Сымсыз сенсорлық желілердің топологиялары

23.02.2026

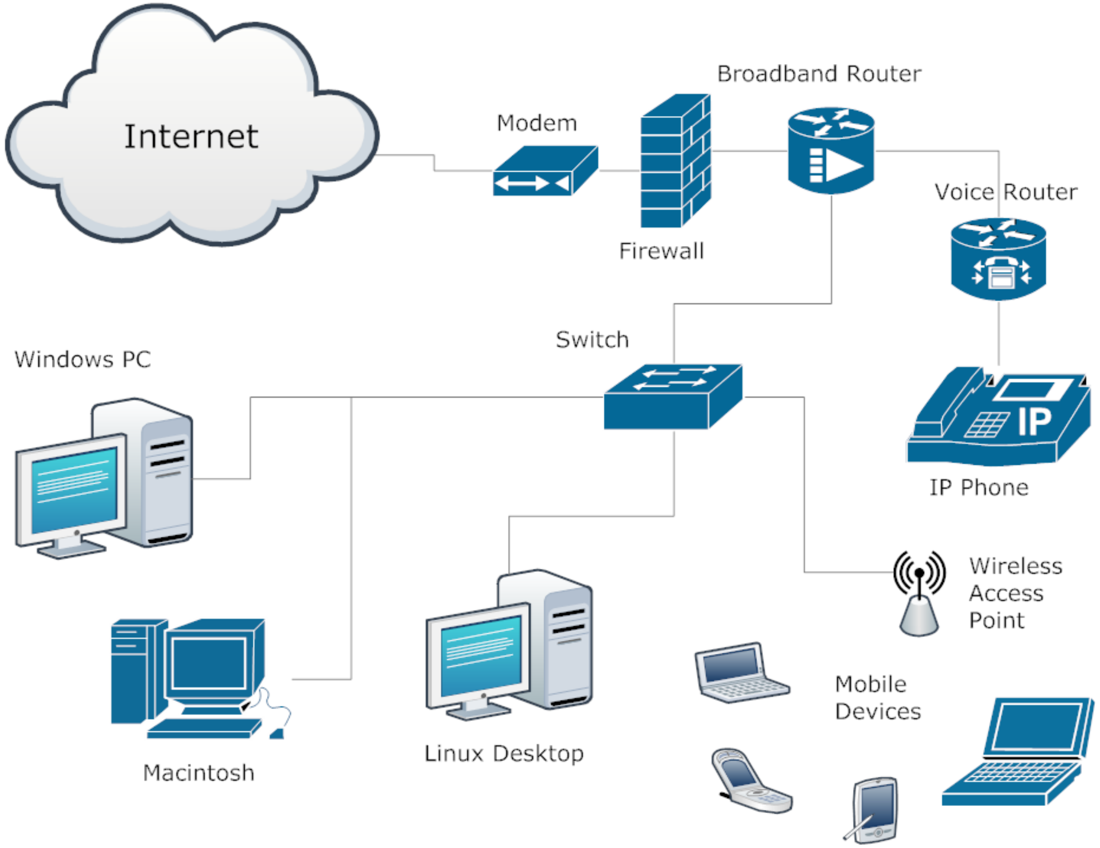
Дәрістің мақсаты:

- WSN негізгі топологияларын қарастыру.

- Олардың артықшылықтары мен кемшіліктерін талдау.

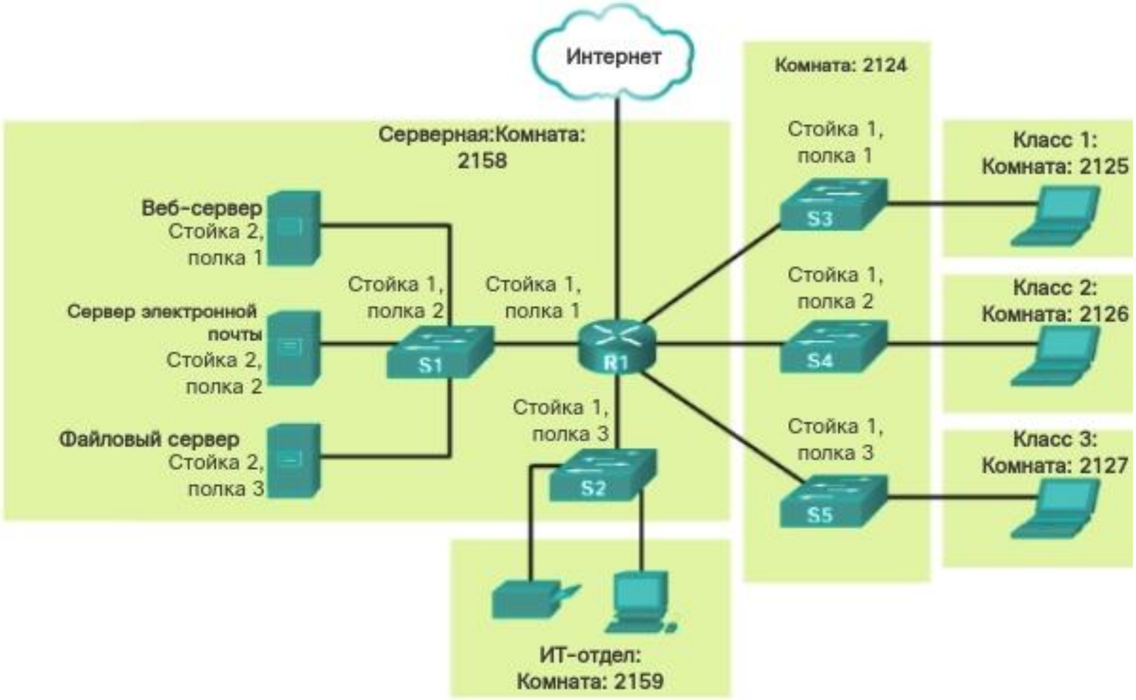
Желілік топология дегеніміз не?

