

ISIS의 유연한 알고리즘 이해 및 트러블슈팅

목차

[소개](#)

[사전 요구 사항](#)

[Flex-Algo 개요](#)

[네트워크 토폴로지](#)

[네트워크](#)

[Flex-Algo 컨피그레이션](#)

[메트릭스 유형 TE에 의해 정의되는 Flex-Algo 129](#)

[설정](#)

[확인](#)

[메트릭 유형 지연으로 정의되는 Flex-Algo 128](#)

[설정](#)

[확인](#)

[FLEX-ALGO 129의 TI-LFA\(Topology-Independent Loop-Free Alternate\) 및 MLA\(Microloop Avoidance\)](#)

[링크 선호도-맵 제약 조건](#)

[설정](#)

[확인](#)

[선호도 맵의 ABR-2에 대한 컨피그레이션](#)

[확인](#)

[결론](#)

[명령](#)

소개

이 문서에서는 ISIS에서 Flex-Algo(Flexible Algorithm)를 작동하는 방법에 대해 설명하고, 검증 및 문제 해결을 위한 관련 명령을 제공합니다.

사전 요구 사항

요구 사항

- Cisco에서는 ISIS 세그먼트 라우팅 트래픽 엔지니어링에 대한 기본 지식을 갖춘 것을 권장합니다.

사용되는 구성 요소

- 이 문서의 정보는 장치를 기반으로 합니다. 어그리게이션 서비스 라우터 9000(ASR9K).
- 이 문서의 정보는 특정 랩 환경의 디바이스를 토대로 작성되었습니다. 이 문서에 사용된 모든 디바이스는 초기화된(기본) 컨피그레이션으로 시작되었습니다. 현재 네트워크가 작동 중인

경우 모든 명령의 잠재적인 영향을 미리 숙지하시기 바랍니다.

Flex-Algo 개요

- Flexible Algorithm(Flex-Algo)은 0~255 범위의 수치로 식별됩니다. 값 0~127은 예약되지만 128~255는 사용자 정의입니다.
- Flex-Algo는 메트릭 유형(IGP(Interior Gateway Protocol) 메트릭, 지연 메트릭 또는 TE 메트릭) 및 제약 조건 집합(예: 링크 선호도, SRLG(Shared Risk Link Group))에 의해 정의됩니다.
- Flex-Algo를 활용하여 네트워크는 네트워크 슬라이싱, 즉 네트워크의 논리적 세그멘테이션을 구현할 수 있습니다. 여기서 경로 계산은 정의된 제약 조건을 충족하는 토폴로지로 제한됩니다.

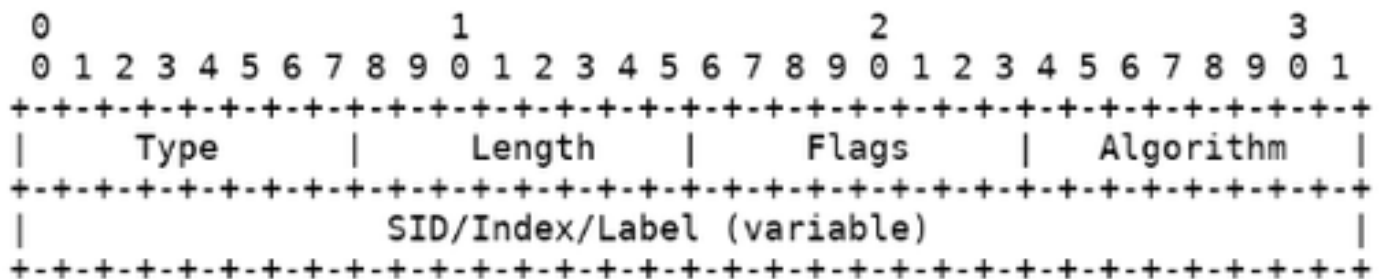


그림 1: Prefix-SID Sub-TLV 형식(알고리즘 필드 포함)

