

電子교통신호의 문제점과 장래

朴炳昭

(서강대 이과대교수/물리학)

우리나라에 전자계산기제어교통신호체계가 등장한 지 13년이 되었다. 1980년 8월1일 서울특별시 4대문안 45개 교차로에 마이크로컴퓨터 제어신호제어기와 89기의 루프형 차량검지기가 설치되고 다시 이것들은 중앙전자계산기에 연결하여 교통량에 따라 신호시간을 바꾸는 체계가 처음으로 가동한 것이다. 1호선 지하철공사를 완공한 서울특별시는 노면교통의 혼잡을 완화하는 수단으로 1974년부터 선진 각국의 전자계산기 제어교통신호체계를 조사 연구하기 시작했다. 1977년에 들어와서야 예산 10억원을 확보하고 선진국의 메이커들에게 입찰제 의서를 제출하게 하고 심의를 시작했다. 그러나 이때는 아직도 전자계산기의 대중화가 이루어지지 않고 매우 값이 비싼 시점이었다. 전자계산기체계와 소프트웨어를 이해하고 그 지식을 바탕으로 각국 시스템의 우열을 판단할 수 있는 기술력이 미비했다. 이것은 적절한 시스템의 선정을 망설이게 하는 요인이 되었고 우여곡절 끝에 1978년 프로젝트는 한국전자기술연구소(KIET)로까지 돌아오게 되었다.



KIET는 각국의 시스템을 면밀하게 검토한 결과 입찰제의를 한 모든 외국 즉 독일, 일본 그리고 화란의 시스템들이 모두 Hardwired Logic을 사용하고 있으므로 부적당하다는 결론을 내렸다. 당시 마이크로컴퓨터가 새로 개발되어 있었다. 신호제어기야 말로 마이크로컴퓨터의 가장 좋은 응용처라는 생각이었던 것이다. 왜냐하면 Software Logic으로 신호를 제어하는 경우에는 최소한의 비용으로 다양한 기능을 실현시킬 수 있기 때문이었다. 그리고 머지 않아서 마이크로컴퓨터의 전성기가 올 것이라는 예측을 하고 있었다. 이것은 교통관제기술의 국산화를 이루는 데 결정적으로

중요한 방향설정이었다.

미국 텍사스 오스틴에 있는 Eagle Signal사와 제휴하여 신호기 제어체계를 도입하고 KIET 연구원들의 연수를 거쳐서 거의 모든 기술이 우리의 손으로 들어온 것이다. 그러나 당시의 전자계산기가 갖는 고가와 기억용량의 제한(최고 128KB) 등 때문에 제어프로그램을 여러 가지로 축소하지 않을 수 없었다. 이 약점은 전자계산기가 염가가 되고 수 10MB의 기억용량을 갖게 할 수 있는 지금에도 개선되지 않은 채로 남아 있다.

시스템 현황

■ 하드웨어

전자계산기 제어교통신호체계(Computer Controlled Traffic Signal System)는 크게 나누어 중앙장치와 지역장치로 구분된다.

중앙장치는 전자계산기가 중심이 되어 신호제어에 필요한 여러 주변기기들이 부착되어 있다. 표준 주변기기들로는 프린터, 디스크와 테이프를 된 보조기억장치와 CRT 콘솔이 있다. 지역제어기들과 통신을 위해서는 DMA를 이용한 통신장치

가 있다. 초기에는 1천8백 bps의 MULTIPLEXING 통신장치가 설치되어 하드웨어 비용을 엄청나게 감소시킬 수 있었다. 전화 1회선으로 최대 16개의 지역제어기와 통신을 할 수 있다. 이외에 각 교차로들로부터 되돌아오는 신호 현시 방향과 소통정도를 나타내는 각종 정보들을 오퍼레이터들을 위해서 보여주는 상황판이 있고 선택적으로 특정 가로만의 교통량 속도 등을 정량적으로 표시하는 제량판이 있다.

지역제어기는 중앙장치와의 통신을 담당하는 모뎀, 마이크로컴퓨터 제어신호제어기, 차량검지기, 증폭기 그리고 모순검지기등으로 구성되어 있다. 이것은 교차로의 한 귀퉁이에 설치된 제어함 속에 내장되어 있다. 이 신호제어기는 중앙장치와의 연결이 차단될 때에만 스스로 계시하여 신호를 현시할 뿐이다.

