교통량검지용 룩업테이블 방식 퍼지하드웨어 구현

Implementation of Look-up Method Fuzzy Hardware for Detecting Traffic Information

진 현 수　　이 상 훈　　김 성 환
Jin,Hyunsoo　Lee,SangHoon　Kim,Sunghwan
Seoul City Univ. School of Electrical and Electronic Eng.

요 약

기존의 교통 신호처리에 있어서는 교차로를 통과하는 차량의 숫자만으로 교통량의 많고 적음을 표시하였으나 정확한 교통 신호 처리에 있어서는 상대교차로의 지연차량수, 진입로의 길이 및 폭등이 고려되어야만 지체시간을 줄이는데 효과적임을 알 수 있다. 본 논문에서는 정확한 교통제어를 위해 진입로의 길이와 차량의 형태등을 고려한 도로상의 점유정도를 퍼지센서 알고리즘을 통해 혼잡량이라는 새로운 상징적 값으로 도출하고 실시간 구현을 위해 룩업 테이블 방식의 퍼지하드웨어를 구성하여 기존의 교통신호 처리 제어와 비교하여 차량 지체시간이 줄어듬을 보였다.

I.서론

일반적으로 실세계의 물리적 현상에 대한 묘사는 그 객체에 대해 수치적 양을 부과함으로서 얻어진다. 수치적 묘사는 정확하고 단축적이고 객관적 조작과정을 거쳐야 얻어진다. 즉 복잡한 실세계 현상을 쉽게 설명하는 특정한 규칙을 설정하고 수치화 하여야 얻어지는 것이다. 본 논문에서는 교차로 신호제어에 있어서 진입로의 차량수만을 가지고서는 그 교차로의 교통 포화량을 측정할 수 없고 진입로의 차선수와 차량의 속도와 수량을 모두 포함하여 새로운 상징적인 정보량인 혼잡도(Confusion degree)를 수량화 하여 교차로 주기를 제어하는데 직접 쓰면 유용하다. 따라서 통과하는 차량의 수만을 가지고서 교차로 신호 주기를 제어하는 기존의 차량 감지 센서인 루프 디텍터가 차량의 숫자만 파악하는데 쓰이나 교차로 신호처리에 최종적으로 쓰이는 궁극적인 정보량인 교통 혼잡도는 차량의 숫자가 아니고 도로에 대한 점유율로 표시할 수 있으므로 차량의 숫자만 가지고서는 차선의 수가 틀리는 진입로에서 정확하게 쓰일수 있는 정보량이 못된다. 따라서 진입로의 길이및 차량의 대,소정도와 대기 차량수를 통해 새로운 상징적 정보인 혼잡도라는 정보를 창출하고 새롭게 교차로 신호 주기 제어에 적용하므로서 기존의 방법보다 교통 신호처리 제어에 효과적임을 보여주고, 이를 퍼지센서라는 알고리즘으로서 구현하여 직접 물리적인 정보량을 통해 교통량의 많고 적음의 궁극적이나 상징적 정보량인 혼잡도를 도출하여 보았다.

II.퍼지 센서알고리즘을 통한 교통 정보량 수집

교통량을 검지하는데 있어서는 <그림 1>에서와 같이 신호등에서 최종적으로 신호 주기를 바꿔주어야할 시간은 A,B,C,D 진입로에서 접근하는 차량수만을 가지고서는 각 진입로의 통행권을 객관적으로 부여할 수는 없다.[1][2]

그럼에서와 같이 한쪽진입로에서 이동하는 차량의 숫자만 가지고서는 교통 신호처리 해주어야 할 대상이 많다고는 할 수가 없다. 같은 숫자의 차량의 수가 밀려 있다고하더라도 진입로의 폭과 이웃 교차로에서 부터의 진입로의 길이, 차량의 대,중,소등을 고려해주어야만 한다 실제 의미의 교통량의 많고 적음을 평가할 수가 있는것이다. 즉 차량의 숫자가 같은 숫자라 하여도 대형차량이 많이 밀려 있을 경우 같은 길이의 진입로에서 늘어서 있는 지체길이가 길어지게 되어 이웃교차로 까지 영향을 미치게 된다.[4]

고려해야할 대상이 많고 그 대상들을 퍼지 입력으로 할 경우 그 입력들에 대한 상호관련 통계식이 있어야 하나 입력들간에 아무 관련이 없을경우우 퍼지규칙을 위하여 퍼지 멤버쉽 함수 그래프를 만들고서 위에서 언급한 퍼지 이론을 적용하여 퍼지 추론을 하여야 한다

입력과 출력사이의 수학적인 관계가 없고 언어적인 규칙베이스가 없을 경우 퍼지센서에 의한 몇가지 언어예를 통할 수 밖에 없다. 즉 입력 명사와 출력 명사를 연결하는 언어 그래프를 구성한후 조합과 투영의 원칙을 사용하여 구성한 그래프로 부터 새로운 입력의 상을 계산하여 얻어내게 된다.

