

안전성 기반 ODLM(LDT) 설치를 위한 SSI 네트워크 규모 결정

論 文
57-5-10

Decision of SSI Network dimension for Safety based ODLM(LDT) installation

閔根泓[†] · 李鐘宇^{*}
(Geun-Hong Min · Jong-Woo Lee)

Abstract - High Speed Rail Train Control System consists of CTC, IXL and ATC. IXL and ATC perform train control and command via interchanging relevant information between a signal room and CTC. However, it is proved that IXL and ATC are attributed to train delay error since those systems are highly sensitive to trackside conditions. Especially, network error on IXL blocks transmitting signal information to adjacent signal room so that its effects give rise to system overall problems. In order to figure out the measures for which minimizing the occurrence rate of train delay error due to HSR TCS, This paper is performed analysis on communication network structure, the length of SSI network roof and SSI-TFM distance by examining and analyzing the error cases related to IXL in a network aspect.

Key Words : SSI, Telecommunication Network, LDT, Reliability Evaluation, Redundancy Structure, TFM

1. 서 론

고속선 TFM(Trackside Functional Module) 장애는 개통 이후 현재까지 지속적으로 발생되고 있으며, 2005년 김천-칠곡간 KTX 운행 지연 장애 조사 결과는 칠곡 TFM과 영동 SSI(Solid State Interlocking)간의 정보 전송 결함으로 추정되었다[1]. 이와 유사한 장애는 천안아산역에서도 발생된 것으로 조사되었다. 장애 발생 신호기시설의 SSI는 동일한 전송선로로 2개의 IEC(Interlocking Equipment Center)를 제어하며, 서로 이격된 TFM중의 하나에 장애가 발생하는 경우 다른 쪽의 IEC에서도 장애가 발생하였다. 이러한 네트워크의 이중화 구성은 통신 설비 또는 장비 차원의 장애가 발생하더라도 시스템 전반의 가용성에 나쁜 영향을 인가하지 않지만, 시스템 구성요소에서 발생한 단일 결함이 격리되지 않음으로 전체 시스템의 신뢰성과 안전성에 부정적인 영향을 인가하게 되었다[2,3]. 특히 SSI-TFM 통신 불안전을 유발하는 요소는 통신 네트워크와 연관된 문제로 추정되지만, 이러한 경우에는 IXL 차원의 이중화는 무용지물로 작용하게 된다. 또한 장비 연결부의 문제점 추정을 위하여 네트워크 A와 네트워크 B의 장비를 상호 교환 장착하여 ODLM(Optical Data Link Module)에 연결된 LIM(LDT Interface Module), LDT(Long Distance Terminal), TFM-UM(Universal Module) 모듈 등을 검토하였지만 연속되는 장애와의 연관성을 추정하는데 실패하였다[4].

따라서 본 논문에서는 고속선 IXL이 통신 네트워크에 영향을 주는 문제가 간헐적으로 발생함에 따라, 이러한 문제점의 해결 방안을 분석, 검토함으로써 장애 장비의 진단 및 개량 방안을 제시하는데 중점을 둔다. 이를 위해 LDT가 설치된 고속선 SSI 네트워크의 구성과 국외 고속선에서 사용하고 있는 유사 시스템의 비교를 통한 문제점 해결 방안과 함께, 통신망 구성시 SSI 네트워크 규모 결정 원리로 주어지는 네트워크 루프 길이와 SSI-TFM 간 거리를 분석, 검토함으로써 고속선에 적합한 SSI 네트워크 규모 결정 원리를 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 IXL의 구성

고속선의 열차제어시스템은 서울-동대구간에 설치된 선로변 설비와 광명역 CTC(Centralized Train Control) 그리고 천안아산역, 대전역, 동대구역을 포함한 8개의 신호기시설(IEC)과 8개의 중간기시설(InEC: Intermediate Equipment Center)로 구성되어 있으며 이러한 설비는 크게 CTC, ATC 및 IXL로 분류된다[5,6,7].

CTC는 대부분의 주요 부품이 이중화로 구성되어 열차 운행 감시를 실행하며, ATC는 지상에서 차상으로 신호정보를 안전하게 전송하는 역할을 한다. 그리고 열차 운행 진로와 밀접한 관계를 갖는 IXL은 ATC, CTC 및 선로변 현장 설비와의 인터페이스를 통해 관련 정보의 상호 교환을 실행하며, 열차의 진행 방향과 진로 설정을 담당한다. 이는 역구내 신호기, 분기기, 궤도회로와 상호 연쇄 동작함으로써 열차운행 안전을 확보하기 위한 SSI 설비와 각각의 하부 시스템간의 통신 인터페이스를 담당하는 FEPOL(Front End Processor Operating Level), SSI의 제어정보 수신, 선로변

[†] 교신저자, 正會員 : 서울산업대학교 철도전문대학원 박사 과정
E-mail : mingh@bia.go.kr

^{*} 正會員 : 서울산업대학교 철도전문대학원 교수, 공학박사
接受日字 : 2008年 3月 10日
最終完了 : 2008年 4月 2日

설비의 제어 및 상태 정보를 SSI로 전송하는 TFM, LCP(Local Control Panel) 제어명령 상황 표시 및 FEPOL의 동작 감시, 하부시스템 장애를 검지하여 CTC로 전송하는 CAMZ(Computer Aided Maintenance System) 등으로 구성된다[5].

