

VELSANET

Structure-Native Network Architecture

서울시 6G 네트워크 인프라 배치 계획서

Seoul Metropolitan 6G Infrastructure Deployment Plan

— Velsanet 6G RU 설계 포함 —

문서 번호	Velsanet-DEPLOY-SEO-01 (Rev.1)
작성일	2026년 3월
작성 기관	Velsanet Architecture Group / Velsanet Research Institute (Proposed)
적용 범위	서울특별시 전역 · 인구 약 1,000만 · 면적 605 km ²
참조 문서	WP #02, #03, #22 · Velsanet Architecture Compendium v1.0 (2026)
주요 수정	RU/H6 수량: 폴대 40만 개 실측 기준으로 전면 재계산 · O8 face 구조 반영

1. 개요 및 배치 전제

본 문서는 Velsanet Structure-Native 6G 아키텍처를 서울특별시에 실제 배치할 경우 필요한 H6 노드(폴대 기반), RU(무선 유닛), MOCT 리본 광케이블, O8 노드의 수량과 거리 계산을 정의한다. 본 개정판(Rev.1)은 서울시 실측 전봇대 40만 개를 배치 상한선으로 적용하여 RU-H6 수량을 전면 재계산하였으며, O8 face 구조(상향 1~2 / 하향 1~2 / 수평 3~4)를 반영한 정확한 O8 수량을 도출하였다.

This architecture replaces multiple legacy networks (FTTx, mobile backhaul, metro rings, aggregation layers) with a unified optical infrastructure.

1.1 서울 기초 데이터

항목	수치	출처 / 비고
총 면적	605 km ²	서울특별시 공식 통계
실질 커버리지 면적	480 km ²	산지·공원 제외 약 80%
인구	약 1,000만 명	2024 기준
인구 밀도	약 16,000 명/km ²	실질 커버 면적 기준
가구 수	약 420만 세대	평균 2.4인/세대
사무실·상업 단위	약 80만 단위	소상공인·기업체 합산
모바일 가입 회선	약 1,200만 회선	1인 1.2회선 기준
전봇대(전력·통신 공용)	약 40만 개	서울시 실측 기준 — RU 배치 상한선

※ RU 셀 반경은 6G mmWave 기준 300m로 가정. 실제 배치 시 건물 밀집도, 전파 장애물에 따라 200~400m 범위에서 조정 가능.

※ 전봇대 40만 개는 서울시 실측 기준이며, RU 배치 상한선(1폴대=1RU)으로 사용된다. 기존 문서의 312,500개(인구:32코어) 산출 방식을 폴대 실측 기준 + 48코어/RU로 대체한다.

2. RU (무선 유닛) 수량 계산

Velsanet Structure-Native RAN에서 RU는 전통적인 원형 셀 방식이 아닌, 물리적 광코어에 1:1 매핑되는 방향성 무선 액세스 노드로 작동한다. 배치 수량은 인구 용량 기반이 아닌 실제 도시 인프라(전봇대)를 상한선으로 결정한다.

2.1 RU 수량 계산 — 폴대 40만 개 × 방향성 안테나 기준

계산 항목	수식 / 값	결과
서울 전봇대 수 (배치 상한)	실측 기준	400,000개
RU 배치 방식	폴대당 방향성 안테나 RU 1~3개 (평균 2.25개)	방향성 안테나 · 평균 2.25개/폴대
계획 배치 수 (폴대 × 평균 RU)	400,000	900,000 RU
무선 수용 용량 검증	400,000 × 48코어	900,000 × 48코어 = 4,320만 코어 ≥ 1,200만 회선 ✓

※ RU는 방향성 안테나로 폴대당 1~3개 설치된다. 실제 평균값 2.25개/폴대 적용 시 총 RU = 400,000 × 2.25 = 900,000개. 48코어/RU 기준 총 4,320만 코어 확보 — 서울 모바일 가입 회선 1,200만 대비 3.6배 여유. 잉여 코어는 IoT·V2X·고밀도 영상·PAI 전용 코어 등 미래 수요에 활용된다.

