



# Proposta Wasion para Interoperabilidade Completa em Dispositivos RF MESH Wi-SUN

**Tema:** Sistemas de Controle, Automação e Proteção

**Autores:** Alexandre Soares; Ciro Faccini; João Schutze; Samuel Romano; Samuel Tomasin

**Co-Autores:**

**Empresa:** Wasion América

---

## Resumo

O artigo propõe padronização completa para interoperabilidade de dispositivos RF MESH Wi-SUN, abrangendo todas as camadas do modelo OSI. A Wasion busca garantir interoperabilidade com outros fornecedores, utilizando protocolos abertos. Detalha ajustes necessários nas especificações Wi-SUN e apresenta resultados de testes, destacando a importância de servidores únicos de autenticação e segurança ponta a ponta.

## 1. Introdução

A Wi-SUN (*Wireless Smart Utility Network*) Alliance é uma organização internacional que fomenta a interoperabilidade de redes sem fio com aplicações em cidades inteligentes, internet das coisas (IoT) e *Utilities*. Esta solução oferece diversas vantagens, incluindo:

**Escalabilidade** - O IPv6 fornece um espaço de endereço quase ilimitado, permitindo que as redes Wi-SUN suportem muitos dispositivos e nós, tornando-o ideal para aplicações IoT de área ampla.

**Arquitetura de rede simplificada** - A solução baseada em IPv6 permite o endereçamento IP direto, reduzindo a necessidade de camadas e conversões de rede, simplificando a arquitetura da rede e melhorando a transparência da rede e a eficiência do gerenciamento.

**Comunicação ponta a ponta** - O IPv6 oferece suporte à comunicação ponta a ponta sem a necessidade de tradução de endereços de rede (NAT), o que ajuda a reduzir a latência e a melhorar a confiabilidade e a eficiência da transmissão de dados.

**Segurança** - O IPv6 suporta inerentemente IPsec (Internet Protocol Security), fornecendo mecanismos de segurança como autenticação, integridade de dados e criptografia, melhorando a segurança da rede.

**Mobilidade aprimorada e multi-homing** - O IPv6 melhorou o suporte para mobilidade e multi-homing, permitindo que os dispositivos se movam de forma mais flexível entre redes, mantendo a conectividade.

**Interoperabilidade** - O Wi-SUN baseia-se em padrões e protocolos abertos, garantindo uma boa interoperabilidade entre diferentes fabricantes e dispositivos, promovendo o desenvolvimento do ecossistema.

**Eficiência energética** - A tecnologia Wi-SUN foi projetada para baixo consumo de energia, combinada com a otimização IPv6, pode suportar dispositivos de baixo consumo de energia para operar por um longo tempo.

Uma solução ponta a ponta Wi-SUN é baseada na troca de informações ponta a ponta de forma eficiente, utilizando o protocolo IPv6, operando na faixa de frequência brasileira (902-907,5 MHz e 915-928 MHz, atualmente) e padrão IEEE 802.15.4G.

Existem diferentes certificações Wi-SUN disponíveis, para cada tipo produto. A certificação Wi-SUN PHY é voltada para a certificação de chipsets que são compatíveis com uma solução de interoperabilidade proposta. Já a certificação Wi-SUN FAN é voltada para produtos que já contenham os chipsets que passaram pela certificação Wi-SUN PHY. Esses produtos geralmente são *Access Points* (APs), Relays (Repetidores) ou NICs (*network interface cards*), sendo os 2 primeiros utilizados na construção de uma rede RF MESH, e o último utilizado em dispositivos como medidores, sensores ou aplicações de IoT.

A primeira versão da especificação Wi-SUN FAN 1.0 foi lançada em maio de 2016. Ela forneceu uma excelente solução para IoT de área ampla com escalabilidade, baixo consumo de energia e boa interoperabilidade. Especialmente para aplicações de redes inteligentes, o Wi-SUN pode fornecer um grande equilíbrio entre a taxa de transferência de dados e o desempenho de longa distância, ou seja, é muito adequado para aplicações frequentes, com grandes quantias de dados e comunicação de longa distância. Recentemente, milhões de NICs Wi-SUN foram aplicadas pelas concessionárias em escala global.

No entanto, a taxa de transferência máxima suportada pela especificação Wi-SUN FAN1.0 existente é 300kbps (@PHY Layer). É difícil atender aos requisitos de transferência massiva de dados, como intervalo de perfil de carga (load profile) de 5 minutos, acesso seguro de alto nível e troca de informações, além dos possíveis serviços avançados que podem ser expandidos no futuro. A Wi-SUN Alliance está desenvolvendo a especificação Wi-SUN FAN 1.1 de segunda geração, que suporta modulação e demodulação OFDM e a taxa de transferência máxima é de até 2,4 Mbps.

A especificação Wi-SUN FAN 1.1 ainda não foi finalizada, mas o processo de certificação para os chipsets já estão em andamento. Diversos fornecedores de soluções de rede já estão desenvolvendo produtos utilizando os esses chipsets que já passaram pela certificação Wi-SUN-PHY, como por exemplo a Wasion.

Entretanto independente da certificação Wi-SUN FAN 1.0 ou Wi-SUN FAN 1.1, o padrão Wi-SUN abrange somente as camadas de 1 a 4 do modelo OSI. Também, o padrão Wi-SUN FAN deixa algumas lacunas em sua especificação, criando brechas para que fornecedores realizem desenvolvimentos proprietários na solução, dificultando a interoperabilidade com outros fornecedores.

Da proposta da interoperabilidade promovida pelo padrão Wi-SUN, diversas distribuidoras de energia e outros players no Brasil possuem receio de uma ampla implementação de uma solução RF MESH baseada no padrão Wi-SUN devido a esses detalhes de interoperabilidade nas camadas 1 a 4 do padrão OSI, bem como a falta de padronização das camadas 5 e 6 e 7 deste mesmo modelo.

A Wasion entende que o padrão Wi-SUN fornece atualmente, o melhor padrão para aplicações AML, e possui um futuro promissor. Entretanto, a Wasion possui como premissa inegociável, que seus produtos sejam totalmente interoperáveis com produtos de outros fornecedores através de padrões *standard* de mercado. Diante disso, a Wasion propõe neste documento, algumas padronizações para que a solução RF MESH baseada em padrões Wi-SUN atinja a total interoperabilidade entre diferentes fornecedores de solução, contemplando todas as camadas (de 1 a 7) do padrão OSI.

Portanto, esse trabalho tem por objetivo mostrar a forma de padronização de todas estas camadas, bem como, demonstrar os resultados já obtidos utilizando essa padronização e interoperabilidade atingida com diferentes fornecedores de medidores no Brasil.