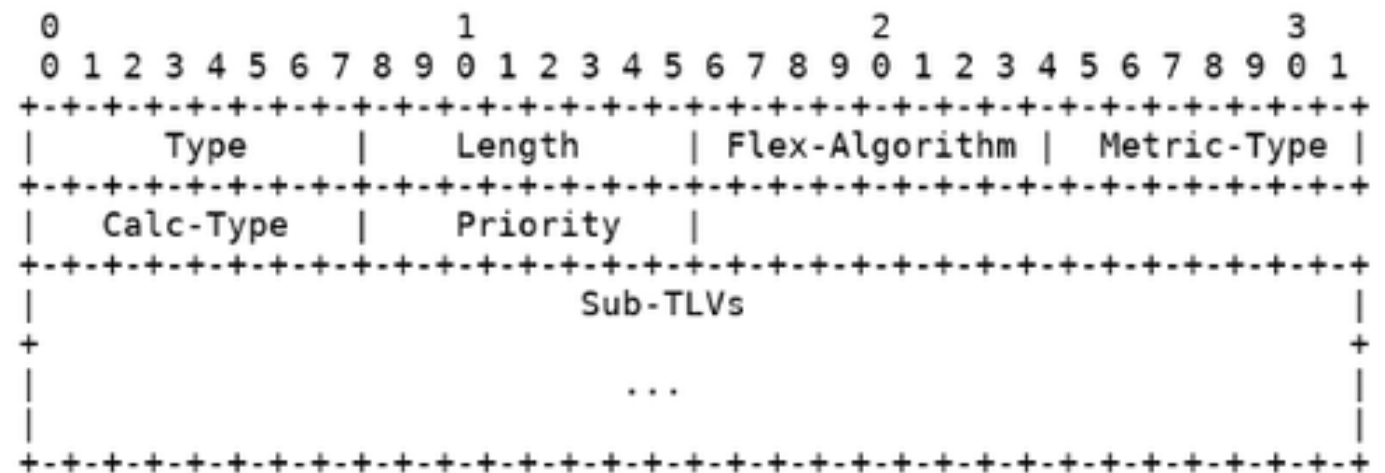


그림 2: FAD(Flex-Algo Definition) TLV 형식

네트워크 토폴로지

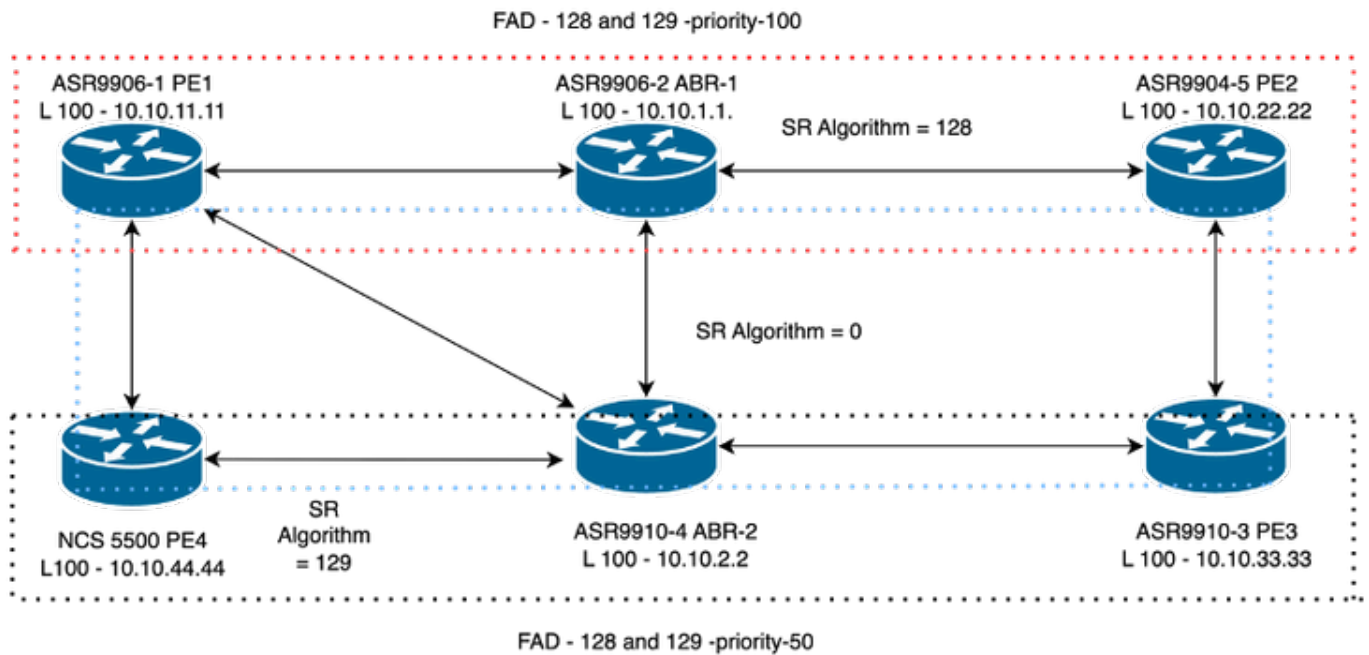


그림 3: 네트워크 토폴로지 다이어그램

네트워크

- 알고리즘(128)→은 레이턴시 최적화 슬라이스를 정의한다.
- 알고리즘(129)→ TE-최적화된 슬라이스를 정의한다.
- ABR1 및 ABR2는 IS-IS LSP(Link-State Protocol Data Unit)에서 FAD TLV(Flex-Algo Definitions)를 알립니다.
- FAD 발신자는 IS-IS 도메인의 모든 라우터가 될 수 있습니다. 라우터는 정의를 알리기 위해 각 Flex-Algo에 참여할 필요가 없습니다.

Flex-Algo 컨피그레이션

<#root>

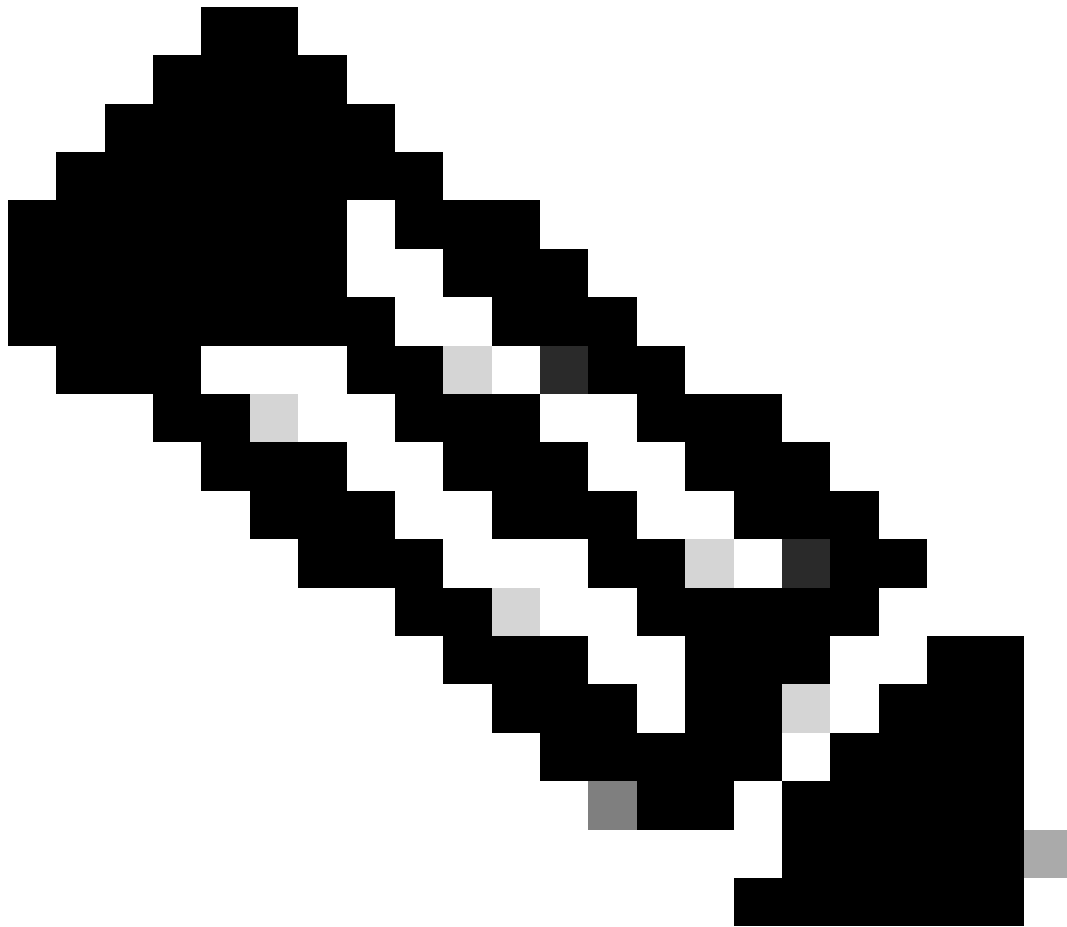
```
router isis core
flex-algo 128
  interface Loopback100
    passive
    address-family ipv4 unicast
```

prefix-sid index 11

```
explicit-null
```

prefix-sid algorithm 128 index 811

```
explicit-null
```



참고:

- index 11 - Flex-Algo 0에 바인딩된 Prefix-SID(기본 SPF(shortest path first)).
- index 811 - Prefix-SID가 Flex-Algo 128에 바인딩되었습니다.
- Flex-Algo 접두사 SID는 네트워크 슬라이싱을 활성화합니다. 지정된 접두사(예: Loopback100)의 경우 여러 접두사 SID를 알릴 수 있으며, 각 접두사는 특정 Flex-Algo에 연결됩니다.
- 첫 번째 Prefix-SID(인덱스 11)는 Flex-Algo 0(기본 IGP 최단 경로 알고리즘)과 자동으로 연결됩니다.
- 제2 프리픽스-SID(인덱스(811))는 사용자 정의 알고리즘인 Flex-Algo(128)와 명시적으로 연관된다.