※ 서울 도심(종로·강남·여의도)은 인구밀도 25,000명/km² 이상으로 셀 반경 200m 기준 추가조밀 배치 권고.

2.1a 48코어 확장 시나리오 병기

RU 내장 MOCT 리본을 48코어로 확장함에 따라 동일 폴대 40만 개 인프라에서 두 가지 배치 시나리오가 가능하다.

Option A — 최소 배치 (용량 기준): 1,200만 회선 ÷ 48코어 = 250,000 RU (폴대당 1개, 폴대 62.5% 활용). 미사용 폴대 150,000개 미래 확장 여유로 보존.

Option B — 폴 배치 유지 (폴대 기준): 폴대 400,000개 × 방향성 안테나 평균 2.25개 = 900,000 RU × 48코어 = 4,320만 코어. 현행 1,200만 회선 대비 3.6배 여유. 방향별 커버리지 최적화 + IoT-V2X-PAI 미래 수요 완전 흡수. 본 문서 설계 기준값.

※ 본 문서는 Option B(폴 배치)를 설계 기준으로 채택한다. Option A는 1단계 구축 후 수요에 따라 단계적 확장하는 방식으로 적용 가능하다.

2.2 RU 배치 방식

RU는 방향성 안테나로 폴대당 1~3개 설치되며 설계 평균은 2.25개/폴대이다. 각 RU는 서로 다른 방향을 담당하여 360° 커버리지를 분담한다. 동일 폴대 내 RU들은 동일 H6의 Face 1(기본) 및 Face 6(확장)에 연결된다. 기존 전봇대 40만 개를 우선 활용하여 신규 토목 공사를 최소화한다. 동일 방향 중복 배치는 금지하며 인접 H6가 해당 방향을 커버한다. 각 RU에는 MOCT 48코어 리본 케이블(7m)이 공장 출하 시 일체형으로 내장 용착된다.

3. H6 노드 수량 및 폴대 배치

3.1 H6 수량 계산

H6 노드는 RU가 장착된 동일 폴대에 1개씩 설치된다. 폴대당 RU는 1~3개(평균 2.25개)이며 H6 1개가 이를 모두 수용한다. Face 1(기본 RU) + Face 6(추가 RU, 최대 2개)으로 폴대당 최대 3개 RU까지 연결 가능하다. 유선 T4 수용 H6는 별도 건물·단지 내 설치분이다. 각 RU의 내장 MOCT 리본(48코어, 7m) 말단을 H6 리본 말단과 현장 용착 1회로 접속하면 설치가 완료된다. 커넥터·패치패널 작업은 불필요하다.

계산 항목	수식 / 값	결과
총 RU 수	폴대 기준	900,000개
H6 (RAN 폴대): 폴대당 1개 고정	폴대 1개당 H6 1개 (RU 1~3개 수용)	400,000개
예비 및 메시 연결용 추가 (+10%)	400,000 × 1.10	440,000개
계획 배치 수 (RAN H6)	—	440,000개
H6 (유선 T4 수용)	1 + ceil((5,200,000-4)÷8)	약 650,000개
전체 H6 총 수량	440,000 + 650,000	약 1,090,000개

※ H6(RAN 폴대) 440,000개: 폴대 400,000개 + 예비 10%(40,000개).

※ H6(유선 T4 수용) 650,000개: T4 520만 개를 H6 1개당 최대 8 T4 수용 규칙으로 산출.

3.2 H6 설치 위치 및 거리

RU와 H6는 동일 폴대에 수직으로 배치되며, 아래 구조로 설치된다.