## 2. Desenvolvimento

Existem diversas arquiteturas utilizando redes RF MESH sendo aplicadas em diversas partes do mundo, entretanto, a mais comum utiliza uma arquitetura baseada em servidores DHCPv6, servidores que promovem autenticação RADIUS e realizam a distribuição dos certificados de autorização (CA) e servidores que possuem a função de realizar o gerenciamento da rede RF MESH, bem como realizar coleta de dados dos dispositivos terminais. Uma arquitetura básica, utilizando o padrão Wi-SUN é mostrada na figura abaixo:

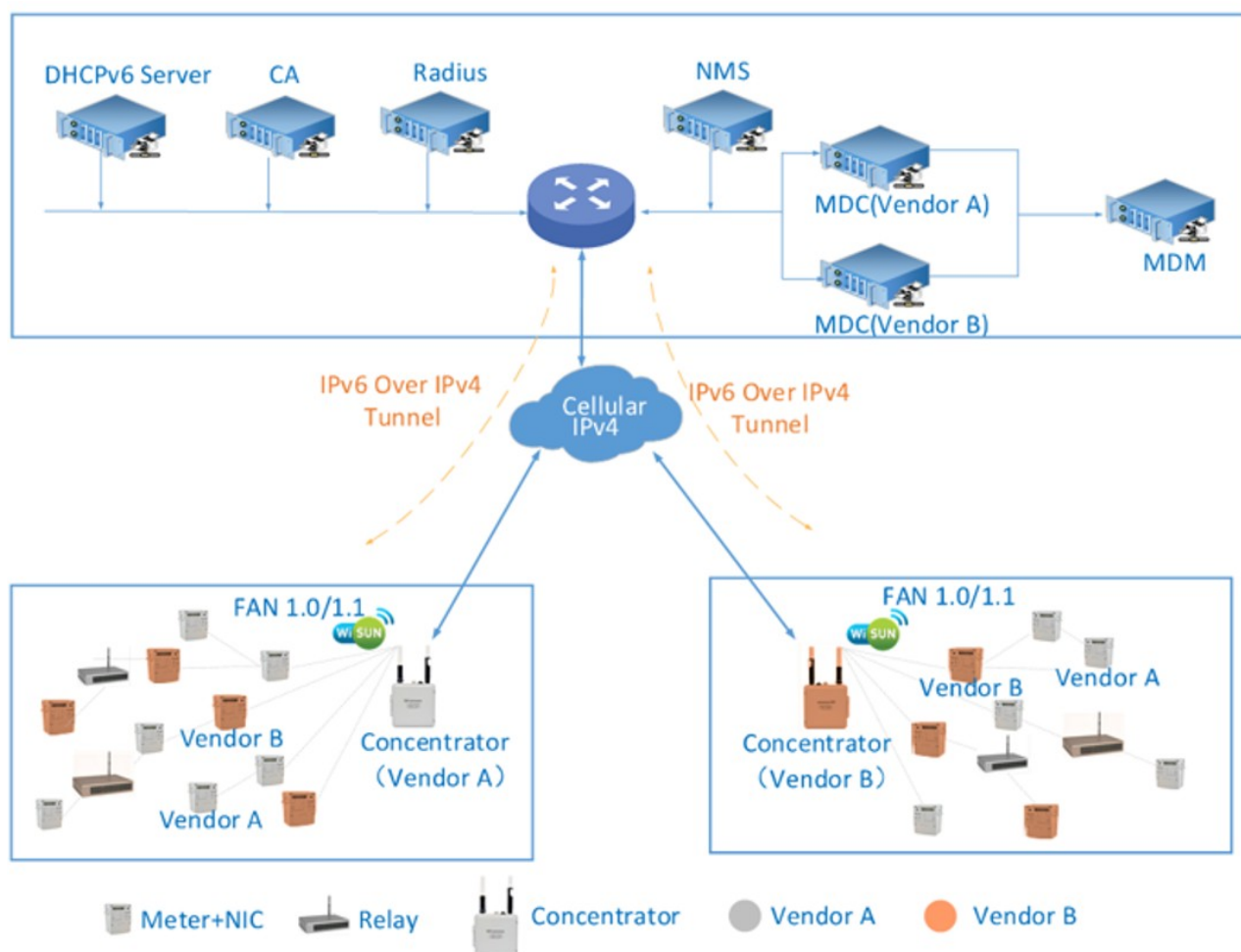


Figura 1 – Arquitetura padrão de projetos AMI

Dando um pouco mais de foco nas aplicações que constituem esse sistema, pode-se citar:

' O MDC (*Meter Data Collector*) servindo como central para gerenciar agendas e coletar dados dos medidores inteligentes. Ele permite a comunicação bidirecional entre medidores inteligentes e a concessionária. O MDC facilita a leitura, monitoramento e controle remoto de medidores de energia elétrica, atuando como repositório de dados de medição.

' O KMS (*Key Management System*) desempenha um papel fundamental na segurança de dados. Ele gera, armazena e autentica chaves criptográficas. Ao gerenciar chaves com segurança, o KMS garante a confidencialidade e a integridade dos dados criptografados. É particularmente crucial para a conformidade com os regulamentos de privacidade de dados e proteção contra MDC.

' O NMS (*Network Management System*) é uma solução abrangente para gerenciamento de dispositivos e serviços de rede. Ele monitora o desempenho da rede, configura dispositivos e soluciona problemas. O NMS fornece visibilidade da integridade, segurança e conformidade da rede, permitindo que os administradores enfrentem os desafios de forma proativa.

' O APPs contém o aplicativo de leitura de medidores e aplicativo que realiza configuração/reconfiguração dos dispositivos de rede, que podem ajudar engenheiros ou técnicos a lidar com tarefas no local em uma forma eficiente.

' O Energy BI, possui como foco a análise de dados e relatórios, dashboard, com recursos multidados, pode fornecer informações valiosas baseadas na análise de big data para gestão de recursos e decisão comercial.

O NMS e o KMS são as aplicações mais importantes para a Constituição de uma rede interoperável, portanto, eles devem ser desenhados para que a solução completa AMI contenha somente um NMS e um KMS, facilitando assim a sua construção.

A figura abaixo, contém uma arquitetura básica de correlação entre estas diversas aplicações:

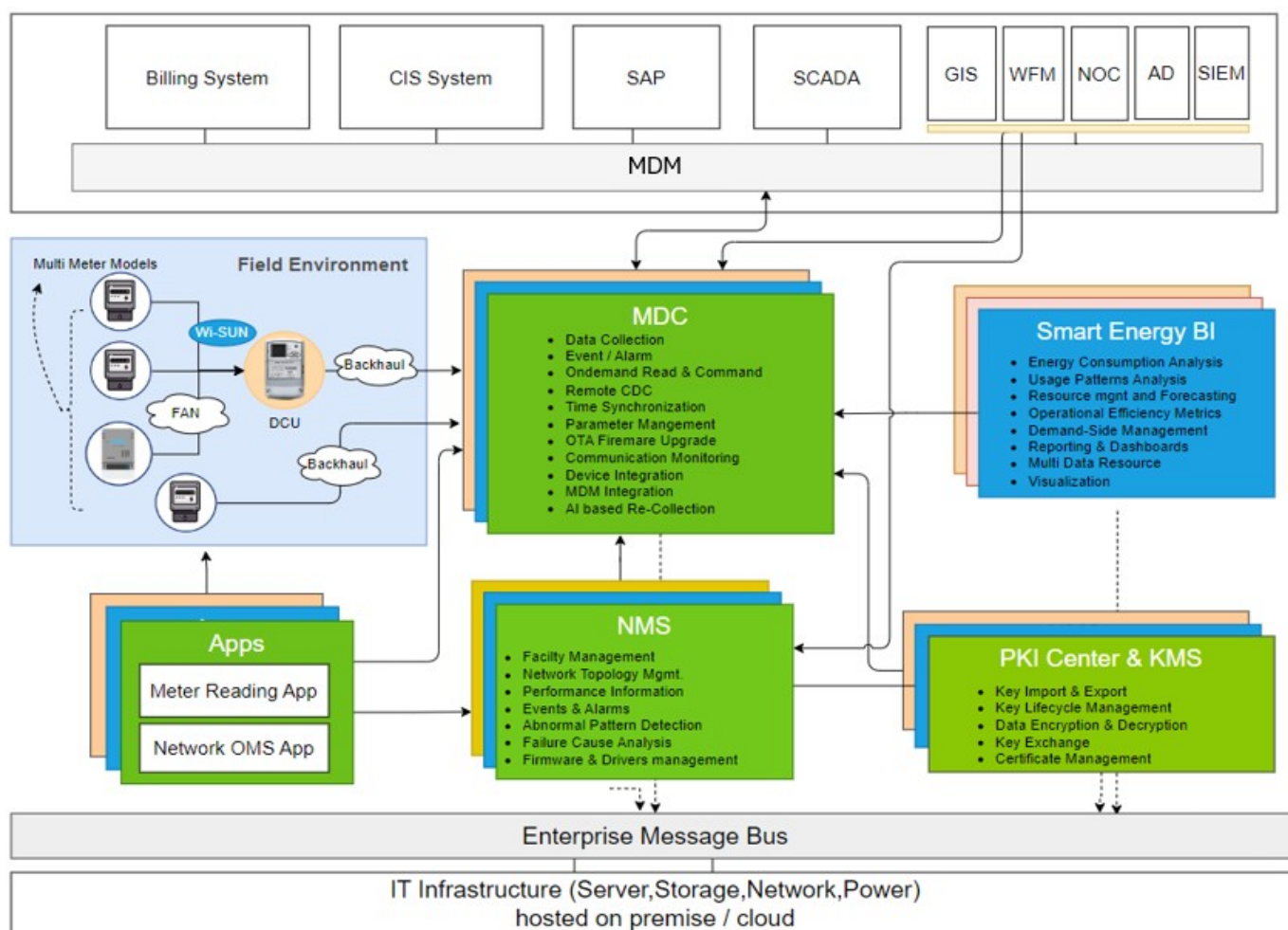


Figura 2 – Arquitetura geral das aplicações

O modelo OSI é amplamente reconhecido na área de redes de computadores e fornece uma estrutura padrão para a interação e comunicação entre diferentes protocolos em sistemas computacionais. Composto atualmente por sete camadas, cada uma desempenhando funções específicas, o modelo facilita o desenvolvimento, a compreensão e a interoperabilidade das redes. As camadas, organizadas da mais baixa para a mais alta, são: Camada Física (*Layer 1*), Camada de Enlace de Dados (*Layer 2*), Camada de Rede (*Layer 3*), Camada de Transporte (*Layer 4*), Camada de Sessão (*Layer 5*), Camada de Apresentação (*Layer 6*) e Camada de Aplicação (*Layer 7*). Juntas, essas camadas colaboram para permitir uma comunicação padronizada em sistemas de redes de computadores.

A especificação perfil Wi-SUN FAN 1.1 é baseada somente na padronização das camadas de 1 a 4, sendo a camada Física responsável pela transmissão física dos dados, lidando diretamente com aspectos como voltagem, cabos e sinais elétricos, baseada no padrão IEEE 802.15.4g, utilizando modulação OFDM para comunicação em faixas de frequência licenciadas ou não licenciadas, com suporte para taxas de dados de até 2,4 Mbps.

Na camada de Enlace de Dados, acontece a transferência confiável de dados entre dispositivos em uma rede local, incluindo endereçamento físico, controle de erros e gerenciamento de fluxo. É baseada no padrão IEEE 802.15.4e, que suporta diversas topologias de rede, como estrela, malha e híbrida etc. Os mecanismos de segurança nesta camada protegem a rede contra ataques cibernéticos.

Já, a camada de Rede cuida do roteamento de dados entre diferentes redes, utilizando endereços IPs para conectar sub-redes distintas, com suporte ao protocolo IPv6 para permitir a integração com outros dispositivos e redes com esta tecnologia. Ele suporta os principais serviços de rede, como roteamento de pacotes, descoberta de vizinhos e gerenciamento de endereços.

Finalmente, a camada de Transporte oferece serviços de comunicação de ponta a ponta, garantindo a entrega dos dados, controle de congestionamento e correção de erros, por meio de protocolos como TCP e UDP.

Mesmo as camadas 1 a 4 estando contempladas no padrão Wi-SUN, são necessários alguns ajustes na documentação técnica para que não haja qualquer tipo de brechas ou interpretações quando o fornecedor de solução RF MESH desenvolve os seus produtos.

Um dos pontos fundamentais e que são mandatórios para uma total interoperabilidade entre os dispositivos, havendo hoje brechas na especificação Wi-SUN é o fornecimento de um servidor DHCPv6 único para a solução. O método de geração de IPs pode variar de fabricantes gerando assim, um problema para o atingimento da interoperabilidade necessária.

Também, a padronização Wi-SUN oferece opções para a geração e utilização de certificados digitais, abrindo algumas lacunas que permitem diferentes soluções por diferentes fabricantes de equipamentos. A definição dos certificados digitais no momento inicial do projeto, é de suma importância para que haja o atingimento da interoperabilidade pretendida como projeto.

No aspecto de segurança, reforçamos nossa solução de segurança ponta a ponta, que cobre a implantação do sistema, provisionamento de dispositivos, função do usuário, transmissão de comunicação, interação da interface do sistema, operação e manutenção, auditoria tardia e assim por diante durante todo o ciclo do projeto. O objetivo da solução é proteger o sistema e os dados do dispositivo tanto quanto possível. Adicionalmente, sobre a segurança ponta a ponta (E2E) destacamos:

- ' Controle de acesso dos dispositivos usando EAP-TLS
- ' Comunicação MDC<-> medidor usando Security Suíte 0/1/2
- ' Comunicação MDC <-> Gateway usando TLS1.2
- ' KMS: Suporte a troca periódica de chaves com o medidor
- ' KMS: Suporte a HSM e SSM (criptografia por hardware e software)
- ' Servidor PKI/CA seguro e confiável
- ' Integração com sistemas de terceiros via HTTPs APIs
- ' Autenticação baseada em papéis; AAA - Authentication, Authority, Accounting;
- ' Cibersegurança de rede com firewall e DMZ

Adicionando também mais um ponto, é necessário que a solução apresente um servidor único de autenticação/autorização fazendo assim com que a solução possa ser gerida de forma efetiva. O acesso seguro aos equipamentos pode ser controlado através da implantação de servidores AAA e serviços gerenciados,



como Radius ou TACACS +. E a segurança da troca de dados pode ser garantida pela aplicação da especificação DLMS SUÍTE 1.

