰트의 집합은 패턴 인식을 위한 구문론적 분석 과정에서 패턴 인식의 정확성과 속도의 개선을 위한 의미론적 평가를 하기위한 것이다. 심전도 신호에는 심장의 전기적 활동을 나타내는 패턴외에 노이즈에 대한 패턴이 존재하며, 구문론적 분석만으로는 이들을 구별하기가 어렵다. 즉, 이들을 구별하기 위해서는 구문론적인 분석 뿐만 아니라 신호의 구조적 정보와 속성을 고려하는 의미론적 평가과정이 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 심전도 신호의 패턴 인식을 위해 구문론적 분석과 의미론적 평가를 동시에 수행할 수 있는 패턴 그램을 사용하였다.

(1)구문론적 분석

구문론적 분석을 위해 심전도 신호의 패턴을 BNF문법으로 기술하였다. 기록된 리드, 심장 전도 시스템의 이상에 따라 여러가지 형태가 존재하기 때문에 이를 인식하기 위한 패턴 그램은 여러가지 형태를 고려해야 한다. 심전도 신호의 패턴 인식을 위한 패턴 그램은 다음과 같이 구성하였다.

```

<ecg-leads> → <ecg_lead> <ecg-leads>
           → ε
<ecg_lead> → <init_part> <cardiac_cycle>
           <fin_part>
<init_part> → <segment> <init_part>
           → ε
<fin_part> → <segment> <fin_part>
           → ε
<cardiac cycle> → <coupled_p> <qrs> <coupled_t>
<qrs> → <q> <r> <s> <rp> <sp> <rtp> <stp>
       → <r> <s> <rp> <sp> <rtp> <stp>
       → <q> <r> <s> <rp> <sp> <rtp>
       → <r> <s> <rp> <sp> <rtp>
    
```

```

→ <q> <r> <s> <rp> <sp>
→ <r> <s> <rp> <sp>
→ <q> <r> <s> <rp>
→ <r> <s> <rp>
→ <q> <r> <s>
→ <r> <s>
→ <q> <r>
→ <r>
→ <qs>
if (QRS_recognize() == OK)
    reduce "qrs"
else
    error_recover()
    
```

```

<coupled_p> → <p> <inter_seg>
             P_recognize();
             clear_buffer();
    
```

```

<coupled_t> → <inter_seg> <t>
             T_recognize();
             clear_buffer();
    
```

```

<inter_seg> → <segment> <inter_seg>
           → ε
           if(look_ahead_ks() == OK)
               shift "e"
           else
               reduce "inter_seg"
    
```

```

<p> → <ksp>
     → <ksn>
     → ε
     buffer[number] = token;
     number = number + 1;
    
```

```

<t> → <ksp>
     → <ksn>
     → <ksp> <ksn>
     → <ksn> <ksp>
     → ε
     buffer[number] = token;
     number = number + 1;
    
```

```

⟨r⟩ → ⟨klp⟩
⟨rp⟩ → ⟨klp⟩
⟨rtp⟩ → ⟨klp⟩
⟨q⟩ → ⟨kln⟩
⟨qs⟩ → ⟨kln⟩
⟨s⟩ → ⟨kln⟩
⟨sp⟩ → ⟨kln⟩
⟨stp⟩ → ⟨kln⟩
⟨segment⟩ → ⟨e⟩
                → ε
    
```

```

{
    select the maximum energy value ;
}
    
```

(2) 의미론적 평가

패턴 그램머에 정의된 의미론적 평가의 함수는 다음과 같이 구성하였다.

가. QRS .recognize()

프리미티브 심볼의 선택에서 기울기가 큰 피이크와 기울기가 작은 피이크의 구별을 위한 문턱치를 높게 주기 때문에 기울기가 큰 피이크로 나타나는 것은 QRS군과 고주파의 스파이크이다. 고주파의 스파이크와 QRS군과의 구별은 피이크의 폭으로 구별할 수 있다. QRS군의 폭은 0.02sec보다 크기때문에 이보다 작은 폭을 갖는 피이크는 고주파의 노이즈라고 간주하였다.

```

if(QRS-width > 0.02sec)
    return OK
else
    return ERROR
    
```

나. p .recognize()

버퍼에 저장되어진 프리미티브 심볼과 그에 따른 속성들을 가지고 P파를 인식하는 함수이다. 피이크의 위치가 R-R interval의 1/2내에 존재하는 것들 중 각(angle)이 문턱치보다 작고 에너지 값이 가장 큰 것을 P파로 선택한다.

```

for(i=0 ; i<number ; i++)
{
    if(buffer[i].peak-position < R-R interval/2
        && buffer[i].angle < threshold-1)
    
```