[RU - 폴대 상단 5~8m]

내장 MOCT 리본 48코어 · 7m · 공장 출하 시 일체 용착

|

↓ ← 현장 용착 1회 (RU 리본 말단 ↔ H6 리본 말단)

|

[H6 - 폴대 1~2m] ← H6 자체 리본 케이블 출발점 (커넥터 없음)

| Face 2 → 08 상향 · Face 3/4/5 → 인접 H6 수평 메시

↓

[광 백본망 → 08]

※ 현장 작업: RU 폴대 장착 → 리본 말단 용착 1회 → 완료. 커넥터·패치패널·광접속함 불필요.

구간

거리

비고

RU (폴대 상단) → H6 (폴대 하단)	5 ~ 10 m	MOCT 리본 케이블 (RU 내장 7m · 현장 용착 1회)
H6 → 인접 H6 (수평 배치)	200 ~ 400 m	지중 또는 가공 광케이블
H6 → O8 (수직 상향)	300 m ~ 2 km	구역 집선 광케이블
O8 → D12 (광역 백홀)	2 ~ 10 km	지하 간선 광케이블

4. MOCT 리본 광케이블 수량 및 물량

4.1 MOCT 케이블 구간별 정의

MOCT(Multi-Optical-Core Transceiver) 리본 케이블은 Velsanet White Paper #03에서 정의된 무접속(connector-free), 공장 용착(factory-fused) 방식의 다심 광케이블이다. 케이블 구간은 T4 말단부터 O8까지 총 5개 구간으로 정의된다. Seg A 구간은 RU 내장 MOCT 리본(48코어, 7m, 공장 용착 일체형)과 H6 자체 리본 말단을 현장에서 용착 1회 접속하는 구조로 정의된다.

4.4 Segment A — RU↔H6 수직 케이블

항목	계산	결과
총 RU 수	플래그 기준	900,000개
RU 1개당 케이블 본 수	1 본/RU	—
총 케이블 본 수	900,000 × 1	900,000 본
단위 케이블 길이 (여유 포함)	평균 7m (+40%)	10 m/본
총 케이블 연장	900,000 × 10 m	9,000 km

※ RU 수량이 400,000개 → 900,000개(플래그 400,000 × 평균 2.25개)로 증가함에 따라 Seg A 케이블도 4,000km → 9,000km로 재산출. 각 RU 내장 MOCT 리본은 48코어 = 12코어 리본 × 4 묶음 구조이며, 현장에서 12코어 단위로 4회 용착 접속한다. 커넥터 패치패널 불필요.

4.4a 리본 광용착 접속 — 기술 사양

48코어 구조 정의

RU 내장 MOCT 48코어 = 12코어 리본 × 4 묶음. 현장 용착은 12코어 단위 4회 수행. RU 측과 H6 측 모두 동일한 12코어 리본 구조로 출하된다.

리본 광용착 접속기 핵심 특성

항목	내용
다심 동시 접속	12코어 리본을 아크(Arc) 방전으로 한 번에 접속. 단심 접속기 대비 작업 시간 1/12 수준으로 단축.
고정 V-홈 방식	정밀 가공된 12개 V-홈에 리본을 안착시켜 코어 간격을 자동 정렬. 수동 정렬 오차 제거.
리본 전용 홀더	12코어 리본이 흐트러지지 않도록 고정하는 전용 홀더로 장비에 안착. 리본 형태 유지 필수.

필수 보조 장비

장비명	역할 및 필요성
열피복 제거기 (Thermal Stripper)	열을 가해 12코어 피복을 한꺼번에 제거. 일반 스트리퍼 사용 시 코어가 흐트러지므로 전용 장비 필수.
리본 전용 절단기 (Ribbon Fiber Cleaver)	12코어를 동일 길이·각도로 일괄 절단. 접속 손실 최소화를 위한 끝단 정렬 품질 확보.
리본 보호 슬리브	용착 부위 보호용 넓은 열수축 슬리브. 용착 전 케이블에 미리 삽입 필수 (용착 후 삽입 불가).