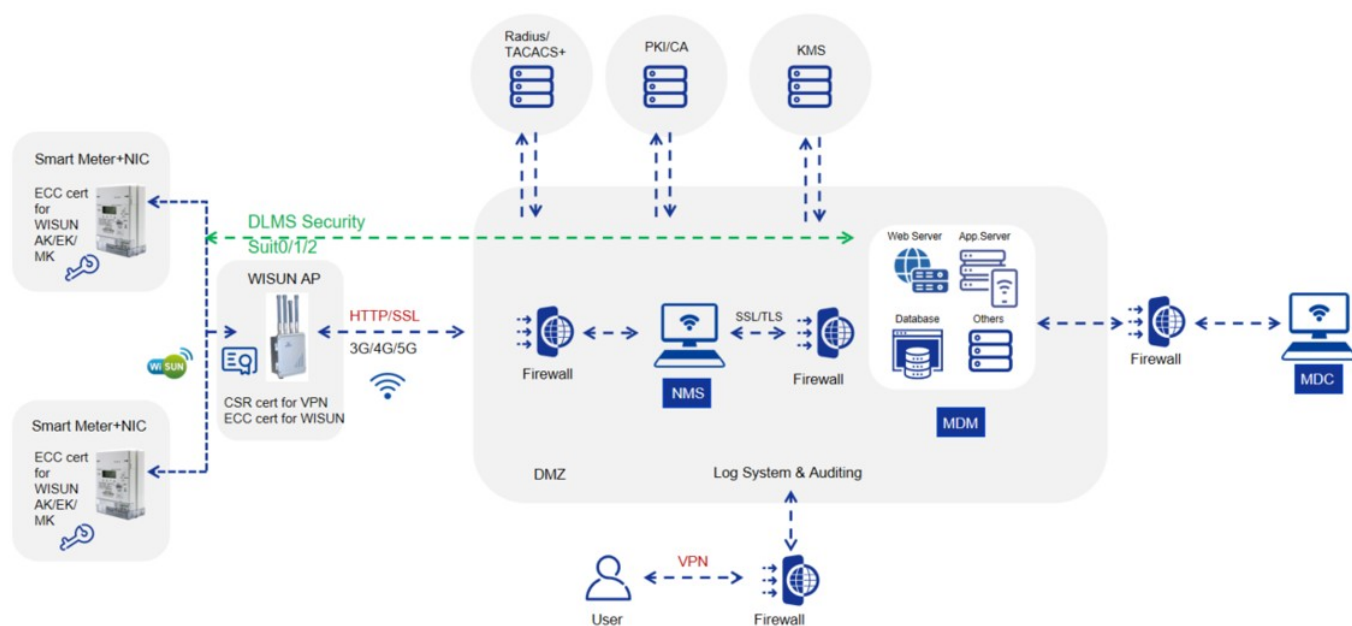


Figura 3 – Arquitetura de Segurança da Solução

Voltando agora, para as camadas OSI que não estão contempladas na padronização Wi-SUN FAN 1.0 e 1.1, temos as camadas 5 - Sessão, 6 - Apresentação e 7 – Aplicação. Toda a interoperabilidade de NICs de diferentes fornecedores é baseada na implementação da pilha de protocolos Wi-SUN padrão. Para as partes que não estão definidas de forma clara ou múltiplas vezes na especificação Wi-SUN, a Wasion propõe com este trabalho, oferecer regras detalhadas através de padrões *standard* de mercado para antes da implementação, para que todos os fornecedores possam segui-las, garantindo que diferentes NICs possam ser conectadas ao mesmo sistema sem de qualquer SDK extra. Essas regras incluem, mas não estão limitadas a:

' Parâmetros da camada física:

Frequência de operação

Método de modulação

Taxa de transmissão

Domínio regulatório

Classe de operação

Modo de operação

Canal permitido

Lista de canais permitidos

Versão do FAN

FEC (*Forward Error Correction*)

Troca de modo (FAN1.1)

' Parâmetros da camada MAC:

Número do canal

Nome da rede PAN (Personal Area Network)

Nome da rede

Tipo de dispositivo

Intervalo de espera unicast

' Parâmetros da camada de rede:

Método de alocação de endereço IP (estático ou dinâmico)

' Protocolo de Roteamento

Utilizando o mesmo protocolo de roteamento, como RPL, sob IP, ou acima do MAC

Configurações consistentes de parâmetros do protocolo de roteamento (como método de cálculo de custo de roteamento etc.)

' Estratégia de Segurança

Algoritmos de criptografia e métodos de distribuição de chaves

Chave privada do dispositivo

Certificado do dispositivo

Chave privada da CA (Autoridade Certificadora)

Na figura abaixo, são mostradas todas as 7 camadas do modelo OSI, sendo destacadas em laranja, as camadas de sessão, apresentação e aplicação que não estão hoje contempladas no perfil Wi-SUN e que são o foco de padronização deste trabalho.

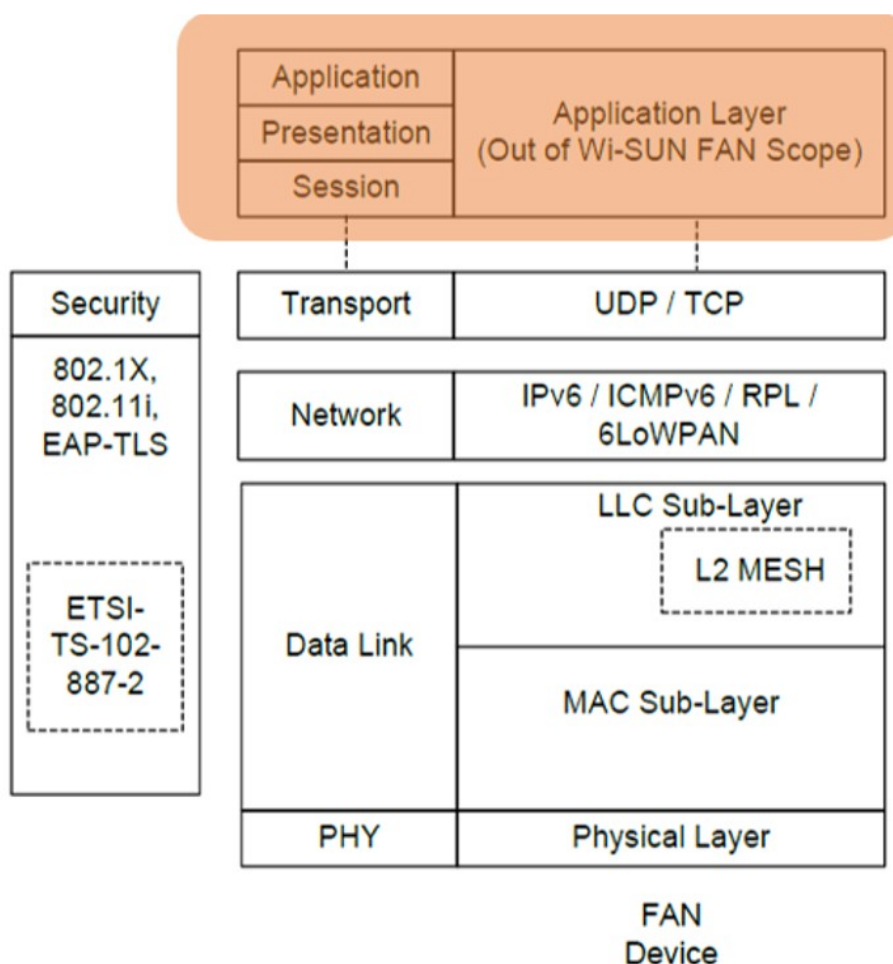


Figura 4 – Camadas OSI – Wi-SUN não possui especificação para os itens destacados em laranja. Dando agora um pouco mais de detalhes sobre os padrões utilizados pelo Wi-SUN, para as camadas física, dados, rede e transporte, Foram confeccionadas 2 figuras (abaixo) demonstrando a pilha de protocolos utilizadas neste padrão.