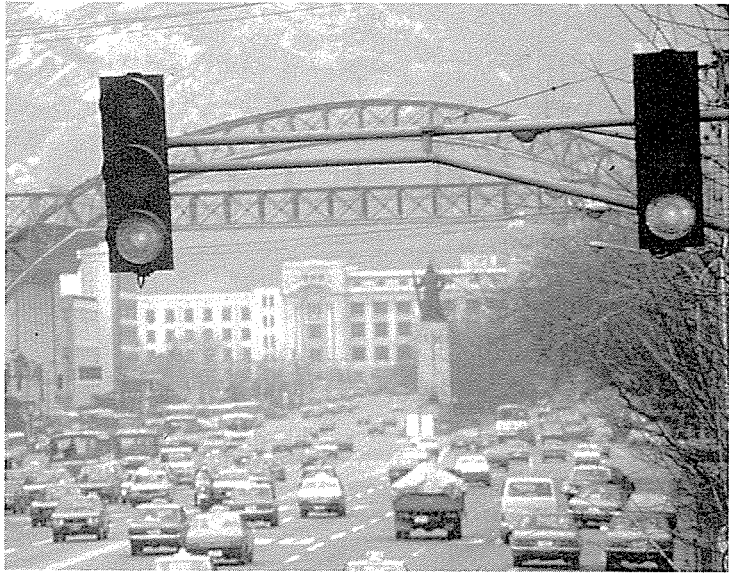
■ 소프트웨어

기본적으로 3가지 제어방식을 가지고 있다.

1) TOD/Week 방식: 교차로의 하루 또는 일주일 동안의 시간대 별 교통패턴을 조사하여 거기에 알맞는 신호계획을 전자계산기의 기억장치에 넣어두었다가 그 요일과 시간이 되면 사용한다.

2) 그룹 검지 방식: 몇 개의 교차로를 하나의 그룹으로 묶어 그 구역 안에 설치한 차량검지기의 정보에 의해서 그룹 안의 신호시간을 일체히 조정한다. 그러나 신호계획은 1)처럼 사전에 입력시켜 둔다.

3) 개별검지 방식: 각 교차로들을 개별적으로 운영한다. 교차로의 모든 접근 방향에 차량검지기를 매설



하고 여기에서 나오는 정보에 따라 신호시간을 가감한다. 중앙장치는 Cycle 시간 밖에 결정하지 못한다. 교차로가 밀집한 도심지에서는 교통패턴이 모두 상이하므로 교통량이 용량에 비해서 훨씬 적을 때만이 효과적이고 포화에 가까우면 설정한 최대시간으로 운영되어 버린다. 즉 더 이상 검지 방식일 수 없게 된다.

이외에도 차량검지기 처리, 상황판 처리, 콘솔 처리 등 Man-

Machine Interface를 위한 부수 프로그램들이 있다.

■ 시스템 설치 현황

1981년도부터 연차적으로 확장되어 온 전자계산기 제어교통신호체계는 1993년 현재 전국 6대 도시로 확대되었다. 서울이 13년 동안 1천 2백46개 교차로, 1984년부터 시작한 부산이 2백55개 교차로, 80년대 중반에 시작한 대구가 2백86개 교차로, 1990년대에 전자신호를 설치하

◇ 전자화된 초기의 신호등. 모든 신호는 중앙장치로 부터의 데이터로 동작한다.

◇ 자동차 앞에 루프형 차량검지기 보인다. 흰선 밑에 전선 이 매설되어 있고 그 전선에는 고주파전류가 흐르고 있다. 차량이 지나면 주파수가 변하여 차량을 검지한다.

기 시작한 인천이 2백11개 교차로 그리고 창원과 대전이 작년부터 공사를 시작하여 52개와 80개 교차로를 전자화하였다. 부산을 제외한 다른 곳은 국내 메이커들에 의해서 시공되었으며 그 기본은 서울 시스템을 기초로 약간씩 보완된 것들이다. 기본적으로는 서울 시스템을 크게 벗어나지 못하였다.