4.4b 현장 용착 작업 절차 — 48코어 완전 접속

아래 절차를 12코어 리본 1묶음 단위로 4회 반복하면 48코어 전체 접속이 완료된다. RU 측과 H6 측 모두 동일 전처리 과정을 적용한다.

단계	작업명	상세 내용
1	준비	RU 인출 12코어 리본 1묶음을 전용 홀더에 고정. 리본 보호 슬리브를 케이블에 미리 삽입 (용착 후 삽입 불가).
2	전처리	열피복 제거기로 12코어 피복 일괄 제거 → 알코올 세척 → 리본 전용 절단기로 끝단 정렬 절단. RU 측·H6 측 동일 적용.
3	용착	리본 접속기 V-홈에 RU 리본·H6 리본 양단을 안착 → 버튼 1회 → 12코어 동시 아크 방전 용착 완료.
4	보호	용착 부위에 리본용 열수축 슬리브 씌우고 가열 마무리. 접속함 내 고정 후 수납.
5	반복 완료	1~4단계를 나머지 3묶음(리본 2·3·4)에 반복 → 총 4회 완료 시 48코어 전체 접속 완료. RU 1개당 현장 용착 총 4회.

※ 서울 전체 900,000 RU 기준 현장 용착 총 횟수: 900,000 × 4회 = 3,600,000회. 리본 접속기 1대당 일 200회 작업 가정 시 약 18,000 장비·일(machine-days) 소요.

4.4c 광-무선 속도 정합 및 클럭 동기화 설계

Velsanet RU 설계의 핵심은 무선 신호의 대역폭(데이터 전송률)과 광코어 1개에 할당된 8개 채널의 총 전송 용량이 완벽하게 정합(Speed Alignment)을 이루는 것이다. 광코어 1개는 잠재적으로 테라비트(Tbps)급 대역폭을 보유하나, 이를 8개 슬롯으로 분할할 때 각 슬롯이 무선 MIMO 스트림 1개를 손실 없이 수용해야 6G 초저지연·초고속 성능이 실현된다. 이와 동시에 8개 채널 간 클럭 동기화는 전송 품질의 결정적 요소이며, Velsanet은 이 두 과제를 단일 광코어로 해결한다.

1. 광-무선 속도 매핑 구조 (Speed Alignment)

무선 환경	광코어 매핑 전략	결과
저대역 (Sub-6GHz)	8채널 이상을 1코어에 병합	광 자원 절약 · 수용 사용자 증가
고대역 (mmWave · 6G)	8채널 MIMO → 1코어 1:1 매핑	1Tbps 최고 속도 달성 (채널당 125Gbps × 8)
혼합 대역 (THz 포함)	가변 대역폭 할당 (Flexible BW)	전송 효율 최적화 · 미래 THz 대역 대응

2. 속도 정합 하드웨어 구성 요소

구성 요소	역할 및 설계 의미
초고속 DSP	무선 8채널 샘플링 데이터를 광코어 전송 속도에 맞춰 실시간 Framing·압축. 무선 대역폭이 광 속도를 초과하지 않도록 조절.
Coherent Optical Engine	빛의 위상·진폭을 동시 활용하여 1코어 안에 8채널을 고차 변조(PAM4 등)로 밀어 넣는 광 엔진. On/Off 방식 대비 용량 수배 향상.
Time-Sensitive Gearbox	무선-광 인터페이스 간 데이터 흐름 동기화. 서로 다른 속도의 두 도메인 사이에서 Latency를 최소화하는 하드웨어 로직.

3. 클럭 동기화 — 광 주입 잠금 (Optical Injection Locking) 채택

Velsanet은 48코어 리본 중 1코어를 클럭 전용으로 할당하여 H6에서 RU로 기준 클럭을 광신호에 실어 전송한다. RU 내 Coherent Optical Engine이 이 신호를 잠금(Lock)하여 8채널 DSP를 동기화하므로, 별도 클럭 배선·PTP 패킷이 불필요하다. 물리 경로가 고정되어 전파 지연이 결정론적(Deterministic)이며 보정 계산이 단순하다.

