

VELSA

Network AI 완전 설계 명세

HC망 위상 설계 / O8 자기인식 / 이웃 찾기 / Network AI 역할 / PAI-AAI-AsAI-E2E / 구조 보고서 4종

문서 번호	VELSA-NET-AI-SPEC-001 v2.0
통합 문서	v1.3 (HC망 위상) + v1.4 (구조 보고서) 완전 통합
주요 내용	전체 구조 / WI / 자기인식 / 이웃찾기 / Network AI 계층별 역할 / PAI-AAI-AsAI / 보고서 4종 / 수집 체계
작성일	2026년 3월

1. 전체 구조개요

Velsanet은 5개 정다면체 계층(T4/H6/O8/D12/I20)으로 구성된 구조 우선(Topology-First) 네트워크다. HC 망은 O8(Q7)부터 시작하며, T4와 H6는 HC망 외부 자율 노드다. 각 계층의 기준 노드(모든 비트 0)에 Network AI가 연결된다.

계층	Q레벨	HC 차원	기준 노드	이웃 수	구조적 역할
T4	—	—	—	—	에지. HC망 외부. H6에 귀속
H6	—	—	—	—	자율 노드. HC망 외부. O8에 연결 보고
O8	Q7	7-bit	0000000	7개	로컬 E2E 도메인. PAI / E2E관리센터 연결
D12	Q6	6-bit	000000	6개	지역 수렴. AAI / E2E관리센터 연결
I20	Q5	5-bit	00000	5개	국가 소버린. AsAI / E2E관리센터 연결

핵심 원칙 3가지

- 구조가 먼저, 주소는 나중: WI 위상 정의 → 자기인식 → Face 연결 → 이웃 확인 후 주소 확정
- 이웃 찾기 = HC망 생성 = 병렬 E2E의 최소 조건: 이웃 미확정 O8는 HC망 비참여
- 기준 노드(0...0) = Network AI 연결. 나머지 = PAI/AAI/AsAI/E2E 관리센터 연결

2. WI (작업지시서) — 위상 사전 정의서

2.1 WI 의 역할

WI는 단순 설치 지시서가 아니라 위상 사전 정의서다. O8는 부팅 시 WI를 먼저 읽어 자신의 위치, 연결 구조, 연결될 상위 시스템을 확인한다. WI가 없으면 자기인식을 시작할 수 없다.

항목	형식	설명
섹터 코드	A-01	도시 코드 + 구역 번호
장비 HC 주소	A-01-0000000	섹터 + Q7 7-bit 좌표
Q레벨	Q7 / Q6 / Q5	계층 식별자
Face 연결 정의	F0~F7 각각	연결 / 미연결 / 예정
Axis별 이웃 노드	Axis 1~7	각 축의 이웃 장비 HC 주소
코어 수 계획	Face별 할당	총 코어 수 + 용도별 배분
NetworkAI 연결	Y/N	기준 노드(0...0)인 경우 Y
연결 장비 유형	PAI / AAI / AsAI / E2E	해당 노드에 연결될 상위 시스템
소버린 구역	도시/지역/국가	해당 노드의 소버린 귀속
설치 순서	1~N	I20 → D12 → O8 순서 명시

2.2 대도시 섹터 분할 예시 (서울)

대도시는 Q7망(128노드) 단위로 섹터를 분할한다. 각 섹터는 독립 Q7 HC망을 구성하며 D12 Q6망으로 수립된다.

섹터 코드	행정구역	기준 노드	D12 연결
A-01	강남구	A-01-0000000	D12-Q6-KR01-000000
A-02	서초구	A-02-0000000	D12-Q6-KR01-000000
A-03	송파구	A-03-0000000	D12-Q6-KR01-000000
A-04	마포구	A-04-0000000	D12-Q6-KR01-000001
...	(섹터 수에 따라 확장)

2.3 WI 검증 — 물리 상태 대조

O8 자기인식 시 WI 정의값과 실제 물리 연결 상태를 비교한다. WI가 기준(Ground Truth)이다.

상황	판정	처리
WI "연결" + 실제 연결	정상	자기인식 계속 진행

상황	판정	처리
WI "미연결" + 실제 미연결	정상	예정된 미연결로 기록
WI "연결" + 실제 미연결	설치 오류	WI 재확인 알람. 운영자 개입
WI "미연결" + 실제 연결	보안 경고	SECURITY_ALERT. 물리 차단
WI 없음	부팅 중단	WI 없이 자기인식 불가

3. O8 자기인식(Self-Recognition) — 4 단계

O8 자기인식은 부팅 후 모든 작업에 앞서 반드시 완료해야 하는 최우선 절차다. 자기인식 없이는 HC망 참여, E2E 처리, 연결 장비 활성화 모두 불가능하다.

