

자가복구링을 이용한 동기식 전송망의 설계

한국과학기술원

박성수 강동한 이경식

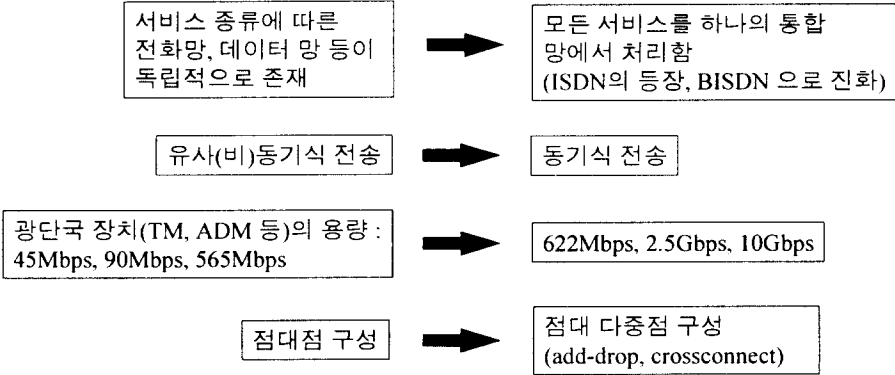
한국통신

김상백 박경철 양태곤

목차

- 동기식 전송망과 생존도
- 자가복구링(Self-healing ring)의 구조 및 복구 방법
- Target Configuration
- 문제의 소개
- 최적 설계 모형
- 알고리즘
- 실험결과
- 결론

전송망의 발전추세



전송망과 생존도

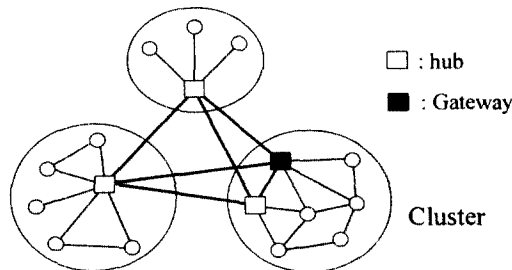
- 생존도(Survivability, 안정성)
 - 전송망에서 장애가 발생하더라도 서비스를 안정적으로 제공할 수 있는 능력
- 중요성:
 - 대용량 및 초고속 전송
 - Optical fiber cable 도입 및 단순화된 통신망
 - 장애시 신뢰도, 경쟁력, 비용 손실이 막대함
 - Redundancy와 비용의 trade-off를 고려해야 함

전송망 안정성 다계층 모델

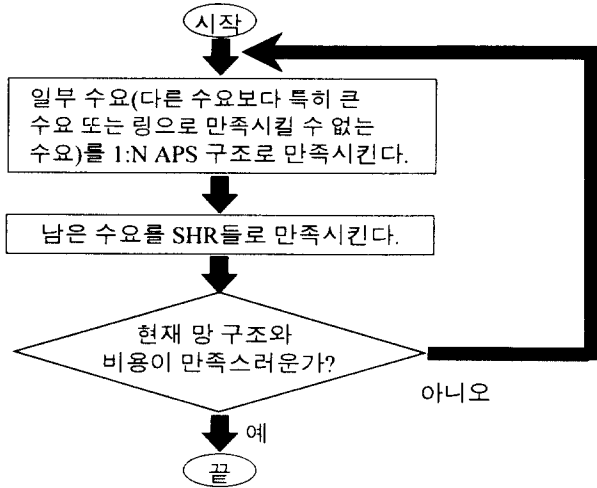
Layer	Node 의 종류	절체 방법의 예
Service	- Circuit switch - Packet switch - Cell switch	- Drop existing calls - Alternatively route new calls - Resend packets on alternative routes
Logical(cross-connect)	- Wideband DCS - Broadband DCS	- Rerouting existing connections over spare channel
Transmission System	- SDH(SONET) TM - SDH(SONET) ADM	- Protection switching to dedicated protection paths - Protection switching using SHR
Physical	- Fiber splice points - Distribution Frames	- Manual re-wiring - Splicing - Geographical diversity

