Whitepaper tehnic Alpaca IoT

Network Sensors Cellular și modelul ALPN

Versiunea 0.3 pentru revizuire
7 noiembrie 2026

Document tehnic pentru revizuire. Nu reprezintă ofertă de tokenuri, autorizare radio sau promisiune de rentabilitate.

1 Rezumat și stadiul proiectului

Alpaca IoT dezvoltă o platformă comună pentru infrastructură LoRaWAN, senzori și, într-o etapă ulterioară, infrastructură celulară administrată împreună cu operatori autorizați. Participanții pot contribui cu echipamente și date, iar platforma urmărește identitatea, proveniența, calitatea și utilizarea acestor contribuții. Obiectivul comercial este furnizarea unor servicii de conectivitate și date pentru clienți care au nevoie de ele.

La data acestei versiuni există un prototip software: registru de hotspoturi și hexuri H3, Rewards Engine determinist, API, Explorer web, aplicație Android de dezvoltare și agent comun pentru gateway-uri. Extensia v0.3 adaugă registrul Sensors și Cellular, ingestie semnată, licențe de date și Panoul Master. Demonstrațiile folosesc dispozitive și măsurători fictive, separate de registrele reale.

Nu este demonstrată încă operarea unei rețele radio globale. Nu sunt certificate modele fizice de hotspoturi sau small cells, nu există trafic celular comercial integrat și nu se distribuie tokenuri reale. Documentul descrie o direcție tehnică și comercială, cu limite și condiții de validare, fără promisiuni de rentabilitate.

ALPN pe Solana este direcția stabilită pentru un eventual token. În prototip, regulile aprobate sunt un buget de 2.000 ALPN pe oră, împărțit în 85% Proof of Coverage și 15% Data Transfer, cu un bonus de 25% la punctajul PoC al primului hotspot verificat din fiecare hex. Niciun pool suplimentar pentru Sensors sau Cellular nu este activat.

2 Problema și principiile de proiectare

Conectivitatea și observațiile din teren au valoare atunci când există un beneficiar, o locație potrivită și o calitate verificabilă. Înregistrarea unui echipament sau multiplicarea pachetelor nu demonstrează singure această valoare. Platforma trebuie să

poată explica ce serviciu a fost furnizat, cine îl poate utiliza și de ce contribuția este eligibilă pentru o eventuală recompensă.

Alpaca separă identitatea dispozitivului, verificarea contribuției și calculul recompensei. O semnătură validă confirmă că mesajul provine de la cheia înscrisă. Acuratețea unui senzor, poziția fizică și realitatea traficului necesită dovezi și verificări suplimentare. Această separare permite înlocuirea verificatorilor fără rescrierea regulilor economice.

Interoperabilitatea se construiește prin adaptoare documentate și teste pentru fiecare model. Echipamentele terțe rămân candidate până la probe fizice. Datele se publică sau se exportă numai în limitele permisiunilor consemnate pentru sursă. Extinderea geografică se face prin piloți măsurabili, iar operațiunile radio respectă condițiile tehnice și juridice aplicabile fiecărei țări.

3 Ecosistem și participanți

Componentă	Contribuție urmărită	Stadiu
Alpaca Network	Acoperire LoRaWAN și transfer de date eligibil	Registru și simulare software
Alpaca Sensors	Măsurători normalizate cu proveniență și permisiuni	Ingestie HTTP și adaptoare simulate
Alpaca Cellular	Amplasamente și capacitate pentru parteneri telecom	Registru și revizuiri de laborator
Alpaca Data	Acces la date licențiate și servicii pentru clienți	Direcție comercială propusă
Panoul Master	Administrare, verificări, licențe, ore și audit	Interfață autentificată de dezvoltare

Gazdele contribuie cu amplasamente și echipamente întreținute. Proprietarii surselor de date acordă permisiuni explicite pentru utilizările acceptate. Operatorii platformei gestionează registrul și verificările. Clienții comerciali definesc cererea, calitatea și nivelul de serviciu necesare. Pentru Cellular, operatorul telecom sau entitatea autorizată trebuie să controleze activarea și parametrii radio.