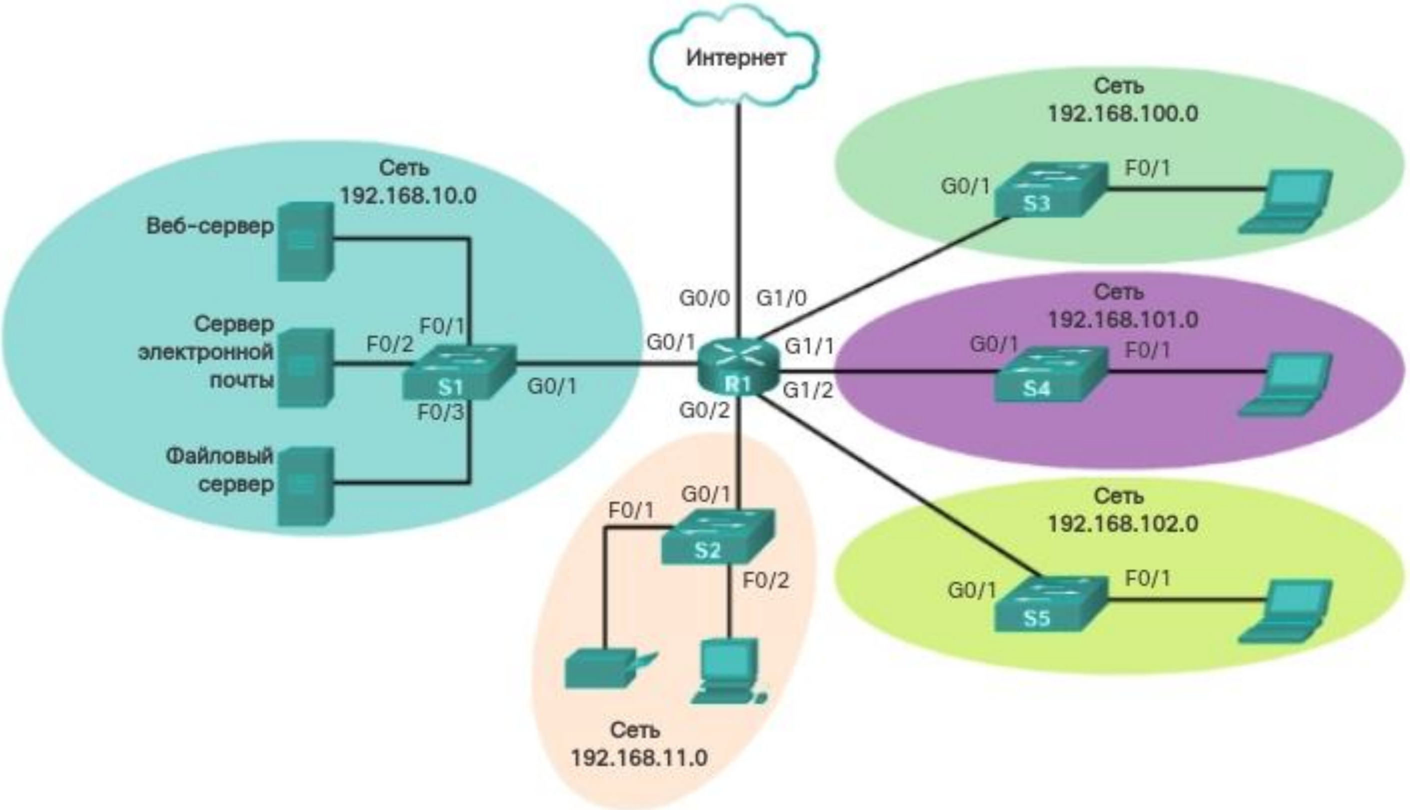
Желілік топология - түйіндердің және деректерді беру жолдарының қосылу схемасын анықтайтын физикалық немесе логикалық конфигурация.