메트릭스 유형 TE에 의해 정의되는 Flex-Algo 129

설정

ABR2의 경우:

<#root>

```
router isis core
flex-algo 129
  priority 50
  metric-type te
  advertise-definition
```

```
interface Loopback100
  address-family ipv4 unicast

    prefix-sid algorithm 129 index 92 explicit-null >>
```

Prefix-SID bound to Flex-Algo 129

```
interface HundredGigE0/1/0/2
  point-to-point
  address-family ipv4 unicast
    fast-reroute per-prefix
    fast-reroute per-prefix ti-lfa
```

```
te-metric flex-algo 20 level 2 >>
```

20 is the TE metric value for this link , need to be enabled on the links only between those routers pa

확인

<#root>

```
PE3#show isis flex-algo 129
IS-IS core Flex-Algo Database
Flex-Algo 129:
  Level-2:
```

Definition Priority: 100

Definition Source: ASR9906-2-ABR-1.00

Definition Equal to Local: No

Definition Metric Type: TE

Definition Flex-Algo Prefix Metric: No
<snip>

FRR Disabled: No

Microloop Avoidance Disabled: No

UCMP Disabled: No

Data Plane Segment Routing: Yes

Data Plane IP: Yes

<#root>

PE3#show isis database 55A1-2-PE4.00-00 verbose internal

IS-IS core (Level-2) Link State Database

LSPID	LSP Seq Num	LSP Checksum	LSP Holddtime/Rcvd	ATT/P/OL	Len	Received	From
55A1-2-PE4.00-00	0x00000149	0xfe2f	995 /1200	0/0/0	282	09:21:39	ASR9910-4-

<snip>

TLV code:242

length:28

Router Cap: 10.10.44.44 D:0 S:0

SubTLV code:2 length:9

Segment Routing: I:1 V:0, SRGB Base: 16000 Range: 8000

SubTLV code:23 length:2

Node Maximum SID Depth:

Label Imposition: 12

SubTLV code:19 length:3

SR Algorithm:

Algorithm: 0

Algorithm: 1

Algorithm: 129

SubTLV code:29 length:1

IP Algorithm:

Algorithm: 129

TLV code:22

length:117

Metric: 10 IS-Extended ASR9910-4-ABR-2.00

SubTLV code:4 length:8

Local Interface ID: 32, Remote Interface ID: 38

SubTLV code:6 length:4

Interface IP Address: 10.10.244.44

SubTLV code:8 length:4

Neighbor IP Address: 10.10.244.2

SubTLV code:9 length:4

Physical BW: 10000000 kbits/sec

SubTLV code:16 length:9

Application Specific Link Attributes:

L flag: 0, SA-Length: 1, UDA-Length: 1

Standard Applications: 0x10 FLEX-ALGO

User Defined Applications: 0x10

SubTLV code:18 length:3

Admin. Weight: 20 >>>>>>>> configured TE metric

<#root>

PE3#show isis topology flex-algo 129

IS-IS core paths to IPv4 Unicast (Level-2) routers

System Id	Metric	Next-Hop	Interface	SNPA
ASR9910-4-ABR-2				

20

ASR9910-4-ABR-2	Hu0/1/0/0	*PtoP*	>> 1 hop away from PE3
55A1-2-PE4			

40

ASR9910-4-ABR-2	Hu0/1/0/0	*PtoP*	>> 2 hops away from PE3
-----------------	-----------	--------	-------------------------

메트릭 유형 지연으로 정의되는 Flex- Algo 128

설정

<#root>

router isis core

flex-algo 128

priority 100

metric-type delay

advertise-definition

performance-measurement

interface HundredGigE0/1/0/0

delay-measurement

>>> this CLI needs to be enabled only on those interfaces between those routers participating in Flex-

```
!  
!  
interface HundredGigE0/1/0/3  
  delay-measurement
```

확인

<#root>

```
PE1#show isis flex-algo 128  
IS-IS core Flex-Algo Database  
Flex-Algo 128:  
  Level-2:
```

