

통신재난 시나리오 분석 시스템을 이용한 DCS 전송망의 생존도 평가

박구현, 신응식, 남택승

홍익대학교 산업공학과, 서울 마포구 상수동 72-1, 121-791

전화: 02-320-1629 Fax: 02-336-1130

E-mail: khpark@wow.hongik.ac.kr

<Abstract >

생존 트래픽 비율로만 정의되는 기존의 생존도는 통신재난시 트래픽의 상대적 중요도와 복구기간에 대한 생존도를 적절히 반영하지 못한다. 따라서 트래픽의 상대적 중요도에 따라 트래픽을 복구함으로써 재난의 사회적 영향을 최소화하고 복구기간을 반영하는 새로운 평가척도로서 재난영향 평가척도를 제시한다. DCS 전송망에 대해 제시한 재난영향 평가척도 및 기존의 생존도를 계산하기 위하여 통신재난 시나리오 분석 시스템을 이용한다. 통신재난 시나리오 분석 시스템[1]은 장애발생, 복구방법 및 복구과정 관련 시나리오등으로 구성되므로 DCS 전송망에 대한 생존도 계산이 가능하다. 통신재난 시나리오 분석 시스템을 이용하여 다양한 전송망에 대해 얻은 재난영향 평가척도 결과 및 기존 생존도 결과를 비교하였다.

I. 서론

통신망이 고도화됨에 따라 통신재난으로 인한 사회적 영향은 매우 심각하다. 따라서 통신재난의 사회적 영향을 최소화하고 통신망의 생존도를 향상시키는 많은 연구가 있다[4,6,7]. 그러나 통신망의 생존도를 망장에서 생존 트래픽 비율로만 표현하는 기존 생존도는 대규모 재난시 제한된 전송망의 예비용량 범위내에서 트래픽의 상대적 중요도를 고려하지 못한 트래픽 복구가 이루어지기 때문에 재난의 사회적 영향을 최소화하지 못한다. 또한 망장애 복구기간 동안의 생존도를 적절히 반영하지 못한다. 따라서 본 연구는 트래픽의 상대적 중요도[3]를 고려함으로써 재난의 사회적 영향정도를 최소화하고 복구기간을 반영하는 새로운 생존도 평가척도로서 재난영향 평가척도를 제시한다. 다양한 DCS 전송망에 대해 기존 생존도 및 제시한 재난영향 평가척도등 다양한 생존도 평가를 위해 통신재난 시나리오 분석 시스템을 이용한다. 통신망의 재난영향 평가 및 복구방법 제시등의 활용목적으로 개발된 통신재난 시나리오 분석 시스템은 통신망 장애, 복구방법, 복구과정 관련 시나리오등 다양한 선택사항을

갖는다. 통신재난 시나리오 분석 시스템을 이용하여 다양한 통신망에 대한 재난영향 평가척도 및 기존 생존도 계산결과를 나타낸다.

II. DCS 전송망의 생존도 평가

DCS 전송망의 생존도 평가를 위해 기존의 생존도 평가와 새로운 평가척도로서 제시하는 재난영향 평가척도를 제시한다.

2.1 기존의 생존도 평가

· 정의: 기존 생존도는 망장에서 망 전체 트래픽에 대한 흐름이 유지되는 생존 트래픽의 비율이다. 예비용량을 갖는 DCS 전송망에서는 우회경로를 통하여 생존 트래픽 양이 증가하게 된다.

· 기대 손실 트래픽: 여기서 트래픽 손실이란 망장애로 인해 연간 손실될 것으로 예상되는 트래픽 총량으로 장애사건의 빈도와 기간이 고려되면 기대 손실 트래픽을 구하게 된다. 즉, 망을 노드쌍들의 집합으로 간주하면 노드

(i, j) 의 ELT_{ij} 는 (노드 (i, j) 간 평균 DS3채널)×(단위 DS3채널당 트래픽 수요에 대한 연간 예상되는 고장시간)으로 표현된다. 따라서 망 전체의 기대손실 트래픽(ELT)은 다음과 같다[5].

$$ELT = \sum_{(i,j)} ELT_{ij} \quad \forall (i, j) \quad (1)$$

· 기대 생존도: 망장애 사건이 확률분포에 따라 발생되면 확률적 의미를 가지는 기대 생존도 $E[S]$ 를 구할 수 있다. S_x 는 망장애 사건 X 가 발생할 경우의 생존도, $P[X]$ 를 망장애 사건 X 의 발생할 확률이라고 하면 기대 생존도는 다음과 같다[7].

$$E[S] = \sum_x S_x P[X] \quad (2)$$

· 최하 생존도: 전송망의 단일 망요소 장애에 대한 최하 생존 트래픽을 측정하기 위한 것으로 모든 가능한 형태의 단일 망요소 장애에 대해 가장 낮은 생존도값이다.