În etapa actuală, administrarea este centralizată, iar atestările sunt introduse de operator. Distribuția fizică a echipamentelor și o contabilitate verificabilă nu sunt suficiente pentru a declara guvernanța sau verificarea complet descentralizate. Rolurile, mecanismele de contestare și delegarea verificatorilor vor necesita specificații distincte.

4 Arhitectura platformei

Fluxul urmărit este dispozitiv, adaptor, ingestie autentificată, jurnal de proveniență, validare, proiecții pentru aplicații și, când regulile o permit, contabilitate de recompense. API-ul și interfețele web folosesc aceeași origine pentru a reduce

expunerea credențialelor. Backendul actual este Python cu FastAPI și SQLite, pe Ubuntu, iar interfețele sunt construite fără servicii externe de hartă la rulare.

Identitatea Ed25519 și domenii de semnare diferite separă mesajele gateway-urilor de mostrele IoT. Mesajele includ identificatorul rețelei, secvența persistentă și timpul. Verificarea prospețimii, unicitatea secvenței și deduplicarea împiedică acceptarea repetată a aceleiași observații. Mesajele declarate de un dispozitiv nu devin automat dovezi independente.

Registrul Network și jurnalul Sensors/Cellular păstrează evenimente legate prin SHA 256. Exporturile și checkpointurile permit verificarea integrității. Un administrator cu acces complet la baza de date ar putea rescrie un lanț întreg; detectarea acestei situații necesită checkpointuri păstrate independent. Nu este implementată încă o ancorare publică pe blockchain.

Pentru scară mai mare sunt propuse PostgreSQL/PostGIS, proiecții indexate, cozi de ingestie și stocare separată pentru dovezi. ChirpStack este un candidat pentru serverul LoRaWAN. Acestea nu justifică rescrierea prematură a componentelor care funcționează și nu sunt prezentate ca integrări live în versiunea curentă.

5 Alpaca Network și firmware

Hotspotul se înscrie cu un cod temporar emis de operator și o cheie publică unică. El începe neverificat. Verificarea acceptată adaugă un eveniment în registru, iar primul hotspot verificat într-un hex devine pionierul acelui hex. Ordinea înscrierii și o declarație transmisă de dispozitiv nu sunt suficiente pentru acordarea statutului.

Rezoluția H3 9 identifică registrul de dezvoltare. Alegerea rezoluției rețelei globale, relocarea, transferul proprietății, revocarea verificării și eventuala înlocuire a pionierului nu sunt reguli stabilite prin acest document. Modificările care afectează eligibilitatea sau distribuția necesită aprobare și migrare versionată.

Agentul comun detectează familia sistemului, păstrează identitatea și contorul, semnează mesajele și poate citi contoare locale declarate. Familiile ARM64, ARMv7, ARMv6, x86_64 și MIPS sunt candidate de portare. Un Raspberry Pi rulează de regulă un sistem Linux; compatibilitatea concentratorului radio, ABI-ul, accesul la sistem și politica producătorului sunt criterii separate.

Nu există o imagine universală de flash validată pentru toate hotspoturile Helium. RAK/MNTD, SenseCAP și Nebra pot fi investigate model cu model; acestea nu sunt certificări. OTA semnat, rollback, rotația cheilor, driverele concentratorului și verificatorul RF independent rămân etape de implementat.

6 Alpaca Sensors și drepturile asupra datelor

Modulul Sensors primește mostre semnate, le normalizează și păstrează payloadul original, hashul și rezultatul validării. Adaptorul HTTP direct este implementat.

Adaptoarele MQTT și LoRaWAN din demonstrație procesează fixture prin HTTP; nu reprezintă conectări la un broker sau la un server radio real.

Verificarea curentă acoperă schema, unitățile, valoarea numerică, secvența, timpul și duplicarea observației. Valorile în afara intervalelor de plauzibilitate sau observațiile întârziate intră în carantină. O valoare acceptată nu este o măsurătoare certificată. Calibrarea, comparația cu surse independente și verificarea amplasamentului trebuie adăugate înaintea utilizărilor comerciale sensibile.