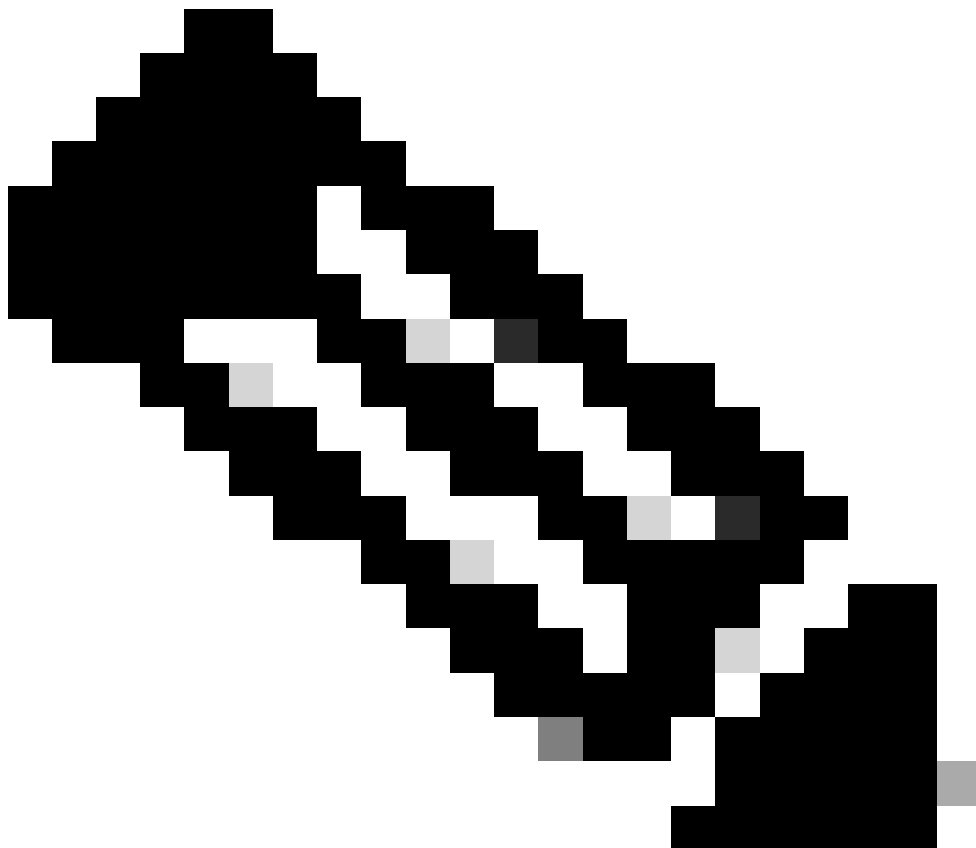
Definition Priority: 100

Definition Source: ASR9906-2-ABR-1.00

Definition Equal to Local: No

Definition Metric Type: Delay

Definition Flex-Algo Prefix Metric: No



참고: PE2에서는 PE2와 ABR 1 지연 측정 advertise-delay 100 >> delay 사이의 성능 측정 인터페이스 HundredGigE0/1/0/1 >> 링크가 정적으로 구성됩니다. 이렇게 하면 PE2에서 PE1을 향하는 방향으로 지연 메트릭이 +100만큼 증가하므로 PE2에서 ABR 1에 도달하는 지연은 100입니다.

<#root>

```
PE1#show isis database ASR-9904-5-PE2.00-00 verbose internal
IS-IS core (Level-2) Link State Database
LSPID          LSP Seq Num  LSP Checksum  LSP Holdtime/Rcvd ATT/P/OL LSP Length
ASR-9904-5-PE2.00-00 0x00000231  0x6084        1131 /1200      0/0/0   310
<snip>
```

TLV code:242

```
length:25
<snip>
```

SubTLV code:19

```
length:3
SR Algorithm:
Algorithm: 0
Algorithm: 1
```

Algorithm: 128

TLV code:22

length:144

Metric: 10 IS-Extended ASR9906-2-ABR-1.00

SubTLV code:4 length:8

Local Interface ID: 17, Remote Interface ID: 22

SubTLV code:6 length:4

Interface IP Address: 10.10.221.22

SubTLV code:8 length:4

Neighbor IP Address: 10.10.221.1

SubTLV code:9 length:4

Physical BW: 99999998 kbits/sec

SubTLV code:33 length:4

Link Average Delay: 100 us

SubTLV code:34 length:8

Link Min/Max Delay: 100/100 us

SubTLV code:35 length:4

Link Delay Variation: 0 us

SubTLV code:16 length:14

Application Specific Link Attributes:

L flag: 0, SA-Length: 1, UDA-Length: 1

Standard Applications: 0x10 FLEX-ALGO

User Defined Applications: 0x10

SubTLV code:34 length:8

Link Min/Max Delay: 100/100 us >>> delay calculated on this link due to the configuration

<#root>

PE2#show isis topology flex-algo 128

IS-IS core paths to IPv4 Unicast (Level-2) routers

System Id	Metric	Next-Hop	Interface	SNPA
-----------	--------	----------	-----------	------

ASR9906-2-ABR-1				
-----------------	--	--	--	--

100

ASR9906-2-ABR-1				
-----------------	--	--	--	--

	Hu0/1/0/1			
--	-----------	--	--	--

		PtoP		
--	--	--------	--	--

ASR9906-1-PE1				
---------------	--	--	--	--

112

인터페이스에 수동 advertise-delay가 구성되어 있지 않고 인터페이스에서 활성화된 기본 지연 측정 프로파일을 사용하면 링크에서 프로브가 전송되어 인터페이스의 지연을 측정합니다.

<#root>

ABR-1#show performance-measurement sessions

0/1/CPU0

Transport type : Interface
Measurement type : Delay Measurement
Interface name : HundredGigE0/1/0/0
Nexthop : Unknown

Delay Measurement session:

Session ID : 4097

Profile Keys:

Profile name : default

Profile type. : Interface Delay Measurement

Last advertisement:

Advertised at: Sep 26 2025 14:00:36.179 (247623.282 seconds ago)

Advertised reason: Periodic timer, min delay threshold crossed

Advertised delays (uSec): avg: 12, min: 12, max: 13, variance: 0

A flag set: False

Next advertisement:

Threshold check scheduled in 2 more probes (roughly every 120 seconds)

Aggregated delays (uSec): avg: 12, min: 11, max: 12, variance: 1

Rolling average (uSec): 11

Current computation:

Started at: Sep 29 2025 10:47:17.373 (22.88 seconds ago)

Packets Sent: 8, received: 8

Measured delays (uSec): avg: 12, min: 11, max: 12, variance: 1 >>>>>>>>>> the delay measured using pro

Next probe scheduled at: Sep 29 2025 10:47:47.369 (in 7.908 seconds)

Next packet will be sent in 1.908 seconds

Packet sent every 3.0 seconds

Number of Hops : 1

```
ABR-1#show isis database ASR9906-1-PE1.00-00 verbose internal
IS-IS core (Level-2) Link State Database
LSPID                LSP Seq Num  LSP Checksum  LSP Holdtime/Rcvd  ATT/P/OL  LSP Length
ASR9906-1-PE1.00-00  0x00000777  0x13ef        497 /1200          0/0/0     370
<snip>
```

```

length:197
Metric: 10 IS-Extended ASR9906-2-ABR-1.00
SubTLV code:4 length:8
Local Interface ID: 40, Remote Interface ID: 21
SubTLV code:6 length:4

```

SubTLV code:8 length:4

SubTLV code:9 length:4
Physical BW: 99999998 kbits/sec
SubTLV code:33 length:4

SubTLV code:34 length:8

```
SubTLV code:35 length:4
Link Delay Variation: 0 us
SubTLV code:16 length:14
Application Specific Link Attributes:
L flag: 0, SA-Length: 1, UDA-Length: 1
Standard Applications: 0x10 FLEX-ALGO
User Defined Applications: 0x10
SubTLV code:34 length:8
```

<#root>

```

PE1#show isis topology flex-algo 128
IS-IS core paths to IPv4 Unicast (Level-2) routers
System Id          Metric      Next-Hop            Interface           SNPA
ASR9906-2-ABR-1