Физикалық және логикалық конфигурация

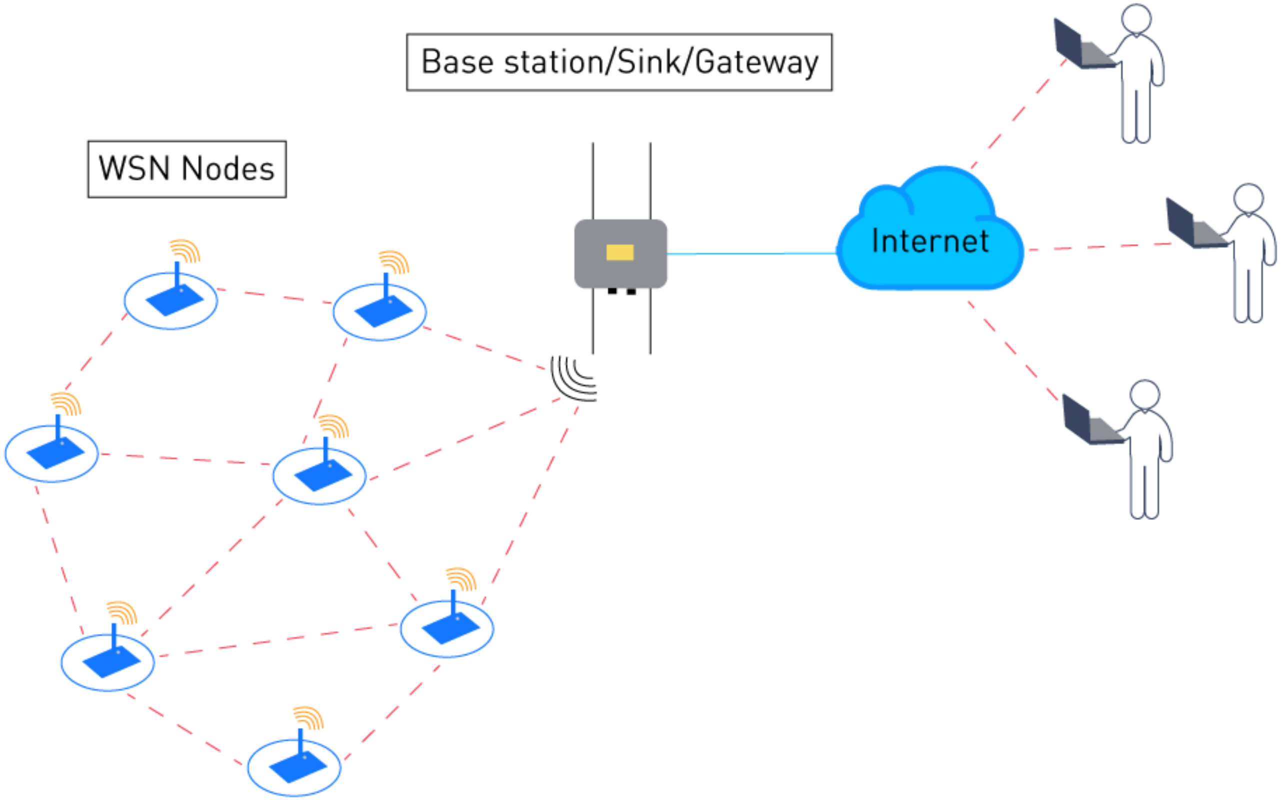
- Физикалық конфигурация: кабельдер мен құрылғылардың нақты физикалық орналасуы.
- Логикалық конфигурация: физикалық орналасуына қарамастан, деректер желі бойынша қалай қозғалады.





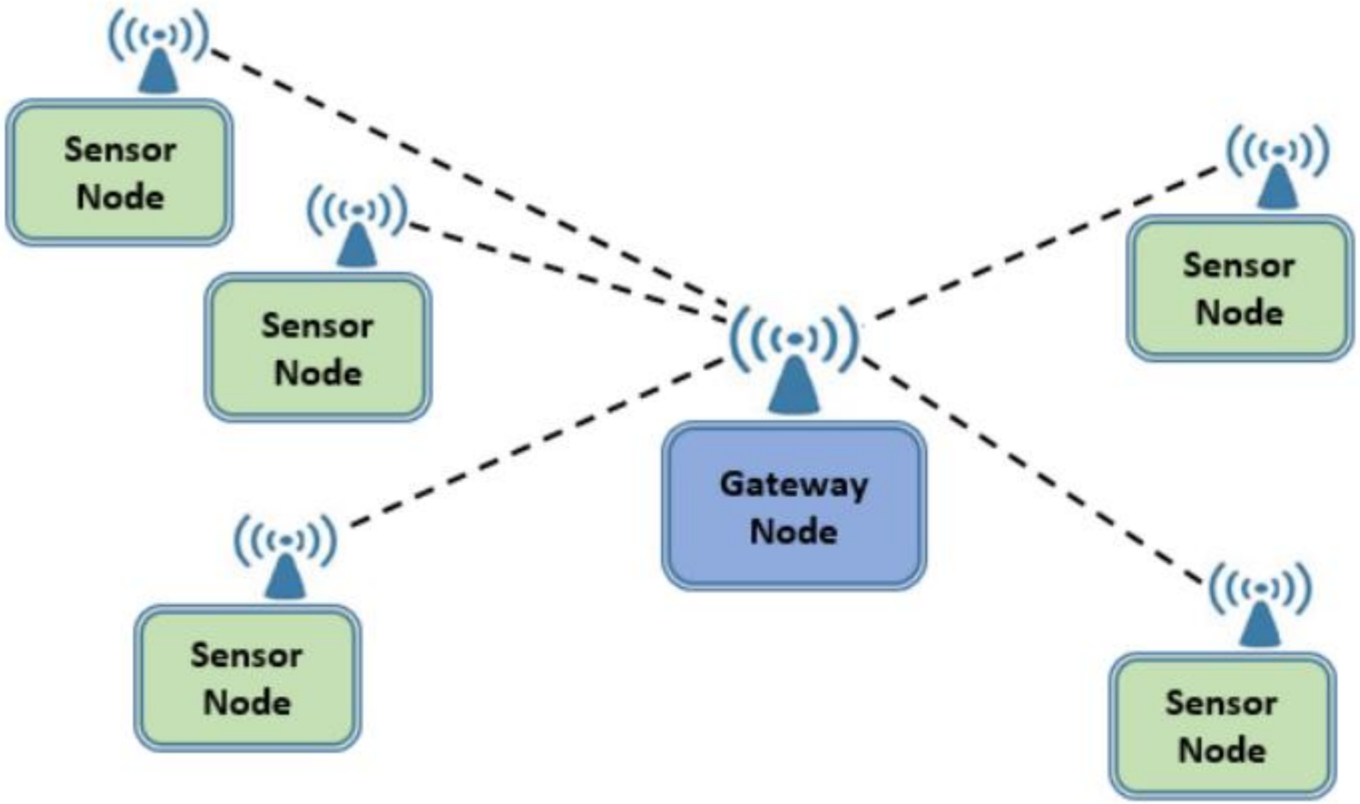
Сымсыз сенсорлық желілердің ерекшеліктері