Fiecare sursă are permisiuni distincte pentru ingestie, afișare publică și export, cu dovadă consemnată, expirare și revocare. Revocarea blochează imediat utilizările viitoare prin API. Ea nu poate retrage copii deja exportate; obligațiile destinatarilor, retenția și ștergerea trebuie stabilite contractual. Permisiunile introduse în prototip sunt atestări ale operatorului, nu o verificare juridică automată.

Accesul la API-ul unui producător nu acordă implicit dreptul de revânzare a datelor. Adaptoarele comerciale vor necesita verificarea termenilor, a titularului drepturilor și a utilizărilor permise. Exemplele de utilizare includ microclimat, agricultură, mediu industrial și monitorizarea activelor, după validarea cererii și a calității. Sensors nu primește ALPN în versiunea actuală.

7 Alpaca Cellular și condițiile de activare

Alpaca Cellular este proiectat ca un ecosistem de echipamente terțe și amplasamente deținute de gazde. Platforma poate urmări inventarul, capabilitățile, starea și contribuțiile comerciale. În v0.3 există doar registru, revizuiri și telemetrie sintetică. API-ul nu poate activa radio, chiar dacă toate revizuirile din sandbox sunt consemnate ca aprobate.

Revizuirile acoperă proprietatea, modelul, amplasamentul, operatorul și spectrul. Fiecare are dovadă și termen de valabilitate. Aceste câmpuri sunt evidențe software pentru laborator; nu creează drepturi de utilizare a frecvențelor și nu dovedesc acceptarea unui echipament de către un operator. Procedura aplicabilă trebuie stabilită cu partenerul telecom și cu specialiști locali. [R10]

Un serviciu MVNO/eSIM poate oferi acces prin rețele partenere, dacă există contracte. El nu autorizează de la sine funcționarea unor small cells independente. Integrarea reală trebuie să acopere autentificarea abonaților, core-ul, backhaul-ul, sincronizarea, parametrii radio, contabilitatea traficului și responsabilitățile operaționale.

Un router Wi-Fi obișnuit nu devine stație 4G/5G sau gateway LoRaWAN numai prin software. Offload-ul Wi-Fi cu Passpoint este o integrare distinctă, bazată pe echipamente compatibile și acorduri. Pentru Alpaca rămâne o opțiune de cercetare, nu o justificare pentru recompense acordate arbitrar routerelor casnice.

8 Regulile ALPN și contabilitatea recompenselor

Parametru	Regulă păstrată
Buget per oră	2.000 ALPN în total
Proof of Coverage	85% adică 1.700 ALPN
Data Transfer	15% adică 300 ALPN
Pionier H3	25% în plus la punctajul PoC eligibil
Precizia prototipului	9 zecimale și alocare în nanounități
Pool fără punctaje pozitive	Rămâne nealocat fără redistribuire sau report
Sensors și Cellular	Fără pooluri ALPN suplimentare activate

Bonusul pionierului modifică ponderea relativă în poolul PoC. Nu crește bugetul orar și nu se aplică transferului de date. Pentru două hotspoturi eligibile cu punctaje PoC brute egale de 100, pionierul are o pondere de 125, iar celălalt de 100. Din 1.700 ALPN, rezultă 944,444444444 ALPN și 755,555555556 ALPN. Dacă punctajele Data Transfer sunt egale și pozitive, fiecare primește încă 150 ALPN. Totalul rămâne exact 2.000 ALPN.

Ora se identifică prin începutul UTC și se poate finaliza numai după închiderea intervalului. Motorul folosește snapshotul istoric al registrului. Retrimiterea acelorași punctaje este idempotentă; punctaje diferite pentru aceeași oră finalizată sunt respinse. În prototip, punctajele sunt atestate de operator și plățile sunt dezactivate.

Bugetul fix înseamnă cel mult 48.000 ALPN pe zi și 17.520.000 ALPN într-un an de 365 zile, înainte de orice sumă rămasă nealocată. Aceste valori sunt aritmetică pentru regula actuală, nu o aprobare a ofertei totale sau a unui calendar de emitere.

Oferta totală, alocările pentru echipă/investitori, vestingul, halvingul, trezoreria și data emiterii nu sunt aprobate aici. Scenariul de 1 miliard de tokenuri și 400 milioane pentru recompense apare în materialele de planificare, dar nu este implementat sau adoptat prin acest whitepaper. Nu există preț, randament sau răscumpărare garantată.