다. T .recognize()

P파 인식과 같은 방법으로 인식한다. 즉, 피이크의 위치가 R-R interval의 2/3내에 존재하는 것들 중 각(angle)이 문턱치보다 작고 에너지 값이 가장 큰 것을 T파로 선택한다.

```

for(i=0 ; i < number ; i++)
{
    if(buffer[i].peak .position < R-R interval*/2
        && buffer[i].angle < threshold-2)
    {
        select the maximum energy value ;
    }
}
    
```

라. clear buffer()

P파 인식과 T파 인식을 위해 사용했던 버퍼를 초기화 시켜주는 함수이다.

```

for(i=0 ; i < number ; i++)
{
    buffer[i]=0 ;
}
number = 0 ;
    
```

마. look_ahead_ks()

이 함수는 파싱중에 발생하는 충돌(Conflict) 현상을 방지하기 위한 것이다. 파싱중 LALR(1) 파서의 action함수가 shift/reduce상태를 동시에 가질 수 있기 때문에 다음에 입력될 프리미티브 심볼의 상태가 “ksp”나 “ksn”인지를 살펴본다.

```

if(next token == ksp or ksn)
    return OK ;
else
    return ERROR ;
    
```

2.4 선택적 패턴 인식을 위한 파서의 설계

파싱은 입력신호를 프리미티브 심볼의 배열로 나타낸 언어적 표현이 패턴 그램에 의해서 생성된 것인지의 여부를 결정하는 과정이다. 파싱의 방법에는 크게 top-down 파싱과 bottom-up 파싱으로 나누어진다. 본 논문에서는 파싱을 위한 파싱 테이블의 작성을 용이하게 하기 위하여 bottom-up 파싱 방법을 사용하였다.

본 논문에서 사용한 파서는 대부분의 프로그램이 언어의 파서로 사용되는 LALR(1) 파서를 사용하였다. LR 파서를 위한 파싱 테이블은 사용한 문법이 복잡할 경우 사람이 작성하기에 매우 어려우므로 LALR(1) parser generator인 YACC(Yet Another Compiler-Compiler)를 사용하였다. YACC는 작성한 패턴 그램을 컴파일 하여 자동적으로 파싱 테이블을 만들어준다. 얻어진 파싱 테이블을 참조하여 C 프로그램인 언어로서 LALR(1) 파서를 제작하였다. TACC를 사용하여 파싱 테이블을 얻는 과정은 그림 2-1와 같다.

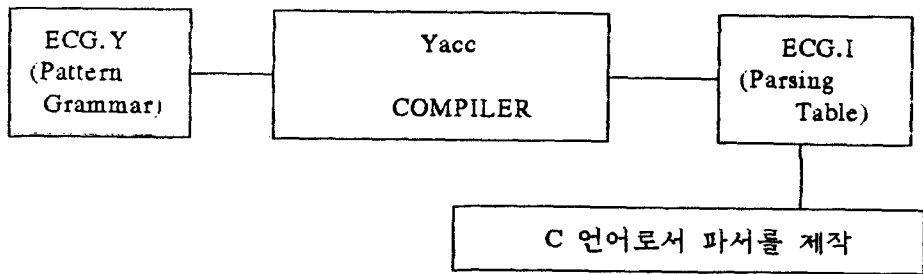


그림 2-1 YACC를 이용한 파서의 제작
Fig. 2-1 Construction of parser using the YACC

LALR(1) 파서의 구조는 그림 2-2와 같다.

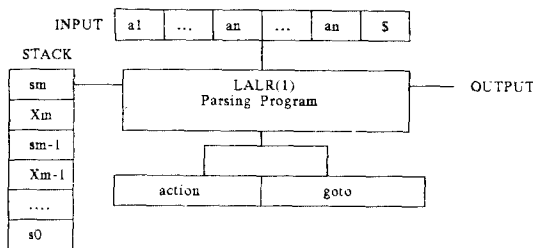


그림 2-2 LALR(1) 파서의 모델
Fig. 2-2 Model of an LALR(1) parser

그림 2-3에서 알 수 있듯이 LALR(1) 파서는 action 함수와 goto 함수를 수행하여 파싱을 한다. action 함수의 알고리즘은 다음 그림과 같다.

```

set ip to point to the first symbol of w $ ;
repeat forever begin
  let s be the state on top of the stack and
  a the symbol pointed to by ip ;
  if action[ s, a ] = shift s' then begin
    push a then s' on top of the stack ;
    advance ip to the next input symbol
  end
  else if action[ s, a ] = reduce A → β then begin
    pop 2* | β | symbol off the stack ;
    let s' be the state now on top of the stack ;
    push A then goto[ s', A ] on top of the
    stack ;
    output the production A → β
  end
  else if action[ s, a ] = accept then
    return
  else error()
end
  