본 논문에서는 자동차의 통과 차량수와 대기차량수와 시간까지의 언어적인 관계를 다음과 같은 합으로서 서술하였다.

즉L(p)={low,medium,high};L(q)={low,medium,high};L(t)={low,medium,high};로 부터 새로운 퍼지 규칙을 얻어내어야 한다. 다음은 진입로당 차량의 대기숫자와 진입로의 길이,차량의 형태등으로 새로운 차량의 혼잡도 등을 얻어내는 표를 다음과 같이 표시 하였다.

여기에서 규칙을 생성해내기 위하여 입력과 출력의 등급값이 가장 큰값의 명사만을 추출하여 내본다. 이를 통해 측정값에 가장 근접한 유일한 출력값을 추출하여 낼수가 있다. IF 부분과 다른 THEN 부분이 있을 경우 가장 큰 값을 정한다. 이는 전건부와 후건부의 가장 큰 값에 관한 명사의 멤버쉽 값을 생성해 냄으로서 정의 된다. 이를 통해 약간의 정보를 소실하나 규칙의 수는 줄어들게 된다.

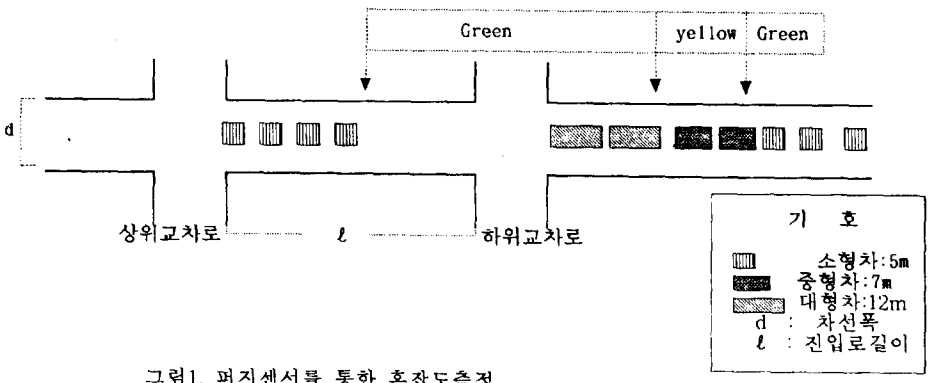


그림1. 퍼지센서를 통한 혼잡도측정
fig.1. Mesurement of confisoin degree through fuzzy sensor

III. 혼잡도 서술

따라서 위에서 기술된 예를 통해 다음과 같은 4가지의 규칙을 얻을수가 있다. 왜냐하면 2번째 예는 2가지 규칙을 이끌어 내기 때문이다.

. 만약 대기차량의 수가 중간이고 차량의 형태가 중간크기이면 혼잡도는 중간이다

. 만약 대기차량의 수가 중간이고 차량의 형태가 크면 혼잡도는 원활하다

. 만약 대기차량의 수가 많고 차량의 형태가 크면 혼잡도는 복잡하다

. 만약 대기차량의 수가 적고 차량의 형태가 작으면 혼잡도는 복잡하다

이러한 언어 규칙은 카테시안 곱인 L(p) x L(q) x L(t) 로서 표시된다.[7]

코-노름인 S와 노름인 T1 을 이용 조합(Combination)/투영(projection)의 원리를 이용 퍼지 부집합 L(T) x L(H)를 영상(image)F를 계산 하면 식 (3)과 같다.

