



MeshmerizeOS를 이용하여 mesh network 구축하기

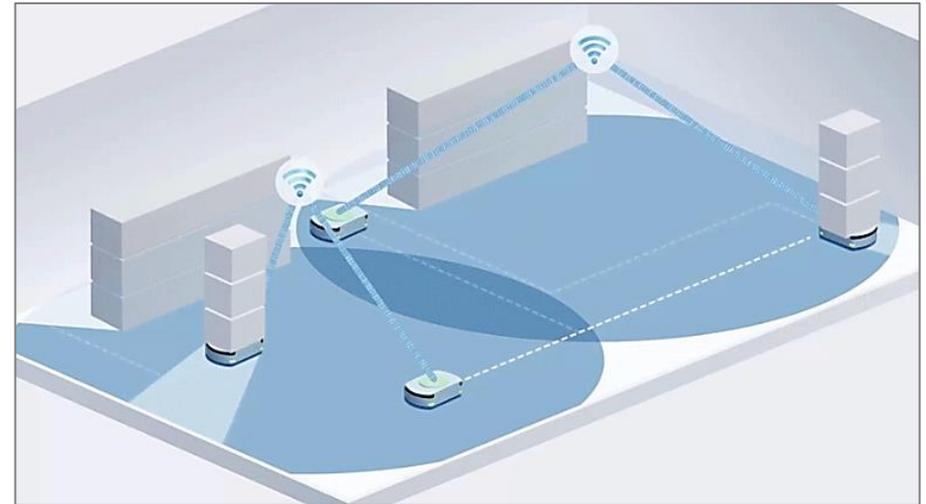


MeshmerizeOS가 무엇인가요?

이동하는 장치 (AGV, AMR 등)의 무선 통신 방식을 **메시 네트워크로 구축하기 위해 특별히 제작된 OS** 입니다. Meshmerize는 AP와 Client 간의 단일 무선 링크에 의존하는 대신 메시 노드들의 분산형 장치 간 통신을 사용하여 내부에서 네트워크를 강화합니다.

특징

- 확장성** : 일반적으로 메시 네트워크는 많은 노드를 추가하면 네트워크 과부하로 인해 지연이 발생하고 패킷 대기열이 길어지는 경향이 있는 반면, Meshmerize는 고유한 다중 경로 라우팅을 통해 높은 신뢰성과 낮은 대기 시간으로 이러한 문제가 해결됩니다.
- Self-healing mesh** : 산업현장에서 장치가 중단되더라도 Meshmerize는 변경된 시나리오에 신속히 적응하여 모든 노드에 이러한 변경사항을 즉시 알립니다. 노드가 오프라인이 되자마자 메시 네트워크는 자체적으로 복구되도록 합니다.
- Hive 관리** : 분산되어 있는 메시 네트워크라도 Hive를 통해 간단하고 효율적으로 관리할 수 있습니다. Hive는 Meshmerize에서 제공하는 관리 시스템으로 각 노드의 구성, 분석, 문제해결, 관리 및 업그레이드를 할 수 있는 모니터링 도구입니다.
- 원활한 로밍** : AP와 Client가 연결된 구조에서는 이동 장치가 다른 공간으로 이동할 때 강제로 한 AP에서 등록을 취소하고 다른 AP에 등록해야 합니다. 이 과정은 보통 몇 100ms에서 몇 초 정도 걸리는데 이는 장치가 오프라인 상태가 되어 운영과 안전에 위협이 될 수 있습니다. Meshmerize는 이러한 구조에 대해 재검토 솔루션을 제공하여 장치가 항상 서로 연결되도록 유지합니다. 모든 장치는 AP 뿐만 아니라 서로 통신할 수 있어 로밍 문제를 해결할 수 있습니다.



설치 방법

ACKSYS 제품에 MeshmerizeOS로 펌웨어 업그레이드만 하면 설치가 완료됩니다.
MeshmerizeOS 및 비용 관련 문의는 와이트리 담당자 또는 info@witree.co.kr로 연락주시기 바랍니다.



Meshmerize 호환 제품



AirLink



AirBox



AirWan



EmbedAir1000



RuggedAir100



RailBox

Hive 란 무엇인가요?