O eventuală distribuție Solana trebuie să consume rezultate aprobate, fără recalcul economic în adaptorul de plată. Sunt necesare audit independent, controlul plafonului, prevenirea revendicărilor repetate și o politică de chei. Documentul nu este o ofertă de tokenuri și nu înlocuiește evaluarea obligațiilor MiCA aplicabile unui emitent sau unei oferte concrete. [R11]

9 Lecții din proiecte comparabile

Pollen Mobile a formulat o rețea mobilă deținută de comunitate și un model care separa stimulentele timpurii de plățile pentru trafic. Documentația consultată este istorică, din 2023; disponibilitatea comercială actuală nu este confirmată. Lecția pentru Alpaca este să testeze traseul real al traficului și economia operațională înainte de extinderea hardware. Nu preluăm ancorele de preț sau emisiile PCN. [R1]

PlanetWatch a urmărit monitorizarea distribuită a calității aerului. Raportul CERN din 2021 documentează această direcție istorică; site-ul proiectului nu a putut fi verificat în această cercetare. Pentru Alpaca sunt relevante selecția senzorilor, calibrarea și proveniența. Nu deducem din aceste materiale că licențele sau integrarea PlanetWatch ar fi disponibile astăzi. [R2]

GEODNET organizează contribuții GNSS în servicii de corecții RTK utilizabile de clienți și echipamente compatibile. Lecția este legarea infrastructurii comunitare de un produs tehnic concret și de interoperabilitate. O direcție Alpaca Precision ar necesita validare GNSS proprie și un pilot plătit, fără a promite precizie centimetrică doar pe baza unui registru de stații. [R3]

WeatherXM pune accent pe observații meteo, localizare, calitate și licențierea datelor. Pentru Alpaca Sensors sunt utile trasabilitatea și verificările înaintea recompensei. Scorurile de plauzibilitate din prototip nu reproduc algoritmii WeatherXM și nu certifică observațiile. Formula de recompense WXM nu este adoptată. [R4]

The Things Network arată rolul comunităților locale, al standardelor și al accesului partajat. Politica de utilizare echitabilă amintește că resursele radio sunt limitate. Alpaca poate folosi această disciplină pentru educație și piloți LoRaWAN; nu trebuie să trateze o rețea comunitară ca infrastructură comercială cu SLA presupus. [R5]

Helium este relevant pentru construirea comunitară a acoperirii și pentru legarea recompenselor de utilizare. HIP 139 documentează retragerea recompenselor CBRS, iar documentația actuală descrie carrier offload. Pentru Alpaca Cellular, parteneriatul și integrarea traficului sunt condiții înaintea distribuirii echipamentelor către gazde. [R6]

Hivemapper este un reper pentru date geografice colectate distribuit. Termenii din mai 2026 descriu comenzi ale dezvoltatorilor și licențiere directă a datelor contributorilor. Pentru Alpaca, cererea specifică și permisiunile de utilizare pot fi mai importante decât simpla acumulare de date. Nu este propusă copierea economicii HONEY. [R7]

DIMO este relevant pentru permisiuni granulare și integrarea datelor vehiculelor în aplicații. Alpaca poate investiga servicii pentru flote numai cu acordul proprietarilor și validarea compatibilității. Datele de localizare, traseele și comportamentul șoferilor impun o proiectare atentă a accesului. [R8]

10 Direcții comerciale și prioritizare

Direcție propusă	Beneficiar de validat	Condiție înainte de extindere
Mediu și microclimat	Agricultură industrie administrație	Senzori calibrați și drepturi asupra datelor
Monitorizare active	Flote logistică depozite	Consum radio autonomie și acorduri
Alpaca Precision	Agricultură topografie robotică	Probe RTK și clienți pilot
Apă energie și teren	Operatori și companii	Protocoale compatibile și calibrare
Cellular sau offload	Operatori telecom și gazde	Contracte integrare și autorizare

Prioritatea propusă este un pilot LoRaWAN plus senzori într-o zonă limitată, cu un beneficiar identificat. Se măsoară disponibilitatea, calitatea, costul pe dispozitiv și costul pe flux de date. Numărul de echipamente înscrise și sumele simulate nu sunt indicatori suficienți de succes comercial.