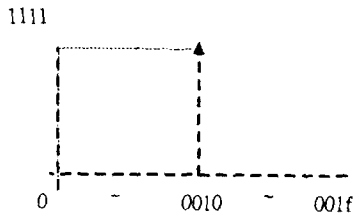
$$\mu_A(W)=S_{(V,V')\in L(T)\times L(H)}\ \mu_{(E,E')}(V,V')T_1\ \mu_T(V,V',W)) \quad \cdots\cdots(3)$$

여기에서 $\mu_{(E,E')}(V,V')$는 다음과 같이 정의할 수 있다. 여기에서 2개의 변수가 독립적이라 가정하면 $\mu_{(E,E')}(V,V')$ 는 분리되어지고 T_2(t-노름)를 가지고서 다시쓰면 다음과 같다.

$$\mu_{(E,E')}(V,V') = \mu_E(V)\ T_2\ \mu_{E'}(V') \quad \cdots\cdots(4)$$

III. 퍼지 하드웨어

위에서 언급한 퍼지논리를 이용하여 퍼지 센서 알고리즘을 구현 하는데는 소프트웨어로 하는 방법이 있으나 실시간용으로 처리하는데는 한계가 있으므로 이를 퍼지 하드웨어를 구성하였는데 퍼지를 베이스는 가변하기가 용이한 EPROM을 사용하였으며 가장 널리 사용되고 있는 삼각형 모양의 규칙을 사용하였다. 입력값은 가상적인 싱글톤(singletone)을 사용하였는데 이를 나타내는 것은 <그림 2>이다.제작된 퍼지보드의 구성은 퍼지화(fuzzyfication)와 역퍼지화(defuzzification)과정으로 되어있다. 퍼지



<그림 2>퍼지추론을 위한 입력값

화 회로는 하드웨어 구성이 용이한 MIN,MAX 방식을 사용하였고 역퍼지화 과정은 퍼지규칙 베이스와 같이 가변하기 용이한 EPROM을 사용하는 룩-업 테이블(look-up table)방식을 이용하였다. 퍼지보드를 설계할 때 제작상의 편의를 위하여 사용된 데이터는 4비트(bit)로 설계하였다.

4.1 퍼지추론을 위한 규칙과 입력값 설정

본 논문에 사용된 퍼지 추론은 하드웨어 구성이 간단한 MIN,MAX추론 방식을 사용하였다. 입력값은 실험상 편리한 싱글톤을 사용하였으며 각 규칙은 가장 널리 사용되어지는 삼각형의 소속함수를 사용하였다. 입력값과 각 규칙은 4 bit이며 32개의 요소(element)로 구성되어 있다. 입력값은 스위치를 사용하여 원하는 위치에서 싱글톤이 발생하도록 회로를 설계하였다. <그림 2>는 입력값을 나타내고 있으며 각 규칙은 EPROM에 저장하여 순차적으로 읽어낸다. 하나의 EPROM에 조건부와 결론부의 규칙값을 저장하였다. 주소 0에서 31까지는 조건부의 규칙을4bit로 저장하고 63까지는 결론부 데이터를 저장하였다.

4.2 퍼지화회로와 역퍼지화 회로

퍼지화 회로에서 입력값과 조건부의 규칙과의 기여도를 알기위하여 보드의 동작을 MIN과 MAX 회로를 거친다. 조건부에서 얻어진 입력값과 규칙사이의 기여도를 구한후 이값을 사용하여 결론부의 규칙에 추론 결과를 반영한다. 즉 조건부에서 얻은 기여도를 사용하여 출력규칙을 자르는(truncation)작업이다. <그림 3>

<표 1> 퍼지규칙을 생성하기위한 예

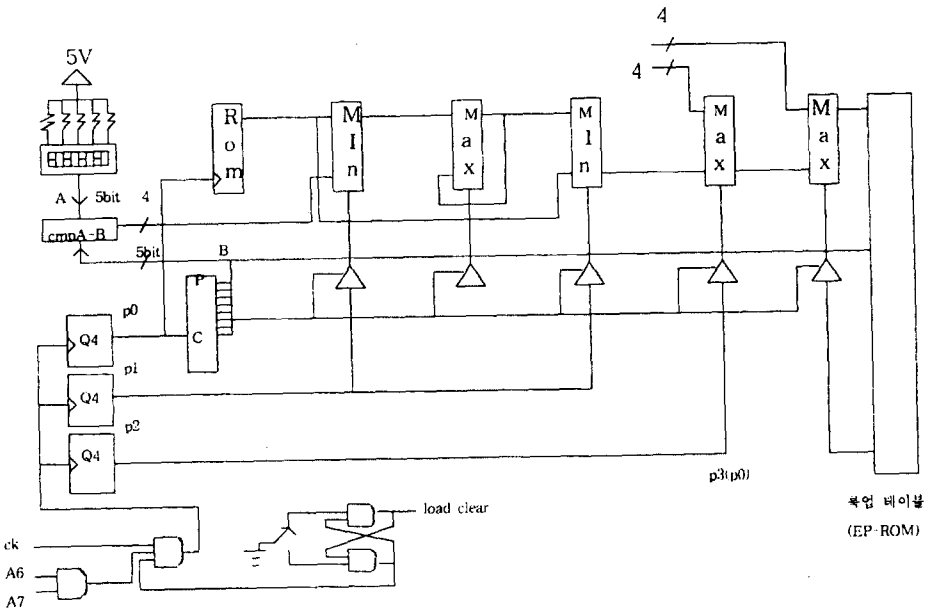
대기차량의 숫자	차량의 형태	진입로의 길이	혼잡도
0.75/medium+0.25/high (25대)	0.7/medium+0.3/high(대형차량)	0.75/medium+0.25/high(길이 20미터)	0.8/원활 +0.2/보통
0.5/medium+0.5/high (35대)	0.25/medium+0.75/high(중형차량)	0.3/medium+0.7/high (길이 30미터)	0.3/원활 +0.7/보통
0.8/low+0.2/medium(20대)	1/low (소형차량)	0.8/low+0.2/medium (길이 40미터)	0.9/복잡 +0.1/원활