2.2 재난영향 평가척도

기존의 생존도는 통신망 생존도 평가척도로써 몇가지 문제점을 가진다. 우선 통신망 재난시 예비용량을 갖는 링크가 있어 트래픽 우회가 고려되는 경우 낮은 트래픽 생존율을 갖는 단대단 트래픽이 높은 트래픽 생존율을 갖는 단대단 트래픽 보다 상대적으로 중요성을 갖게 되므로 이에 대한 복구가 우선되어야 하지만 기존 생존도는 이를 반영하지 못하고 복구 트래픽이 할당된다. 또한 망장애에 대한 복구기간을 고려하지 못한다. 따라서 위의 문제점을 극복할 수 있는 통신망 생존도 평가척도로서 새로운 재난영향 평가척도를 제시한다.

· 새로운 재난영향 평가척도 정의: 새로운 재난영향 평가척도는 트래픽 복구시 요구되는 복구 우선순위를 위해 트래픽의 중요도에 따라 단대단 트래픽별로 가중치 W_{ij} 를 준다. 즉, 큰 W_{ij} 를 갖는 단대단 트래픽이 우선적으로 복구 되도록 재난영향 평가척도를 정의한다. 망장애시 사용자 입장에서 재난의 사회적 영향을 나타내기 위해 W_{ij} 는 $\sqrt{n_i n_j A_{ij}}$ 로 표현한다[3]. 여기서 n_i 는 i 지역의 가입자수, n_j 는 j 지역의 가입자수, A_{ij} 는 i 와 j 간 트래픽 수요이다. 복구과정을 고려하기 위해서는 장애시점부터 t 시간 경과후 단대단 (i, j) 의 트래픽 생존율을 $S_{ij}(t)$ 로 정의한다. 그러면 재난영향 평가척도는 다음과 같이 정의된다[1,3].

$$\int_0^{\infty} \sum_{(i,j)} [W_{ij}^{1-S_{ij}(t)} - 1.0] dt \quad (3)$$

망장애시 트래픽 생존율이 높으면 사회적 영향은 심각하지 않으나 생존율이 어느 수준이하로 떨어지면 그에 따른 사회적 피해정도는 급격하게 증가하기 때문에[4] 재난영향 평가척도를 식 (3)에서 보듯이 지수함수로 정의하였다.

· 기대 재난영향 평가척도: 망장애 사건에 확률분포를 부여하여 확률적인 기대 재난영향 평가척도 $E[M]$ 을 정의한다. M_x 는 망장애 사건 X 가 발생할 경우의 재난영향을 받은 모든 (s, d) pair의 재난영향 평가척도합이다.

$$E[M] = \sum_x M_x P[X] \quad (4)$$

· 최하 재난영향 평가척도: 발생할 수 있는 모든 형태의 단일 망장애에 대해 평가되는 재난영향 평가척도값 중 가장 큰 값으로 이 값이 클수록 망생존도는 좋지 않다고 평가된다.

III. 트래픽 복구와 재난영향 평가척도

통신재난시 트래픽 복구방법에 따라 복구 트래픽을 위한 우회경로가 다르게 설정되므로 손실 트래픽에 대한 복구량도 다르다. 즉, 복구방법별로 서로 다른 재난영향 평가척도값을 갖기 때문에 DCS 전송망에 대해 재난영향 평가척도등 생존도를 계산하면 복구방법별로 차이가 난다.