2계위 전송망

- 한국통신이 계획하고 있는 하나의 광역망의 2계위 구조
 - Cluster 내 지역망 : 1:N APS 구조($N \geq 1$), SHR
 - Cluster 허브들 간 backbone 망 : DCS network
- Gateway들 간의 backbone 망(DCS network)을 포함하면 3계위

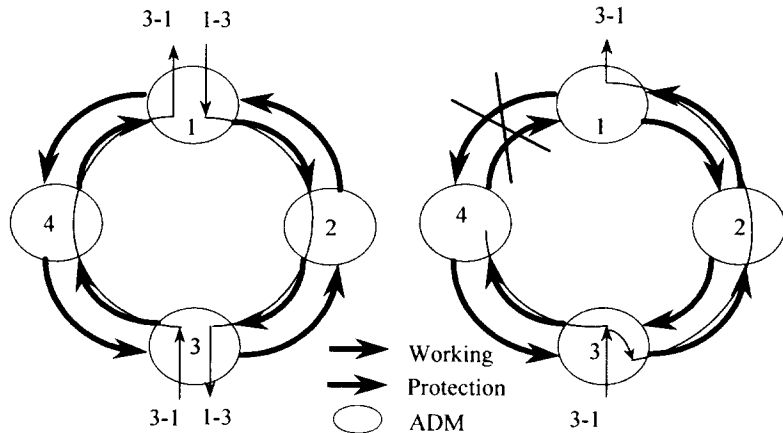


지역망 설계의 일반적인 절차



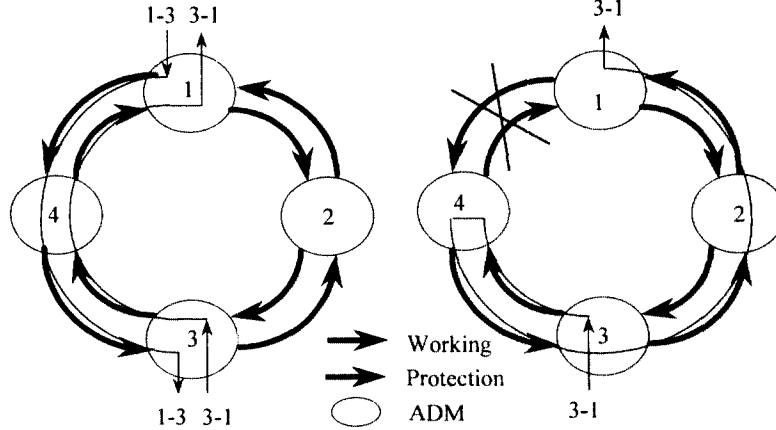
링(Self-healing Ring) 타입별 구조

Dedicated protection ring (USHR, UPSR)



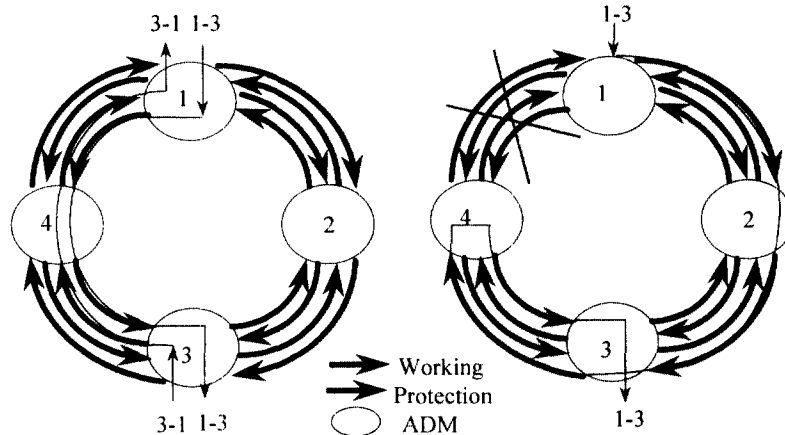
링 타입별 구조(계속)

Two-fiber shared protection ring(BSHR/2, BLSR/2)

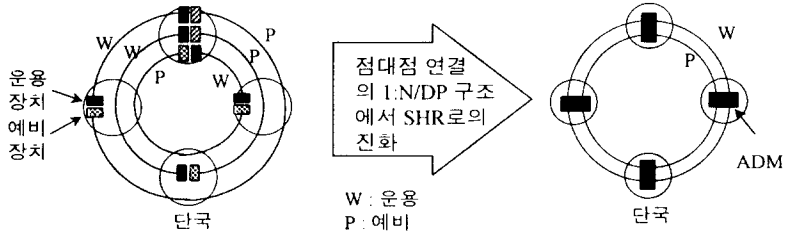


링 타입별 구조(계속)