방식	기존 (PTP/IEEE 1588)	Velsanet (광 주입 잠금)
----	--------------------	--------------------

클럭 배포 경로	네트워크 → PTP 패킷 → 클럭 복원	H6 → 광코어 1개 → RU 직접 잠금
지연·지터	패킷 처리 지연·지터 발생	물리 전파 지연만 존재 · 결정론적
추가 배선	별도 클럭 배선 또는 GPS 안테나 필요	불필요 — 48코어 중 1코어 할당
H6 역할	집선 노드	집선 + 시간 기준(Time Reference) 물리 원점

4. Velsanet 구조적 단순화 원칙과의 일관성

제거 대상	기존 방식	Velsanet
동축 케이블	RF 신호 → 동축 전송	광코어 직결 (MOCT 내장)
커넥터·패치패널	현장 다수 접속 작업	공장 용착 + 현장 리본 4회
클럭 배선	PTP 패킷 / 별도 클럭선 / GPS	광코어 1개 → 광 주입 잠금
DU/CU 소프트웨어 계층	가상화 스택 존재	구조적 제거 (물리 경로 직결)

※ 1Tbps 달성 경로 — LG 전자는 2022년 독일 베를린 프라운호퍼 연구소에서 THz 대역(155~175GHz) 단일 광대역 채널로 실외 320m 무선 전송을 실증하며 1Tbps 잠재 용량을 제시했다. Velsanet RU는 이보다 낮은 mmWave 대역에서 MIMO 8채널 병렬 전송으로 동등한 1Tbps 용량을 확보한다. 고주파 단일 채널 방식 대비 커버리지 안정성이 높고 기존 mmWave 인프라와의 연속성도 유지된다. THz 가 아닌 낮은 주파수에서 MIMO 다중 스트림 합산으로 1Tbps를 달성하는 이 구조가 서울시 전역 배치에 더 실용적인 경로다.

벨사넷의 이 설계안은 6G의 목표인 1Tbps를 달성하면서도, 동축 제로와 MOCT 직결을 통해 실제 서울시 전역에 뿌릴 수 있는 ‘인프라적 완성도’를 갖췄습니다.

4.5 Segment B — H6↔H6 수평 메시 케이블

항목	계산	결과
총 H6 수 (RAN)	폴대 기준	440,000개
H6당 평균 메시 연결 수	2.5 본 (Face 3/4/5)	—
총 링크 수 (양방향 중복 제거)	$440,000 \times 2.5 \div 2$	550,000 링크
단위 케이블 길이 (여유 포함)	평균 300m × 1.20	360 m/링크
총 케이블 연장	$550,000 \times 360 \text{ m}$	198,000 km

※ H6 수량 증가(1,550개 → 440,000개)로 Seg B 총 연장이 700km → 198,000km로 대폭 증가. 기존 KT·SKT 지하 관로 공유 시 신규 토목 공사 약 30% 절감 가능.

4.6 Segment C — H6→O8 상향 집선 케이블

항목	계산	결과
총 H6 수 (RAN)	440,000개	—
H6당 케이블 본 수 (Face 2)	1 본/H6	—
총 링크 수	440,000 본	440,000 본
단위 케이블 길이 (여유 포함)	평균 800m × 1.25	1,000 m/링크
총 케이블 연장	$440,000 \times 1,000 \text{ m}$	440,000 km

※ H6 수량 증가로 Seg C 총 연장이 1,550km → 440,000km로 재산출.

4.6b Segment D — O8↔O8 수평 메시 링크

O8 노드는 수평 face(3~4개)를 통해 인접 O8 노드와 직접 광링크로 연결된다. 이 수평 메시는 도시 단위 E2E 경로 다양성과 장애 우회 경로를 제공하며, O8 계층의 자율적 트래픽 분산 기반이 된다.