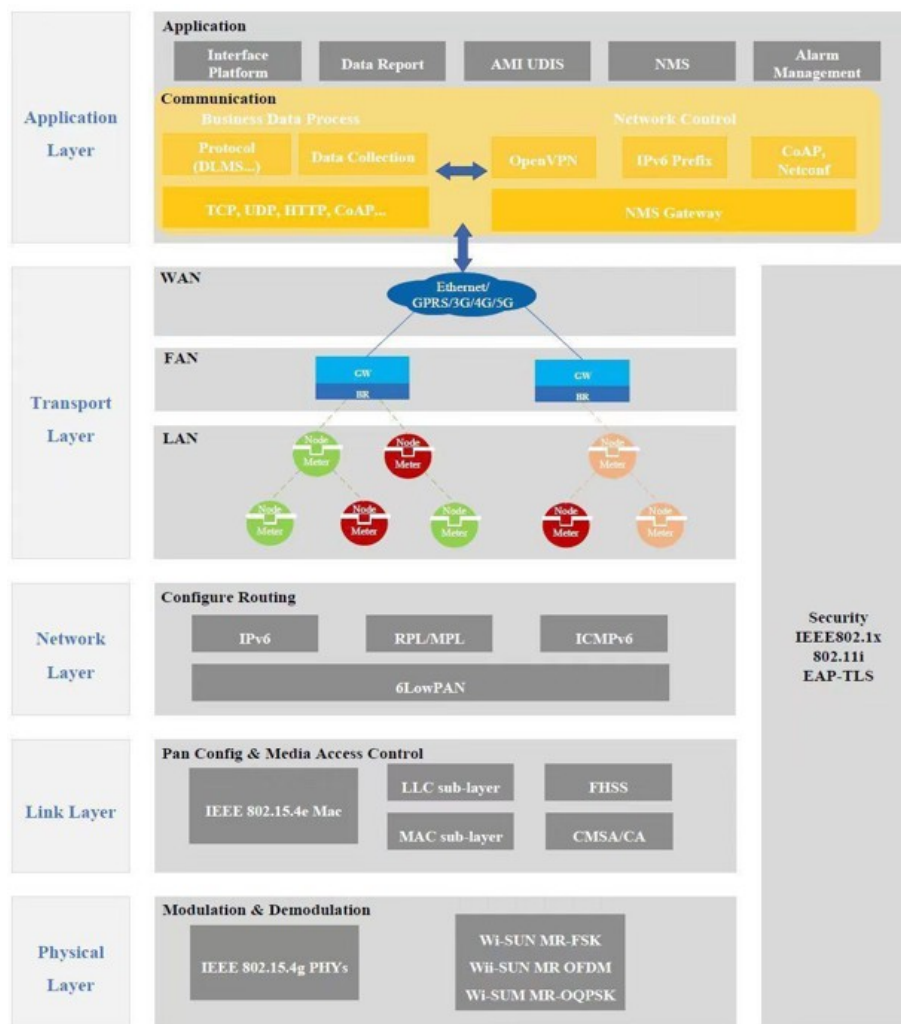


Figura 5 – A arquitetura da solução ponta a ponta



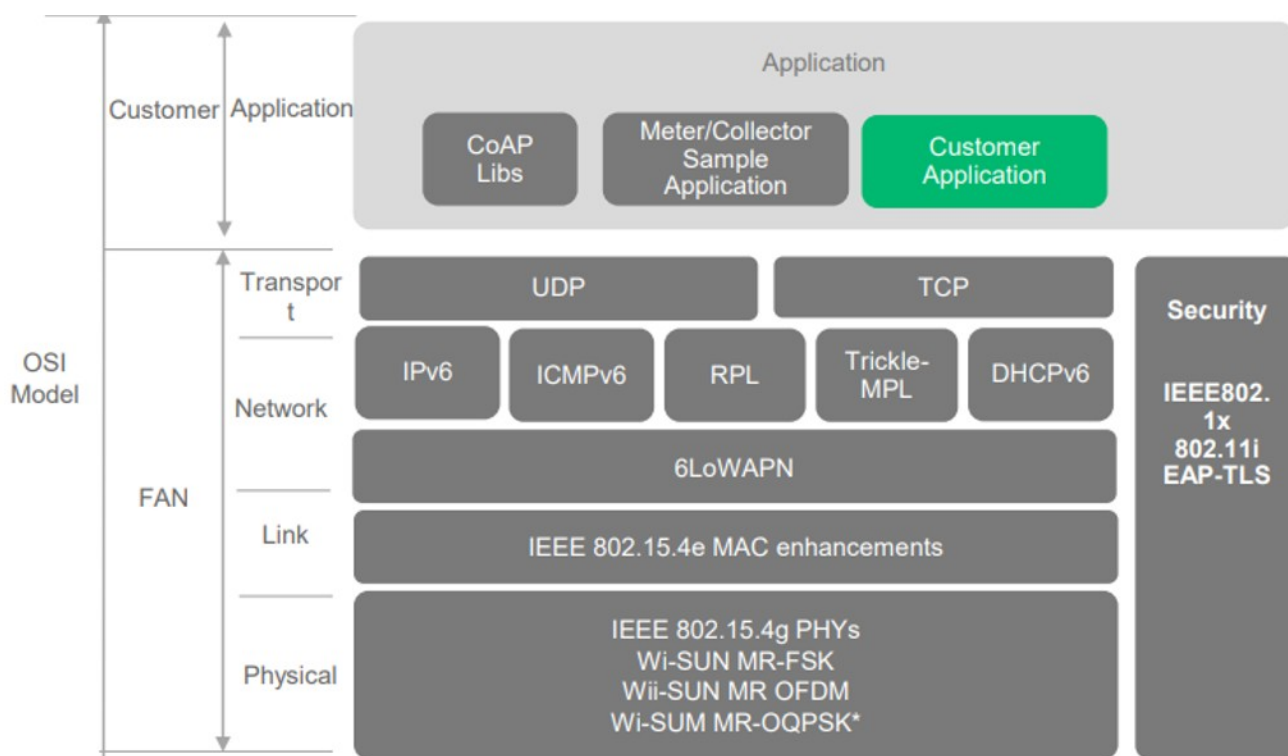


Figura 6 – Pilha de protocolos para NIC

Dando um pouco mais de foco no processo de interoperabilidade, a Wasion possui como premissa a adoção de protocolos de mercado e abertos, facilitando o processo de integração de outros fornecedores de soluções AML.

A utilização de tais protocolos possibilita que não haja a necessidade a todo momento de realização de integração, significando diminuição dos custos por parte dos fornecedores e principalmente atingindo a interoperabilidade necessária para garantir a operação e manutenção dos sistemas RH MESH.

A escolha dos protocolos pela Wasion levou em conta a maior utilização deles por diferentes fornecedores, correlacionando com a especificação Wi-SUN, chegando nos padrões abaixo listados:

'Wi-SUN Alliance - Especificação de perfil técnico Wi-SUN FAN 1.0, versão 1v33

'Aliança Wi-SUN - Especificação de perfil técnico Wi-SUN FAN 1.1

'ISO/IEC 7498-1:1994 - Tecnologia da informação - Sistemas Abertos -Interconexão - Modelo Básico de Referência: O Modelo Básico

'IETF RFC 2865 - Serviço de usuário de discagem de autenticação remota (RADIUS)

'IETF RFC 5905 - Network Time Protocol Versão 4: Especificação de protocolo e algoritmos

'IETF RFC 3339 - Data e hora na Internet: carimbos de data e hora

'IETF RFC 7731 - Protocolo Multicast para Redes de Baixo Consumo e com Perdas (MPL)

'IETF RFC 3315 - Protocolo de configuração dinâmica de host para IPv6 (DHCPv6)

'IEC 62056-21 Troca de dados para leitura de medidores, tarifas e controle de carga - Conexão local direta (3ª edição da IEC 61107)

'Troca de dados de medição de eletricidade IEC 62056-7-6 - O conjunto DLMS/COSEM - Parte 7-6: O perfil de comunicação baseado em HDLC orientado à conexão de 3 camadas

'IEC 62056-4-7 Troca de dados de medição de eletricidade - O conjunto DLMS/COSEM - Parte 4-7: Camada de transporte DLMS/COSEM para redes IP

'IEC 62056-5-3 Troca de dados de medição de eletricidade - O conjunto DLMS/COSEM - Parte 5-3: Camada de aplicação DLMS/COSEM

'IEC 62056-6-1 Troca de dados de medição de eletricidade - O conjunto DLMS/COSEM - Parte 6-1: Sistema de identificação de objetos (OBIS)

'IEC 62056-6-2 Troca de dados de medição de eletricidade - O conjunto DLMS/COSEM - Parte 6-2: Classes de interface COSEM

'DLMS UA 1000-2 Ed.11, Livro Verde 2021, Arquitetura e Protocolos DLMS/COSEM

'DLMS UA 1000-1 Ed.16, 2023 Blue Book, Sistema de Identificação COSEM e Classes de Interface