```

ASR9906-2-ABR-1
ASR-9904-5-PE2

Hu0/1/0/0

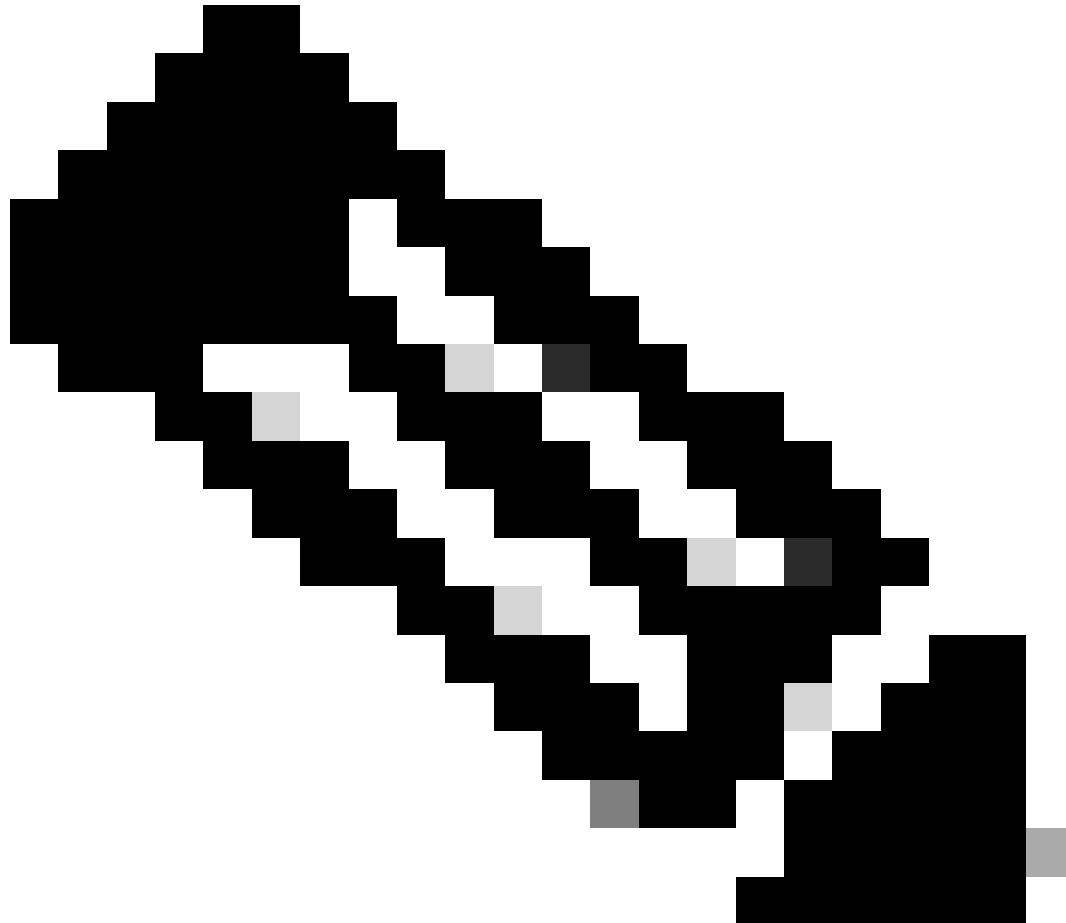
PtoP

24

ASR9906-2-ABR-1

Hu0/1/0/0

PtoP



참고:

- PE1에서 ABR 1에 도달하는 데에는 12개의 us 지연만 있습니다.
- PE1에서 PE2에 도달하는 데에는 24개의 us 지연이 있습니다.

FLEX-ALGO 129의 TI-LFA(Topology-independent Loop-Free Alternate) 및 MLA(Microloop Avoidance)

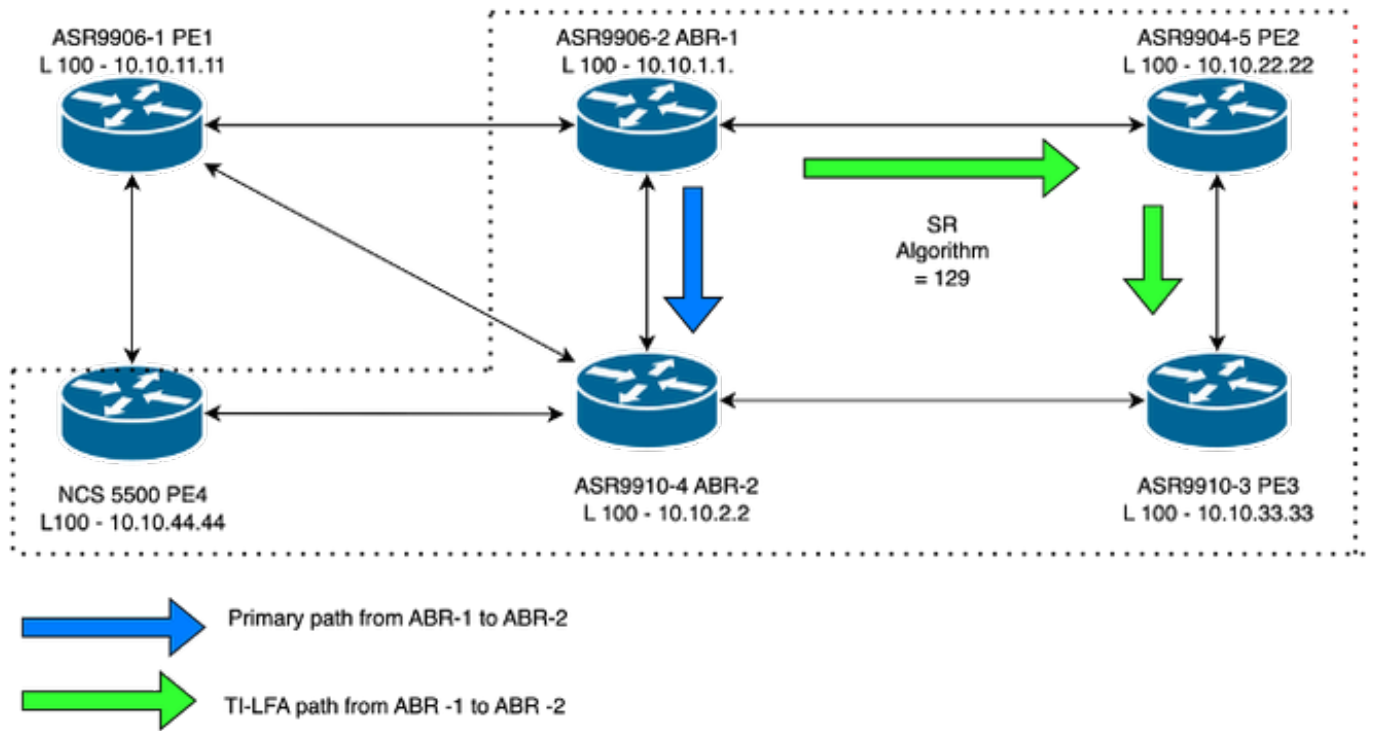


그림 4: Flex- Algo 129용 TI-LFA 및 MLA를 시연하는 데 사용된 네트워크 토폴로지 다이어그램

<#root>

ABR-1#show isis fast-reroute flex-algo 129 10.10.2.2/32 detail

L2 10.10.2.2/32 [20/115] Label: 16092, medium priority

Installed Sep 17 10:40:08.503 for 00:16:25

via 10.10.12.2, HundredGigE0/1/0/1, Label: Exp-Null-v4, ASR9910-4-ABR-2, SRGB Base: 16000, Weight:

Backup path: TI-LFA (link),

via 10.10.221.22, HundredGigE0/1/0/3 ASR-9904-5-PE2, SRGB Base: 16000, Weight: 0, Metric: 60

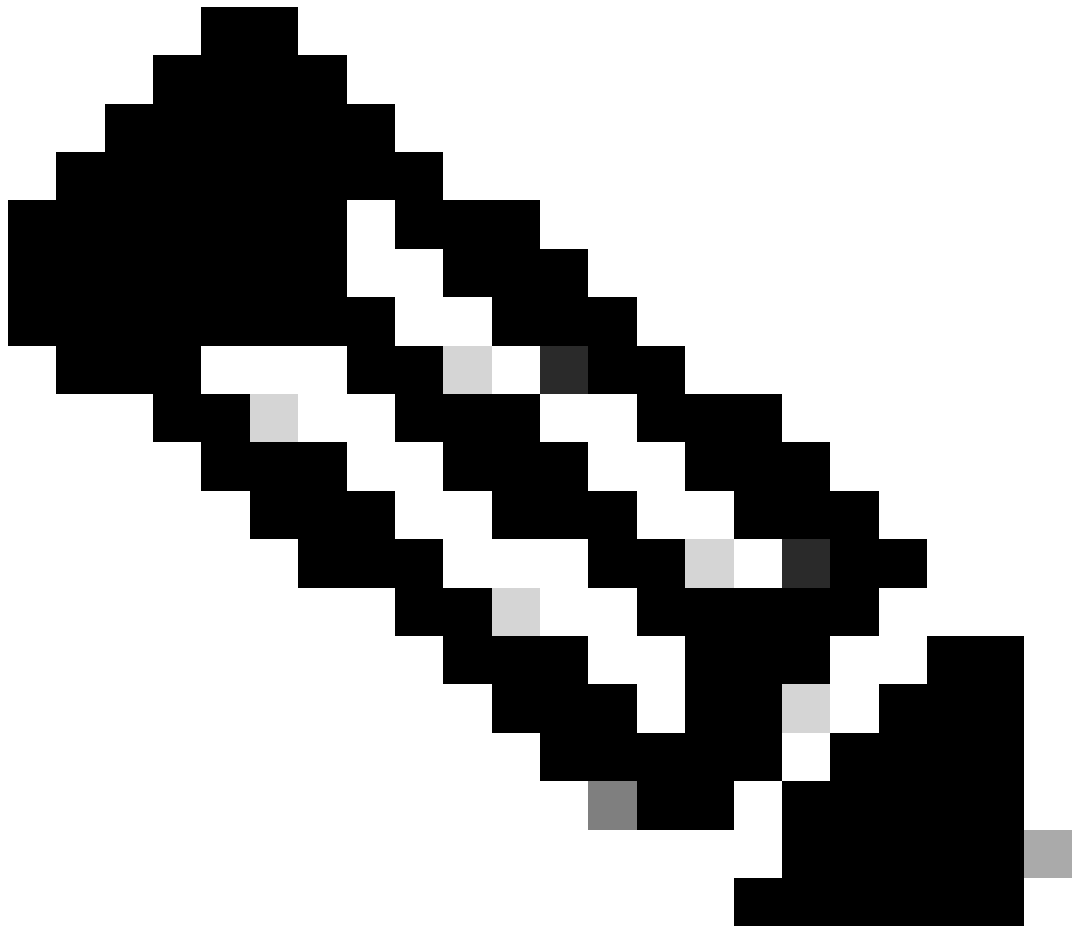
P node: ASR9910-3-PE3.00 [10.10.33.33], Label: 16933 >>>>>>>> TI-LFA precomputed path for FRR

Prefix label: 16092

Backup-src: ASR9910-4-ABR-2.00

P: No, TM: 60, LC: No, NP: No, D: No, SRLG: Yes

src ASR9910-4-ABR-2.00-00, 10.10.2.2, prefix-SID index 92, R:0 N:1 P:1 E:1 V:0 L:0, Alg:129



참고:

- 16933 PE3 Flex-Algo 129 레이블
- 16092 ABR -2 Flex-Algo 129 레이블
- TI-LFA 경로는 또한 플렉스 로고 (129) 의 논리적 네트워크 슬라이스로 제한된다

ABR 1과 2 간 링크가 종료된 ABR-1에서 MLA-tunnel이 트리거됩니다.

<#root>

ABR-1 #show isis microloop avoidance 10.10.2.2/32 flex-algo 129 detail

10.10.2.2/32 participated in 1 of 6 microloop avoidance events

number	start	spf	duration	cleanup	duration	pins: ipv4	ipv6
---	---	---	---	---	---	---	---
5	restart	10:59:16.440	0 ms	10:59:16.643		3	0

trigger: Link down, near node: ASR9906-2-ABR-1.00, far node: ASR9910-4-ABR-2.00
via 10.10.221.22, Hu0/1/0/3,

Labels: 16933

TI-LFA 및 MLA 모두에서 Flex-Algo 129는 자체 제한 SPF를 실행하며 FLEX-ALGO 129 레이블만 사용하여 Algo 129 제약 조건을 따르는 빠른 경로 재지정 터널을 미리 계산합니다.

링크 선호도-맵 제약 조건

- 선호도는 IGP 링크와 연결된 32비트 특성으로, 운영자가 관리적으로 할당합니다.
- 각 비트 위치는 연산자에 의해 정의된 의미론적 의미에 대응한다.
- 이 선호도 비트는 링크의 TE 특성의 일부로서 IGP(OSPF/IS-IS)에서 광고됩니다.

Flex-Algo는 SPF(최단 경로 트리)를 계산할 때 경로 선택 중에 선호도 제약 조건을 적용합니다.

- 모두 포함(IA): 계산된 경로는 지정된 선호도 비트 집합이 있는 하나 이상의 링크를 통과해야 합니다.
- 모두 포함(IAI): 계산된 경로는 지정된 친화도 비트를 모두 포함하는 링크만 통과해야 합니다.
- EA(Exclude-Any): 계산된 경로는 지정된 선호도 비트를 전달하는 모든 링크를 방지해야 합니다.