문제점

전자계산기 제어교통신호체계는 과거 12년 동안 폭발적으로 증가해 온 자동차교통을 효과적으로 제어하는 도구로 그동안 유일한 대책이 다시피 되어 왔다. 실제로 초기에는 괄목할만한 개선을 자랑하기도 했다. 동대문에서 광화문까지 12개의 신호등을 논스톱으로 주행할 수

있을 정도였다. 물론 서울특별시의 차량 보유 대수가 18만대 정도 밖에 되지 않았던 데에도 큰 이유가 있었지만 그러나 전반적으로 당시로서는 최고의 기술과 성실한 운영으로 한국 최초의 시스템을 성공시켜야 되겠다는 의지가 관계자 모두에게 있었다는 것을 들지 않을 수 없다. 그러나 지금은 여러 가지 문제를 노정시키고 있다. 몇가지를 들면 아래와 같다.

■ 운영전략의 부재

전자신호를 운영함에 있어 효율성을 높이기 위해서는 기본운영전략이 있어야 한다. 여러 가지 제약조건들이 있기 때문에 그것을 효과적으로 조화시키는 일이 있어야 한다. 전자교통신호운용의 목표 설정부터 생각해야 한다. 신호운용의 목적은

1. 정지회수의 최소화
 2. 지연시간의 최소화
 3. 대기행렬의 최소화
- 를 통한 주행의 원활화와 교통안전의 확보라고 할 수 있다. 그러나 일반적인 목표는 모든 장소와 경우에 따라 일률적으로 적용될 수 있는 것은 아니다. 즉 이 목표는 도시와 지역에 따라서 각기 다르게 설정 운영되어야 한다. 교통량이 많아서 정지회수의 최소화가 불가능한 곳에서는 지연시간을 최

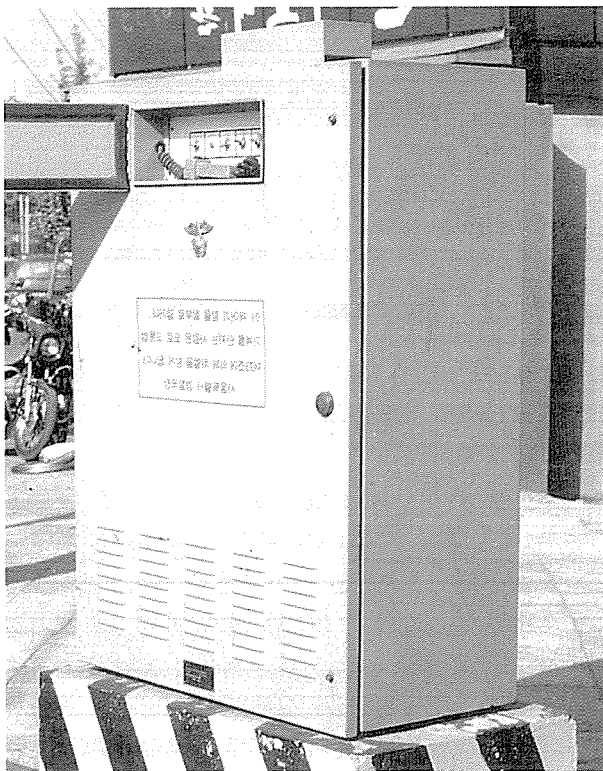
소화하는 차선 전략이 또는 교차로 간격이 짧아서 하위 교차로를 쉽게 봉쇄하는 곳에서는 대기행렬 최소화의 전략이 그리고 교통량이 적은 곳에서는 정지회수를 최소화시키는 전략이 우선적으로 채택되어야 한다.

또 대도시의 도심지 통행을 원활하게 하기 위해서는 전략교차로들을 운영하고 거기에서 대기케 했다가 통과하게 되면 그 다음에는 소통이 원활하게 되는 그런 전략도 필요하다. 이런 전략 수립을 위해서는 데이터베이스 설정때부터 전문가들을 동원하여 충분한 사전검토가 있어야 한다. 그러나 현실은 이런 일들이 모두 말단 실무자들에게만 일방적으로 위임되고 합리적인 검토의 기회를 상실하고 있다. 그 결과 여러 곳에서 불합리한 신호운용을 목격하게 된다.