Hive 는 Meshmerize 네트워크를 위해 특별히 설계된 고급 웹 기반 네트워크 관리 도구입니다.
 분산된 Meshmerize 네트워크의 시각화, 구성 및 운영을 간소화하여 웹 브라우저를 통해 편리하게 액세스할 수 있습니다.
 Hive 는 Meshmerize 네트워크의 복잡한 노드를 관리하고 최적의 성능과 편의성을 제공합니다.

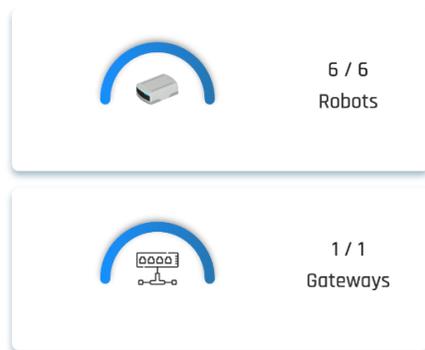


Hive 의 기능

- **웹 기반 인터페이스** : Hive의 인터페이스를 통해 모든 웹 브라우저에서 Meshmerize 네트워크를 효율적으로 관리할 수 있으며, 사용자 친화적 접근성과 사용 편의성을 제공합니다.
- **시각화 도구** : 네트워크 레이아웃과 측정 항목을 자세히 시각화하여 네트워크 성능과 구조를 포괄적으로 이해하는 데 도움이 됩니다.
- **네트워크 구성** : 네트워크를 구성할 수 있어 최적의 성능을 발휘할 수 있습니다.
- **실시간모니터링** : 네트워크를 실시간으로 모니터링하고, 네트워크 성능과 상태에 대한 최신 업데이트를 제공하여 사전 관리를 지원합니다.
- **경고 및 알림(기업 전용)** : 네트워크 상태 및 잠재적 문제에 대한 자동화된 경고 및 사용자 정의 알림을 전송하여 기업 사용자가 개입할 수 있습니다.
- **API 연결(기업 전용)** : 향상된 기능과 다른 시스템과의 원활한 상호작용을 위해 API 통합을 지원하여 기업 수준 네트워크의 특정 요구 사항을 충족합니다.

네트워크 통계

NODES ONLINE



Node "AMR5" [02:00:00:00:09:00]