설정

ABR 1과 2의 경우:

<#root>

```
On ABR 1and 2
router isis core

affinity-map ALGO-129 bit-position 6
```

```
flex-algo 129
  priority 100
  metric-type te
  advertise-definition

  affinity exclude-any ALGO-129
```

이 구성을 FAD에 게시합니다.

확인

<#root>

```
PE4#show isis database ASR9906-2-ABR-1.00-00 verbose internal
IS-IS core (Level-2) Link State Database
LSPID                LSP Seq Num  LSP Checksum  LSP Holdtime/Rcvd  ATT/P/OL  Len  Received  From
ASR9906-2-ABR-1.00-00 0x0000023f  0xa89f        871 /1200          0/0/0     453  11:12:43  ASR9906-1
TLV code:242 length:44
Router Cap:      10.10.1.1 D:0 S:0
```


[illegible]

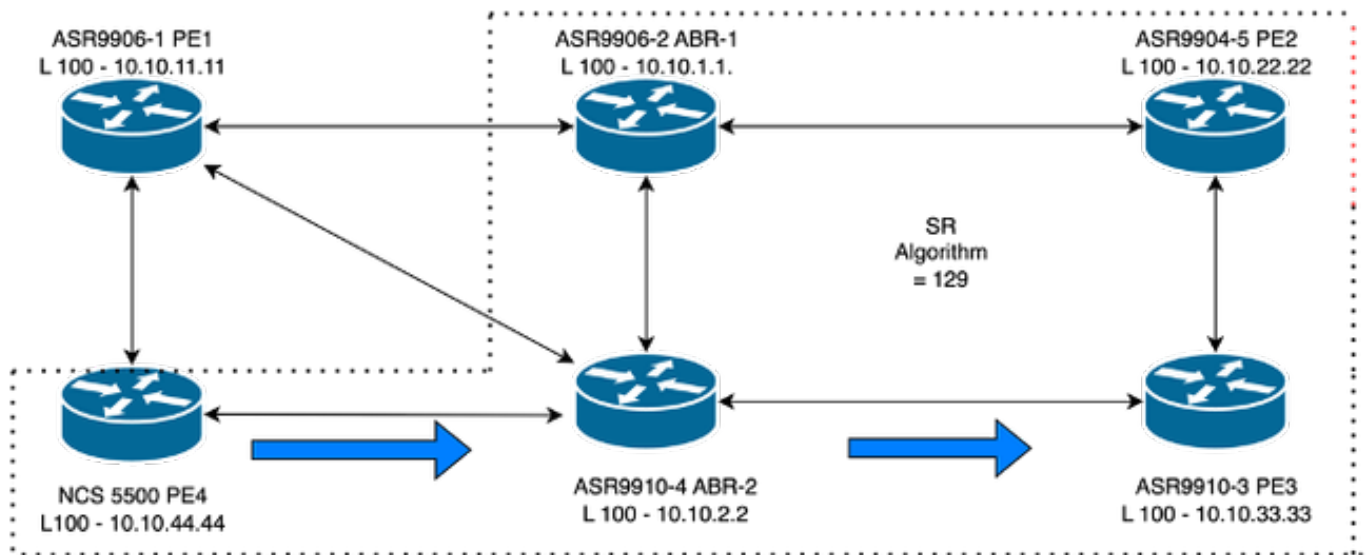


그림 5: 친화도 맵이 정의되지 않은 PE4와 PE3 간의 경로 추적

선호도 맵의 ABR-2에 대한 컨피그레이션

```
<#root>
```

```
router isis core
```

```
affinity-map ALGO-129 bit-position 6 >
```

```
> define the bit position and associate it with a name
```

```
router isis core
```

```
interface HundredGigE0/1/0/2
```

```
>>> link between ABR-2 to PE3
```

```
affinity flex-algo ALGO-129
```

```
>>>>> link affinity map
```

```
point-to-point
```

```
address-family ipv4 unicast
```

```
fast-reroute per-prefix
```

```
fast-reroute per-prefix ti-lfa
```

```
te-metric flex-algo 20 level 2
```

확인

```
<#root>
```

```
PE4#show isis database ASR9910-4-ABR-2.00-00 verbose internal
```

```
<snip>
```

```
TLV code:22 length:193
```

```
<snip>
```

```
SubTLV code:6 length:4
```

Interface IP Address: 10.10.32.2

SubTLV code:8 length:4

Neighbor IP Address: 10.10.32.33

SubTLV code:9 length:4

Physical BW: 99999998 kbits/sec, 12499999744 bytes/sec

SubTLV code:16 length:21

Application Specific Link Attributes:

L flag: 0, SA-Length: 1, UDA-Length: 1

Standard Applications: 0x10 FLEX-ALGO

User Defined Applications: 0x10

SubTLV code:14 length:4

Ext Admin Group:

```
0x00000040 >>>>> link affinity flooded via IGP
```

SubTLV code:3 length:4

Affinity: 0x00000040

SubTLV code:18 length:3

Admin. Weight: 20

PE4에서 PE3으로 향하는 Flex Algo 129에 대한 FAD에 따라, 친화도 맵 비트 위치 6을 갖는 임의의 링크를 배제할 필요가 있다.

```
PE4#traceroute sr-mpls labels 16933 lsp-end-point 10.10.33.33
```

[illegible]