단계	명칭	핵심 행위	완료 조건
1	장비 이름 인식	WI에서 HC 주소 + 연결 장비 유형 확인	구조 주소 A-XX-XXXXXXX 확정
2	면 정보 획득	8개 Face 연결/미연결 + 광코어 상태	Face별 코어 상태 테이블 완성
3	HC망 구성	이웃 찾기 + 패스로 Q7망 완성	7개 Axis 모두 확정
4	대응 개시	REGISTER 전송. 연결 장비 활성화 신호	병렬 E2E 대기 시작

1 자기 장비 이름 인식 — WI에서 HC 주소 + 연결 장비 유형 확인

- WI에서 섹터 코드 + Q7 HC 7-bit 좌표 읽기
- 연결 장비 유형 확인 — Network AI(기준 노드) / PAI / AAI / E2E 관리센터
- 구조 주소 A-XX-XXXXXXX 형식으로 확정
- WI 없거나 좌표 불명 시 부팅 중단

예시

"나는 A-01-0000000. Q7 기준 노드. Network AI 연결 장비."
 "나는 A-01-0000001. Q7 일반 노드. PAI 연결 장비."

2 연결된 모든 면 정보 획득 — Face별 연결/미연결 + 광코어 상태

- F0~F7 각 Face의 연결 여부 + WI 대조
- 연결 Face: 이웃 노드 ID + 광코어 ACTIVE/STANDBY/FAULT 수집
- 미연결 Face: WI 정의와 일치 여부 확인
- 불일치 시 설치 오류 또는 보안 경고 판정

3 HC망 구성 — 이웃 찾기 + 패스로 Q7망 자동 완성

- 7개 Axis 방향으로 이웃 확인 메시지 전송
- 이웃 응답 시 해당 Axis 확정 + 코어-축 매핑
- 패스 메커니즘으로 2-hop 너머 전체 위상 파악

- 128 개 노드 Q7 망 소프트웨어 없이 자동 완성

4**대응 개시 — REGISTER 전송 + 연결 장비 활성화**

- 0000000 기준 노드(Network AI)로 REGISTER 전송
- 연결 장비(PAI/AAI/AsAI/E2E 관리센터) 활성화 신호 전달
- 병렬 E2E 경로 요청 수신 대기 시작
- 이웃 상태 실시간 모니터링 개시

4. HC 망 구성 — 이웃 찾기(Neighbor Discovery)와 패스(Pass)

핵심 명제

이웃 찾기 완료 = HC망 생성 = 병렬 E2E의 물리적 최소 조건

이웃 찾기가 완료되지 않은 O8는 HC망에 존재하지 않는 것과 같다. HC망이 없으면 PAI도 E2E도 동작하지 않는다.

4.1 이웃 찾기 — 7 개 Axis 확정

Q7에서 각 노드는 정확히 7개의 논리적 이웃(HC 주소에서 비트가 1개만 다른 노드)을 가진다. 7개 광코어가 각각 Axis 1~7에 대응한다.

Axis	비트 반전	0000000의 이웃	확인 메시지
Axis 1	bit-0	0000001	너는 0000001이니? 나는 0000000. Axis 1 확정
Axis 2	bit-1	0000010	너는 0000010이니? 나는 0000000. Axis 2 확정
Axis 3	bit-2	0000100	너는 0000100이니? 나는 0000000. Axis 3 확정
Axis 4	bit-3	0001000	너는 0001000이니? 나는 0000000. Axis 4 확정
Axis 5	bit-4	0010000	너는 0010000이니? 나는 0000000. Axis 5 확정
Axis 6	bit-5	0100000	너는 0100000이니? 나는 0000000. Axis 6 확정
Axis 7	bit-6	1000000	너는 1000000이니? 나는 0000000. Axis 7 확정

4.2 패스(Pass) — 망의 자기 확장

각 이웃이 자신의 이웃을 패스(전달)함으로써 Q7 망 전체 128개 노드의 위상이 소프트웨어 없이 자동으로 완성된다.

Bit-Fixing 패스 예시 : 0000000 → 1110000 (3홉)

0000000 → (Axis7) → 1000000 → (Axis6) → 1100000 → (Axis5) → 1110000

홉	현재 노드	수정 비트(Axis)	다음 노드
Hop 1	0000000	bit-6 (Axis 7)	1000000
Hop 2	1000000	bit-5 (Axis 6)	1100000
Hop 3	1100000	bit-4 (Axis 5)	1110000 도착

※ 비트 수정 순서를 다양화하면 복수의 병렬 경로가 동시에 생성된다. 이것이 병렬 E2E의 구조적 기반이다.