Four-fiber shared protection ring(BSHR/4, BLSR/4)

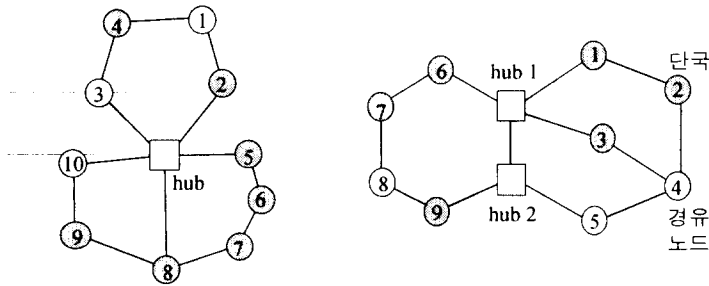


1:N APS 구조와 SHR과의 비교



Attributes	1:N/DP (1:N APS with diverse protection)	SHR
upgradability	easy	difficult/expensive
fiber counts	more	fewer
terminal count	more	fewer
terminal speed	lower	higher
fiber cable survivability	100% (N = 1), <100% (N > 1)	100%

지역망의 Target Configuration



- 링 1 (USHR) : hub, 3, 4(A), 1, 2(A)
 링 2 (BSHR/2) : hub, 8(A), 9(A), 10
 링 3 (BSHR/4) : hub, 5(A), 6(A), 7(A), 8

(a) One-hub case

- 링 1 (USHR) : hub 1, 6(A), 7(A), 8, 9(A), hub 2
 링 2 (BSHR/2) : hub 1, 3(A), 4, 5, hub 2
 링 3 (BSHR/4) : hub 1, 1(A), 2(A), 4, 5, hub 2

(b) Two-hub case

문제의 소개

1. 주어진 사항

- Cluster내 관로망 (하나 또는 두 개의 허브, 단국(CO), 관로)
- 단국들 사이의 수요
- 링크와 ADM의 비용

2. 목적

주어진 모든 수요를 최소의 비용으로 만족시키는 링들의 집합(USHR, BSHR)을 구한다.

3. Assumptions

- 모든 링은 허브를 포함한다. (허브에는 DCS가 설치됨)
- 각 단국에는 하나의 ADM(BSHR/4의 경우 2개)가 설치되며 이 ADM은 하나의 링에만 속한다.
- 링의 용량으로 다음 세가지 rate를 고려한다 : STM-1, STM-4, STM-16
- 하나의 관로는 서로 다른 링들에 의해 공유될 수 있다.

최적화 모형

- 문제를 Master Problem과 Subproblem으로 분해하여 모형화
 - 하나의 모형으로 모형화하는 것은 복잡도나 해법 개발의 측면에서 적절치 않음.
- Master Problem
 - 모든 가능한 링들 중 최소비용으로 모든 수요를 만족하는 링들을 선택하는 문제.
 - 수리모형의 각각의 열은 가능한 링을 나타냄.
- Subproblem
 - Master Problem에 필요한 열을 구하는 문제.
 - Ring routing과 ADM node selection 과정을 포함하고 있음.

모형화 : Master Problem(Two-hub case)

- 정수계획법(Integer Programming) 모형

1. Notations

R : 모든 가능한 링들의 집합

c_r : 링 r 의 비용(링크 비용, ADM 비용), $r \in R$

V_d : 단국들의 집합 (수요를 가지는 노드들의 집합)

h_1, h_2 : 두 허브

2. Decision Variables

x_r : 링 r 이 선택되면 1, 그렇지 않으면 0

모형화 : Master Problem(계속)

3. Formulation

$$\text{Min } \sum_{r \in R} c_r x_r$$

$$\text{s.t. } \sum_{r \in R} a_{ir} x_r = 1 \text{ for all } i \in V_d \setminus \{h_1, h_2\},$$

$$x_r \in \{0, 1\} \text{ for all } r \in R,$$

where

$$a_{ir} = \begin{cases} 1, & \text{if ring } r \text{ contains node } i \text{ which has an ADM} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