```

그림 2-3 LALR(1) 파서의 action 함수 알고리즘
Fig. 2-3 The algorithm of action function of LALR(1) parser

goto 함수는 state와 grammar symbol을 인자로 받아 state를 만들어내는 함수이다.

본 논문에서 사용한 문법에 대한 파싱 테이블을 얻기 위해 YACC로 컴파일하여 보면 얻어진 파싱 테이블에 7개의 충돌(Conflict) 현상이 발생한다. 충돌 현상은 패턴 그램의 종단기호(Terminal symbol)가 그램의 복잡성에 비해 부족하기 때문에 발생한다. 그러나 심전도의 특성상 더 많은 종단기호를 갖기는 어려우므로 이와같은 현상은 파싱중 다음에 입력될 프리미티브 심볼의 상태를 참조하는 속성을 BNF 문법에 첨가함으로써 제거할 수 있었다.

3. 실 험

본 논문에서 제안한 선택틱 패턴 인식 알고리즘의 흐름도는 그림 3·1과 같다.

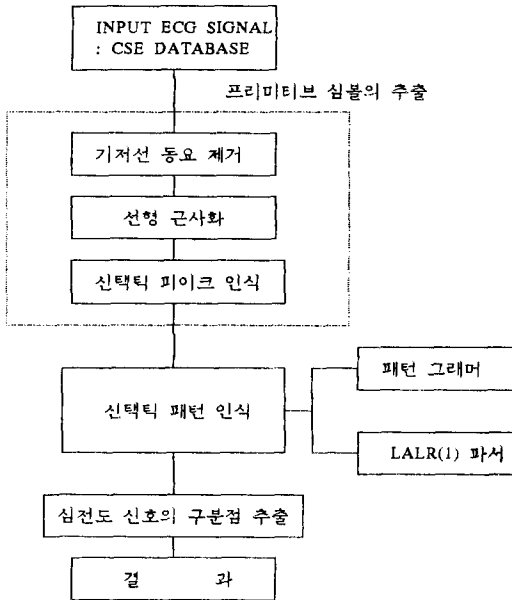


그림 3·1 선택틱 패턴 인식 알고리즘의 흐름도
Fig. 3-1 The flowchart of the syntactic pattern recognition algorithm

본 논문에서 제안한 심전도 신호의 선택틱 패턴 인식 알고리즘은 심전도 신호를 패턴 프리미티브 심볼로 표현한 후 그 언어적 표현에 의해 패턴을 인식하는 것이다. 패턴 인식을 위해 선택한 프리미티브는 피이크와 세그먼트 성분이므로 심전도 신호의 피이크를 추출하기 위하여 피이크의 구조적 성질을 고려하는 선택틱 피이크 인식 알고리즘을 사용하였다.

피이크 인식의 효율성을 기하기 위해 우선 입력 신호에 존재하는 저주파 성분의 기저선 동요를 3차 스프라인 함수를 사용하여 제거하였다. 추출하려는 피이크는 선분의 연결로 구성되어있기 때문에 기저선 동요가 제거된 심전도 신호를 “분할-융합” 선형 근사화 알고리즘을 사용하여 세그먼트화 하였다.

선택틱 피이크 인식 알고리즘에 의해 추출된 피이크를 토대로 심전도 신호를 패턴 프리미티브의 문자열로 나타낸 후 심전도 신호의 구조적 성질을 고려하는 패턴 그래머와 그에 따른 LALR(1) 파서를 사용하여 심전도 신호의 패턴을 인식하였다.