항목	계산	결과
총 O8 수	기본 설계값	2,521개
O8당 수평 연결 수 (Face 3~4 기준)	평균 3.5개 (3~4 중간)	—
총 링크 수 (양방향 중복 제거)	$2,521 \times 3.5 \div 2$	≈ 4,412 링크
단위 링크 거리 (여유 포함)	평균 750m × 1.20	900m/링크
총 케이블 연장	$4,412 \times 900\text{m}$	≈ 3,971 km

※ O8↔O8 수평 링크는 서울 지하 간선 광 트랜치를 활용한다. O8 간 평균 거리 700~800m, 여유율 20% 적용하여 900m/링크 적용. 링크 수 4,412개는 서울 전역 O8 메시의 완전 연결성을 보장한다.

4.7 전체 광케이블 물량 요약

구간	용도	본 수	연장(km)	비고
Seg T0	T4 ↔ T4 건물 내 직결	약 111만	38,850	기존 배관 활용
Seg T1	T4 → H6 Face 건물 내 인입	약 520만	99,840	평균 19m
Seg A	RU → H6 수직	900,000	9,000	RU 내장 48코어 · 10m · 현장용착4회
Seg B	H6 ↔ H6 수평 메시	550,000	198,000	지중 매설
Seg C	H6 → O8 상향 집선	440,000	440,000	간선 광케이블
합 계	전 구간	약 632만 본	780,690 km	인프라+T4 포함

※ Seg A·B·C(인프라 구간) 합계: 647,000km. T0·T1(T4 액세스구간) 합계: 138,690km. 전체 합산 약 785,690km.

※ Seg T0·T1은 기존 건물 내 배선 인프라 활용으로 신규 토목 공사 불필요.

6. O8 노드 — Face 구조 및 수량 (전면 수정)

O8(Octahedron) 노드는 8개의 face를 가진다. 각 face는 상향(D12), 하향(H6), 수평(O8↔O8 메시) 역할로 배분된다. O8 최대 코어는 $192 \times 8 = 1,536$ 코어이며, H6 수용 용량은 하향 face 수에 따라 결정된다.

6.1 O8 Face 역할 배분

방향	Face 수	코어 수	비고
상향 (D12)	1 ~ 2	192 ~ 384	기본 1, 이중화 시 2
하향 (H6 집선)	1 ~ 2	192 ~ 384	기본 1, 고밀도 구역 2
수평 (O8↔O8 메시)	3 ~ 4	576 ~ 768	도시 메시 연결
합계	8 face	$192 \times 8 = 1,536$	O8 최대 코어

※ O8 1개당 최대 코어: $192 \times 8 = 1,536$. 하향 face 1개 기준 H6 수용: 192개. 하향 face 2개(고밀도 확장) 기준: 384개.

6.2 O8 수량 계산 — H6 100% 수용 기준

항목	계산	결과
총 H6 (RAN)	폴대 기준 +10%	440,000개
O8 하향 face 수 (기본)	1 face	—
O8 1개당 H6 수용 (기본)	1×192	192 H6/O8
필요 O8 수 (기본)	$440,000 \div 192$	$\approx 2,292$ 개
예비 +10%	$2,292 \times 1.10$	$\approx 2,521$ 개
고밀도 구역 (하향 2 face)	$2 \times 192 = 384$ H6/O8	선택적 확장 적용

※ 기본 설계값: O8 2,521개 (하향 1 face · 192 H6/O8).

※ 고밀도 구역(도심 등): 하향 2 face 적용 시 O8 1개당 384 H6 수용 → 필요 O8 수 절반으로 축소 가능.

※ 기존 문서의 O8 285개는 H6 1,550개 기준 오산출값이었음. 폴대 40만 기준 정정값은 2,521개.