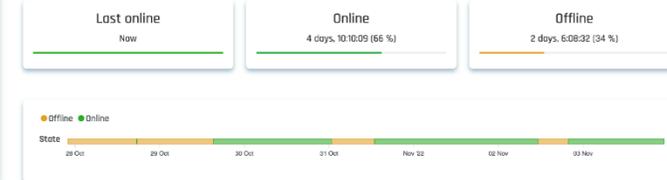
Nodes / Robots / AMR5

● Last seen: 22:05:47, 03.11.22

Overview Links Routers Interfaces Management Settings

1 week 1 day 6 hours 1 hour 5 mins Live ↻

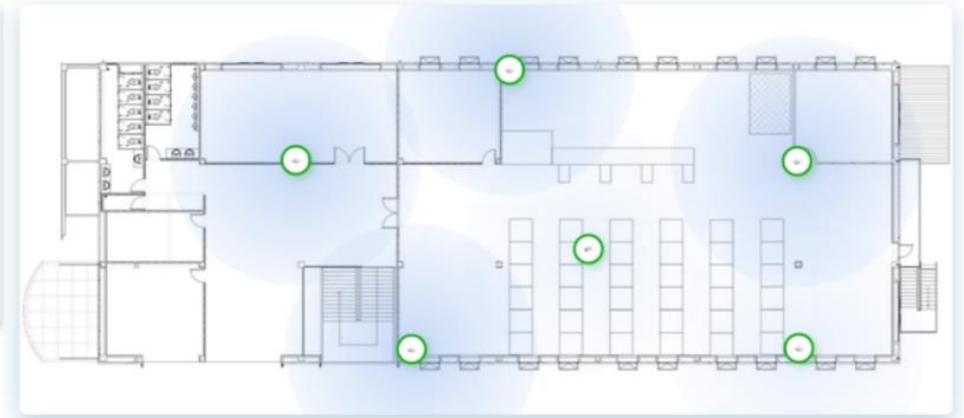
UPTIME



- **중요성** : 산업용 네트워크에서 노드 관리는 매우 중요합니다. 노드의 상태를 그래프로 표시합니다.
- **현재 및 과거 데이터** : Hive는 활성화 노드의 현재 상태와 과거 데이터를 모두 노드 그룹별로 분류하여 표시합니다.
- **차트 간격** : 사용자는 차트 데이터를 가져오기 위해 6개의 시간 간격 중에서 선택할 수 있으며, 현재 시간 및 더 긴 간격까지 다양한 옵션이 있습니다. 실시간 업데이트는 모든 업데이트 간격에서 자동으로 발생하지만, 다른 모드는 수동 차트 업데이트가 필요합니다.
- **데이터 로그** : 저장되어 있는 로그 데이터를 다운로드 받을 수 있습니다.
- **노드 그룹 구성** : 노드 관리 탭을 통해 노드를 특정 그룹에 할당하여 관리할 수 있습니다.

실시간 모니터링

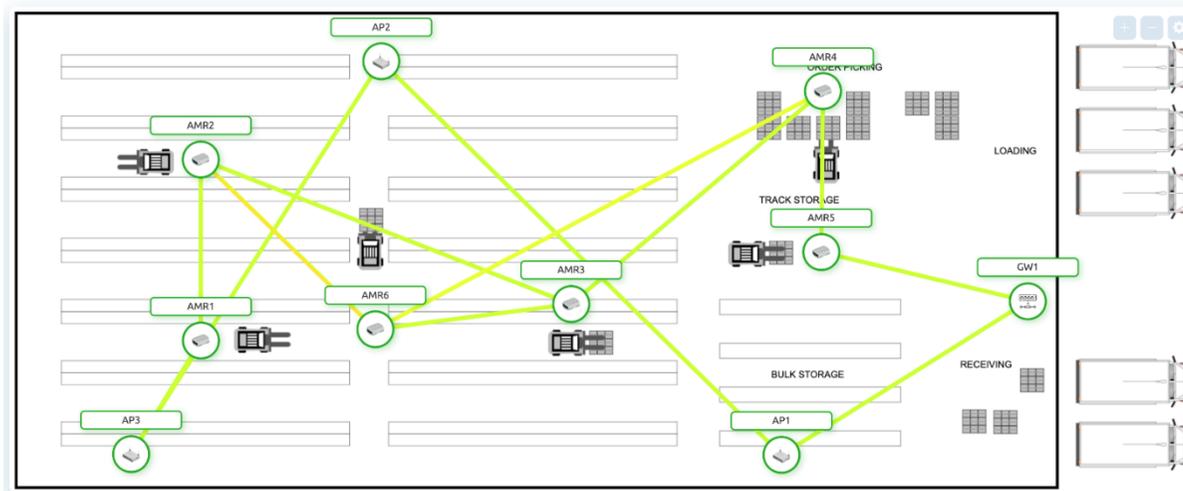
CHANNEL UTILIZATION



<채널 그래프 / 히트맵>

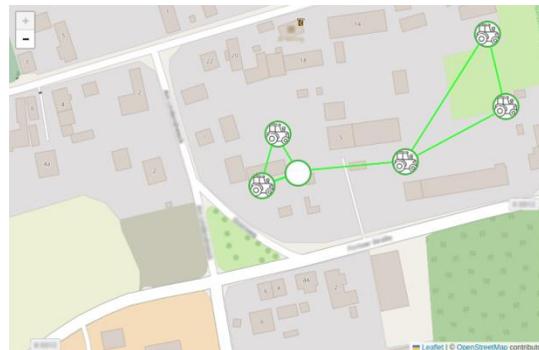
- **분석** : 채널 활용률은 무선 네트워크 상태를 평가하고 지연 시간, 안정성, 확장성에 영향을 미치는 주요 성과 지표입니다.
- **시각화** : Hive는 채널 사용률에 대한 직관적인 모니터링과 시각화를 제공하여 모든 노드에 걸친 평균 및 최대 사용률을 보여줍니다.
- **간섭 감지** : Hive의 통신 시간 시각화에는 모든 트래픽이 포함되어 있어 승인되지 않은 WiFi 핫스팟 등 간섭하는 네트워크를 감지하고 관리하는데 유용합니다.
- **히트맵** : 히트맵은 각 노드의 현재 데이터 사용량을 시각화 합니다. 해당 기능은 네트워크 간섭을 최소화하고 구성 및 식별하는 데 도움이 됩니다.