4.3 이웃 상태 = 지능 — 축 단위 장애 즉시 대응

- Axis N 이웃 무응답 감지 → 즉시 "Axis N 장애" 인지
- 나머지 Axis 조합으로 우회 경로 즉시 산출 (Bit-Fixing)
- D12 수직 우회 없이 수평 이웃만으로 대응 가능

5. Network AI — 계층별 정의 및 역할

5.1 Network AI 계층 구조

Network AI는 벨사넷 장비에 연결되는 지능 시스템이다. 각 계층의 기준 노드(0...0)에 연결되며, O8/D12/I20 세 계층에 각각 다른 역할로 설치된다.

계층	Q레벨	연결 노드	핵심 역할	보고 대상
O8	Q7	A-XX-0000000	로컬 HC망 인식 / 자기인식 검증 / 보고서 4종 생성	D12 Network AI
D12	Q6	A-XX-0000000	지역 수렴 관리 / 섹터 간 조율 / O8 보고서 수집 분석	I20 Network AI
I20	Q5	A-XX-000000	국가 소버린 정책 / 전체 HC망 거버넌스 / D12 보고서 수집	최상위 (AsAI)

5.2 계층별 역할 및 보고서

Network AI	주요 기능	보고서 생성	수신 보고서
O8 Network AI	로컬 HC망 구조 감시 이웃 상태 실시간 모니터링 자기인식 WI 검증	구조적 복탄성 하향 클러스터 수렴 소버린 정책 이행 섹터 간 경계 간섭	없음 (최하위 생성자)
D12 Network AI	지역 O8 보고서 수집 분석 섹터 간 트래픽 조율 지역 E2E 경로 최적화	지역 수렴 종합 보고서 지역 장애 분석 보고서	O8 보고서 4종 (전체 섹터)
I20 Network AI	국가 소버린 정책 하향 전파 전체 HC망 거버넌스 D12 보고서 종합 분석	국가 네트워크 상태 보고서 소버린 정책 이행 종합	D12 보고서 (전체 지역)

※ Network AI는 WI 설계값(기준)과 현재 물리 상태(실체)의 오차를 계산하여 보고서를 생성한다. 이 오차 계산이 벨사넷 지능의 핵심이다.

5.3 Network AI 수직 연결 구조

계층 간 Network AI 연결				
I20	Q5	000000	Network AI (I20용)	← D12 보고서 수집
D12	Q6	0000000	Network AI (D12용)	← O8 보고서 수집
O8	Q7	00000000	Network AI (O8용)	← 보고서 생성 (4종)

6. PAI / AAI / AsAI / E2E 관리센터 — 위치 및 역할

6.1 계층별 연결 위치

기준 노드(0...0)는 Network AI가 연결된다. 나머지 모든 노드에는 PAI, AAI, AsAI 또는 E2E 관리센터가 연결된다. 연결 유형은 WI에 사전 정의된다.

계층	Q레벨	기준 노드	나머지 노드	연결 가능 시스템
O8	Q7	0000000 → Network AI	0000001~1111111 (127개)	PAI (개인 AI) E2E 관리센터
D12	Q6	000000 → Network AI	000001~111111 (63개)	AAI (지역 AI) E2E 관리센터
I20	Q5	00000 → Network AI	00001~11111 (31개)	AsAI (국가 AI) E2E 관리센터

6.2 각 시스템의 역할

시스템	연결 계층	역할 및 특성
PAI (Personal AI)	O8 일반 노드	개인 사용자 AI. 멀티모달 인터랙션. 로컬 판단. O8 E2E 경로로 서비스
AAI (Agent AI)	D12 일반 노드	지역 PAI 클러스터 조율. 실시간 자원 배분. D12 수렴 경로 활용
AsAI (Assistant AI)	I20 일반 노드	국가 단위 정책 통합. 예측 및 다도메인 조율. I20 소버린 경로 활용
E2E 관리센터	O8/D12/I20 일반 노드	병렬 E2E 경로 관리. 트래픽 모니터링. SLA 관리. 계층별 배치

※ PAI/AAI/AsAI는 AI 지능 시스템이며, E2E 관리센터는 트래픽과 경로를 관리하는 운영 시스템이다. 동일 노드에 두 시스템이 함께 연결될 수도 있다.