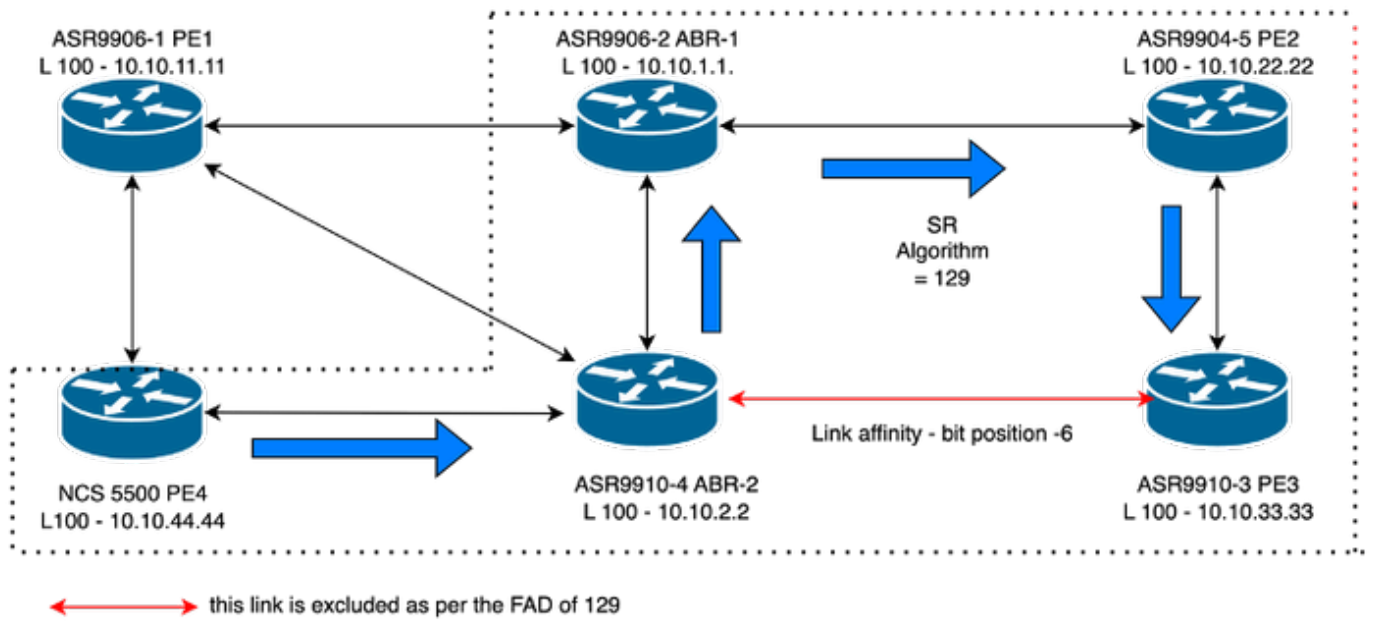
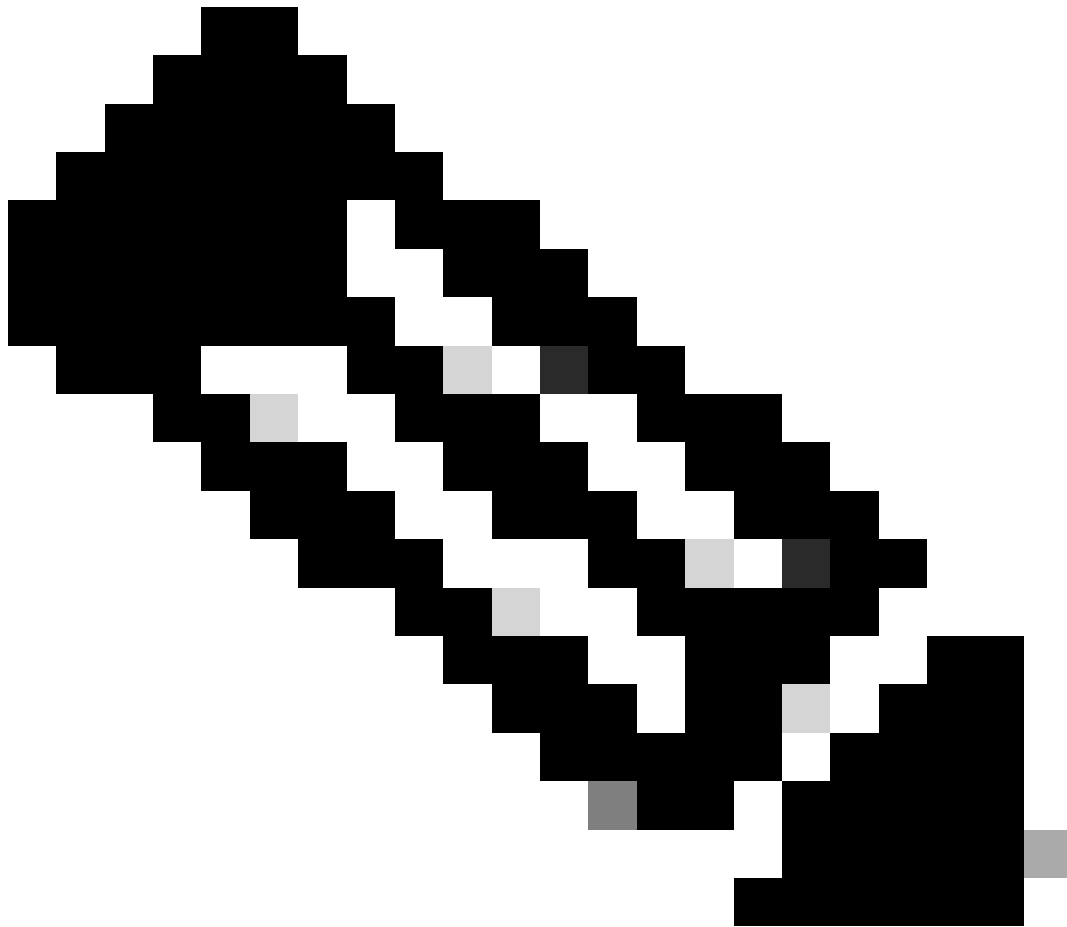


그림 6: 선호도 맵을 구성한 후 PE4에서 PE3으로 이동한 경로



참고: 마찬가지로, 플렉스 슬라이드의 FAD에서 "any 포함" 및 "all 포함"을 사용하면 헤드 끝에서 테일 끝을 향하는 경로 계산에 영향을 줄 수 있습니다.

결론

이 문서에서는 Flex-Algo(Flexible Algorithm)를 사용하여 IS-IS 도메인을 여러 네트워크 슬라이스로 논리적으로 분할하는 방법에 대해 설명합니다. 각 슬라이스는 고유한 경로 계산 규칙 및 제약 조건을 정의할 수 있으므로 SLA 요구 사항 또는 트래픽 민감도에 따라 트래픽 스트림을 차별적으로 처리할 수 있습니다.

명령

```
show isis flex-algo <>
show isis flex-algo 129 neighbors
show isis topology flex-algo
```

```
show isis database <> verbose detail
show isis route <> flex-algo <> detail
show mpls forwarding labels <> detail
show isis microloop avoidance <> flex-algo <> detail
show isis fast-reroute flex-algo <> <prefix> detail
```

이 번역에 관하여

Cisco는 전 세계 사용자에게 다양한 언어로 지원 콘텐츠를 제공하기 위해 기계 번역 기술과 수작업 번역을 병행하여 이 문서를 번역했습니다. 아무리 품질이 높은 기계 번역이라도 전문 번역가의 번역 결과물만큼 정확하지는 않습니다. Cisco Systems, Inc.는 이 같은 번역에 대해 어떠한 책임도 지지 않으며 항상 원본 영문 문서(링크 제공됨)를 참조할 것을 권장합니다.