3.1 트래픽 복구방법

트래픽 복구방법은 신호복구 수준과 트래픽 분할 방법에 따라 결정된다. 신호복구수준에는 회선복구와 경로복구가 있다. 회선복구는 장애 링크의 양단노드를 우회연결하여 트래픽을 복구하는 것이며 경로복구는 장애요소를 피해 단대단으로 새로운 경로를 찾아 트래픽을 복구하는 것이다. 트래픽 분할은 복수개의 우회경로에 트래픽을 분할하여 복구하는 최상분할(best splitting)과 분할없이 단일 우회경로에 복구하는(no splitting)방법이 있다.

3.2 트래픽 복구 알고리즘

통신망 망장애시 주어진 복구방법에 따라 재난영향 평가척도를 최소화시키는 복구경로를 설정하고 트래픽을 할당하는 문제는 매우 어려운 문제이다. 이러한 문제를 해결하기 위한 복구방법별 휴리스틱 알고리즘을 제안한 바 있다

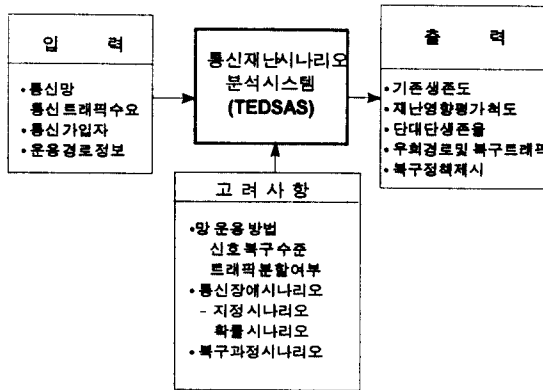
[3]. 휴리스틱 알고리즘은 복구 우선순위표, KSP 및 KSSP를 이용하였다[1,3]. 단지 본 논문에서는 복구방법별 알고리즘을 <표 1>과 같이 PRBS, PRNS, LRNS로 지정한다.

<표 1> 트래픽 복구 알고리즘

알고리즘	회선복구수준	트래픽 분할	요소알고리즘
PRBS	경로복구	최상분할	KSSP
PRNS	경로복구	분할없음	KSP
LRNS	라인복구	분할없음	KSP

IV. 통신재난 시나리오 분석 시스템

통신재난 시나리오 분석 시스템(TEDSAS; Telecommunication Disaster Scenario Analysis System)은 통신망의 통신재난에 대한 영향정도 및 대비정도를 평가하고 통신망 장애로 인한 사회적 피해를 최소화하기 위한 적절한 복구방법이나 대비책을 제시하는 데 활용하기 위한 도구이다[1]. [그림 1]은 TEDSAS의 개요를 나타낸 그림이다.

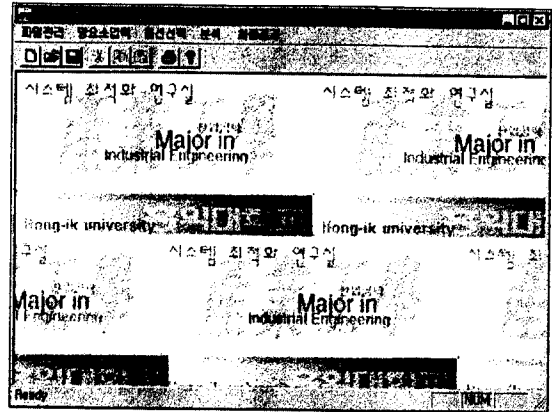


[그림 1] TEDSAS 개요

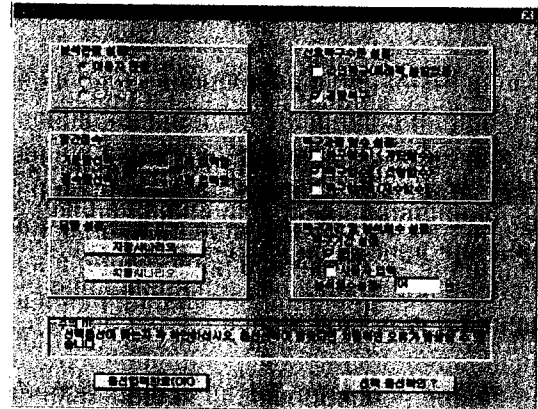
TEDSAS는 객체지향 기법으로 설계되었으며 객체지향 윈도우즈용 언어인 Visual C++ 4.0을 이용하여 구현되었다. TEDSAS의 구현 결과와 사용자 인터페이스는 다음과 같다.