A figura abaixo mostra uma Pilha de protocolos e integração MDC – MDM via IEC-61968:

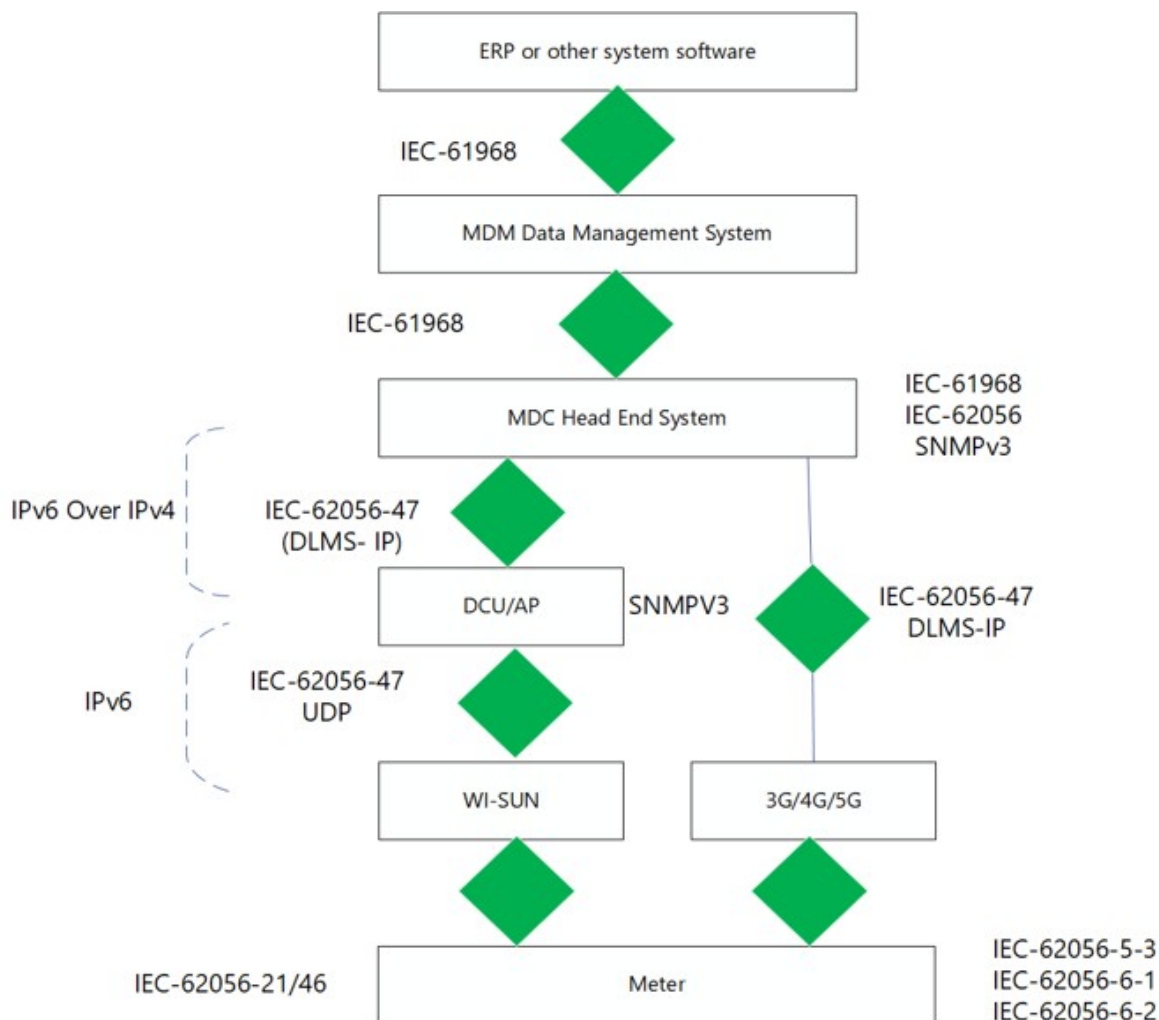


Figura 7 – Arquitetura de Protocolos

Um dos pontos centrais para a interoperabilidade é a escolha dos chipsets que serão compostos os equipamentos de telecom. Os chips devem ser de alto desempenho e capazes de sofrer atualizações e reprogramações a fim de tornar as plataformas cada vez mais intercambiáveis entre diferentes fabricantes de dispositivos. Nesta linha, os equipamentos de rede da Wasion (Access Points e Relays RF MESH Wi-SUN) possuem desenvolvimento com dois fabricantes de chipsets diferentes, não necessitando assim, aos demais players de medidores e rede ficarem presos a um SDK padrão Wasion. Isso demonstra que a Wasion desenvolve sua solução para que seja totalmente interoperável, somente utilizando padrões standard de mercado.

Para propiciar a validação da arquitetura proposta pela Wasion, considerando perfis Wi-SUN e protocolos abertos de mercado, durante os meses de agosto a dezembro de 2024, foram realizadas diversos testes com diferentes fabricantes de medidores e rede RF MESH, buscando a interoperabilidade proposta.

Foi instalado em ambiente Cloud as aplicações KMS, NMS e MDC (UDIS) Wasion, formando assim um único servidor DHCPv6, único servidor que fornece os certificados digitais e também um único servidor de autenticação, necessários para o correto funcionamento da rede RF MESH. Foram instalados também dois Access Points para testes envolvendo handover da solução. Os Access Points possuem *backhaul* utilizando a mídia pública de telefonia celular brasileira.



Figura 8 – KMS instalado em ambiente *cloud*

Para comprovar a interoperabilidade proposta pela Wasion, utilizando protocolos abertos, foram instalados medidores de dois fabricantes de renome que possuem fábrica no Brasil e mais um fabricante de medidor entrante no mercado nacional, denominados “Fabricante 1”, “Fabricante 2” e “Fabricante 3”, além de medidores da própria Wasion. Salieta-se também, que os NICs contidas nos medidores dos fornecedores participantes foram desenhados e produzidos por eles mesmos, não sendo desenhos/configurados pela Wasion. Os APs utilizados pela Wasion já eram equipamentos com chipsets Wi-SUN FAN 1.1. A figura abaixo, mostra um esquemático da arquitetura dos testes propostos:



Figura 9 – Proposta de ambiente de testes

Todos os fabricantes de medidores que foram envolvidos nos testes, respeitaram a utilização da pilha de protocolos abertos conforme camadas OSI mostradas abaixo:

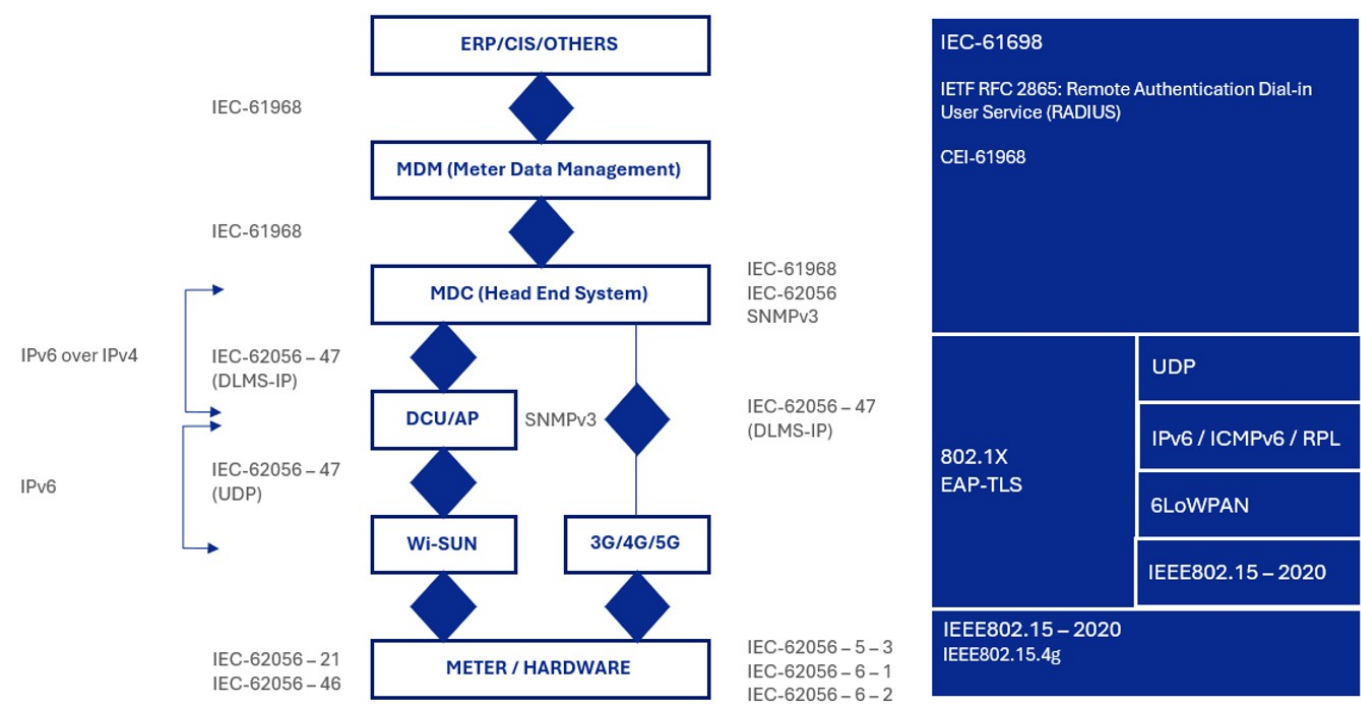


Figura 10 - Camadas OSI utilizando protocolos abertos

Inicialmente, foi verificado se todos os dispositivos envolvidos no teste estavam online no software de gerência da rede RF MESH. Verificou-se que todos os dispositivos estavam atrelados e comunicando com o Access Point Wasion 07311001:

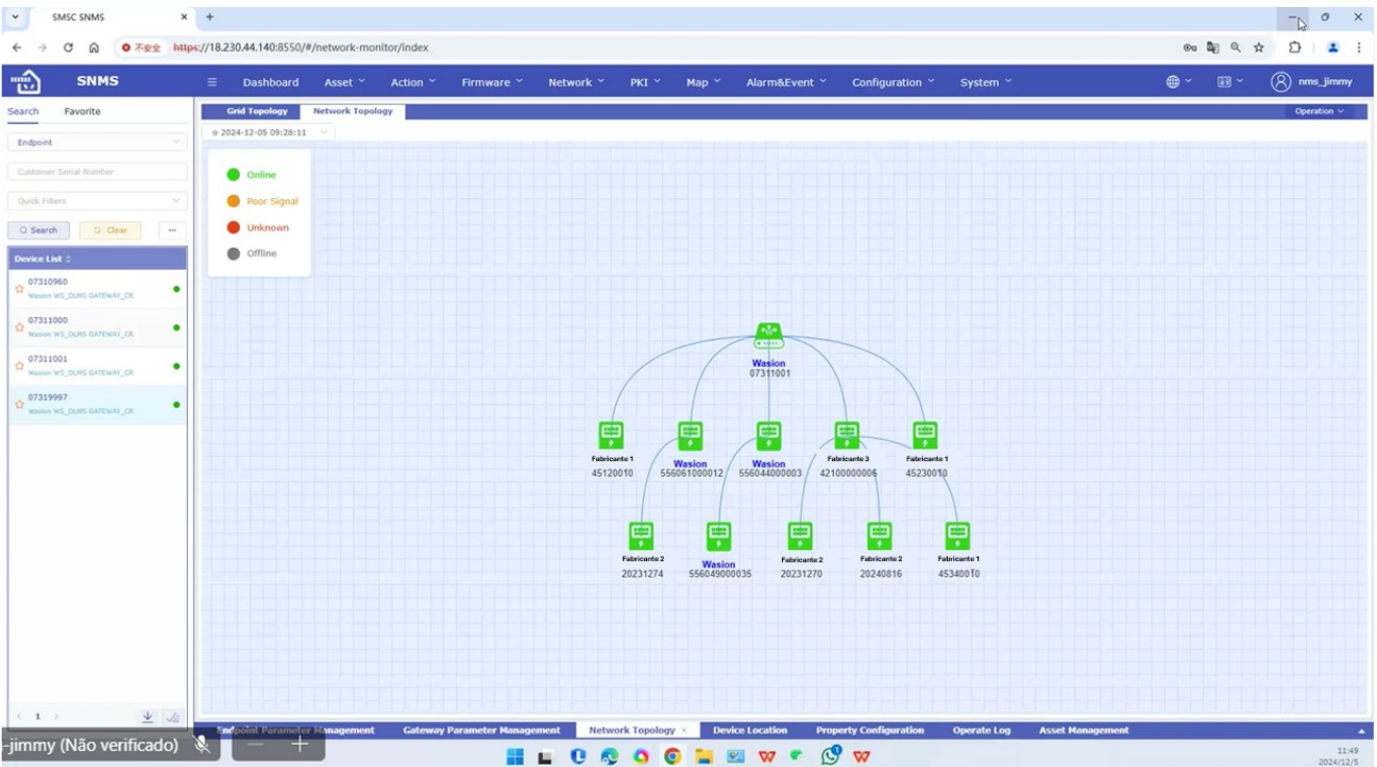


Figura 11 – Estrutura de comunicação atual



Esse Access Point foi desligado posteriormente, e a rede RF MESH foi reconfigurada automaticamente, agora com todos os dispositivos comunicando com o Access Point Wasion 07319997.