7. 주소 체계 — 섹터 + HC 좌표 + 연결 시스템

7.1 주소 구성 원칙

Velsanet 주소는 구조의 결과다. WI 위상 정의 → 자기인식 → 이웃 확인 과정이 완료된 후에 주소가 확정된다. 주소가 먼저 부여되는 것이 아니다.

주소	섹터	HC 좌표	연결 시스템
A-01-0000000	A-01 강남구	0000000	Network AI (O8용)
A-01-0000001	A-01 강남구	0000001	PAI 또는 E2E 관리센터
A-01-1111111	A-01 강남구	1111111	PAI 또는 E2E 관리센터
A-02-0000000	A-02 서초구	0000000	Network AI (O8용)
D12-KR01-000000	지역 KR01	000000	Network AI (D12용)
D12-KR01-000001	지역 KR01	000001	AAI 또는 E2E 관리센터
I20-KR-00000	국가 KR	00000	Network AI (I20용)
I20-KR-00001	국가 KR	00001	AsAI 또는 E2E 관리센터

7.2 WI 에서 병렬 E2E 까지 전체 흐름

단계	내용
①	WI 위상 정의
②	I20 부팅
③	D12 부팅
④	O8 자기인식 1단계
⑤	O8 자기인식 2단계
⑥	O8 자기인식 3단계
⑦	O8 자기인식 4단계
⑧	H6 자율 동작
⑨	병렬 E2E 동작
⑩	보고서 생성

8.08 구조 보고서 4 중

O8 Network AI는 WI 설계값과 현재 물리 상태의 오차를 계산하여 4종의 구조 보고서를 생성한다. 모든 보고서는 "나는 A-01-0000000이며 7개의 광코어(Axis 1~7)를 가진다"는 자기인식이 완료된 상태에서만 생성 가능하다.

보고서

①

구조적 복탄성 보고서

Structural Resilience Report | 발행: A-01-0000000 Network AI

장애 발생 Axis 현황

Axis	이웃 노드 주소	장애 유형	감지 시각
Axis 4	A-01-0001000	광코어 신호 소실 (FAULT)	2026-03-09 01:14:22
Axis 7	A-01-1000000	응답 없음 (TIMEOUT)	2026-03-09 01:14:35

차원 축소 분석

상태	유효 Axis	잔여 병렬 경로	대역폭 잔존
정상 (Q7)	7개	최대 7개	100%
Axis 4,7 장애	5개	최대 5개	약 71%
추가 장애 시	4개 이하	3개 이하	D12 우회 권고

자가 복구 경로 — 수평 이웃만 사용 (D12 우회 없음)

경로	출발	우회 Axis 조합	도착
Path-1	A-01-0000000	Axis 1 → Axis 2 → Axis 3	A-01-1001000
Path-2	A-01-0000000	Axis 2 → Axis 5 → Axis 3	A-01-1001000
Path-3	A-01-0000000	Axis 6 → Axis 1 → Axis 3	A-01-1001000
Path-4	A-01-0000000	Axis 5 → Axis 2 → Axis 1	A-01-1001000
Path-5	A-01-0000000	Axis 3 → Axis 6 → Axis 2	A-01-1001000

D12 Network AI로 전송

장애 Axis: 4, 7번 | 잔존 병렬 경로: 5개 | 대역폭 잔존율: 71% | 물리 복구 시급성: 보통

보고서

②

하향 클러스터 수렴 보고서

Downward Convergence Report | 발행: A-01-0000000 Network AI

Face 별 트래픽 분산도

Face	연결 H6	트래픽 비중	수렴 지연	상태
F0	H6-C01	18%	0.3ms	정상
F1	H6-C02	22%	0.4ms	정상
F2	H6-C03	31%	2.1ms	병목
F3	H6-C04	9%	0.2ms	정상
F4	H6-C05	11%	0.3ms	정상
F5	H6-C06	6%	0.2ms	정상
F6	D12 상향	3%	—	수렴 전용

D12 Network AI로 전송

병목: H6-C03 (F2) +56% 초과 | T4 주소 중복 오류 | 권고: H6 증설 또는 T4 재배치

보고서

③

소버린 정책 이행 보고서

Sovereign Policy Compliance Report | 발행: A-01-0000000 Network AI

Axis 별 격리 수준 및 정합성

Axis	격리 정책	현재 격리 수준	정합성
Axis 2	소버린 전용	완전 격리 (Ch1 제어 전용)	정합
Axis 3	보안 등급 A	암호화 Ch1 인증 적용	정합
Axis 5	에너지 절감	슬립 모드 전환 중	정합
Axis 6	비상 예비	STANDBY 유지	정합