본 논문에서 제안한 선택틱 패턴 인식 알고리즘의 성능 평가를 위해 사용한 입력 데이터는 CSE (Common Standard quantitative Electrocardiogram) 데이터 베이스를 사용하였다. CSE 데이터 베이스는 심전도 신호의 패턴 인식과 구분점 추출 시스템의 성능 평가를 위한 표준 데이터로서 12bit 500 samples/sec로 A/D 변환된 125명의 환자 데이터이다. CSE 데이터 베이스에는

(1) P파, QRS군의 onset점

(2) P파, QRS군, T파의 offset점

의 계측값이 각 리드별로 기록되어 있다. 이 계측값은 CSE 프로젝트 그룹에서 제안한 계측 권고안에 의해 실제 심장 전문의들이 판독한 값으로서 심전도의 패턴인식 시스템의 성능 평가는 이 값에 의해 이루어진다. 그러므로 본 논문에서 제안한 선택틱 패턴 인식 알고리즘의 성능 평가를 위해 CSE 데이터 베이스의 환자 데이터 각 환자별로 Lead I, II, III, V1, V4, V5, V6를 실험하여 CSE 데이터 베이스의 계측값과 비교하고 에러의 평균값을 계산하였다.

4. 결과 및 고찰

본 연구에서는 실험 결과의 정확성을 검증하기 위하여 각 환자마다 lead I, II, III, V1, V4, V5, V6 등 7개의 lead를 실험하여 CSE 데이터 베이스에 기록되어진 결과와 비교하였다.

실험에서 얻은 결과와 CSE 데이터 베이스에 기록된 결과를 비교한 표 4-2에서 알 수 있듯이 심전도의 진단 파라미터중 가장 중요한 부분을 차지하는 QRS군에 대해서는 특히 정확한 인식이 이루어졌다. P파와 T파의 인식에 있어서도 형태나 위치를 정확히 검출하였다. 표 4-2에서 P파의 에러값이 가장 크게 나타났는데 이는 Lead I에서의 P파가 키이크 기울기의 변화가 완만하여 P파의 onset점과 offset점을 찾기 어려웠다.

표 4·1 정상 파형의 패턴 인식된 신호로부터 추출한 구분점

Table 4·1 Extracted point from pattern recognized signal of normal wave

type	onset	peak	offset	peak-amp
POS-P	89	110	150	158
POS-P	540	588	618	172
POS-P	1020	1060	1085	154
POS-P	1470	1502	1549	184
POS-P	1920	1955	1999	179
POS-P	2397	2428	2480	162
POS-P	2887	2919	2942	150
POS-P	3348	3387	3430	165

(a) P파에 관한 구분점

type	onset	peak	offset	peak-amp
QRS-RS	191	213	263	220
QRS-RS	659	677	723	291
QRS-QS	1142	1165	1198	-711
QRS-RS	1583	1604	1656	251
QRS-RS	2040	2058	2106	284
QRS-RS	2511	2534	2587	287
QRS-RS	2990	3011	3060	190
QRS-RS	3461	3481	3537	293

(b) QRS군에 관한 구분점

type	onset	peak	offset	peak-amp
POS-T	321	369	422	291
POS-T	750	835	890	314
POS-T	1239	1304	1350	334
POS-T	1704	1762	1800	320
POS-T	2149	2219	2260	339
POS-T	2687	2688	2742	335
POS-T	3114	3162	3219	287
POS-T	3580	3637	3692	351

(c) T파에 관한 구분점

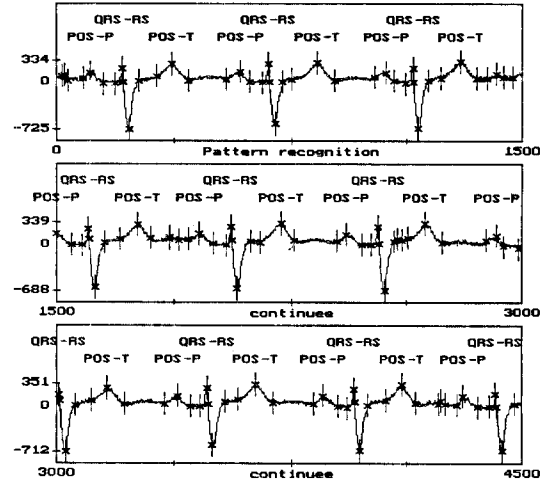


그림 4·1 정상 파형의 패턴 인식된 결과

Fig. 4·1 Pattern recognized signal of normal wave

표 4·2 정상 파형에 대한 실험 결과와 CSE database와의 비교

Table 4·2 The result of comparison between normal wave result and CSE database

LEAD		P on	P off	QRS on	QRS off	T end
I	CSE	1467	1530	1587	1656	1807
	실험결과	1505	1540	1591	1662	1800
II	CSE	1473	1552	1588	1656	1810
	실험결과	1470	1549	1588	1656	1810
III	CSE	1477	1537	1589	1657	1812
	실험결과	1460	1550	1582	1648	1818
V1	CSE	1477	1538	1591	1657	1813
	실험결과	1484	1517	1591	1660	1820
V2	CSE	1478	1540	1593	1657	1815
	실험결과	1500	1532	1595	1658	1812
V5	CSE	1479	1541	1593	1659	1818
	실험결과	1503	1539	1590	1660	1800
V6	CSE	1480	1541	1594	1659	1819
	실험결과	1481	1539	1589	1660	1801
ERROR MEAN(ms)		-20.57	3.71	2.57	-0.85	9.42