모형화 예제

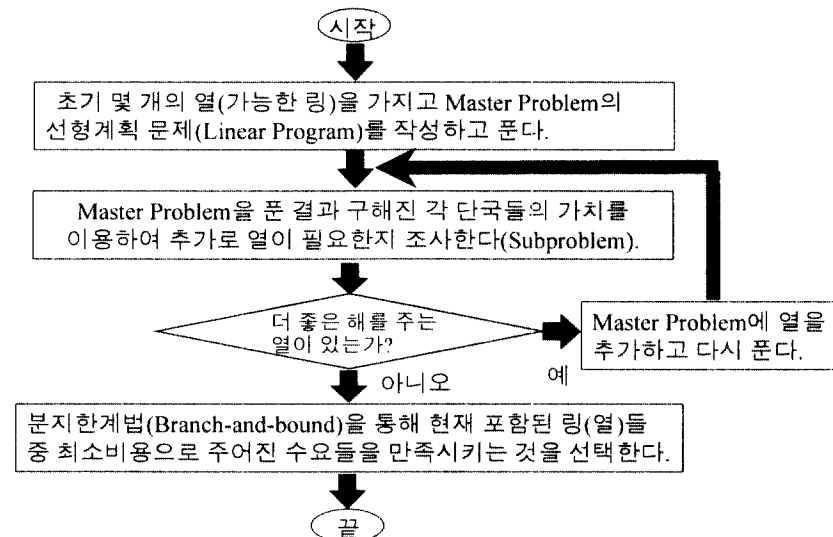
- 12페이지 (b) Two-hub case의 예

링 1, 링 2, 링 3 외에 추가로 다음 두 링을 고려하고 이것들이 모든 가능한 링이라고 가정한다. 링 1, 링 2, 링 3의 비용은 모두 10이다.

- 링 4 (비용은 8) : hub 1, 6(A), 7(A), 8, 9, hub 2
- 링 5 (비용은 8) : hub 1, 6, 7, 8, 9(A), hub 2

행\열 의미	링 1	링 2	링 3	링 4	링 5	우변
Minimize	$10x_1$	$- 10x_2$	$+ 10x_3$	$+ 8x_4$	$+ 8x_5$	
subject to						
단국 1			x_3			$= 1$
단국 2			x_3			$= 1$
단국 3		x_2				$= 1$
단국 6	x_1			$+ x_4$		$= 1$
단국 7	x_1			$+ x_4$		$= 1$
단국 9	x_1				x_5	$= 1$
정수 조건	$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \in \{0, 1\}$					

전체 알고리즘



Subproblem

- **Formulation의 개요**

- 정수계획법으로 모형화

목적식 : 열의 추가여부를 판단하기 위한 값(생성할 열의 Reduced cost)

제약식 :

1. 링 내의 Fiber들이 관로도 상에서 사이클을 이룬다.
2. 링 용량값 이하의 수요를 만족시키는 ADM이 설치되는 노드 (단국)들을 결정한다.

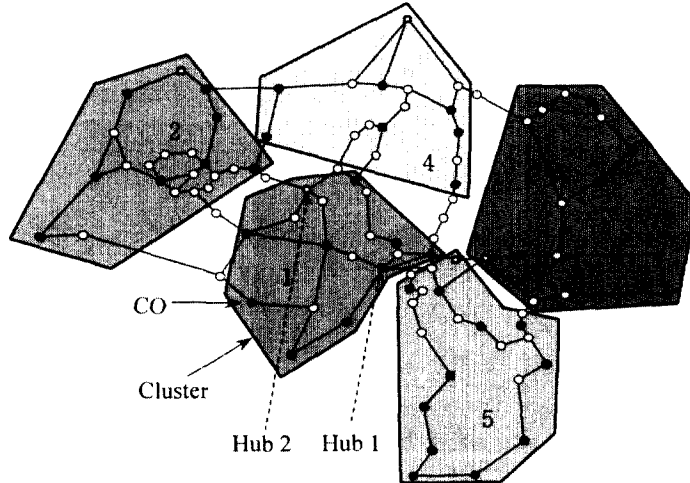
열의 생성

링 타입	초기열 생성 여부	추가되는 열 생성 여부	비고
USHR	0	0	
BSHR	0	X	같은 사이클과 노드가 주어졌을 때 BSHR/2, BSHR/4 중 택일