I20 Network AI로 전송

정책 이행: 전체 정합 | 에너지 절감: 68W/시간 (Axis 5,6 슬립) | 소버린 패킷 지연: 기준 이내

보고서

④

섹터 간 경계 간섭 보고서

Inter-Sector Interference Report | 발행: A-01-0000000 Network AI

Boundary Load — 경계 노드 부하

경계 노드	접점 섹터	Boundary Load	상태
A-01-0000111	A-01 ↔ A-02	43%	경고 — 임계치 초과
A-01-0001111	A-01 ↔ A-03	28%	정상
A-01-1000000	A-01 ↔ B-01	12%	정상

D12 Network AI로 전송

경고: A-01-0000111 (A-01↔A-02) Boundary Load 43% | 권고: 섹터 경계 재조정 또는 광코어 증설

9. 보고서 수집 체계 — O8 → D12 → I20

O8 Network AI가 생성한 보고서는 D12 Network AI가 수집하여 지역 단위로 종합하고, I20 Network AI가 최종 국가 단위로 통합한다. 긴급 보고서는 계층을 건너뛰어 I20에 직접 전송될 수 있다.

발행 주체	보고서 종류	수신 대상	발행 주기/트리거
O8 Network AI	구조적 불탄성	D12 Network AI	10분 / Axis 장애 즉시
O8 Network AI	하향 클러스터 수렴	D12 Network AI	30분 / 병목 임계치 초과
O8 Network AI	소버린 정책 이행	I20 Network AI	1시간 / 정책 위반 즉시
O8 Network AI	섹터 간 경계 간섭	D12 Network AI	30분 / Boundary Load 초과
D12 Network AI	지역 수렴 종합	I20 Network AI	1시간 / 지역 장애 즉시
I20 Network AI	국가 네트워크 상태	AsAI / 소버린 운영자	6시간 / 국가 이상 즉시

보고서 흐름 요약

O8 Network AI →(4종 보고서)→ D12 Network AI →(지역 종합)→ I20 Network AI
 소버린 정책 이행 보고서는 O8 → I20 직접 전송 (D12 경유 없음)

10. 추가적으로 고려할 사항

1. 전체 구조 및 계층 개요

- 1.1 5개 정다면체 계층(T4/H6/O8/D12/I20) 정의
- 1.2 Q 레벨별 하이퍼큐브(HC) 차원 및 역할

2. WI(위상 사전 정의) 및 자기 인식

- 2.1 WI 기반 Ground Truth 설정
- 2.2 자기 인식 4 단계 (정체성 → 면 인식 → 코어 매핑 → 등록)
- 2.3 주소 확정 메커니즘 (WI + 물리 연결의 결과)

3. 하이퍼큐브(HC)망 형성 및 이웃 찾기

- 3.1 7개 독립 축(Axis 1~7)의 물리적 매핑
- 3.2 패스(Pass) 메커니즘을 통한 전역 위상 완성

4. [강화] 하향 클러스터 수렴 및 물리적 수용

- 4.1 상위 노드(O8)의 하급 노드(H6) 100% 수용 원칙
- 4.2 Face 기반 하부 주소(Sub-Address) 인식 및 동기화
- 4.3 E2E 요청 시 '축(Axis) - 면(Face)' 즉각 매핑 로직

5. [신규] 동적 복탄성 및 자율 우회

- 5.1 H6 자율 우회 발동 조건 (부하 90% 이상 시)
- 5.2 인접 H6를 통한 타 섹터 O8 우회 경로 생성
- 5.3 장애 시 차원 축소 및 수평 링크 유지 전략

6. Network AI 계층별 역할 및 관리

- 6.1 기준 노드(0..0) 기반 Network AI 관리 체계
- 6.2 PAI/AAI/AsAI 서비스 노드 분리 운영

7. 구조 보고서 4 종 및 자동 확장

- 7.1 구조적 복탄성 / 하향 수렴(우회 이력 포함) / 소버린 정책 / 섹터 간 간섭 보고서
- 7.2 수직 우회 감지 기반 '수평 링크 성립 제안' 메커니즘
- 7.3 신규 장비 추가 시 하이퍼큐브 자동 재설정(Self-Configuration)

8. 각 레이어의 네트워크 AI 들의 역할

- O8 Network AI
 - O8 HC 망 제어
 - 섹터 내부 병렬 E2E 절차 제어
 - 구조 보고서 생성
- D12 Network AI
 - 여러 O8 보고서 수집
 - 지역 상태 분석
 - 지역 정책 적용
- I20 Network AI
 - 국가 단위 보고서 종합
 - 소버린 정책 관리