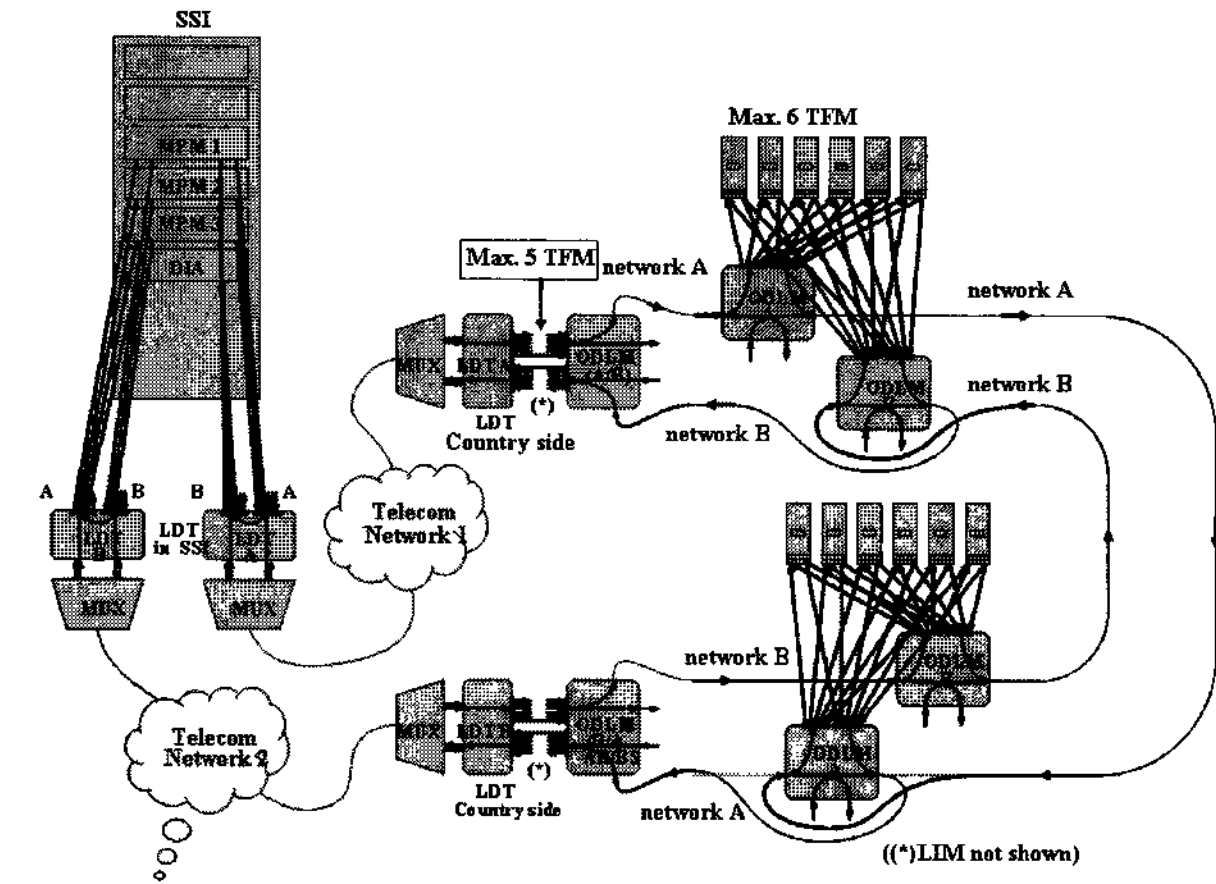


그림 1 LDT를 갖는 SSI 네트워크

Fig. 1 SSI network with LDT

2.2 IXL에서 사용하는 LDT 네트워크 검토

그림 2와 같이 구성된 LDT가 있는 경부고속선의 SSI는 벨기에에서 사용하는 그림 3 구조의 SSI와 비교가 가능하다. 정보신호는 LDT의 A와 B 네트워크를 통해 SSI로부터 G703 신호의 형태로 유출된 후 V35로 변환된다. 여기서 G703과 V35는 SSI의 통신을 위해 고안된 장치를 의미한다.

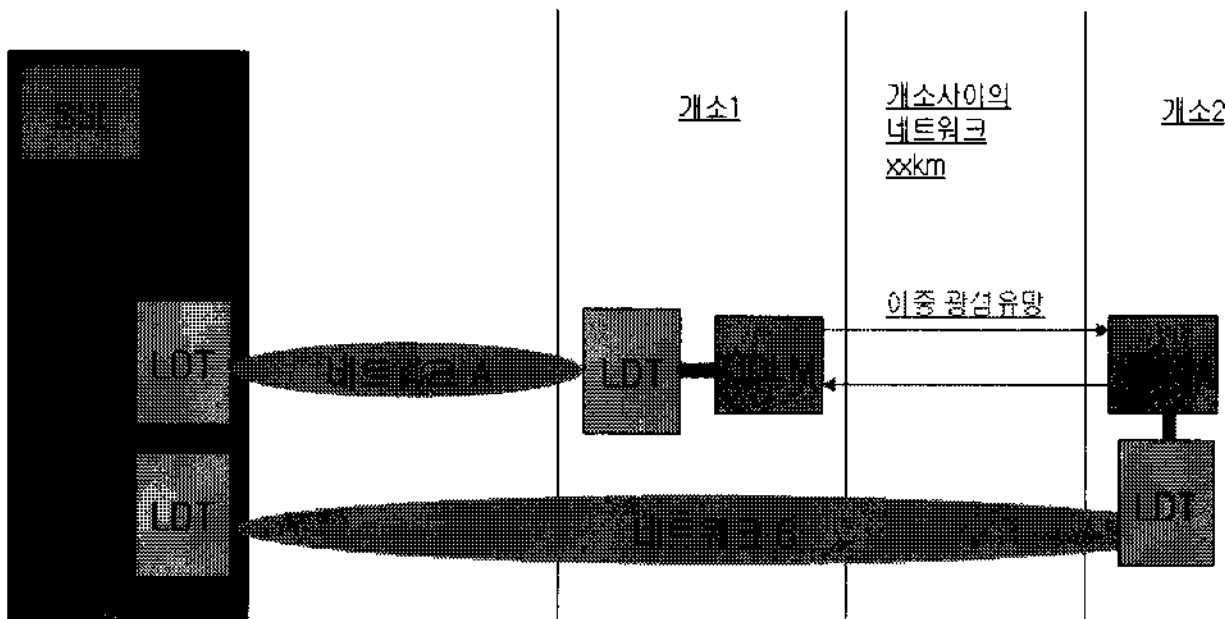


그림 2 LDT 네트워크 예 1(경부고속선)

Fig. 2 Example 1 of LDT Network(Kyeonbu high speed line)

V35 장치의 신호가 다중의 G703 장치의 신호 전송을 위해 벨기에에서 사용하는 PMUX에 유입되기 이전에 A와 B 네트워크는 SSI 방향에 위치한 2개의 공유기를 통해 이중화된 다. A와 B 네트워크의 신호들은 V35 장치의 신호 형태로 각각의 TFM에 전송되어 G703 장치의 신호 형태로 변환된다. 경부고속선은 설계상 장애를 일으킬 가능성이 큰 장비들을 전체 네트워크에서 많이 사용하고 있으며, G703 장치에 장착된 HS703 카드에 의해 발생하는 클럭 신호는 국내에서 만들어진 카드를 통해 삼중화 하였지만, 설계와 기능제한 모드 차원에서 성능 인증이 실행되지 않은 제품임이

확인되었다. 통신 네트워크에 모니터링 장비가 연결됨으로써 네트워크를 간섭하지 않을 것이라는 것은 보장할 수 없는 것으로 검토되었다[8].

경부고속선에서는 LDT 네트워크에 영향을 주는 장애가 시스템 전체를 불안정하게 만들 수 있는 위험이 여전히 존재하며, 이 문제를 해결하기 위한 유일한 방법은 결함이 발생한 네트워크를 수동 또는 자동으로 차단하는 방법을 강구해야 한다[9].