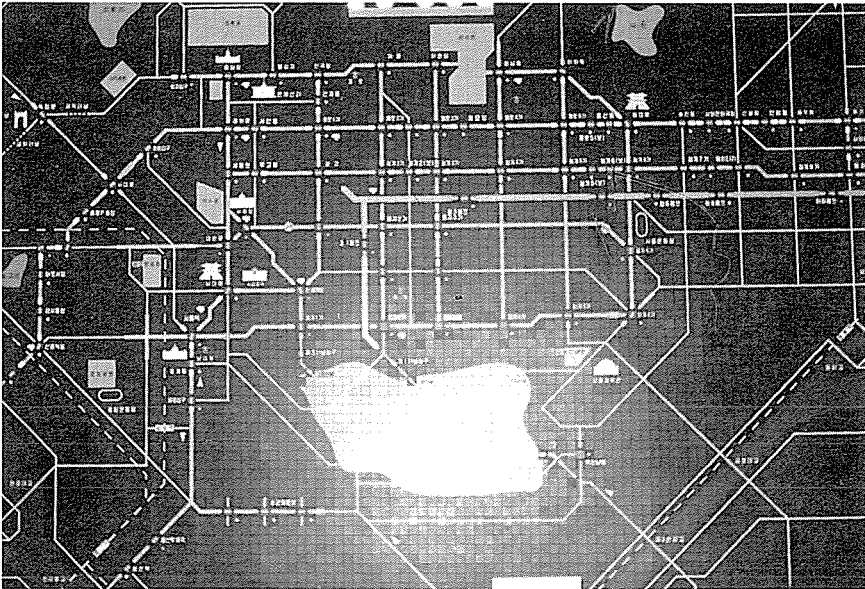
■ 차량검지기 운용개선과 정보처리의 부족

그동안 전자계산기의 성능이 많이 향상되었다. 당시에는 128KB의 메모리를 장착한 컴퓨터를 사용하지 않을 수 없었다. 실제로 대부분의 Mini-Computer들이 이런 수준이었고 또 경제적 효율성으로 보아도 더 이상의 성능을 갖는 컴퓨터는 필요치 않았다. 그러나 지금은 Personal Computer를 비롯한 거의 모든 컴퓨터들이 수10MB의 메모리를 장착할 수 있게 되었다. 당시에는 메모리의 제약 때문에 프로그램의 제약은 불가피했었다.

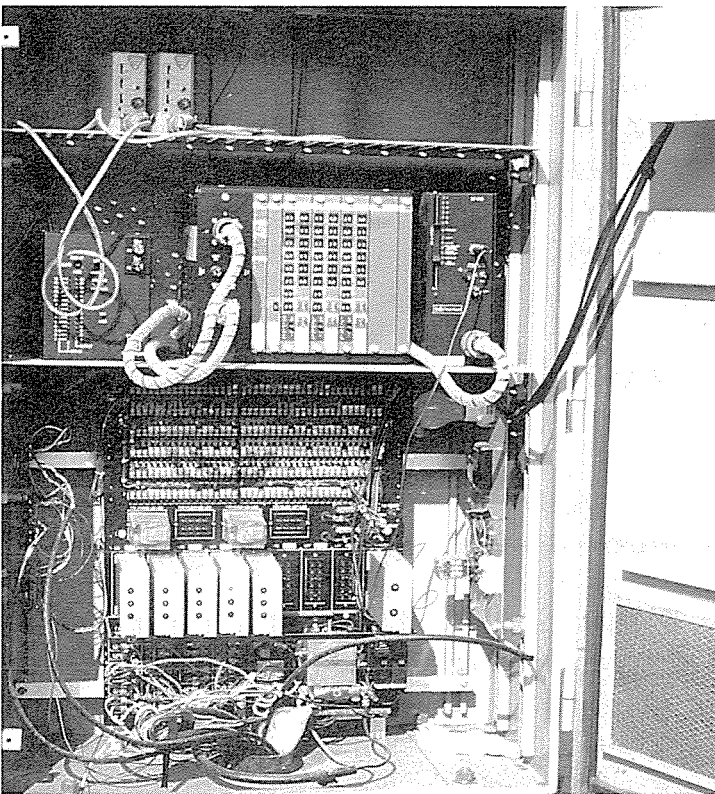
그 대표적인 분야가 차량검지기 자료처리였다. 차량검지기의 사용 목적은 신호운용에 있다. 즉 현재의



◇ 교차로에 설치된 교통신호제어기함.



◇초기의 교통상황판. 시내지도가 모자이크로 만들어져서 소통상태를 한눈에 알 수 있다.