는 전체 퍼지화 회로의 구성도를 나타내고 있다. 퍼지화 회로에서 얻어진 결과는 look-up table 방식으로 구성된 역퍼지화 회로에 전달된다 역퍼지화 회로는 퍼지화 회로에서 나온 어드레스(address)값을 EPROM에 대입하여 EPROM에서 나온 결과가 최종결과가 된다. 이 보드가 제대로 동작하기 위하여 동기신호가 필요하게된다. 먼저 입력은 4비트로서 딥(dip)스위치와 비교기 그리고 프로그램 카운터에 사용하며 원하는 위치에서 싱글톤 입력을 발생한다. 퍼지화 회로에서 MIN회로는 각각 1개의 4비트 비교기(comparator)와 멀티플렉서(multiplexer)로 구성된다. MAX회로는 MIN회로에서 비교기 출력신호를 바꾸어 비교기 입력값중 큰값을 출력하면 쉽게 구현이 된다. <그림 3>은 MAX회로를 구성하는 회로도를 나타내었다. MIN은 MAX에 비교기 출력단자에 인버터을 달아주면 된다. 조건부와 결론부 규칙을 저장한 EPROM과 MIN회로를 연결 시켜서 규칙 데이터를 63번까지 EPROM에 저장시켜서 6비트의 어드레스 버스(adress bus) 를 사용하여 순차적으로 읽었다. MIN 회로의 입력값은 크기가 4비트로 싱글톤(single tone)과 EPROM으로 부터 나오는 4비트의 규칙정보로 구성되었다.