벨기에는 1992년에 SSI-TFM 기술을 사용하는 IXL에 대한 연구를 시작하였다. 초기에 사용된 SSI는 1MHz에서 2MHz로 처리 속도를, TFM은 신뢰도 향상 목적으로 개량되었다. SSI 통신 네트워크의 사용 가능성에 대한 초기 문제점들은 LDT 네트워크가 아닌 광통신으로 구성된 루프에서 발생하였다. 또한 LDT 네트워크를 사용하는 SSI가 완전히 광통신으로 이루어진 SSI보다 더 민감하다는 사실이 확인되었으며, 이는 광통신망보다 더 많은 인터페이스 장비의 복잡성에서 기인하는 것으로 조사되었다. 정보신호는 LDT의 A와 B 네트워크를 통해 SSI로부터 G703 장치의 신호 형태로 유출된다.

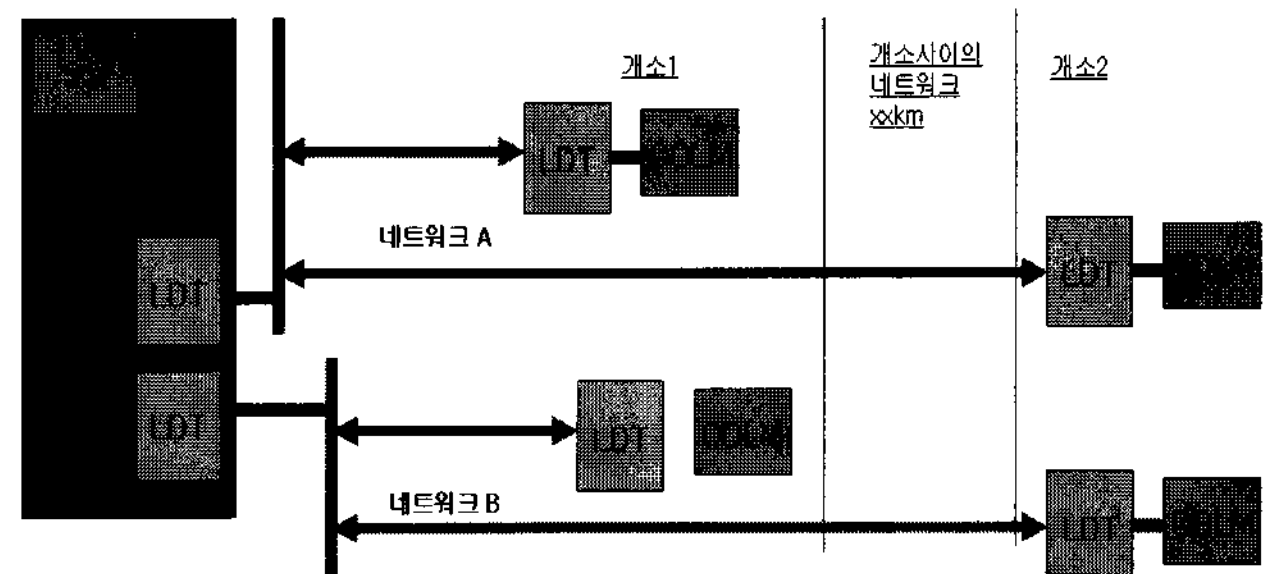


그림 3 LDT 네트워크 예 2 (벨기에)

Fig. 3 Example 2 of LDT Network(Belgium)

2.3 SSI 네트워크 규모 결정

LDT가 설치된 SSI 네트워크의 규모 결정은 주로 SSI 네트워크의 설계를 지원하거나 확인할 때 또는 장애 발생시 SSI 네트워크 진단을 위해 사용된다. 본 논문에서는 이러한 원리를 이용하여 현재 고속선에서 사용하는 SSI의 장애 요인을 안전성 측면에서 재검토한 후, 시스템이 안전하게 동작하기 위해 필요로 하는 시간 지연값을 제시하였으며, 사용된 변수는 벨기에의 고속선 유지보수 담당 기관에서 이용하는 값을 적용하였다. 이는 벨기에와 경부고속선에서 사용하는 IXL이 동일한 유형으로 주어짐으로서 본 논문에서 제시된 일부 수치는 경부고속선에서도 그대로 적용이 가능할 수 있지만, 부분적인 적용 결과보다는 본 논문에서 제시한 규모 결정 원칙에 의한 네트워크 규모 검토를 실행하는 것이 바람직할 것으로 예상된다.

2.3.1 SSI 통신 네트워크의 이중화

SSI의 통신 네트워크는 높은 가용성을 위해 이중화로 구성된다. 각각의 TFM에는 SSI로부터 명령메시지를 수신하기 위한 2개의 경로가 존재한다. TFM이 SSI로부터 수신된 정보에 대해 SSI로 전송한 응답 메시지도 2개의 네트워크를

순환하여 SSI에 도달한다. 이러한 2개의 경로는 도달시간이 다르며, 짧은 경로의 명령메시지와 긴 경로의 명령메시지 그리고 짧은 경로의 신호메시지와 긴 경로의 신호메시지로 구성된다.

그림 4는 AR과 BS 2개의 네트워크로 구성된다. 여기서 AR과 BS는 2개의 네트워크를 의미하며 명령메시지와 신호메시지가 AR과 BS 2개의 네트워크에서 반대방향으로 순환한다. 이는 광케이블에서 2개의 광섬유가 절단되는 경우와 같이 비록 AR과 BS 네트워크의 동일지점이 절단되는 경우에도 각각의 TFM은 항상 명령메시지를 받을 수 있는 네트워크를 갖는다는 것을 의미하며, TFM의 신호메시지는 또 하나의 네트워크를 통해 SSI에 도달함을 의미한다[4,8].