◇제어기함 내부. 마이크로 프로세서 제어 신호 제어기, 통신장치 그리고 차량검지기 중계기 등이 보인다.

교통량이 앞 시간 때보다 증가했는가 감소했는가를 판단하기 위한 즉 상대적 변화를 검지하기 위한 것이

다. 이렇게 해서 적절한 신호시간을 현시한다. 현재의 시스템은 이런 판단을 얻기 위해서 Smoothing

등 여러 가지 조작을 함으로써 운전자들에게 줄 수 있는 교통량 정보처리에는 미흡하다. 이것은 메모리만 충분하다면 개선될 수 있는 매우 간단한 것이다.

도로전체의 교통량에 근거한 소통정보를 매스컴을 통해서 운전자들에게 제공하여 혼잡한 곳을 가능하면 사전에 피하게 하는 것도 전자교통신호체계가 수행해야 할 중요한 과제중의 하나여야 한다.

이 분야는 장차 컴퓨터와 통신체계를 통해서 개별적으로 차량들에게 소통정보를 전달할 수 있는 기술에는 필수적인 것이다. 구라파의 AUTOGUIDE나 일본의 AMTICS 등은 바로 차량검지기로부터의 정확한 정보를 근거로 한 것이다. 그리고 장차 무인자동차의 출현에도 크게 기여하리라고 생각된다.

그러나 현재의 체계는 초기의 전자 계산기에 비해서 메모리가 충분하다. 그러나 실제로는 이러한 프로그램 개선이 하나도 이루어 지지 않은 채로 제어교차로 수 확장에만 전념하고 있다. 따라서 수천개의 차량검지기가 매설되어 있음에도 불구하고 신뢰할만한 소통정보는 여기에서는 나오지 않고 있다. 이 결과 운전자들이 사전에 혼잡과 정체를 회피할 수 있는 기회를 박탈당하고 있는 것이다.

■ 검지방식(Actuation) 운영문제

현재 가동중인 전자신호는 100% Pre-Timed 신호운행을 하고 있다. 즉 미리 선택된 몇 가지의 교통 형태를 시간대 별로 가정하고 만든 데이터베이스를 전자계산기의 기억장치에 넣어두었다가 그 시간에 맞

추어 사용하고 있다. 물론 이 방법은 비교적 시간대에 따라 일정한 교통량을 갖고 있는 도심지에서는 유효하다. 그러나 교통량이 불규칙하게 변하는 교외의 교차로에서나 교통량이 한가해지는 심야나 조조에는 소위 검지방식의 신호운영도 있어야 한다. 즉 교통량에 바로 대응하는 개별 교차로운영이 있어야 한다. 없거나 적은 교통량에 너무 많은 시간이 배당됨으로써 생기는 낭비를 줄이는 것이 필요한 것이다.

현재 사용중인 신호제어기에는 이 운영이 가능하도록 기능이 마련되어 있다. 그럼에도 불구하고 전혀 운영을 하고 있지 않다. 데이터베이스의 설정이 좀 복잡하고 경우에 따라서는 난해한 경우도 있을지 모르겠다. 그러나 교차로에서 필요없이 오랜 시간동안 대기해야 하는 운전자들을 생각하면 시간을 절약해주는 운영은 반드시 필요한 것이다.

■ 데이터베이스 문제

전자 신호의 핵심은 도로의 교통량 상황에 알맞는 여러 신호시간 즉 ① Cycle Time ② Split ③ Offset를 설정하는 것이다. 이 값들이 정확하고 시간에 따라 적절히 변할 때 소통은 원활해진다. 그러나 많은 교차로에서 이 값들이 비현실적이어서 교통순경들이 수신호를 조작하거나 장사진을 치고 있는 차량들을 보게 된다. 오래전에 만들어진 값들이 교통상황이 변화하였는데도 불구하고 여전히 예전 상태로 방치되고 있거나 좀더 효과가 있는 신호시간운영이 있어야 하는데도 방치되고 있다. 이것은 운영자들이 데이터가 설정된 교차로에

대해서 익숙하지 못하거나 또는 현장의 변화를 알지 못하기 때문이다. 각각의 교차로에 대한 여러 교통여건에 따른 자연시간, 대기행렬등의 측정이 미흡하기 때문이다. 여러 교통량 조건을 가지고 Optimization을 계산해 보는 Software 예컨대 TRANSIT-7F, PASSER II 또는 NETSIM 등을 동원하면 이것들은 비교적 정확하게 알 수 있다.