- физикалық кабельдік құрылым жоқ;
- байланыс радиоарна арқылы жүзеге асырылады;
- логикалық топология маңызды.



ССЖ топологиялары. Жұлдыз (Star)

Жұлдыз топологиясында орталық шлюз бар, оған барлық басқа сенсорлық түйіндер тікелей қосылған, бұл оған жұлдыз пішінін береді.



Жұлдыз топологиясы. Артықшылықтар және кемшіліктер

Артықшылықтары

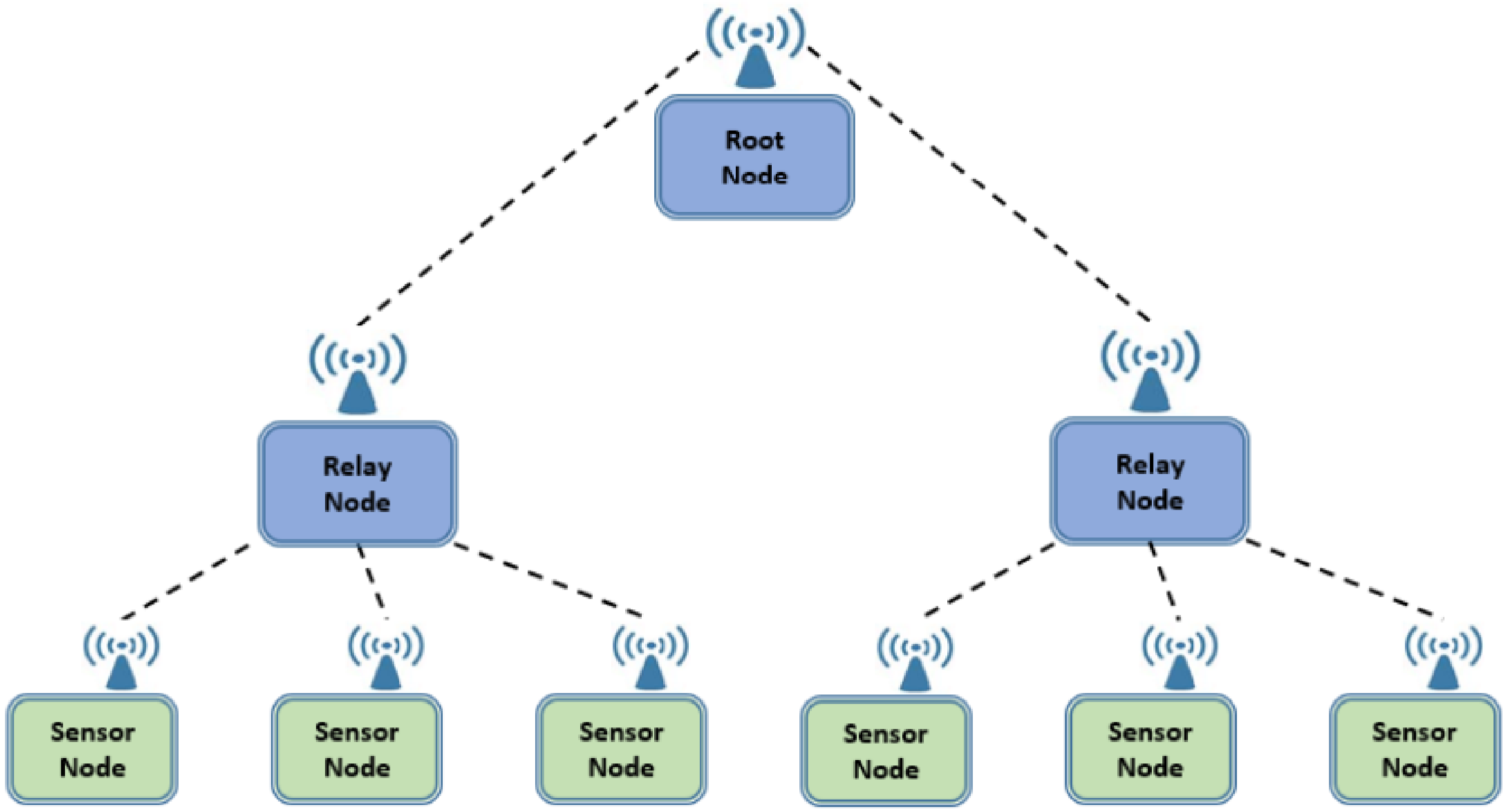
Іске асырудың қарапайымдылығы: барлық түйіндер бір орталық құрылғыға қосылған, орнатылуы жеңіл;
Түйіннің төмен қуат тұтынуы: сенсорлар деректерді тікелей шлюзге жібереді;
Орталықтандырылған басқару: желіні бақылау және басқару бір түйін арқылы жүзеге асырылады.