· 주메뉴: TEDSAS 주메뉴는 [그림 2]와 같으며 '망요소입력' 메뉴에서 전송망 토폴로지 및 용량, 가입자수, 단대단 트래픽 수요, 초기운영 경로 및 용량을 입력하며 파일입력도 가능하다.

· 옵션선택: 통신망의 생존도를 분석하기 위해 선택하는 옵션을 지정하는 메뉴로서 망장애 요소 지정, 신호복구수준, 트래픽 분할 여부, 복구과정합수, 복구기간 및 분석회수등을 설정한

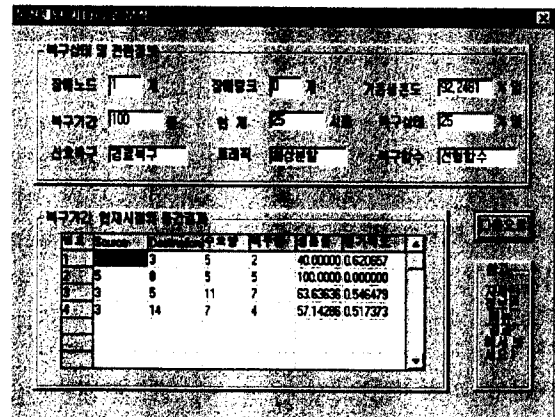


다. [그림 3]과 같은 대화상자이다.



[그림 2] TEDSAS 주메뉴
[그림 3] 옵션선택 대화상자

· 중간결과: 선택된 옵션에 따라 복구완료시점까지 우회경로를 설정하고 복구 트래픽을 할당하는 중간 계산결과를 출력하기 위한 메뉴로서 기존 생존도 및 재난영향 평가척도등 망 생존



도의 중간 계산결과는 [그림 4]와 같다.

[그림 4] 중간결과 대화상자

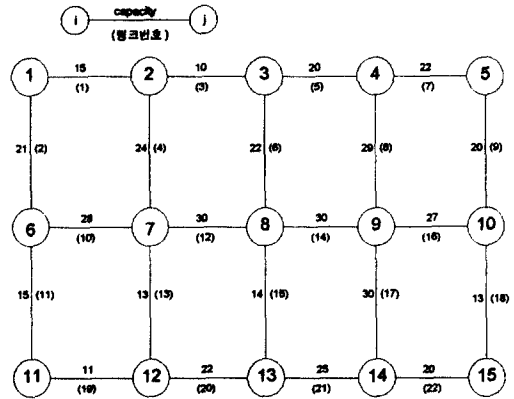
· 최종결과: 전체 재난기간동안의 기존 생존도 및 재난영향 평가척도등 통신망 생존도 결과를 출력하기 위한 대화상자로서 주메뉴의 '최종결과'를 선택하거나 파일을 이용하여 출력한다.

V. 적용

본 절은 미국의 NSF 네트워크, 유럽의 EON 그리고 3×5 grid 네트워크에 몇가지 망장애를 지정하여 II 절에서 정의한 생존도 평가척도들을 계산한 결과를 나타낸다. 각 통신망의 생존도 계산은 TEDSAS를 이용하였다.

5.1 생존도 평가를 위한 통신망

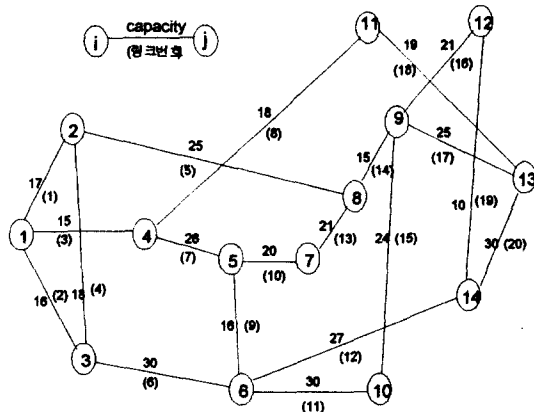
[그림 5]는 고려하는 3가지 통신망의 토폴로지이며 노드안의 숫자는 노드번호, 링크의 숫자는 링크용량 및 번호이며 해당 노드 지역의 가입자 수는 모두 1로 가정하였다.