6.3 O8 배치 시나리오 — 도시 지능 밀도 기준

현재 기본 설계값 O8 2,521개는 H6 집선 수용 능력을 기준으로 산출된 수치다. $440,000 \text{ H6} \div 192 \text{ H6/O8} \times 1.1 = 2,521$. 이 밀도에서 O8 1개당 평균 담당 면적은 $605 \text{ km}^2 \div 2,521 \approx 0.24 \text{ km}^2$ 로, 한 변이 약 490m 인 정사각형에 해당하며 본 문서에서 언급한 반경 약 390m와 일치한다.

그러나 이 밀도는 사람 기준의 통신 수용에는 충분하지만, O8이 분산 AI 협력의 시작점이자 도시 트래픽 지능 거점으로 작동하는 미래 도시 환경에는 넉넉하지 않다. O8의 설계 기준이 "H6 몇 개를 수용하는가"(통신 밀도)에서 "얼마나 많은 행위 주체와 이벤트를 동시에 처리하는가"(도시 지능 밀도)로 전환될 때, 적정 O8 수량도 함께 재정의된다.

O8 수량은 통신 밀도의 문제가 아니라 도시 지능 밀도의 문제다.

시나리오	O8 수량	설계 기준
기본형	2,521개	현재 문서 기준 최소 집선 구조. O8당 약 0.24 km^2 . 한 변 약 490m. 본 문서의 기준값.
확장형	5,000개 이상	고밀도 로봇·V2X·CCTV·실시간 제어 대응. O8을 수동 집선기가 아닌 능동 이벤트 처리 격자 노드로 운용.
도시 AI형	7,000 ~ 10,000개 이상	자율 시스템·공공 제어·대규모 멀티에이전트 협력 대응. O8을 도시 지능 격자의 기본 단위로 운용.

※ O8,521개는 현재 서울 H6 집선 구조를 수용하기 위한 최소 기준값이다. 그러나 로봇·자율주행·CCTV·공공 센서·AI 네이티브 기계 협력 등이 포함된 미래 도시 환경에서는 제어 밀도·이벤트 동시성·분산 지능 요구에 따라 실질적인 O8 수량을 기준값 이상으로 확장해야 한다. O8 최종 수량은 고정값이 아니라, 도시가 선택하는 지능 밀도에 따라 결정된다.

8. 서울시 배치 최종 요약 (Rev.1)

구성 요소	수량	비고
RU (무선 유닛)	900,000개	방향성 안테나 1~3개/폴대 · 평균 2.25개 · 6G mmWave · 48코어 내장
H6 노드 (RAN 폴대)	440,000개	폴대 하단 · 예비 10% 포함
H6 노드 (유선 T4 수용)	약 650,000개	건물·단지 내 설치
전체 H6 총 수량	약 1,090,000개	RAN + 유선 합산
T4 노드 (유선)	520만개	가구·사무실·IoT
광케이블 인프라 (Seg A+B+C)	647,000 km	A:9,000 + B:198,000 + C:440,000
광케이블 전체 (T4 포함)	약 780,690 km	T0+T1+인프라 합산
O8 노드 (기본)	2,521개	하향 1 face · 반경 ~390m
O8 노드 (고밀도 확장)	하향 2 face 적용	192x2=384 H6/O8 · 선택적

8.1 계층별 E2E 흐름 요약

계층	노드	수량	역할
L0	T4	520만개	가입자 말단
L1a	H6 (RAN 폴대)	440,000개	RAN + 유선 수렴
L1b	H6 (유선 T4)	약 650,000개	건물·단지 유선 집선
L2	RU	900,000개	6G 무선 RAN · 48코어/RU · 방향성 안테나
L3	O8	2,521개 (기본)	Intelligence · E2E 관리 · 192x8코어
L4	D12	미정 (후속 문서)	광역 · AAI

8.2 비교 — 기존 5G vs Velsanet 6G (서울 기준)