Кемшіліктері

Шлюзге тәуелділік: орталық түйіннің істен шығуы бүкіл желіні тоқтатады;
Шектеулі масштабтау: құрылғылар саны артқан сайын шлюзге жүктеме артады.

ССЖ топологиялары. Ағаш (Tree)

Ағаш топологиясында желі иерархиялық құрылымға ие: негізгі шлюз рөлін атқаратын және қолданбалы жүйемен әрекеттесетін түбірлік (орталық) түйін бар, төменде релелік түйіндер, ал төменгі деңгейде соңғы сенсорлық түйіндер орналасқан.



Ағаш топологиясы.
Артықшылықтар және кемшіліктер

Артықшылықтары

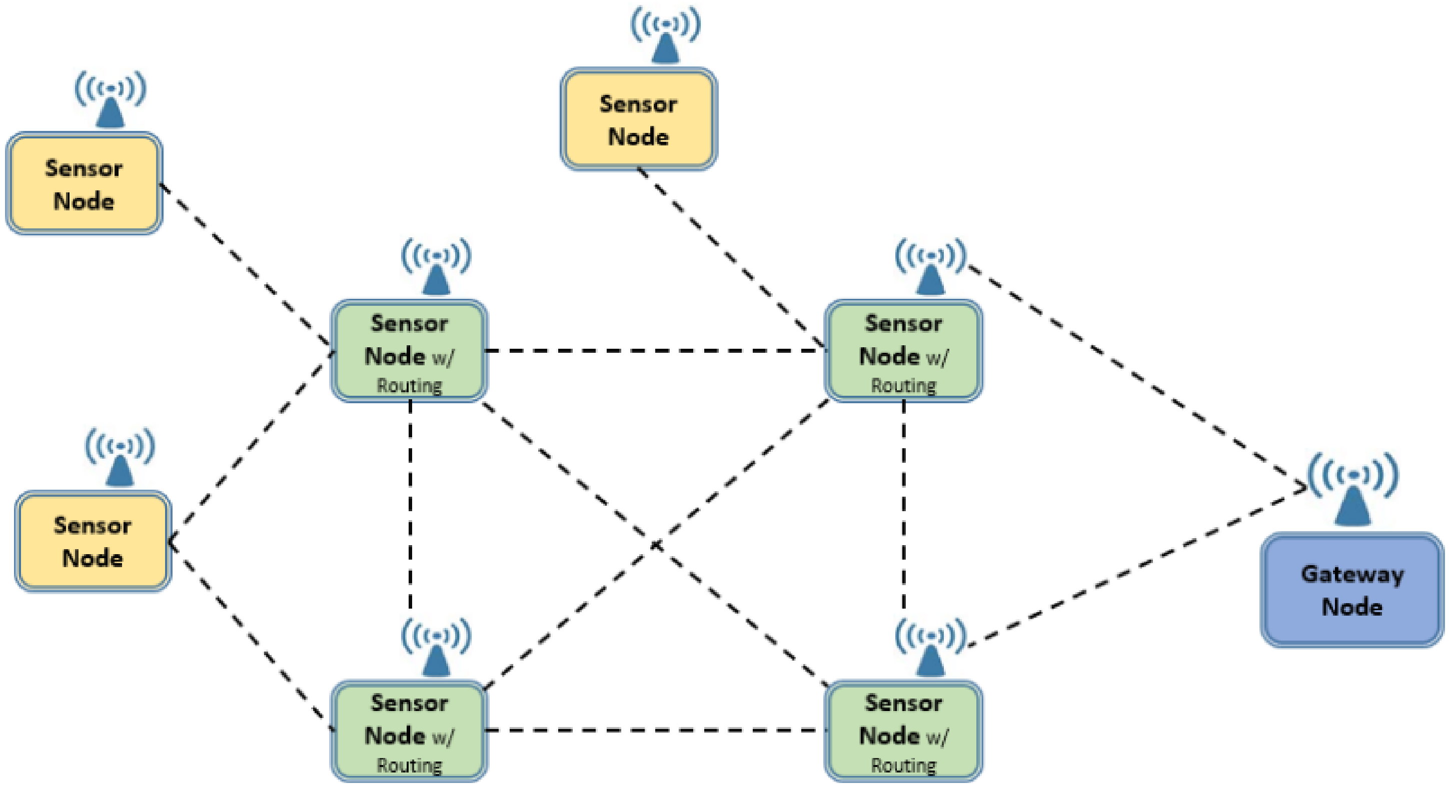
Масштабтау: жаңа түйіндерді иерархия деңгейлері бойынша қосуға болады;
Қамту аймағын кеңейту: релелік түйіндер желі радиусын арттырады;
Орталық шлюзге жүктемені азайту: деректер деңгейлер бойынша бөлінеді.