Veniturile pot proveni din conectivitate, acces la date licențiate, integrare și suport. Prețurile, împărțirea veniturilor cu gazdele și eventualele credite comerciale sunt de validat. Un token nu înlocuiește cererea și nu garantează finanțarea operațiunilor. Extensiile RTK, flote, apă și energie rămân propuneri, fără pooluri sau bugete aprobate.

11 Securitate și operare

Panoul Master folosește sesiuni cu expirare, cookie HttpOnly și SameSite Strict, protecție CSRF și limitarea încercărilor de autentificare. Datele administrative nu sunt incluse în pagina publică sau în APK. API-ul păstrează autentificarea Bearer pentru automatizări controlate. Administrarea actuală nu include încă roluri multiple, MFA și proceduri complete de recuperare.

Backendul rulează cu utilizator dedicat și acces limitat la fișiere. Secretul administrativ este separat de cod, iar datele persistente sunt păstrate în afara directoarelor publice. Închiderea orelor și operațiile de registru folosesc tranzacții. Copiile de siguranță, checkpointurile independente și restaurarea trebuie validate pe volume și situații reale de incident.

Înaintea unui pilot comercial sunt necesare testare de încărcare, monitorizare, politici de retenție, audit de acces, gestionarea vulnerabilităților și rotația cheilor. Geolocația publică este agregată la nivel de hex în Explorer; datele precise și identificatorii de proprietar trebuie accesibile numai celor care au nevoie de ele.

12 Foaia de parcurs și deciziile rămase

Etapa software livrează registrele, ingestia de test, Explorer-ul, administrarea și contabilitatea simulată. Etapa hardware trebuie să probeze două modele de gateway și un set restrâns de senzori, cu scenarii de întrerupere, recuperare și fraudă. Alegerea modelelor și a primei zone de pilot aparține proiectului, pe baza disponibilității și a cererii.

Etapa comercială urmărește surse licențiate și beneficiari cu nevoi măsurabile. Solana real și orice recompense pentru Sensors sau Cellular necesită specificație economică aprobată și audit. Cellular avansează prin laborator și partener telecom; înregistrarea unui amplasament nu produce un drept de emisie.

Rămân de stabilit entitatea responsabilă pentru un eventual token, oferta totală, alocările, vestingul, guvernanța, contestațiile, politica pentru relocare, criteriile RF, prețurile și condițiile de distribuție a veniturilor. Aceste decizii nu se deduc din funcționarea demonstrației și nu sunt aprobate prin publicarea documentului.

Referințe

Surse consultate la 7 noiembrie 2026. Materialele istorice nu confirmă disponibilitatea actuală a serviciilor. Proiectele menționate nu sunt parteneri Alpaca declarați.

R1 Pollen Mobile Docs versiunea istorică 2023
https://docs.pollenmobile.io/pollen-mobile-docs/white-paper/intro-to-pollen-mobile

R2 CERN Knowledge Transfer Highlights 2021
https://kt.cern/sites/default/files/resource/annual-report/knowledge-transfer-highlights-2021/kt-highlights-2021.pdf

R3 GEODNET Network și documentația RTK
https://geodnet.com/network

R4 WeatherXM Introduction și mecanismul rețelei
https://docs.weatherxm.com/introduction

R5 The Things Network comunități și principii
https://www.thethingsnetwork.org/start-a-community

R6 Helium HIP 139 Phase out CBRS
https://github.com/helium/HIP/blob/main/0139-phase-out-cbrs.md

R7 Hivemapper Terms of Service 5 mai 2026
https://www.hivemapper.com/tos

R8 DIMO Connect permisiunile proprietarilor
https://dimo.org/docs/build/building-with-tools/client-sdk-dimo-connect

R9 The Things Network calcul de airtime și Fair Use
https://www.thethingsnetwork.org/airtime-calculator

R10 ANCOM Serviciul mobil terestru
https://www.ancom.ro/autorizare-ro/serviciul-mobil-terestru/

R11 EUR Lex prezentarea Regulamentului MiCA
https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/european-crypto-assets-regulation-mica.html