(c) 3×5 grid망의 토폴로지

[그림 5] 생존도 평가를 위한 통신망

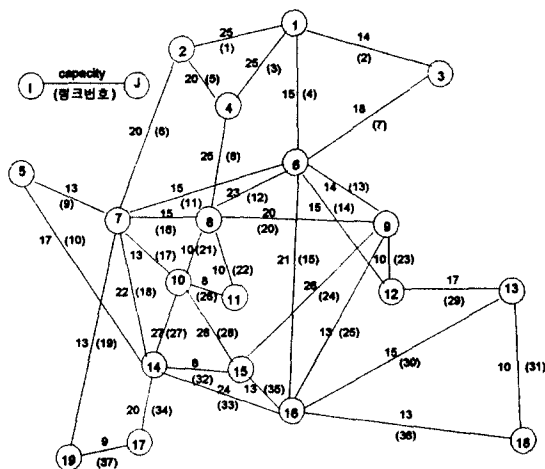
NSF망, EON 및 3×5 grid망의 단대단 트래픽 수요 및 트래픽 수요를 연결하는 초기 운영경로는 각각 <표 2>, <표 3> 및 <표 4>와 같다. 링크용량 및 트래픽 수요는 DS3(또는 STS-1)단위이다. 기대 생존도 및 기대 재난영향 평가척도를 얻기 위한 망요소의 장애 발생 확률은 모두 동일한 것으로 가정하였다.



(a) NSF망의 토폴로지

<표 2> NSF망의 초기 운영경로

(s,d) pair	연결 수요	초기경로	(s,d) pair	연결 수요	초기경로
(1,2)	10	1-2	(1,13)	5	1-4-11-13
(1,14)	7	1-3-6-14	(6,9)	3	6-10-9
(2,10)	9	2-3-6-10	(2,7)	3	2-8-7
(3,9)	5	3-6-10-9	(4,10)	4	4-5-6-10
(6,12)	4	6-14-12	(11,12)	6	11-13-14-12
(7,14)	3	7-5-6-14	(11,1)	4	11-4-1
(10,13)	8	10-9-13	(7,1)	3	7-5-4-1
(8,4)	10	8-7-5-4	(14,11)	5	14-13-11
(9,3)	6	9-8-2-3	(8,2)	7	8-2
(14,5)	6	14-6	(12,14)	10	12-9-13-14



(b) EON의 토폴로지

<표 3> EON의 초기 운영경로

(s,d) pair	연결 수요	초기경로	(s,d) pair	연결 수요	초기경로
(1,2)	9	1-2	(8,1)	10	8-4-1
(2,7)	10	2-7	(9,10)	4	9-8-10
(3,4)	4	3-1-4	(16,14)	10	16-15-10-14
(6,17)	6	6-16-14-17	(14,9)	7	14-10-15-9
(5,18)	6	5-14-16-13-18	(13,1)	7	13-12-9-6-1
(7,13)	3	7-14-16-13	(4,11)	3	4-8-11
(9,15)	10	9-15	(12,16)	4	12-13-16
(11,3)	5	11-8-6-3	(7,1)	3	7-2-1
(12,2)	5	12-6-7-2	(11,15)	3	11-10-15
(6,18)	3	6-16-18	(17,19)	4	17-19
(14,3)	3	14-7-6-3	(2,4)	5	2-4
(17,8)	5	17-14-7-8	(8,18)	2	8-9-16-18
(1,4)	5	1-2-4	(14,10)	3	14-5-7-10
(16,4)	8	16-9-8-4	(6,9)	4	6-8-9
(19,12)	5	19-7-8-6-12	(9,11)	3	9-15-10-11

<표 4> 3×5 grid망의 초기 운영경로

(s, d) pair	연결 수요	초기경로	(s, d) pair	연결 수요	초기경로
(1, 2)	5	1-2	(2, 12)	10	2-7-12
(1, 6)	5	1-6	(9, 6)	3	9-8-7-6
(6, 13)	4	6-11-12-13	(10, 13)	5	10-15-14-13
(3, 14)	7	3-8-9-14	(14, 4)	10	14-9-4
(5, 8)	5	5-4-3-8	(7, 10)	4	7-8-9-10
(4, 9)	4	4-9	(11, 7)	6	11-6-7
(15, 12)	8	15-14-13-12	(5, 9)	11	5-10-9
(13, 1)	4	13-8-7-6-1	(6, 3)	5	6-1-2-3
(3, 5)	11	3-4-5	(4, 13)	5	4-9-8-13
(2, 10)	10	2-7-8-9-10	(12, 9)	7	12-13-14-9