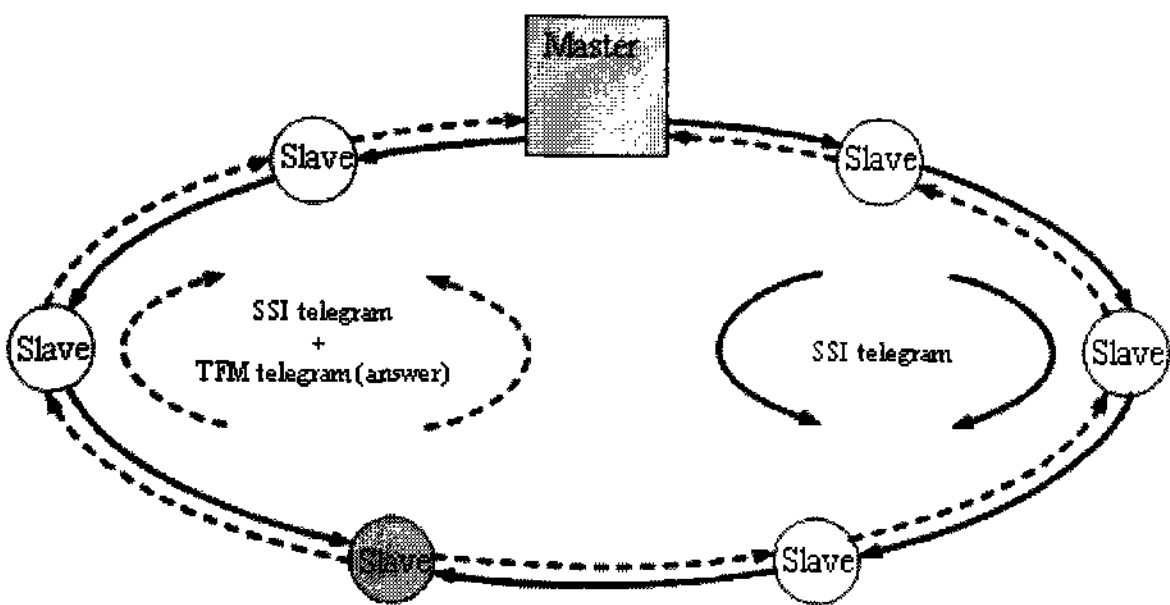


그림 4 네트워크의 구성
Fig. 4 Network Configuration

2.3.2 마스터/슬레이브(Master/Slave) 통신

각각의 TFM은 배열(configuration)을 통해 0~63 사이의 주소를 부여 받는다. 이는 TFM 배열카드의 부호화와 관련되며, 64개의 명령메시지가 연속적으로 전송되는 주기를 대주기라 한다. SSI와 TFM간의 통신은 마스터/슬레이브 통신에 기반을 둔다. 마스터인 SSI는 동시에 2개의 네트워크를 통해 64개 주소를 향하며 명령메시지를 연속적으로 송출한다. 이때, Address 0은 진단모듈의 주소이며 명령메시지는 TFM에 할당된 주소에 관계없이 각각의 주소로 전송된다. TFM은 명령메시지를 받으면 동시에 2개의 네트워크로 신호메시지를 송출하며, 신호메시지는 이전 대주기에 수신된 명령메시지에 대한 응답을 나타낸다.

통신 네트워크 관리와 관련된 TFM의 기능에 있어서 TFM은 한번에 단 하나의 네트워크에서만 명령메시지를 읽으며, TFM은 정기적으로 네트워크를 검색한다. 이를 통해 2개의 네트워크 각각의 사용 가능성에 대한 정보를 획득할 뿐만 아니라 자신을 대상으로 하는 명령메시지가 2개의 네트워크를 통해 언제 전달될지를 정확하게 예측할 수 있다.

정상적인 상황에서 TFM은 2개의 네트워크를 교대로 관찰한다. 이에 따라, TFM은 2개의 네트워크 사용 가능성에 대한 정보를 제공하는 카운터들을 관리한다[2]. 네트워크의 관리목적은 TFM의 주소를 포함한 명령메시지를 수신하기로 예정되어 있을 때, 이러한 메시지의 누락을 검출하기 위함이다. 그러나 2개의 네트워크에 문제가 발생된 경우에는 명령메시지를 전달받기 위해 사용 가능성이 더 높은 네트워크를 선택할지라도 그것이 정확히 전달된다는 것은 확신할 수 없다. 반대로 2개 중 하나의 네트워크에만 문제가 발생하고 다른 하나가 정상일 경우, 원칙적으로 TFM은 자신을

대상으로 한 명령메시지를 항상 수신한다.

2.3.3 SSI에서 ODLM까지의 시간적 제약

SSI는 0~63까지의 주소에 해당하는 메시지를 연속적으로 전송한다. 실질적으로 TFM에 할당된 주소의 경우, SSI는 일정한 시간 내에 TFM으로부터 응답 받는 것을 예측한다. 만약 TFM의 신호메시지가 2개 중 하나의 네트워크에서 이러한 시간을 초과하여 도달하면 SSI는 이러한 메시지를 취급할 수 없다. 물론 다른 네트워크에서 전송시간이 잘 지켜지면 이러한 네트워크는 계속 사용 가능하지만, SSI와 TFM의 이중화 통신네트워크 이용을 상실하게 된다. 두 번째 네트워크에서 장애가 하나라도 발생하면 SSI를 향하는 TFM의 응답은 무의미하며 철도운행에 혼란이 유발될 수도 있다. 물론 철도운행은 TFM의 입출력 상태에 전적으로 의존한다. 그림 5는 ODLM이 설치된 SSI의 경우, AR과 BS 2개의 네트워크에서 명령메시지와 신호메시지를 중첩한 시간 다이어그램을 나타낸다. 시간축 위쪽은 연속적인 명령메시지를, 시간축 아래쪽은 연속적인 신호메시지를 표시하였다.