항목	기존 5G (추정)	Velsanet 6G
기지국 수	약 12,000개 (매크로+소형)	900,000 RU (400,000 폴대x2.25) + 440,000 H6 (RAN)
DU / CU 장비	필요 (소프트웨어 레이어)	불필요 (구조적 제거)
E2E 경로 방식	패킷 스위칭 + 세션 관리	물리 광코어 1:1 전용
핸드오버	재인증 필요 · 패킷 손실 가능	Overlapped E2E · 무손실
유선 통합	별도 FTTx 망 필요	T4→H6 단일 망 통합
O8 집선 노드	해당 없음	2,521개 · 192x8코어 · AI 내장

※ D12 이상 계층(광역 백홀, 국가 망)의 수량 계획은 별도 문서(Velsanet-DEPLOY-NAT-01)에서 정의한다.

Appendix – CAPEX Estimation

Velsanet Structure-Native Network Architecture
 Seoul Metropolitan 6G Infrastructure Deployment Plan

A.1 목적

본 부록은 서울특별시에 Velsanet Structure-Native 네트워크 아키텍처를 구축할 경우 필요한 전체 인프라 구축 비용 (CAPEX)을 개략적으로 추정하기 위해 작성되었다. 노드 수량(RU, H6, O8, T4)과 광케이블 총 연장을 기반으로 하며, 장비 단가와 광 인프라 구축 비용에 대한 산업 평균 수준의 가정 값을 적용한다. 본 추정은 투자 규모의 범위를 파악하기 위한 참고 자료이며, 실제 구축 시 장비 설계·공급망·공사 방식·기존 인프라 활용 여부에 따라 비용은 변동될 수 있다.

A.2 서울 인프라 배치 기준

구성 요소	수량	비고
T4 노드	5,200,000개	가구·사무실 단위 유선 액세스
RU (Radio Unit)	900,000개	폴대 기반 6G mmWave 무선 액세스
H6 노드 (RAN 폴대)	440,000개	RU 집선 및 광 분기
H6 노드 (유선 T4 수용)	650,000개	건물·단지 유선 집선
전체 H6 노드	약 1,090,000개	RAN + 유선 합산
O8 노드	2,521개	도시 집선 및 E2E 관리 계층
광케이블총 연장	약 785,690 km	Seg A~D + T0 + T1 합산 (Rev.9 기준)

A.3 장비 단가가정

※ 장비 대량 생산 및 표준화 이후의 산업 평균 단가를 가정한 값이다.

장비	단가가정	비고
T4 노드	200만 원	단일 단가
H6 노드	800만 원	단일 단가
RU (Radio Unit)	300만 원 ~ 800만 원	저가/중간/고가 시나리오
O8 노드	2,000만 원 ~ 3,000만 원	저가/고가 시나리오

A.4 서울 Velsanet 총 구축 비용 시나리오

항목	기존 인프라 활용	혼합 구축	대규모 신규
장비 CAPEX	약 22조 ~ 26조	약 22조 ~ 26조	약 22조 ~ 26조
광 인프라 비용 (km 당 단가)	1,000만 원/km → 약 7.9조	2,000만 원/km → 약 15.7조	5,000만 원/km → 약 39.3조
총 CAPEX 추정	약 30조 ~ 34조 원	약 38조 ~ 42조 원	약 61조 ~ 65조 원

A.5 구조적 의미

Velsanet 인프라 구축 비용은 단순한 이동통신망 투자 규모가 아니다. 본 아키텍처는 모바일 네트워크·유선 액세스 네트워크·IoT 연결망·V2X 통신 인프라·AI 및 로봇 연결 기반을 하나의 구조적 광 인프라로 통합한다.

This architecture replaces multiple legacy networks (FTTx, mobile backhaul, metro rings, aggregation layers) with a unified optical infrastructure.

즉 Velsanet은 기존의 분리된 통신 인프라 구조를 하나의 구조적 네트워크로 재구성하는 도시 단위 디지털 인프라 프로젝트이다. 본 CAPEX는 통신망 투자라기보다 도시 디지털 인프라 재설계 수준의 프로젝트로 이해하는 것이 적절하다.