Кемшіліктері

Желі тармағының істен шығуы: аралық түйіннің істен шығуы бағынышты құрылғыларды өшіреді;
Орнату қиынырақ: маршруттар мен деңгейлердің конфигурациясы қажет.

ССЖ топологиялары. Тор (Mesh)

Тор топологиясындағы сенсорлық түйіндердің әрқайсысы желілер ішіндегі барлық басқа түйіндерге қосыла алады. Сенсорлық түйіндер бір-бірімен қосыла алатындығына байланысты аз энергия қажет етеді.



Тор топологиясы.
Артықшылықтар және кемшіліктер

Артықшылықтары

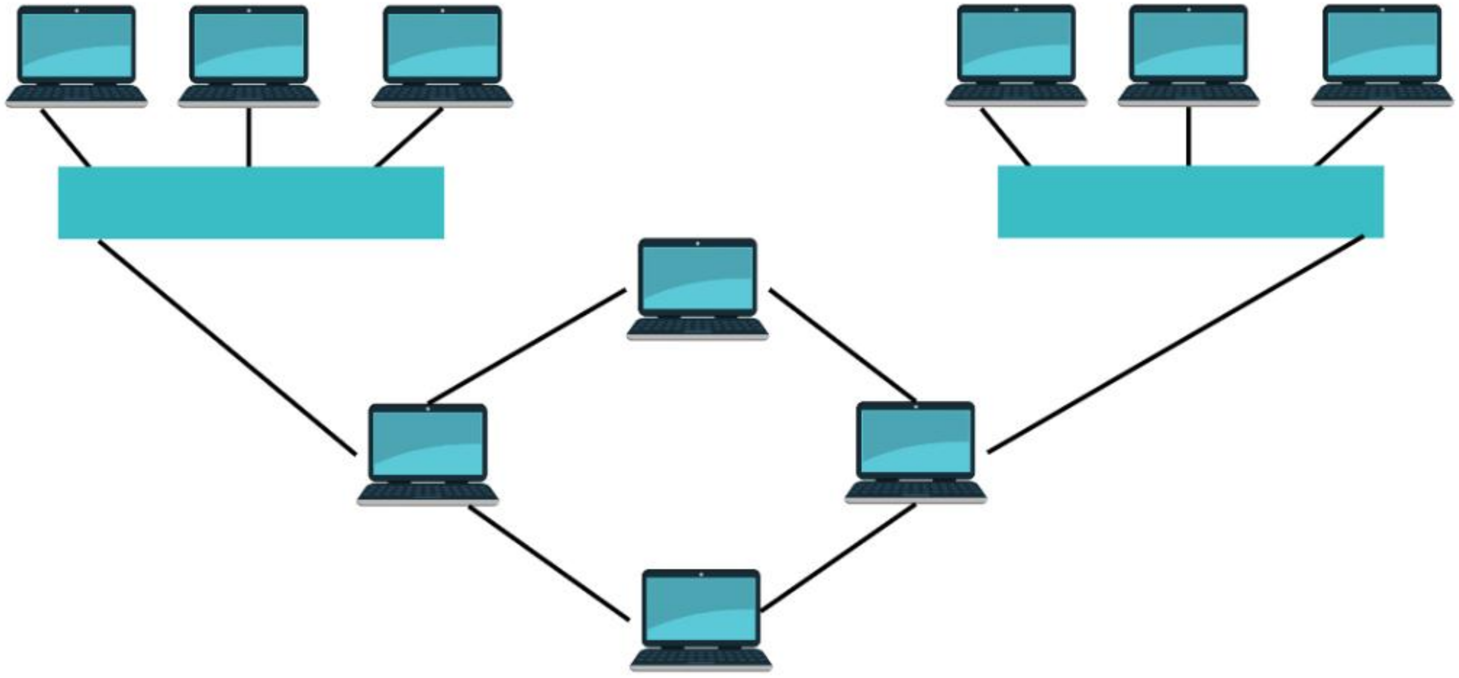
Сенімділік: түйіндер бұзылған жағдайда желінің тұрақтылығын көптеген жолдармен жақсартуға болады;
Кеңейтілген диапазон: аралық түйіндер арасында ауысу арқылы деректерді ұзақ қашықтыққа жіберуге болады;

Кемшіліктері

Қиындық: торлы желілердегі күрделі қосылымдар мен деректерді бағыттауды басқару үшін жақсы алгоритмдер мен хаттамалар қажет;
Жоғары қуат тұтыну: энергия ресурстарын тезірек пайдалану қосылымдардың көбеюінің және түйіндер арасындағы тұрақты байланыстың нәтижесі болып табылады.