또 앞에서도 지적한 것처럼 전자계산기의 메모리가 충분해졌으므로 이것을 알아볼 수 있는 척도로 쓰이는 정지회수, 지연시간 그리고 대기행렬의 길이를 자동으로 계산하는 ALGORITHM을 가하면 매번 사람 손으로 계산하는 번거로움도 피할 수 있다. 문제는 거리의 운전자들이 겪는 고통을 조금이라도 덜어주려는 운영자들의 성실한 노력이 항상 있느냐 없느냐의 문제다. 그러므로 이 문제는 어떤 시스템이 동원되더라도 항상 일어날 수 있다. 운영자들의 높은 자질이 요구되는 그러한 측면이다.

■ 하드웨어 운영의 부실

신호체계를 구성하고 있는 전자회로들은 대부분 신뢰할 수 있는 그러한 부품들로 구성되어 있다. 그러나 경우에 따라서는 고장이 날 수도 있고, 또 오동작을 할 수도 있다. 이것에 대비하는 Fail-Safe System이 전자교통신호체계 안에 있다. 그중의 하나가 모순된 신호현시를 검지하여 제어기의 동작을 중단시키고 운전자들에게 그것을 알리는 소위 모순검지기(Conflicts Monitor)가 설치되어 있다. 보행자 신호와 그 보행로를 가로지르는 차

량의 청신호가 함께 켜진다던가, 또는 교차차량의 충돌을 낳게 되는 교차신호의 동시 현시 등이 그것이다. 이 경우에는 모순검지기가 검지하여 제어기의 현시를 신호등으로 가지 못하게 차단하고 교차로의 전 신호등을 적색으로 점멸케 한다. 그리고 통신체계를 통해서 중앙전자계산기에 통보하여 수리 인원으로 하여금 즉각 출동케 하여 수리하도록 한다.

그리고 이 모순 검지기는 기기의 동작 전압도 모니터링하고 있다. 그러나 근래에는 이 모순검지기가 제대로 동작하는 교차로를 볼 수 없게 되었다. 분명히 모순 현시가 일어났는데도 신호의 적색 점멸이 행해지지 않는다. 모순검지기가 적절하게 동작하고 있지 않은 것이다. 모순검지기가 동작되지 않도록 인위적으로 조작을 행하고 있을 가능성이 있다. 그러나 이것은 인명과 재산의 손실과 관계되는 중대한 문제라고 지적하지 않을 수 없다. 물론 많은 교차로가 설치되어 인력이 부족하고 또 교통혼잡이 빈번하여 현장에 도착하는 시간이 많이 소요될 수도 있다. 그러나 그렇다고 해서 안전시스템의 동작이 제대로 수행되고 있지 않다는 것은 문제다.

장래에 대한 전망

전자교통신호가 적절하게 동작하기 위해서는 교차로의 교통량이 설계용량에 비해서 30~40%일 때라고 알려져 있다. 그러나 우리의 현실은 대개의 경우 포화 교통량에 거의 육박하는 교차로가 많다. 이것은 기본적으로 도시계획의 부실에서부터 그 이유가 비롯된다. 도시가 그

리고 도로가 수용할 수 있는 적절한 인구를 넘는 고밀도 주택의 집중 건설이 결국은 거리를 포화시켜 놓고 있는 것이다. 그럼에도 불구하고 신호가 합리적으로 운영되어 최대한 소통을 가능하게 하도록 구성되고 운영되어야 한다. 이것이 가능하게 되는 방안을 중심으로 장래 이 시스템이 가져야 할 특성들을 생각해 본다.

① 경제성: 대도시에서는 기본적으로 검지방식(Actuation)의 신호운영이 어렵다는 것이다. 어느 방향이나 모두 포화 교통량에 가깝기 때문에 항상 최대 Cycle 시간과 배분 시간(Split)으로 운영되어 버리며 오프셋(Offset)은 아무런 의미를 갖지 않는 그런 결과를 낳는다. 이것은 실시간으로 시행하는 최적 조건 계산을 거의 무의미하게 만드는 것이다. 이것은 고성능 대형전자계산기의 도입에 의문을 제기하는 부분이다. Main Frame의 값에 해당하는 성과를 낼 수 없다는 뜻이기도 하다. 즉 PC 수준의 전자계산기로도 웬만한 도시에서는 목적을 수행하는 데 별로 지장이 없다는 것이다. 서너대의 PC를 LAN으로 구성해도 충분히 교통처리를 행할 수 있다. 수백만원의 시스템이 곧 등장할 것이다. 실제로 지금 대만에서는 이런 시스템이 실용화되고 있다.