네트워크 구성 시각화



HIVE 에 연결된 노드는 맵에 표시됩니다.

해당 페이지를 통해 맵의 배경으로 임의의 이미지(예: 평면도, 사이트의 위성 이미지 등)를 업로드할 수 있습니다.



노드의 GPS 기능을 활성화 하여 실시간 위치 데이터를 표시할 수 있습니다.

*일부 GPS 지원 제품만 활성화 가능



MESHMERIZE

Mesh Protocol Comparison

Overview

| | Meshmerize | B.A.T.M.A.N. | 802.11s ¹ |
|------------------------|----------------------------|--|--------------------------|
| route creation | proactive | proactive | hybrid |
| routing type | distance vector | distance vector | distance vector |
| distance metric | throughput and reliability | packet loss (version IV) throughput (version V) | throughput |
| link types | WiFi, Ethernet, LTE/5G | WiFi, Ethernet | WiFi |
| scalability | >100 nodes | ~25 | ~25 portals ² |
| multipath | yes | no | no |
| multi-radio | yes | yes | no |
| LAN nodes | many | many | one |
| error recovery | end-to-end | hop-by-hop | hop-by-hop |
| mobility | dynamic (<1s) | static (>10s) | static (>10s) |
| initial connect | <2s | 30s | ? |

1. in research many variants with different properties exist, but code is not readily available
2. 802.11s defines portal nodes as nodes with attached devices, e.g. nodes on a LAN

Route Creation

- **Proactive** – 경로가 항상 업데이트 되고 패킷이 도착하면 바로 준비 됩니다. 경로를 계속 교환 해야 하지만 새로운 패킷 스트림에 대한 지연 시간이 짧기 때문에 오버헤드가 추가됩니다.
- **Reactive** – 경로는 트래픽이 있을 때만 요청됩니다. 트래픽을 전달하지 않는 노드는 오버헤드에 영향을 끼치지 않지만 스트림에서 첫 번째 패킷의 지연 시간은 더 높을 것입니다.
- **Hybrid** – 목적지 노드에 따라 능동형과 반응형을 모두 사용합니다. 802.11s는 소위 "포털 노드"로 향하는 경로에 대해 능동형이지만 그렇지 않으면 반응형 입니다. 포털 노드는 메쉬 외부의 노드를 메쉬 네트워크에 연결합니다. 예를 들어 인터넷에 대한 라우터 또는 브리지 노드.

Routing Type

- **Distance vector routing** – 각 노드는 다른 모든 노드까지의 거리를 나타내는 라우팅 테이블을 유지합니다. 이 라우팅 테이블은 주변 노드로 전송되어 라우팅 테이블을 업데이트할 수 있습니다. 라우팅 테이블은 주변에서 받은 거리와 각 노드까지의 거리를 사용하여 업데이트됩니다
- **Link state routing** - 각 노드는 전체 네트워크 그래프를 유지합니다. 로컬 링크 정보를 네트워크의 다른 모든 노드에 브로드캐스트하여 그래프를 구축합니다. 패킷 스트림의 소스는 패킷의 전체 경로를 선택합니다.

Distance Metric

- **Throughput** - 목적지로 패킷을 보낼 때 평균 채널 사용률을 최적화합니다. 이것은 일반적으로 패킷을 전파함으로써 채널이 차단되는 시간을 추정하는 예상 전송 시간(ETT)을 사용합니다. ETT는 패킷 손실과 함께 증가하는데, 이것은 추가적인 재전송을 요구하기 때문입니다. ETT는 높은 Wi-Fi MCS 전송률과 함께 감소하는데, 패킷이 높은 속도로 전송되면 채널이 더 짧은 시간 동안 차단되기 때문입니다.
- **Reliability** - Meshmerize는 경로 선택을 위한 추가적인 기준으로 재전송 가능성을 고려합니다. 특정 신뢰성 목표에 도달하기 위한 예상 재전송 횟수는 거리 메트릭의 가중치 인자로 사용됩니다. 따라서 만족할 수 없지만 더 높은 처리량의 경로에 비해 안정적이고 신뢰할 수 있는 경로를 선호하게 됩니다. 또한 단일 경로가 높은 신뢰성을 달성할 수 없는 경우 여러 경로를 병렬로 사용할 수 있습니다.
- **Packet loss** - B.A.T.M.A.N. IV, 현재 가장 많이 배포된 버전은 기본 속도의 패킷 손실을 거리 메트릭으로 사용합니다. 이는 Meshmerize의 신뢰성 메트릭과 유사하지만 다양한 WiFi 속도의 신뢰성을 고려하지 않습니다.