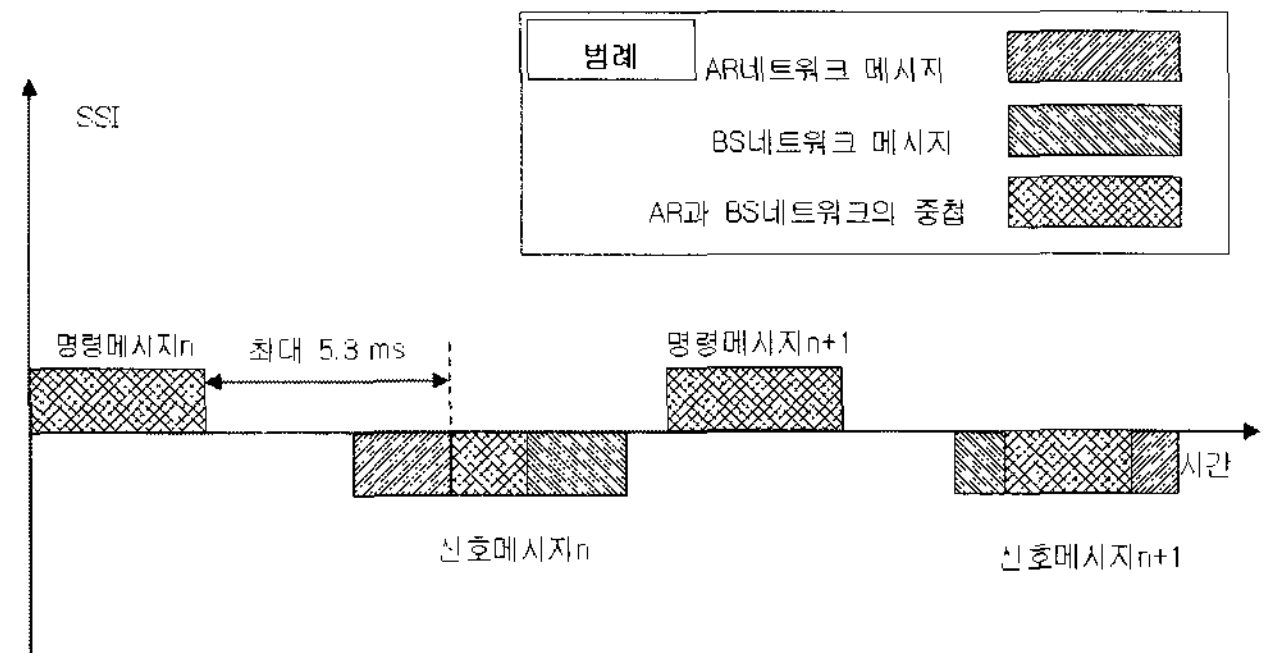


그림 5 SSI에서 ODLM까지의 시간 제약
Fig. 5 Time limit from SSI to ODLM

SSI 측면에서 명령메시지는 항상 AR과 BS 2개 네트워크로 동시에 전송되며, 신호메시지는 서로 시차를 두고 도착한다. 이는 AR과 BS 네트워크에서의 서로 다른 도달시간과 관련된다. ODLM이 설치된 SSI는 타이밍을 유지하기 위해서는 SSI가 주소 n인 TFM을 향해 명령메시지를 전송한 후 최대 5.3ms 이내에 주소 n인 TFM의 신호메시지가 2개의 네트워크(느린 네트워크와 빠른 네트워크)를 통해 SSI에 도달하기 시작해야 한다. 이러한 원칙은 n값에 상관없이 모든 TFM에서 유지되어야 한다[8]. 여기서 가장 중요한 SSI-TFM간 전송시간은 루프의 길이와 SSI-TFM간 거리에 의존하며, 이러한 시간 요구를 준수하기 위해서는 SSI 네트워크 설계시 반드시 지켜야 하는 규모 결정의 원칙이 적용된다.

LDT가 설치된 SSI의 타이밍을 유지하기 위해서는 SSI가 주소 n인 TFM을 향해 명령메시지를 전송한 후 최대 8.65ms 이내에 주소 n-1인 TFM의 신호메시지가 2개의 네트워크(느린 네트워크와 빠른 네트워크)를 통해 SSI에 도달하기 시작해야 한다. 이 원칙은 n값에 상관없이 모든 TFM에서 유지되어야 하며, 연속적인 2개 명령메시지의 최소 시간차는 설계시 12.85ms로 규정되어 있다[8].

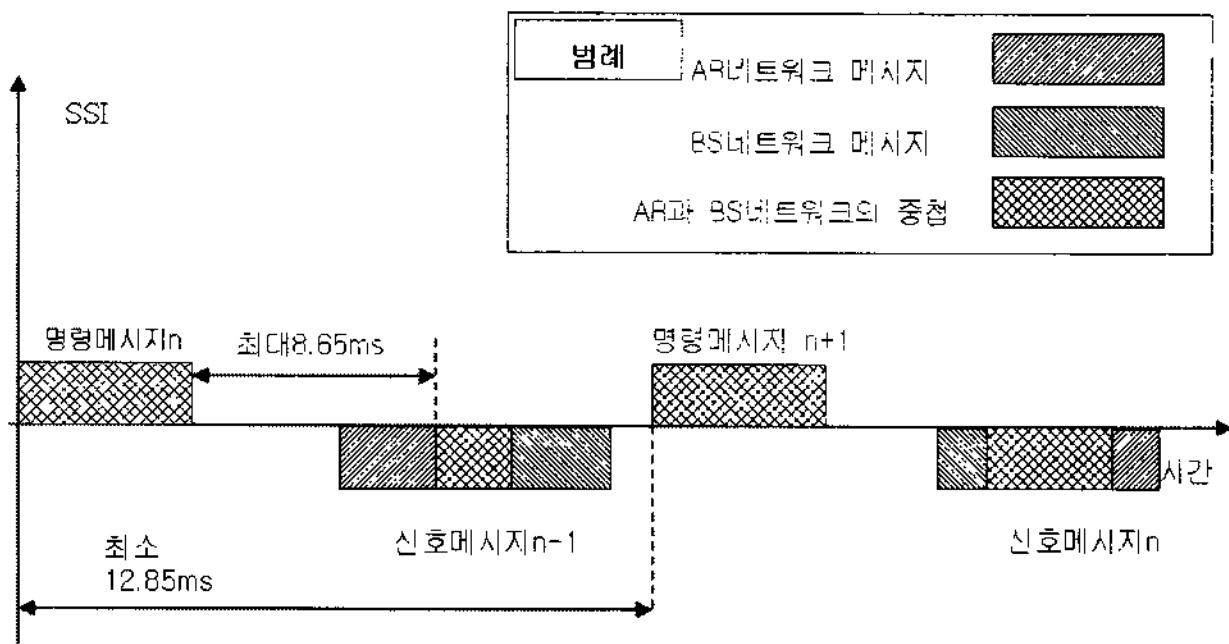


그림 6 SSI에서 LDT까지의 시간 제약
Fig. 6 Time limit from SSI to LDT

2.3.5 TFM의 시간적 제약

TFM은 한 번에 하나의 네트워크에서 명령메시지를 읽으며, TFM은 자신을 향한 명령메시지를 받으면 2개의 네트워크로 신호메시지를 전송한다. TFM은 신호메시지를 송신하기 이전에 네트워크가 비어있는지 확인한다. 이를 위해 사용 가능성이 더 높은 네트워크의 명령메시지를 수신한 후 테스트를 통해 다른 네트워크에 메시지가 존재하는지 확인한다. 따라서 긴 경로의 메시지와 짧은 경로의 메시지는 수신시 서로 중첩된다. 만약 2개의 명령메시지 사이에 이중의 루프 네트워크가 일시적으로 비어있는 것이 확인되면 TFM은 즉각 신호메시지의 전송을 시작하며, 이러한 신호메시지는 명령메시지와 충돌할 수도 있다. 그 결과, SSI의 신호메시지는 어떠한 유용성도 갖지 않는다. 결과적으로, AR과 BS 2개의 네트워크에 있어서 전송시간의 차이는 3.6ms 이하이어야 한다. 여기서 3.6ms는 메시지의 지속시간에서 여유분도 포함한 값을 의미한다.