5.2 TEDSAS를 이용한 계산결과: 망장애 직후 인 경우

통신망 장애 발생직후 즉, 장애요소에 대한 복구시작전의 복구방법별 통신망의 생존도 결과를 나타낸다. NSF망에 단일 링크장애를 발생시켜 얻은 복구방법별 생존도 결과는 <표 5>와 같고 NSF망의 기대 생존도 및 최하 생존도는 <표 6>과 같다.

<표 5> NSF망의 단일링크 장애 분석결과

장애 요소 (링크)	장애 영향 받은 s-d	복구 방법								
		PRBS			PRNS			LRNS		
		s-d 생존율 (x)	기존 생존도 (x)	재난 영향 평가 척도	s-d 생존율 (x)	기존 생존도 (x)	재난 영향 평가 척도	s-d 생존율 (x)	기존 생존도 (x)	재난 영향 평가 척도
2	1-14	100	100	0	100	100	0	100	100	0
16	12-14	0	91.3	2.2	0	91.3	2.2	0	91.5	2.2
4	2-10	100	100	0	88.7	99.2	0.12	88.7	94.1	1.6
	9-3	100			100			0		
10	7-14	100	100	0	100	98.3	0.25	80	93.2	1.7
	8-4	100			80			0		
	7-1	100			100			0		

<표 6> NSF망의 기대생존도 및 최하생존도

장애 요소	복구 방법					
	PRBS		PRNS		LRNS	
	기대 생존도	최하 생존도	기대 생존도	최하 생존도	기대 생존도	최하 생존도
링크	98.03	91.25	97.46	91.25	93.19	88.13
노드	83.47	73.72	83.22	73.72	75.78	65.25

EON에 복수 망장애를 발생시켜 얻은 복구방법별 망 생존도 결과는 <표 7>과 같다. <표 8>은 EON의 기대 재난영향 평가척도 및

최하 평가척도를 구한 결과이다.

<표 7> EON의 복수 망장애 적용결과

장애 요소	장애 영향 받은 s-d	복구 방법														
		PRBS			PRNS			LRNS								
		s-d 생존율 (x)	기존 생존도 (x)	재난 영향 평가 척도	s-d 생존율 (x)	기존 생존도 (x)	재난 영향 평가 척도	s-d 생존율 (x)	기존 생존도 (x)	재난 영향 평가 척도						
링크 12	(11, 3)	100	100	0	80	97.5	0.66	100	84.3	5.58						
	(19, 12)	100			60			20								
	(6, 9)	100			100			0								
	(16, 14)	100			90			60								
	(14, 9)	100			100			0								
	(11, 15)	100			100			0								
링크 28	(9, 11)	100	100	0	100	97.5	0.66	100	84.3	5.58						
	(7, 13)	100			100			100								
	(14, 3)	100			100			0								
	(17, 8)	100			100			100								
	(9, 15)	80			96.8			0.77			70	94.6	1.35	50	88.7	3.87
	(14, 9)	71.4			42.7			0								
링크 24	(9, 11)	66.6	100	0	66.6	92.4	2.78	0	81.2	6.99						
	(14, 10)	0			0			0								
	(9, 10)	0			0			0								
	(11, 15)	33.3			93.0			2.61			66.6	92.4	2.78	0		
	(9, 11)	33.3			0			0								
	(16, 14)	100			90			0								
링크 10	(14, 9)	100	100	0	100	91.9	2.89	100	91.2	3.01						
	(9, 15)	0			0			0								
	(14, 9)	100			100			0								
	(9, 11)	100			100			0								
	(16, 14)	100			90			0								
	(11, 15)	0			0			0								
링크 15	(9, 15)	0	100	0	0	91.9	2.89	100	91.2	3.01						
	(14, 9)	100			100			0								
	(9, 11)	100			100			0								
	(16, 14)	100			90			0								
	(11, 15)	0			0			0								