Scalability

네트워크가 지원할 수 있는 노드의 수는 대부분 채널의 용량에 의해 제한됩니다.
채널의 부하는 다음과 같은 요인에 의해 결정됩니다:

- **Management traffic** - Meshmerize의 관리 트래픽은 각 노드에 따라 선형적으로 증가합니다(N개의 노드에 대한 인자 N). 각 노드는 고정된 속도로 관리 정보를 브로드캐스트합니다. B.A.T.M.A.N.과 802.11s의 사전 라우팅은 각 소스에서 관리 패킷을 전파합니다. 즉, 관리 트래픽이 2차적으로 확장됩니다(N개의 노드에 대한 인자 N^2). 이로 인해 밀도가 높은 네트워크에서는 이러한 프로토콜의 확장성은 제한됩니다.
- **Protocol overhead** - 모든 프로토콜의 패킷 당 오버헤드는 비슷합니다. Meshmerize가 여러 경로를 사용하는 경우 오버헤드는 단일 경로 메시 네트워크보다 높을 수 있습니다.
- **Traffic per node** - 노드당 트래픽은 애플리케이션에 따라 다릅니다.

Routing Updates

1. 다른 노드로부터 라우팅 메트릭 수신

각 이웃과 다른 모든 노드의 거리를 저장합니다.

2. 이웃 링크 품질 추정

패킷 손실 통계를 사용하여 현재 링크 속성 추정

3. 라우팅 테이블 업데이트

네트워크의 모든 노드에 대해 인접 링크 품질과 라우팅 메트릭을 사용하여 최상의 다음 홉을 계산합니다. 경로 품질 및 역학에 따라 여러 다음 홉을 선택할 수 있습니다.

4. 브로드 캐스트 라우팅 지표

네트워크의 모든 노드에 대한 거리 측정법을 보냅니다.

Multipath

Meshmerize는 여러 경로를 동시에 사용하여 패킷을 전달할 수 있습니다. 이는 신뢰성을 높이고 패킷 전송의 대기 시간을 줄입니다. 무선 전송의 공유 매체 특성을 활용하여 오버헤드를 최소화합니다. 하나의 노드가 보내면 여러 노드가 동시에 받을 수 있습니다.