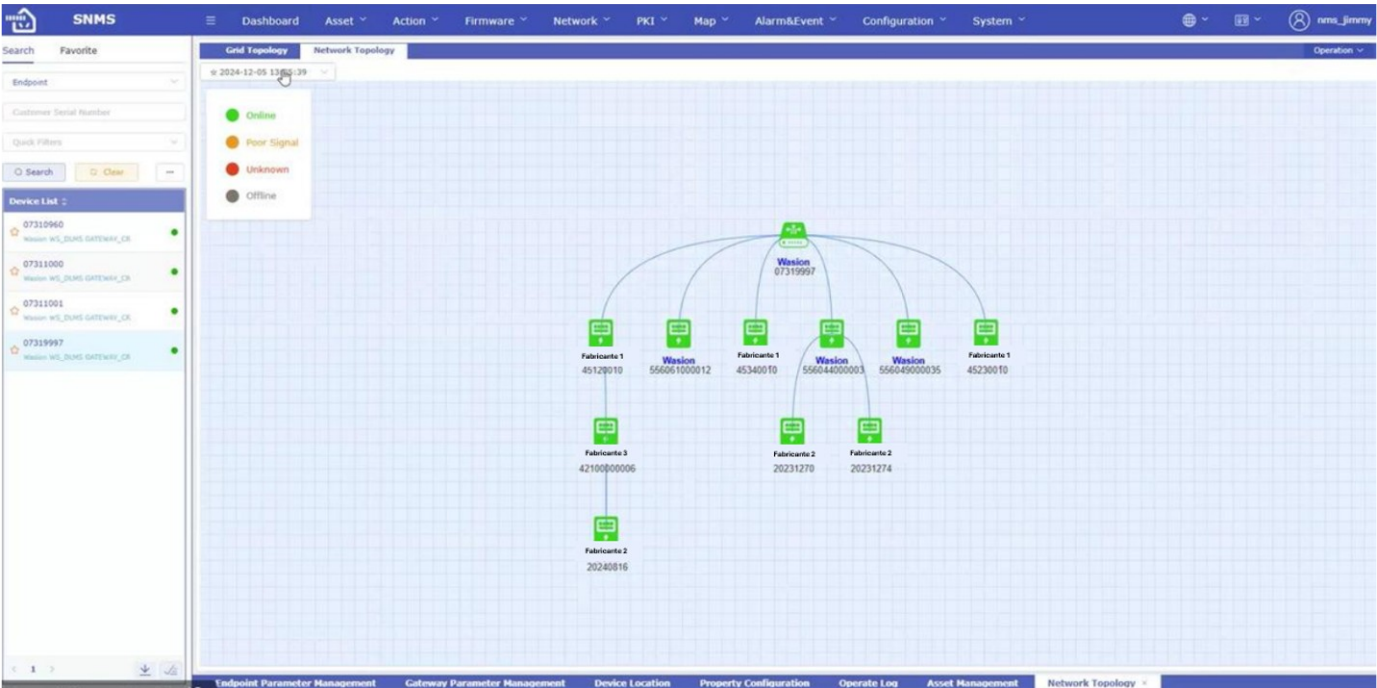


Figura 12 - Rede atual reconfigurada após desligamento do Access Point 07311001

Após alguns minutos a rede assumiu a sua reconfiguração final, mostrando inclusive com uma comunicação entre diferentes fornecedores de medidores, mostrando assim que a proposta de interoperabilidade sugerida pela Wasion efetivamente possibilita a total comunicação de dispositivos de diferentes fabricantes. A figura abaixo, mostra porque todos os dispositivos estão online e comunicando com o sistema de gerência da solução.

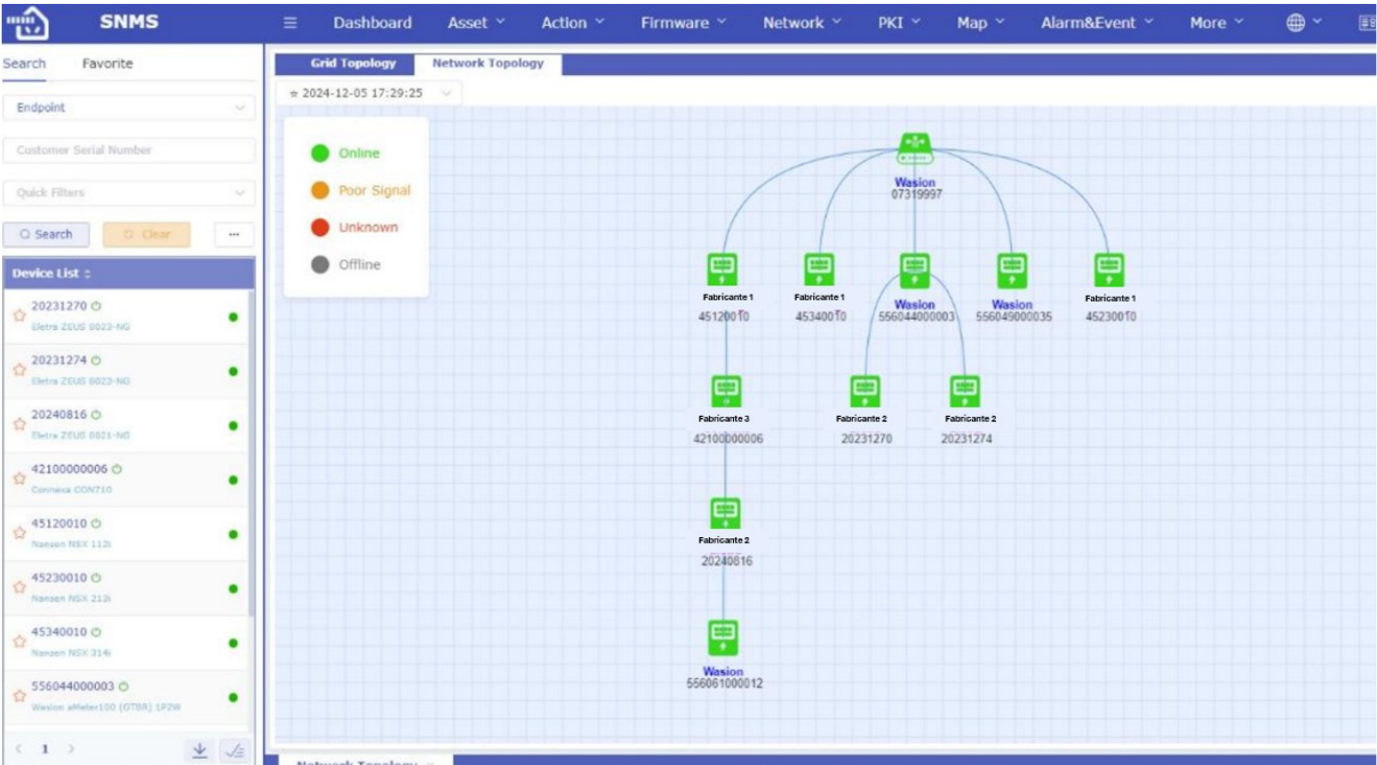




Figura 13 - Rede estabilizada após desligamento do Access Point 07311001

Diversos testes envolvendo leitura de memória de massa, registradores, diagramas fatoriais, eventos, alarmes, logs de NICs, bem como configurações de cargas de programa, Atualização de firmware, leituras em formato de contingência, configurações dos NICs foram realizados para comprovar o total funcionamento da solução proposta. Todos os testes foram executados com sucesso, independente do fabricante de medidor/NIC.

### **3. Conclusão**

A proposta da Wasion para a interoperabilidade completa em dispositivos RF MESH Wi-SUN é um passo significativo para a padronização e eficiência das redes inteligentes no mundo. Através da adoção de protocolos abertos e padrões de mercado, a Wasion demonstra que é possível alcançar uma comunicação eficaz e segura entre dispositivos de diferentes fabricantes. Os testes realizados com diversos fornecedores de medidores e redes RF MESH comprovaram a viabilidade e a robustez da solução proposta, garantindo a interoperabilidade necessária para a operação e manutenção dos sistemas.

A implementação de um servidor único de autenticação e autorização, bem como a utilização de um servidor DHCPv6 e certificados digitais padronizados, são elementos cruciais para o sucesso da solução. Além disso, a segurança ponta a ponta, com controle de acesso rigoroso e criptografia avançada, assegura a integridade e a confidencialidade dos dados transmitidos.

Com a evolução contínua das especificações Wi-SUN FAN e a colaboração entre diferentes players do mercado, a Wasion está posicionada para liderar a transformação das redes inteligentes, promovendo um ecossistema interoperável e eficiente. A padronização das camadas do modelo OSI, incluindo as camadas de sessão, apresentação e aplicação, é fundamental para garantir a total interoperabilidade e o sucesso das implementações futuras.

### **4. Referências bibliográficas**

PHYSPEC] “Wi-SUN PHY Specification”, <https://wi-sun.org/>

[Wi-SUN-FAN] “Wi-SUN Field Area Network (FAN) Technical Profile Specification 1v33”, <https://wi-sun.org/>

[IEC 61968-100] “Application integration at electric utilities - System interfaces for distribution management - Part 100: IEC implementation profiles for application integration”, <https://webstore.iec.ch/en/publication/67766>