ССЖ топологиялары. Гибридті (Hybrid)

Әр түрлі топологиялардың функцияларының үйлесімі гибридті желілік топологияны қалыптастырады. Мысалы, жұлдыз топологиясының қарапайымдылығын торлы топологияның сенімділігімен үйлестіру екеуінің де артықшылықтарын біріктіретін гибридті желіні жасайды.



Star-Ring Hybrid Topology

Гибридті топологиясы. Артықшылықтар және кемшіліктер

Артықшылықтары

Икемділік пен бейімделу: нақты қажеттіліктер мен шектеулерге байланысты бұл желінің жұмысын оңтайландыруға мүмкіндік береді;
Теңдестірілген өнімділік: сенімділік, энергия тиімділігі және басқарудың қарапайымдылығы арасындағы тамаша тепе-теңдікті қамтамасыз ете алады.

Кемшіліктері

Дизайнның күрделілігі: күрделі, тиімді гибридті топологияны құру мұқият жоспарлау мен дизайнды қажет етеді;
Басқару шығындары: әртүрлі қосылыстар мен деректер жолдарын тиімді басқару үшін әртүрлі топологияларды біріктіру Қосымша басқару шығындарына әкелуі мүмкін.

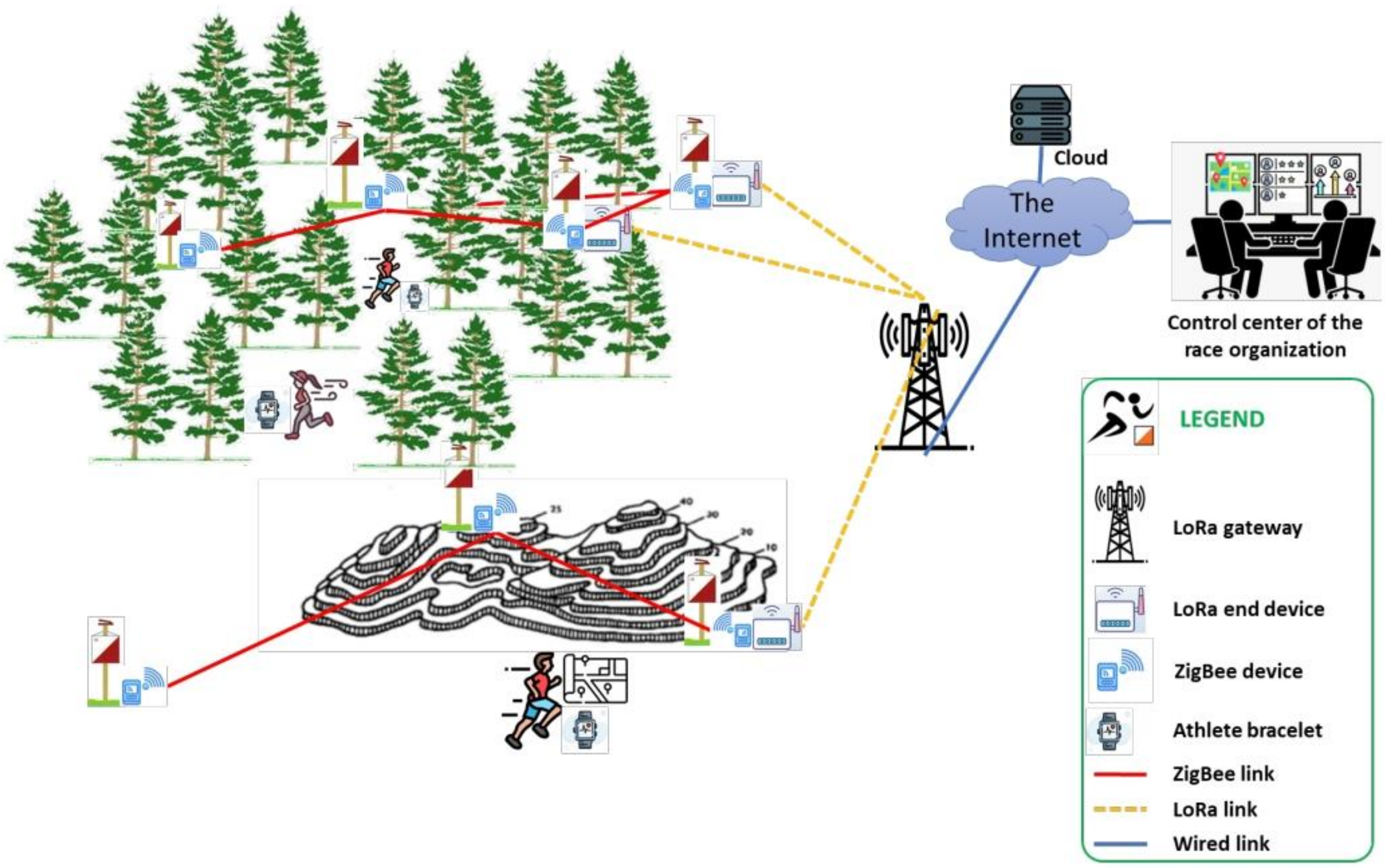


Figure 1. Orienteering view of the proposed monitoring system.