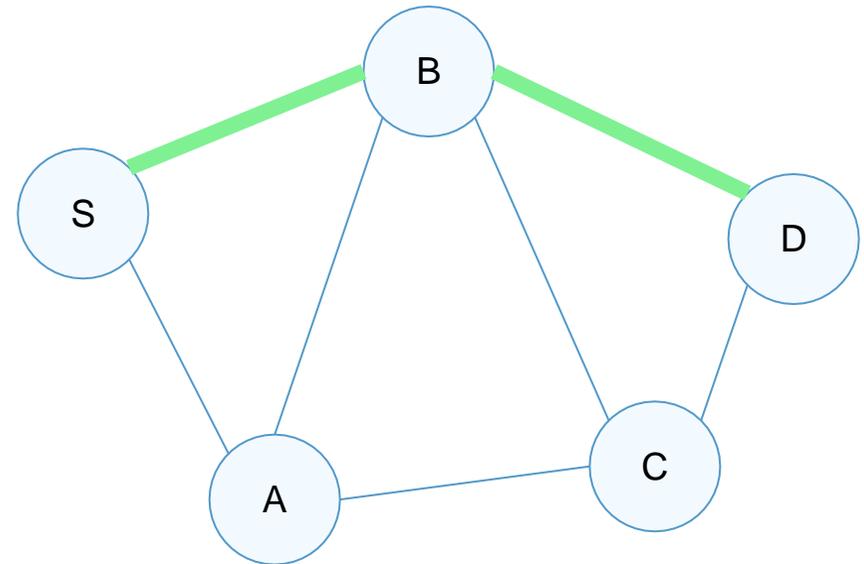
Multi-Radio

- Meshmerize는 신뢰성을 향상시키기 위해 여러 라디오를 사용할 수 있습니다. 처리량을 향상시키기 위해 여러 라디오를 사용하는 것을 개발 중입니다. 또한, Meshmerize는 셀룰러 네트워크(LTE, 5G)를 통해 패킷을 라우팅할 수도 있습니다.
- B.A.T.M.A.N은 하나의 메쉬를 만들기 위해 여러 개의 WiFi 인터페이스를 사용할 수 있습니다. 여러 홉을 통과하는 경로는 채널의 부하를 줄이고 처리량을 늘리기 위해 라디오를 번갈아 사용합니다.
- 802.11s는 다중 라디오 사용을 지원하지 않습니다.

Multipath

Example

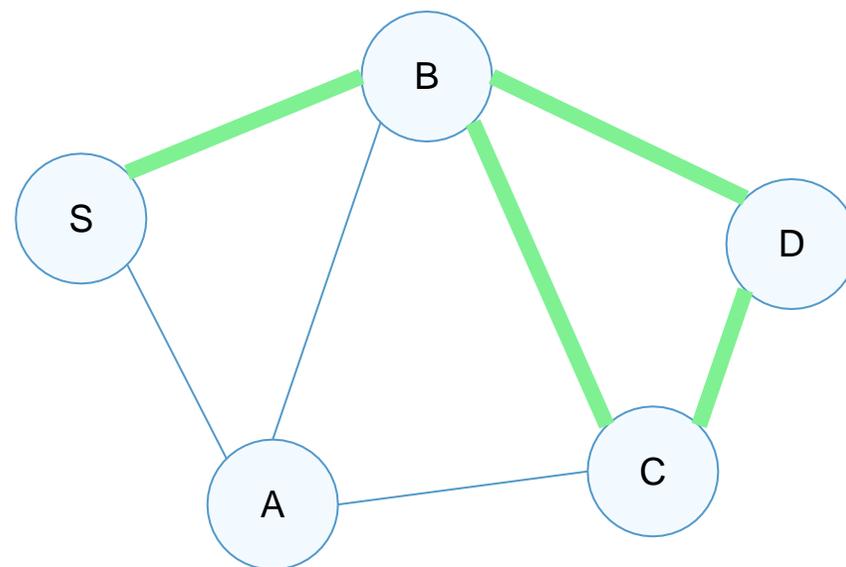
1. 정적 조건에서는 단일 최단 경로를 선택할 수 있습니다.



Multipath

Example

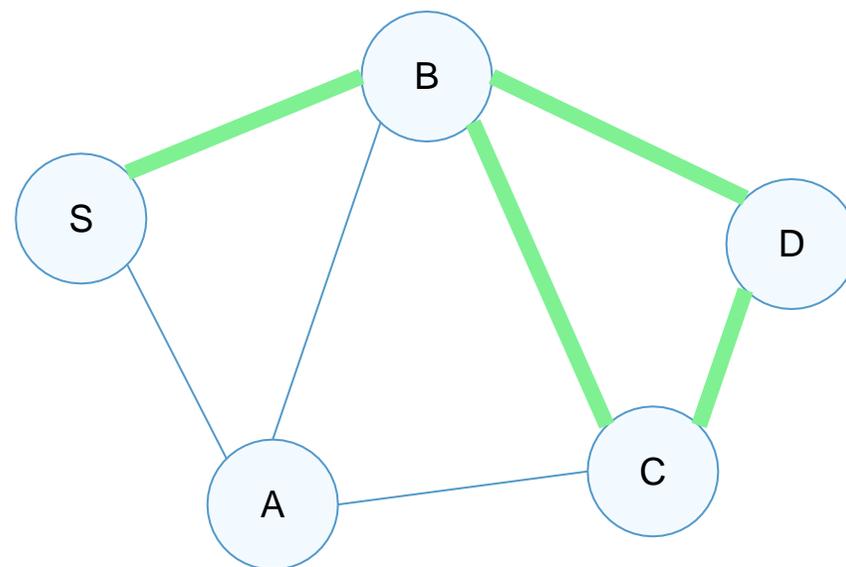
1. 정적 조건에서는 단일 최단 경로를 선택할 수 있습니다.
2. 링크 품질이 떨어지거나 새로운 더 나은 경로가 나타나면 포워더 목록에 추가할 수 있습니다. 이전 경로는 한동안 활성화된 상태로 유지됩니다.