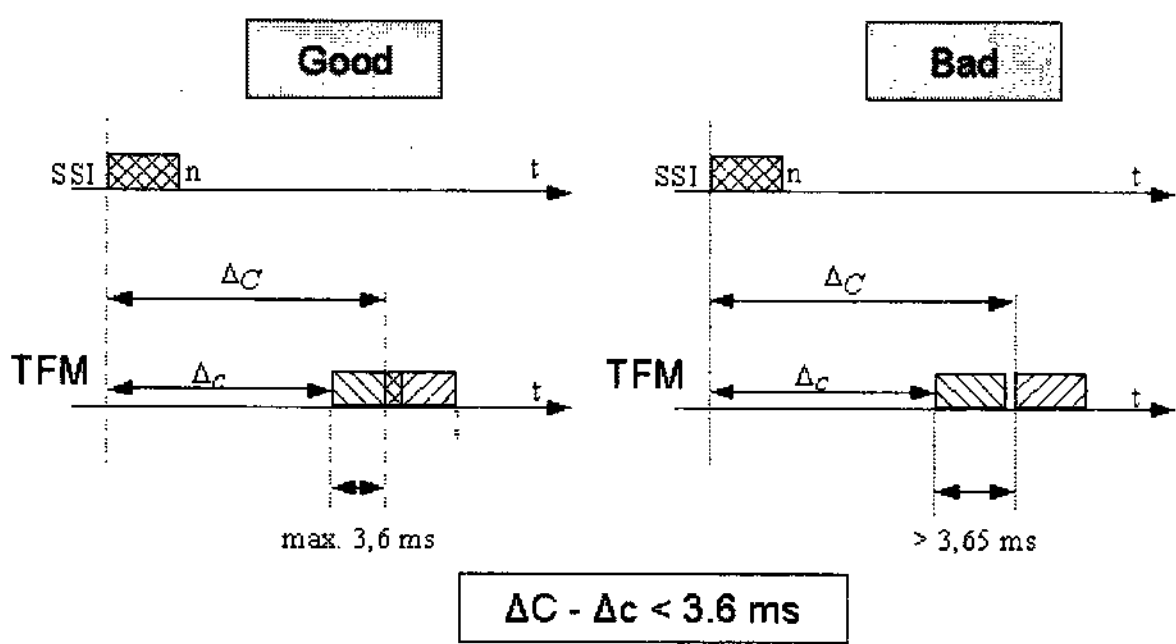


그림 7 정보전송 상태 비교
Fig. 7 The comparison between information transmission states

ODLM 또는 LDT가 설치된 SSI에 관계없이 SSI 네트워크의 모든 TFM에는 반드시 이러한 제약이 준수되어야 한다. 그림 7은 양호한 상태와 불량 상태의 상태를 보여준다. T=0s 인 순간 SSI는 2개의 네트워크로 명령메시지를 송출한다. 2개의 네트워크 각각의 메시지 도달시간이 다르기 때문에 이들 2개의 명령메시지는 시차를 두고 UR에 도착한다. 첫 번째 경우에는 2개의 명령메시지가 중첩된다. 이는 빠른 경로의 명령메시지의 마지막 비트가 느린 경로의 명령메시지의

첫 번째 비트가 도착하기 이전에 도달함을 의미한다. UR은 2개의 EDLM 혹은 ODLM으로 구성된 통신부와 이에 직접 연결된 TFM 전체를 나타낸다.

2.4 ODLM이 설치된 SSI 네트워크의 규모 결정

그림 8은 앞에서 설명한 시간적 제약을 나타내며, 규모 결정의 원칙은 이러한 시간적 제약에서 발생한다.