② 확장성: 교통신호제어뿐만 아니라 운전자들에게 적절한 소통정보를 줌으로써 정체된 교차로를 미리 회피하게 하여 신호에 과해지는 부담을 감소시키는 노력도 함께 진행되고 있는 것이 세계적인 추세이다. 이것이 AUTOGUIDE 또는

AMTICS 등이다. 이 체계로의 확장에는 통신수단을 어떻게 활용할 것인가가 핵심이 된다. 무선전화채널 또는 단거리 적외선통신 등에 의한 방법이 활용되고 있으며 고속 정보통신기술도 큰 구실을 하고 있다. 그리고 이것은 장차 IVHS의 핵심으로 이용될 것이다.

③ 정밀성: 일반적으로 전자계산기의 계산 결과는 매우 높은 정확도를 가지고 있는 것으로 우리는 이해하고 있다. 그러나 이것은 입력자료의 정확도가 보장되고 있다는 것을 전제로 하고 있다. 입력자료의 부실과 계산 Algorithm의 정당성이 의심 받으면 그 결과의 신뢰도는 떨어진다. 시스템에서 나오는 여러 자료 예컨대 교통량, 속도, 점유율, 정지회수, 지연시간 그리고 대기행렬의 길이 등과 또 이들의 시간대와 계절에 따르는 변화 상태 등이 정밀하게 기록되고 유지되어야 한다. 이것은 이들 값들이 만들어지는 과정에서 충분한 처리와 정당성에 대한 검증이 끊임없이 체크되어야 한다는 것을 의미한다. 실제와 차이가 있는지 없는지를 검증하는 일도 주기적으로 행해져야 한다.

결론

전자교통신호체계는 하나의 완성된 상품이 아니라 지속적으로 완성시켜 가야 하는 그러한 체계라고 할 수 있다. 왜냐하면 이 체계를 구성하고 있는 전자계산기 자체가 완성된 것이 아니라는 것이다. 계속해서 완성되어 지는 것이라는 뜻이다.

앞으로 10년후가 되면 CLAY

SUPER-COMPUTER가 우리들의 책상위에서 누구에 의해서나 쓰일 수 있는 지금의 PC와 같은 정도로 쓰이게 될 것이 예상되기 때문이다. 교통공학뿐만 아니라 프로그램작성 기술도 장족의 진보를 이룰 것이 확실하다. 그러므로 이러한 시대적 진보에 따라가려면 정체된 사고로는 감당할 수 없을 것이다.

이것은 이 시스템의 관리자들이 전자계산기 기술자 단독 또는 교통공학 기술자 단독으로는 유지될 수 없음을 의미한다. 이들 사이의 밀접한 상호협력력이 이루어질 때만이 성공적인 시스템 구축과 운영이 이루어 질 것이다. 그리고 이것은 국가적 노력도 요구하게 된다.

경찰이 이 시스템의 사용자이지만 각 지방에 설치된 시스템들은 모두 상호협력관계를 결여하고 있다. 무엇보다도 중요한 것은 시스템의 규격통일이 시급한 실정이다. 제각기 독립적으로 운영되거나 확장될 것이 아니다. 기술인력과 정보의 교환 등이 있어야 하며 제어기술도 발전을 해야 한다. 이렇게 하기 위해서는 중앙에 교통관제연구소와 같은 조직이 있어야 한다.

여기에서는 교통관제뿐만 아니라 교통안전에 관한 기술적 및 학문적 연구가 이루어질 수 있어야 한다. 이곳으로부터 기술적 지원을 받음으로써 비용도 감소시키고 기술도 발전하며 장래의 변화에 적응할 수 있는 것이다. 그리고 이것은 시스템 설치 운영에 관해서 전적으로 지방정부의 부담으로 되어 있는 현재 체계를 중앙 정부의 일부보조로 전환하는 데 중요한 계기가 될 수도 있다.