Multipath

Example

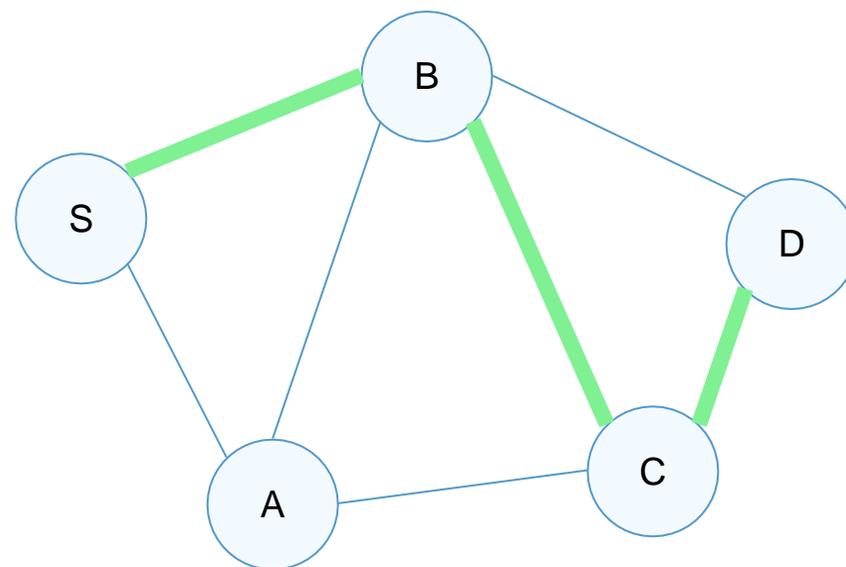
1. 정적 조건에서는 단일 최단 경로를 선택할 수 있습니다.
2. 링크 품질이 떨어지거나 새로운 더 나은 경로가 나타나면 포워더 목록에 추가할 수 있습니다. 이전 경로는 한동안 활성화된 상태로 유지됩니다.
3. 링크 품질이 불안정하면 두 경로 모두 활성화된 상태로 유지됩니다.



Multipath

Example

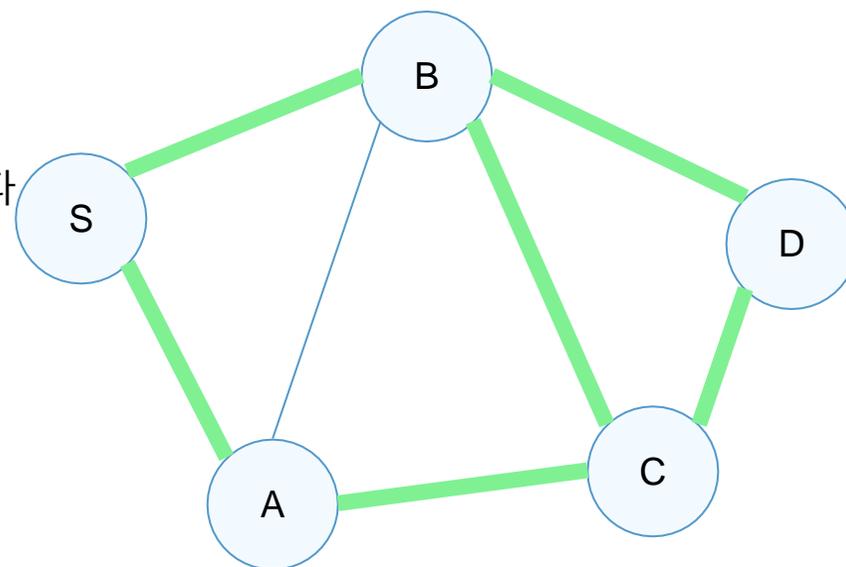
1. 정적 조건에서는 단일 최단 경로를 선택할 수 있습니다.
2. 링크 품질이 떨어지거나 새로운 더 나은 경로가 나타나면 포워더 목록에 추가할 수 있습니다. 이전 경로는 한동안 활성화된 상태로 유지됩니다.
3. 링크 품질이 불안정하면 두 경로 모두 활성화된 상태로 유지됩니다.
4. 하나의 경로가 안정적으로 나타나면 이전 경로는 폐기됩니다.



