**📌 TÓM TẮT NHU CẦU**

| **Hạng mục** | **Yêu cầu** |
| --- | --- |
| **Mục tiêu** | Intercom cho đoàn mô tô, ngoài trời, nhóm nhỏ |
| **Âm thanh** | 2 chiều, realtime, full-duplex |
| **Kết nối** | Mesh, không phụ thuộc internet, phục hồi mạng tự động |
| **Nguồn** | Pin, tiết kiệm năng lượng |
| **I/O** | Nút bấm, biến trở, LED đơn giản |
| **Giao diện** | Không có màn hình, không có camera |
| **Vật liệu** | Vỏ nhựa chống nước, chống va đập |
| **Cập nhật firmware** | Qua USB |
| **Không có** | Ghi âm, thẻ nhớ, API, log, quản lý cuộc gọi |

**⚙️ GỢI Ý PHẦN CỨNG CỤ THỂ**

**1. Vi điều khiển / SoC**

| **Tên MCU / SoC** | **Ưu điểm chính** |
| --- | --- |
| **ESP32-S3** | Có hỗ trợ BLE Mesh / WiFi, nhiều bản có PSRAM cho audio, có thư viện hỗ trợ tốt |
| **nRF52840** | BLE Mesh, tiết kiệm năng lượng rất cao, Nordic hỗ trợ phần mềm mạnh |
| **ESP32-C6** | Hỗ trợ Thread + BLE Mesh, mới hơn, có tiềm năng cao |
| **TI CC1352P** | Sub-GHz + BLE Mesh, xa hơn, năng lượng thấp, nhưng giá và dev phức tạp hơn |

✅ **Gợi ý mạnh nhất**: **nRF52840** hoặc **ESP32-S3** tùy theo bạn muốn ưu tiên **năng lượng thấp** (Nordic) hay **thư viện dễ tìm, tài liệu phong phú, giá rẻ** (ESP32).

**2. Audio**

| **Thành phần** | **Gợi ý** |
| --- | --- |
| **Microphone** | I2S MEMS mic (như INMP441 hoặc SPH0645) |
| **Loa** | 8Ω 1W mini speaker (tùy theo không gian vỏ) |
| **Amplifier** | MAX98357A (I2S Audio Amp) hoặc PAM8302 cho analog |
| **Biến trở âm lượng** | Dùng biến trở analog => ADC hoặc encoder quay |
| **Nút vật lý** | Nút push hoặc switch 2 vị trí để bật mic |

**3. Nguồn**

| **Thành phần** | **Gợi ý** |
| --- | --- |
| **Pin** | 18650 Li-ion, 1 cell, dung lượng cao (~3000mAh) |
| **Sạc** | Module TP4056 có bảo vệ |
| **Nguồn cấp** | Buck 3.3V cho vi điều khiển và amp |

**4. Vỏ ngoài**

* Nhựa ABS/PC nguyên khối, có ron chống nước
* Đạt IP54–IP67 tùy yêu cầu
* Cấu trúc dạng kẹp hoặc gắn mũ bảo hiểm

**📶 GIAO THỨC MESH ĐỀ XUẤT**

| **Giao thức** | **Đánh giá** |
| --- | --- |
| **Bluetooth Mesh (BLE Mesh)** | Hỗ trợ trên nRF52 và ESP32-S3, phù hợp mạng nhỏ, tiết kiệm pin |
| **ESP-NOW Mesh (tùy biến)** | Cần tùy biến cao, nhưng dễ hiện thực với ESP32 |
| **Thread/802.15.4** | Chỉ nên cân nhắc nếu chọn dòng như ESP32-C6 hoặc TI CC1352 |
| **LoRa Mesh (tùy biến)** | Xa hơn, nhưng băng thông thấp => không phù hợp audio realtime |

✅ **Gợi ý mạnh nhất**: **Bluetooth Mesh** hoặc **ESP-NOW tùy biến**, tùy nền tảng MCU.

**🧠 CHỨC NĂNG PHẦN MỀM**

| **Tính năng** | **Mô tả** |
| --- | --- |
| **Auto-discovery** | Khi bật thiết bị, tìm các node mesh xung quanh và kết nối tự động |
| **Auto-routing** | Nếu node giữa bị tắt, hệ thống tự chọn đường đi khác |
| **Push-to-talk (nếu half-duplex fallback)** | Giữ nút để nói (tùy tình huống tiết kiệm pin) |
| **Full-duplex** | Nếu đủ CPU và băng thông |
| **AGC / Echo cancel** | Nếu cần rõ tiếng khi đi xe (tùy mức phức tạp) |
| **Volume control** | Đọc ADC từ biến trở để điều chỉnh âm lượng |
| **Minimal LED** | LED hiển thị trạng thái: đang kết nối / đã kết nối / pin yếu |

**🔋 TỐI ƯU PIN**

* Tắt radio khi không có người nói (Voice Activity Detection?)
* Giảm công suất RF khi kết nối gần
* Bật chế độ sleep định kỳ, giữ hoạt động qua RTC / GPIO interrupt
* Độ sáng LED thấp, thời gian LED bật ngắn

**🧪 TÍNH CHẤT KỸ THUẬT ĐÁNH GIÁ**

| **Tiêu chí** | **Mục tiêu thiết kế** |
| --- | --- |
| **Độ trễ âm thanh** | < 100 ms nếu full-duplex |
| **Thời lượng pin** | Ít nhất 6–10 giờ sử dụng liên tục |
| **Số node mesh** | 3–8 node là lý tưởng cho nhóm nhỏ |
| **Tốc độ kết nối** | Dưới 10 giây từ lúc bật tới khi giao tiếp được |

**✅ KẾT LUẬN: GỢI Ý TỔNG THỂ**

| **Thành phần** | **Gợi ý** |
| --- | --- |
| **MCU/SoC** | ESP32-S3 (I2S + Mesh + dễ dùng), hoặc nRF52840 |
| **Mic** | I2S MEMS Mic |
| **Amp + Loa** | MAX98357A + mini speaker |
| **Mesh** | ESP-NOW (tùy biến) hoặc BLE Mesh |
| **Nguồn** | Pin 18650 + TP4056 |
| **Housing** | Nhựa chống nước IP54+, kiểu gắn mũ |