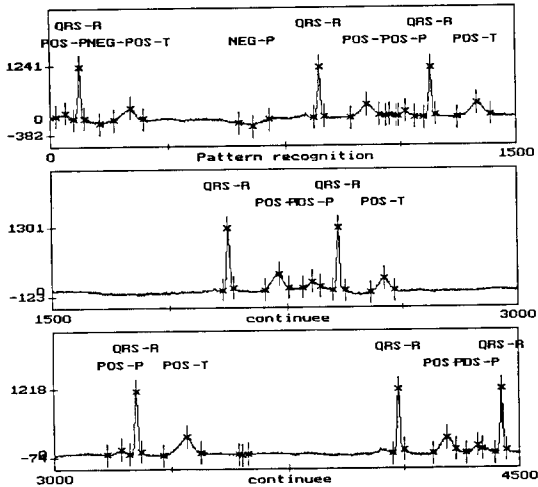


표 4.2 부정맥 파형의 패턴 인식 결과
Fig. 4.2 Pattern recognized signal of arrhythmia

표 4.3 부정맥 파형의 패턴 인식된 신호로부터 추출한 구분점

Table 4.3 Extracted point from pattern recognized signal of arrhythmia

type	onset	peak	offset	peak amp
POS-P	20	51	78	142
POS-P	540	645	701	-190
POS-P	1118	1140	1171	138
POS-P	2302	2332	2357	179
POS-P	3171	3216	3242	95
POS-P	4328	4366	4381	132

(a) P파에 관한 구분점

type	onset	peak	offset	peak amp
QRS-RS	78	95	112	1241
QRS-RS	842	859	875	1202
QRS-QS	1203	1223	1240	1189
QRS-RS	2044	2062	2080	1292
QRS-RS	2399	2416	2432	1301
QRS-RS	3242	3263	3280	1204
QRS-RS	4088	4018	4125	1218
QRS-RS	4422	4444	4461	1207

(b) QRS군에 관한 구분점

type	onset	peak	offset	peak amp
POS-T	200	257	298	244
POS-T	960	1015	1056	309
POS-T	1310	1304	1418	347
POS-T	2180	2224	2257	348
POS-T	2520	2566	2601	247
POS-T	3350	3424	3469	344
POS-T	4222	4266	4295	301

(c) T파에 관한 구분점

표 4.4 부정맥 파형의 결과와 CSE데이터 베이스와의 비교

Table 4.4 The result of comparison between arrhythmia result and CSE database

LEAD		P on	P off	QRS on	QRS off	T end
I	CSE	747	807	819	870	1041
	실험결과	800	827	842	877	1058
II	CSE	748	813	821	872	1060
	실험결과	740	820	831	880	1058
III	CSE	748	816	825	875	1061
	실험결과	760	821	840	900	1050
V1	CSE	751	818	825	876	1061
	실험결과	761	820	842	899	1059
V2	CSE	764	832	838	887	1064
	실험결과	764	808	841	900	1099
V5	CSE	765	832	838	887	1065
	실험결과	760	837	837	881	1059
V6	CSE	766	832	840	890	1067
	실험결과	540	701	842	875	1056
ERROR MEAN(ms)		-17.71	-4.28	-19.71	-10	-5.71

표 4.4에서 알 수 있듯이 리드 V6의 P파 위치가 CSE 데이터 베이스의 값과 많은 차이가 난다. 이는 P파가 미세한데 반해 P파의 위치 전에 기저선의 동요로 큰 음의 피이크가 검출되어 이를 음의 P파로 인식하였기 때문이다. 이 때문에 P파의 에러값이 크게 나타났다.

표 4.2, 4.4에서 알 수 있듯이 각각의 파에 대한 형태와 위치가 정확히 검출되었다. 피이크의 구분점을 좀 더 정확히 검출하기 위해서는 선택적

피이크 인식 알고리즘이 보완되어져야 한다. 피이크의 구조적 성질에 피이크의 onset과 offset을 좀더 정확히 검출하기 위한 속성 계산을 더한다면 각 파형에 대한 구분점을 더욱 정확히 검출할 수 있을 것이다.