<표 8> EON망의 기대 재난영향 평가척도 및 최하 평가척도

장애 요소	복구 방법					
	PRBS		PRNS		LRNS	
	기대 평가척도	최하 평가척도	기대 평가척도	최하 평가척도	기대 평가척도	최하 평가척도
링크	0.12	1.35	0.19	1.39	0.95	3.68
노드	4.25	7.76	4.34	7.76	6.62	10.81

5.3 TEDSAS를 이용한 계산결과: 복구과정을 고려한 경우

통신망 장애직후부터 완전복구시점까지의 통신망 생존도 및 재난영향 평가척도 계산결과이다. 3×5 grid 망에서 링크 2와 링크7에 장애를 발생시켜 장애직후부터 완전복구가 이루어질때 까지 얻은 망의 생존도 변화는 <표 9>와 같다. 복구방법은 PRBS, 선형 복구과정 함수를 선택한 경우이다.

<표 9> 3×5 grid망 링크2 & 7장애의 복구 단계별 적용결과

재난영향을 받은 단대단		복구단계별 생존율(%) 및 재난영향 평가척도 변화					재난기간 중 평가척도 합
		장애직후	1단계	2단계	3단계	4단계	
(1,6)	생존율	100	100	100	100	100	0
	평가척도	0	0	0	0	0	
(13,1)	생존율	100	100	100	100	100	0
	평가척도	0	0	0	0	0	
(6,3)	생존율	100	100	100	100	100	0
	평가척도	0	0	0	0	0	
(5,8)	생존율	40.0	90.0	100	100	100	0.70
	평가척도	0.62	0.08	0	0	0	
(3,5)	생존율	60.0	90.9	100	100	100	0.67
	평가척도	0.55	0.12	0	0	0	
기존 생존도(%)		94.57	98.84	100	100	100	

VI. 결론

본 연구에서는 트래픽 생존 비율로만 정의되는 기존 생존도의 문제점을 극복하여 통신재난시 트래픽의 상대적 중요도를 반영하여 재난의 사회적 영향을 최소화하고 복구기간을 고려하는 새로운 재난영향 평가척도를 제시하였다. 단일 망장애뿐만 아니라 대규모 망장애에 대한 DCS 전송망의 기존 생존도 및 재난영향 평가척도등을 계산하기 위하여 통신재난 시나리오 분석 시스템을 이용하였다. TEDSAS는 전송망 입력, 망장애요소, 복구방법이나 복구과정관련 사항등 통신장애에 대한 전송망의 생존도를 계산하기 위한 다양한 선택옵션을 사용자 인터페이스로 갖는다. 미국의 NSF망, 유럽의 EON 및 3×5 grid망에 대한 기존 생존도 및 재난영향 평가척도등 통신망 생존도 계산을 위하여 TEDSAS를 이용하였으며 그 결과를 나타내었다.

참고문헌

- [1] 통신재난 시나리오 분석기 개발, 최종연구 보고서, 한국전자통신연구소, 1996. 12.
- [2] 박구현, 이준원, "재난대비 통신망 신뢰성 확보대책", 한국통신학회지 정보통신 제 12 권, 제 11 호, 한국통신학회, 1995, 11.
- [3] 박구현, 양지호, 이준원, 신용식, "통신망 생존도 평가모형 및 트래픽 복구 알고리즘", 한국통신학회논문지, 1996, 제출.
- [4] Abe, T., Hayashi, M. and Nojo, S., "A Software Tool to Support the Reliability Design and Evaluation of Telecomm-

unication Networks", IEEE JSAC pp. 345-354, 1994.

- [5] Bell Communication Research, "Digital Cross-Connect System in Transport Network Survivability", SPECIAL REPORT, SR-NWT-002514 Issue 1, January 1993.
- [6] Hayashi, M. and Fukuda, K., "Estimating the Restoration Speed of Telecommunication Networks after Disaster", NOMS '94, pp. 298-308, 1994.
- [7] Zolfaghari, A. and Kaudel, F. J., "Framework for Network Survivability Performance", IEEE JSAC Vol. 12, No. 1, 1994.