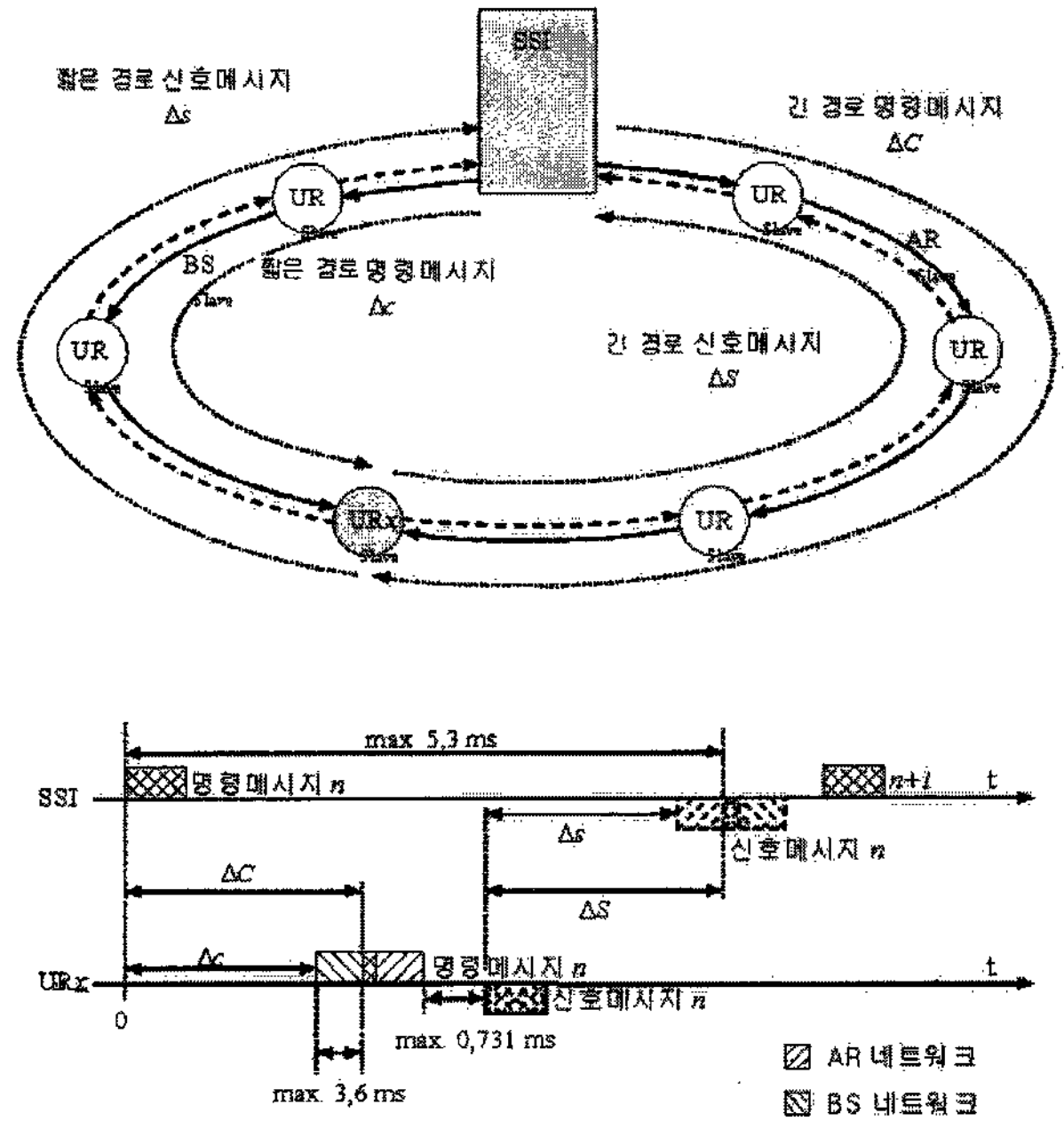


그림 8 ODLM이 있는 SSI에서의 규모 결정
Fig. 8 Network dimension decision at SSI with ODLM

SSI는 AR과 BS 네트워크로 동시에 명령메시지 n을 전송한다. AR 네트워크의 경우 메시지가 UR에 도착하기까지는 ΔC 시간이 소요되며, BS 네트워크의 경로는 이보다 더 짧게 주어진다. 따라서 명령메시지는 Δc 시간후 BS 네트워크에서 먼저 도착한다. 2개의 네트워크가 비어있을 때, TFM은 느린 네트워크 위의 명령메시지가 도착한 후 최대 0.731ms 내에 명령메시지 n을 송출한다. 메시지는 AR 네트워크의 경우 Δs 시간, BS 네트워크의 경우 ΔS 시간이 지난 후 SSI에 도착하며 3.65ms 동안 지속된다. 이러한 다양한 전송시간이 요구된 모든 제약 조건을 모두 만족할 때 아래와 같은 식(1)이 성립된다.

$$\Delta C + 3.65ms + 0.731ms + \Delta S \leq 5.3ms \tag{1}$$

$$\Delta C + \Delta S \leq 5.3ms - 3.65ms - 0.731ms = 0.919ms$$

$$\Delta C = \Delta S$$

$$\Delta C_{max} = \Delta S_{max} \leq 0.4595ms$$

위 식(1)에 의해 SSI와 모든 TFM 사이의 최대 전송시간은 0.46ms로 설정된다. 그러나 최대 전송시간이 유지될 때에는 TFM의 시간차 제약도 항상 충족됨을 알 수 있다.

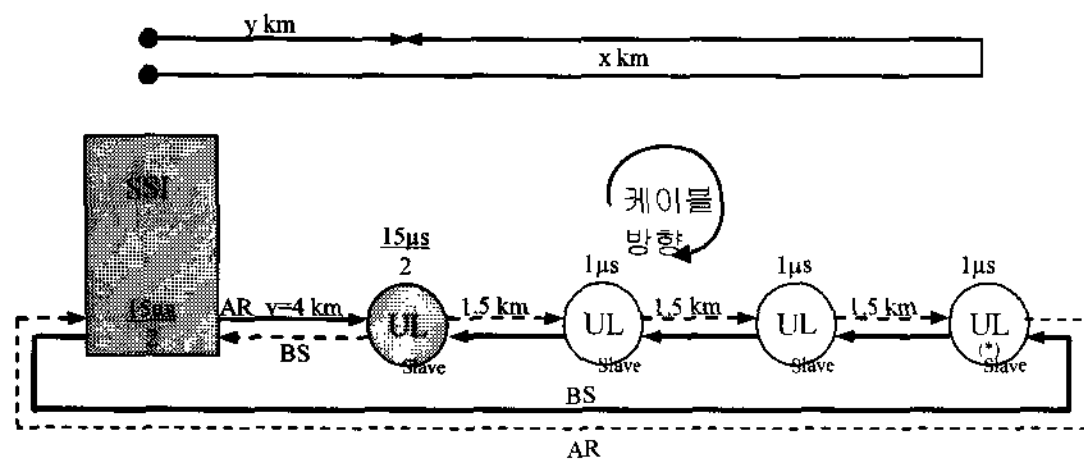


그림 9 ODLM이 있는 SSI에서의 규모 결정의 예
 Fig. 9 Example of Network dimension decision at SSI with ODLM

그 예로 그림 9의 첫 번째 신호기계실이 SSI에서 4km 거리에 위치해 있으며 다음 신호기계실이 모두 1.5km 간격을 두고 위치한 설비의 경우, 모든 TFM에 대한 최대 전송시간을 점검한다. SSI와 가장 가까운 신호기계실 사이의 거리를 $y = 4\text{km}$ 라 하고, TFM이 설치된 여러 개의 신호기계실 사이의 간격 1.5km를 고려하면, 아래의 식(2)에 의해 $x = 83.44\text{ km}$ 를 구할 수 있다. 여기서 “ x ”는 SSI를 기준으로 하나의 루프로 가정할 때, SSI에서 가장 가까운 신호기계실간의 거리 “ y ”를 배제한 전체 루프의 길이를 의미한다.

$$15\mu s + \left(\frac{x - 4\text{ km}}{2 \cdot 1.5\text{ km}} \right) \cdot 1\mu s + x \cdot 5 \cdot \left(\frac{\mu s}{\text{km}} \right) \leq 460\mu s \quad (2)$$

따라서 SSI에서 가장 가까운 신호기계실과 1.5km 간격으로 궤도를 따라 설치된 신호기계실을 모두 고려한다면, 가장 먼 위치의 신호기계실은 최대 약 40km 거리에 위치해야만 한다. 첫 번째 신호기계실과 SSI의 간격인 y 가 커지면 가장 먼 신호기계실은 보다 멀리 위치할 수 있다.