5. 결 론

본 논문에서는 심전도 신호를 패턴 프리미티브 심볼의 문자열로 표현한 후 심전도 신호의 구조적 성질을 고려하는 패턴 그래머와 그에 따른 LALR(1)파서를 사용하여 패턴을 인식하는 선택틱 패턴 인식 알고리즘을 제안하였다. 제안된 패턴 인식 알고리즘을 CSE데이터 베이스의 환자 데이터에 적용하여 알고리즘의 성능 평가를 하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 심전도 신호가 갖는 구조적 정보를 고려함으로써 잡음이 많이 섞인 경우 또는 부정맥과 같은 비정상 신호에서도 심전도 신호의 패턴을 정확히 인식할 수 있었다.

(2) 구문론적 분석과 기존의 알고리즘에서는 고려하지 않았던 의미론적 평가를 수행할 수 있는 패턴 그래머를 사용함으로써 잡음성분에 의한 인식에러를 방지하였다.

(3) 구현하기 쉽고 파상속도도 빠른 LALR(1)파서를 사용하였기 때문에 효율적인 패턴 인식이 가능하였다.

본 논문에서 제안한 선택틱 패턴 인식 알고리즘은 BNF문법을 좀더 다양화하고 의미론적 평가에 좀더 많은 심전도 신호의 속성을 고려한다면 패턴 인식에 있어 패턴 분류를 다양화 할 수 있고 정확도가 향상되리라 기대된다. 또한 패턴 그래머를 수정함으로써 영상 패턴 인식이나 문자 인식등에도 적용 가능할 것이다.

참고 문헌

- 1) E. Skodalakis, "Syntatic ECG processing : A review", in Pattern Recognition, Vol. 19, No. 4, pp. 304-313, 1986.
- 2) 신건수, 이병채, 이명호, "선택틱 패턴 인식에 의한 심전도 신호의 피이크 검출에 관한 연구", 전자공학회 논문집, 제28권, 1991.
- 3) G. Papakonstantinou, E. Skordalakis, F. Gritzal, "An attribute grammar for QRS detection", Pattern Recogn., Vol. 19, pp. 297-303, 1986.
- 4) G. Papakonstantinou, "An interpreter of attribute grammar and its application to waveform analysis", IEEE Transaction on Software Eng., Vol. Se.7, No.3, May 1981.
- 5) P. Trahanias, E. Skordalakis, "Syntactic Pattern Recognition of the ECG", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 12. No 7. July 1991.
- 6) Alfred V. Aho, Ravi Sethi, Jeffery D.Ullman: Compilers Principles, Techniques, and Tools, Bell Telephone Laboratories. Incorporated, 1986.
- 7) Allen I.Holub: Compiler Design in C, Prentice-Hall International Editions. 1990.
- 8) C. R. Meyer and H. N. Kerser, "Electrocardiogram baseline boise estimation and removal using cubic splines and state-space computation techniques", Computers and Bio-medical Research, Vol. 10, pp.459-470, 1977.
- 9) Daniel I., A. Cohen: Introduction to Computer Theory, John Wiley & Sons, Inc., 1986.
- 10) King. Sun. Fu: Syntactic pattern recognition applition. Springer-Verlag Berlin Herdelberg, 1977.
- 11) G. Papakonstantionous and F. Gritzali, "Syntactic filtering of ECG waveforms", Computers and Research, Vol. 14, pp. 158-167, 1981.
- 12) Wen-Hsiang Tsai and King-Sun Fu, "Attribute grammar a tool for combining syntactic and statistical approaches to pattern recognition", IEEE Transaction on Systems, and Cybernetics, Vol. SMC-10, No. 12, december 1980.
- 13) Jayarm K. Udupa and Ivaturi S. N. Murthy, "Syntactic approach to ECG rhythm analysis", IEEE Transactions on Biomedical Engineering. Vol BME-27, No. 7, July 1980.

- 14) E. Skordalakis, "Recognition of noise peaks in ECG waveform", Computers and biomedical 17, 208-221, 1984.
- 15) K.S.FU, "A step towards unification of syntactic and statistical pattern recognition", IEEE transaction on pattern analysis and machine intelligence, vol. PAMI-5, no. 2, march 1983.
- 16) Kenneth P. Birman, "Using SEEK for multichannel pattern recognition", Computers and Biomedical research 16, pp. 311-333, 1983.