Giuliano, R., Mocci De Martis, S. A. I., Tomeo, A., Terlizzi, F., Gerardi, M., Fallucchi, F., Felli, L., & Dall'Ora, N. (2026). A Hybrid LoRa/ZigBee IoT Mesh Architecture for Real-Time Performance Monitoring in Orienteering Sport Competitions: A Measurement Campaign on Different Environments. *Future Internet*, *18*(2), 105. https://doi.org/10.3390/fi18020105

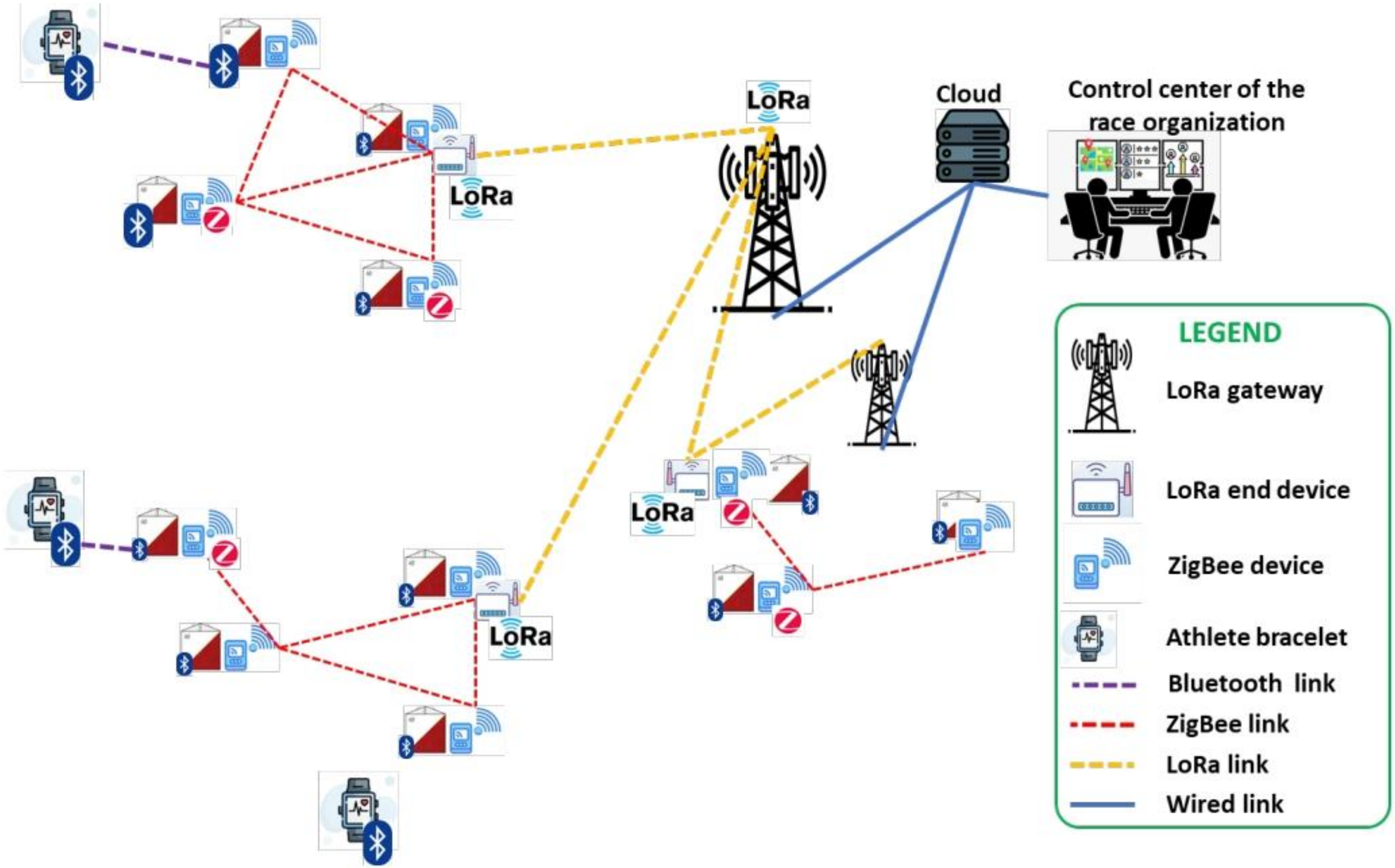


Figure 2. Designed two-level WSN: ZigBee (first level) and LoRa (second level).

Giuliano, R., Mocci De Martis, S. A. I., Tomeo, A., Terlizzi, F., Gerardi, M., Fallucchi, F., Felli, L., & Dall'Ora, N. (2026). A Hybrid LoRa/ZigBee IoT Mesh Architecture for Real-Time Performance Monitoring in Orienteering Sport Competitions: A Measurement Campaign on Different Environments. *Future Internet*, *18*(2), 105. https://doi.org/10.3390/fi18020105