Multipath

Example

1. 정적 조건에서는 단일 최단 경로를 선택할 수 있습니다.
2. 링크 품질이 떨어지거나 새로운 더 나은 경로가 나타나면 포워더 목록에 추가할 수 있습니다. 이전 경로는 한동안 활성화된 상태로 유지됩니다.
3. 링크 품질이 불안정하면 두 경로 모두 활성화된 상태로 유지됩니다.
4. 하나의 경로가 안정적으로 나타나면 이전 경로는 폐기됩니다.
5. 보조 경로는 필수 경로로 구성될 수 있습니다. 그 후 첫번째 경로가 이미 안정적인 경우에도 두번째 경로가 선택됩니다. 이를 통해 "중단 전 확인" 로밍이 가능해 집니다.



LAN Nodes

일반적인 무선 인프라에서는 여러 AP가 하나의 LAN에 연결됩니다. 이것은 각 클라이언트가 하나의 AP에만 연결되는 AP와의 계층구조 때문에 잘 작동합니다. 대신 인프라 노드에서 메시 네트워크를 사용하면 메시의 노드가 LAN의 여러 노드를 통해 도달할 수 있습니다. 이것은 네트워크 루프를 생성하고 패킷 스톰을 초래하여 네트워크를 다운시킵니다.

Meshmerize와 **B.A.T.M.A.N.**은 다른 LAN 노드를 탐지하고 어느 노드가 어느 노드를 담당하는지를 조정하는 알고리즘을 구현합니다. 이를 **BLA(Bridge Loop Avoidance)**라고 합니다. BLA가 없으면 하나의 LAN에 단일 메시 노드만 브리지할 수 있습니다.

Error Recovery

- B.A.T.M.A.N과 802.11은 표준 WiFi 링크 계층의 오류 복구 기능을 사용합니다. 패킷이 수신된 경우 각 홉에서 확인 응답이 전송됩니다. 확인 응답이 누락된 경우, 송신자는 패킷을 재전송합니다. 토폴로지 변경으로 인해 경로가 막다른 길로 끝나면 패킷은 목적지에 도착할 수 없습니다.
- Meshmerize는 end-to-end 승인과 네트워크 전체 재전송을 추가적으로 사용합니다. 경로에 있는 모든 노드는 잠재적인 재전송을 위해 패킷을 저장합니다. 패킷 손실이 감지되면 네트워크의 모든 노드에서 재전송이 이루어질 수 있습니다. 이는 패킷이 목적지에 도달할 수 있는 가능성을 높여줍니다.

Mobility

- B.A.T.M.A.N과 802.11은 링크 변경에 빠르게 적응하지 못합니다. 링크가 빠르게 변경되면 경로가 변동하게 되어 패킷 손실이 발생하거나 패킷 루프가 발생할 수 있습니다.
- Meshmerize는 여러 경로로 흐르는 패킷을 자연스럽게 처리할 수 있기 때문에 링크 변경에 빠르게 적응합니다. 링크 변경이 감지되면 하드 스위치 대신 먼저 이전 경로와 병렬로 새 경로를 사용하기 시작합니다. (다중 경로 참조)
- 802.11s의 경우 경로 오류(PERR)는 끊어진 링크가 감지되면 트리거 될 수 있습니다. 끊어진 링크가 감지되면 구현됩니다. 적어도 링크 계층 패킷 손실이 필요하며, 이는 재전송 시도를 30번까지 수행할 수 있습니다. PERR은 깨진 링크를 사용하는 모든 노드에 전파됩니다. 결과적으로, 새로운 경로 요청(PREQ)이 대체 경로로 전송됩니다. 깨진 경로 상의 통신이 계속되기 전에 여러 개의 제어 메시지가 교환될 것을 요구합니다.

Mobility Test Case

- 4개의 노드로 설정
- 지연시간(ms)은 송신자에서 수신자로의 Ping으로 측정됩니다.
- 송신자에서 relay1, relay2 및 수신자로의 링크가 일시적으로 차단됨(red blocks)
- 패킷 손실이 감지되지 않음, 지연 시간이 50ms 미만, 지연 시간이 10ms 미만 99%임.