- 초기열 생성 과정

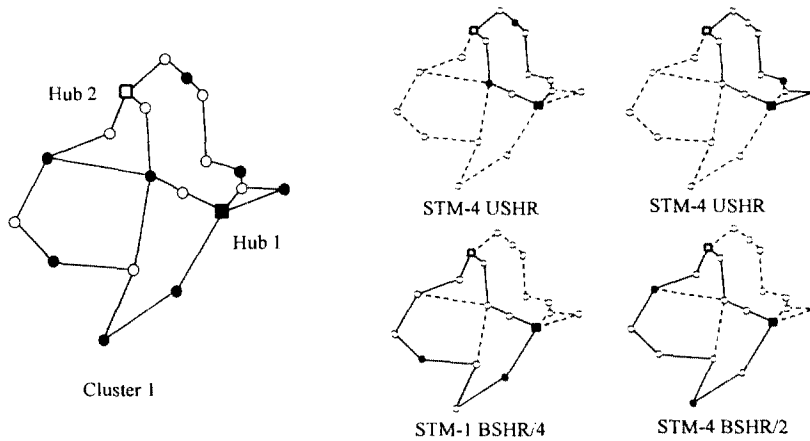
- 허브를 지나는 다수의 사이클을 node-disjoint path 알고리즘을 이용하여 생성
- 각각의 사이클에 대해 ADM이 설치되는 노드들을 선택(모든 조합 고려)
- 주어진 사이클과 노드 집합에 대해 USHR, BSHR의 용량과 비용을 구함

대상 관로망



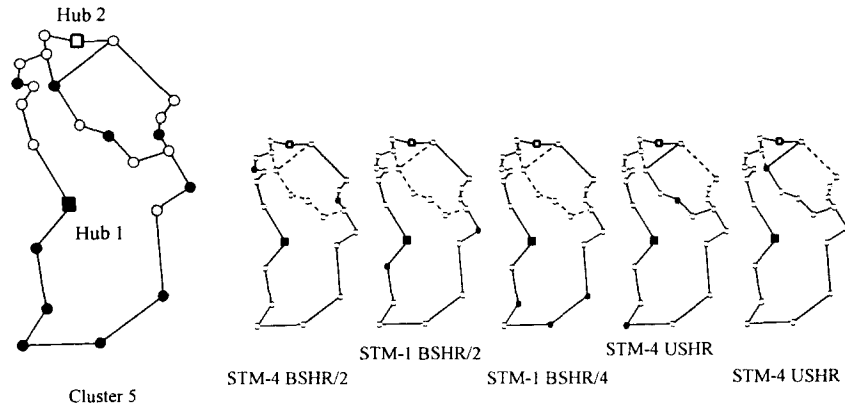
결과 : Solutions

Solution for the cluster 1 (Two-hub case)



결과 : Solutions(계속)

Solution for the cluster 5 (Two-hub case)



결과 : Statistics for the two-hub case

Cluster No.	Net. size ($ V / A / E $)	초기 열 개수	추가된 열 개수	최적해 여부 ^a	Sec. ^b
1	19 / 10 / 23	122	0	최적	17.545
2	26 / 9 / 32	197	0	최적	25.406
3	29 / 8 / 30	48	0	최적	7.93
4	29 / 8 / 33	64	0	최적	9.504
5	25 / 12 / 29	280	11	근사 최적	61.668

^a BSHR 은 Master Problem 에 추가하지 않으므로 엄밀한 의미에서 최적해 아님

^b Pentium 166MHz 에서 수행

결론

1. SHR을 이용한 지역망 설계 알고리즘

- 하나의 cluster를 대상으로 허브를 지나면서 최소의 비용으로 모든 수요를 만족시키는 여러 개의 링 생성
- Column generation and branch-and-bound algorithm

2. 알고리즘 활용 방안

- 동기식 전송망 계획 시 설계 요소 알고리즘으로 활용
- 다기간 동기식 전송망 진화계획 시 sub-module로 활용