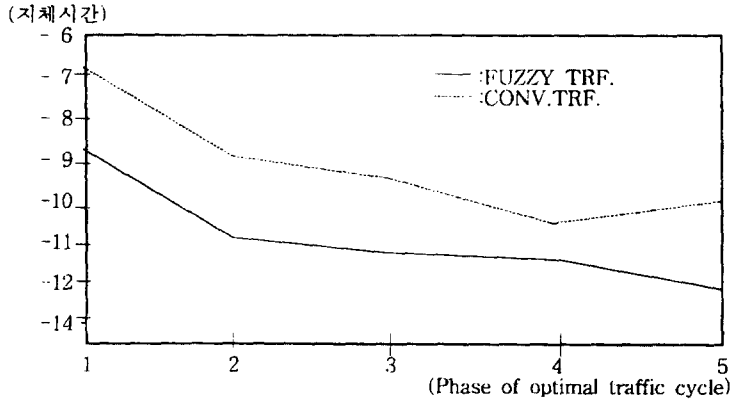
IV.퍼지센서 하드웨어 검증

퍼지하드웨어를 이용한 퍼지센서 범용보드의 구성은 앞에서 제시한 <그림 3>과 같이 TTL 논리게이트로 수성된 퍼지 추론보드와 룩업 테이블(Look-Up Table)로 수성된 EPROM 보드로 구성되어지며 입출력 모듈을 통해 센서인터페이스(플랜트)와 연결된다. 여기서 퍼지 아드웨어 부분은 퍼지화된 입력을 받아서 미리 설정된 규칙과 소속함수에 의해 추론 출력을 구하는 과정을 맡고 있다. 즉 퍼지 추론 하드웨어 부분은 TTL 논리 게이트로 퍼지 추론을 보드화한 형태로 동작하게 된다. TTL 퍼지 추론 보드가 자율적인 동작을 할 수 있도록 입려고가 출력모듈에 제어량을 쓰거나, 현제 물리적 센서의 측정량을 읽어오는일, 퍼지 추론된 출력을 얻어 내는일을 맡고 있다. 퍼지 추론 보드로는 싱글톤 회로와 4비트 멀티플렉서의 MIN 회로와 MAX회로로 구성되어 있는데 MAX 회로는 한 번의 퍼지 추론후 먹스(MUX)에 추론 정보가 저장될 수 있겠끔 한다. 퍼지 추론부에서 나온 출력이 비퍼지화 과정의 입력으로 쓰여 EPROM의 어드레스(adress)로 사용 룩-업 테이블의 신호 출력을 얻어 내게 된다.

퍼지 하드웨어를 각 교차로마다의 통과하는 차량수와 차량의 형태와 이에따라 각 차량당 지체시간(1대의 차량이 정체되어 있는 시간)을 가지고서 2입력, 1출력의 제어기에 대해서 17개의 이산화수(교차로의 수)를 가지고서 컴퓨터 시뮬레이션을 하여 그결과<그림 4>와 똑 같은 조건하에서 퍼지하드웨어로 추론한 결과<그림 4>를 비퍼지화법에 있어서 룩업 테이블 방식을 이용하여 비교하였다. 결과에서 알 수 있듯이 퍼지화 입력 변환 과정중 양자화에 따른 오차가 원래 있으나 본논문에서는 이산화수가 적은 관계로 거의 오차가 없는 알고리즘이 하드웨어로 잘 구현되었다는 것을 알 수 있다.



<그림 3>퍼지논리의전체 회로도



<그림 4> 퍼지센서를 통한 교차로 지체시간검증

V.결론

논문에서는 먼저 대규모의 퍼지 연산이 수행되면서도 실시간성이 만족되는 퍼지 센서기를 구현하기 위해 절실히 요구되고 있는 새로운 법용의 퍼지 하드웨어를 설계 및 제작하고 검증하였다. 제작된 퍼지 하드웨어는 먼저 다양한 직접 추론법과 비 퍼지화 방법을 제공함으로서 모든 다중센서의 요구에 만족하는 법용성을 띠게 하였으며, 많은 입출력의 확장을 고려하여 확장성을 가지도록 설계 하였다. 본 논문의 결과로 제작된 퍼지센서 하드웨어를 이용한다면 첫째, 대규모의 입력수를 이용하여 센서 출력을 생산하는데 필요한 많은 퍼지

추론이 요구되어지는 곳과 실시간성이 요구되어지는 분야와, 많은 입출력을 가지고 있는 시스템에 고속 추론의 퍼지제어를 적용 할 수 있을 것이고, 둘째로 대부분의 센서 응용 분야에 다중 입력으로 인한 출력을 얻어내는데 퍼지 제어 규칙만을 수집해 적용이 가능하므로 개발기간의 단축 및 손쉬운 적용 등의 효과를 얻을 수 있다. 그러나 본 논문에서 제안된 퍼지 하드웨어는 이미 상품화된 퍼지 하드웨어 제품과 비교할 때 아직 추론 속도면에서 개선을 요구하고 있다. 이러한 현재의 보드레벨로 제작된 하드웨어를 원칩화 하든지 ASIC(application specific integrated circuit) 하면 개선될것이다.

참 고 문 헌

[1] 도철웅(1990)," 교통공학 원론", p448-598

[2] 이광훈(1992),"교통신호제어론과 전략",세진서적

[3] FHWA(1985),"Traffic Control System Handbook",Federal Highway Administration,Department of Transportation,Washington DC,USA

[4] 진현수(1993),"퍼지동정 알고리즘을 이용한 교차로 교통신호등제어의 최적 주기 결정",전자공학회지,제30권,6호,p100-108.

[5] 황성연, "퍼지 Logic을 이용한 영상 압축 및 퍼지 보드제작 ",경북 대학교 석사학위 논문, 1991.12

[6] Gilles Mauris. ,"The aggregation of information by examples via fuzzy sensors", IEEE third Int. Conf. on Fuzzy System, Orlando, USA,june 1994

[7] E.Benoit, L.Foulloy et. al, " Fuzzy sensor for the perception of Colour", Submitted to the Third IEEE Int. Conf. on Fuzzy system, orlando, USA, June 1994