ODLM 사용시의 문제점을 해결하기 위한 방안으로 LDT를 사용하는 경우, LDT가 설치된 SSI 네트워크의 규모 결정을 위해 LDT 한 쌍은 부호화와 해독시간 3.65ms가 필요하다. 이런 전송시간이 필요한 제한사항을 모두 만족시킬 때 다음과 같은 식(3)을 유추할 수 있다.

$$\Delta LDT + \Delta TC + \Delta C + 3.65\text{ms} + 0.731\text{ms} + \Delta S + \Delta TS + \Delta LDT \leq 12.85\text{ms} + 8.65\text{ms} \quad (3)$$

식(3)에서 LDT로 인한 지연을 제외한 ODLM을 포함한 통신네트워크와 광네트워크를 통한 최대 전송시간은 SSI에서 TFM까지 또는 TFM에서 SSI까지의 메시지인 경우 약 4.69ms로 주어진다. 이는 ODLM이 설치된 SSI와는 반대로 LDT가 설치된 SSI의 경우에는 최대 전송시간이 정확하게 유지되어도 TFM의 시차 제약 조건이 자동적으로 충족되지 않음을 알 수 있다. 정확한 전송을 위해서는 반드시 전송시간의 차이가 3.65ms 이하가 되는지 확인해야 하며, 도달시간에 대한 이러한 제약 조건은 2개의 LDT간의 통신네트워크에서의 지연시간과 ODLM으로 구성된 이중 루프에 설치된 구성품의 지연시간을 기본으로 유지되어야 하며, 관련 메시지의 전환은 그림 9와 같이 전송기간 중에 지연을 발생시킨다. 그림 9에서 한 쌍의 LDT로 인해 발생하는 지연은 Telegram SSI의 지연 $3,625\mu s$ 에 첫 번째 LDT 1의 지연

$85\mu s$ 와 두 번째 LDT 2의 지연 $138\mu s$ 의 합인 $3,848\mu s$ 로 계산되어 총 지연은 $3,848\mu s + \Delta T$ 로 표시된다.

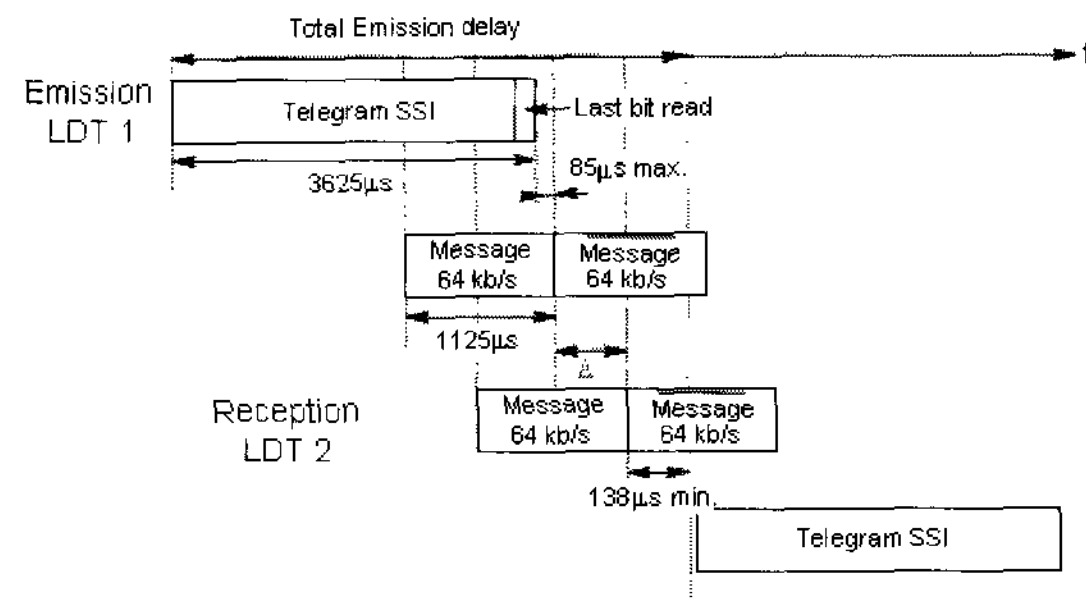


그림 10 메시지 전환
 Fig. 10 Message transformation

3. 결론

ODLM이 설치된 SSI와 LDT가 설치된 SSI에 사용되는 MPM(Multi Processor Module)은 동일하게 주어진다. 그러나 SSI의 MPM이 정확한 타이밍에 따라 기능을 실행할 수 있도록 ODLM(LDT)이 설치된 SSI의 유형에 대한 정보를 반드시 파라미터 형태로 보유해야 한다. 또한 SSI 네트워크 설계에 필요한 제약조건과 SSI와 TFM간의 거리로 인하여 ODLM이 설치된 SSI의 타이밍에 대해 최대 전송시간을 만족시키지 못할 경우에 발생하는 통신장애에 따른 열차운행 지연장애를 최소화하기 위해서는 본 논문에서 검토된 LDT가 설치된 SSI 네트워크의 규모결정을 사용하여 LDT의 부호화와 해독을 위해 필요한 최대 전송시간을 분석한 후, 이러한 전송시간에 필요한 제한사항을 만족시킬 수 있는 LDT가 설치된 SSI로 대체 사용함으로써 근본적인 통신장애의 해결방법을 유추할 수 있을 것으로 예상된다.

참고 문헌

- [1] SNCF-I, "Analysis report for certain element in Kyoungbu HSL TCS", 2005.03.
- [2] 한국철도공사, "2005년 고속선 신호설비 안정화와 성능 개선을 위한 연구 보고서", 2005.12.
- [3] 김용규, 백종현, 류상환, "CAMS에 의한 고속선 열차제어시스템의 장애 분석에 관한 연구", 2006년 한국철도학회 추계학술대회 논문집,
- [4] 한국철도공사, "2006년 고속선 신호설비 안정화와 성능 개선을 위한 연구 용역 보고서", 2006.12.
- [5] 김용규, "최근의 TGV 고속선 열차제어시스템 관련 기술 검토", 한국철도기술, 2007년 vol 7, 2007.
- [6] 김용규, "열차제어시스템 무인, 자동화 기술 현황", 전자공학회지 제34권 제11호, pp 1179-1187, 2007.11.
- [7] Eukorail, "Description and Functional manual for Train Control System : Presentation", 2003.09.
- [8] Eukorail, "Description and Functional manual for Train Control System : Control and Monitoring

function", 2003.09,

- [9] 한국철도공사, "고속선 열차제어시스템 안정화를 위한 성능 및 안전성 정밀 진단 용역 보고서", 2005.03.

저 자 소 개



민근홍 (閔根泓)

1951년 5월 27일생. 199년 서울산업대학교 전자계산학과 졸업, 1992년 연세대학교 공학석사, 2007년 현재 서울산업대학교 철도전문대학원 박사과정, 1995년~현재 감사원 감사전략본부

Tel : 02-2011-3329

Fax : 02-2011-2455

E-mail : mingh@bai.go.kr



이종우 (李鐘宇)

1953년 3월 20일생. 1983년 한양대학교 기계설계학과 졸업. 1986년 Ecole Centrale de Nantes 석사, 1993년 Universite de Parise VI 공학박사, 1994년~2005 한국철도기술연구원 전기신호연구본부 책임연구원, 2005~현재 서울산업대학교 철도전문대학원 교수

Tel : 02-970-6874

Fax : 02-978-6874

E-mail : saganlee@snut.ac.kr