

# پروتکل BLE (Bluetooth Low Energy)

مدرس : دکتر فصحتی

ارائه دهنده: ثنا بابایان ونستان

پائیز ۱۴۰۳

# کاربرد پروتکل و چرایی توسعه

## کاربرد

- پوشیدنی‌ها
- خانه‌های هوشمند
- بهداشت و درمان
- اینترنت اشیاء (IoT)

## دلایل توسعه

- مصرف انرژی پایین
- هزینه پایین
- سازگاری گسترده
- ارتباط برد کوتاه
- پشتیبانی از انتقال داده‌های کوچک

# ویژگی‌ها

- ▶ استفاده از باند 2.4 گیگاهرتز صنعتی، علمی و پزشکی
- ▶ 40 کانال متشکل از کانال‌های تبلیغاتی و داده
- ▶ نرخ انتقال 1 مگابیت بر ثانیه
- ▶ مدولاسیون فرکانسی با فیلتر گاوسی (GFSK)

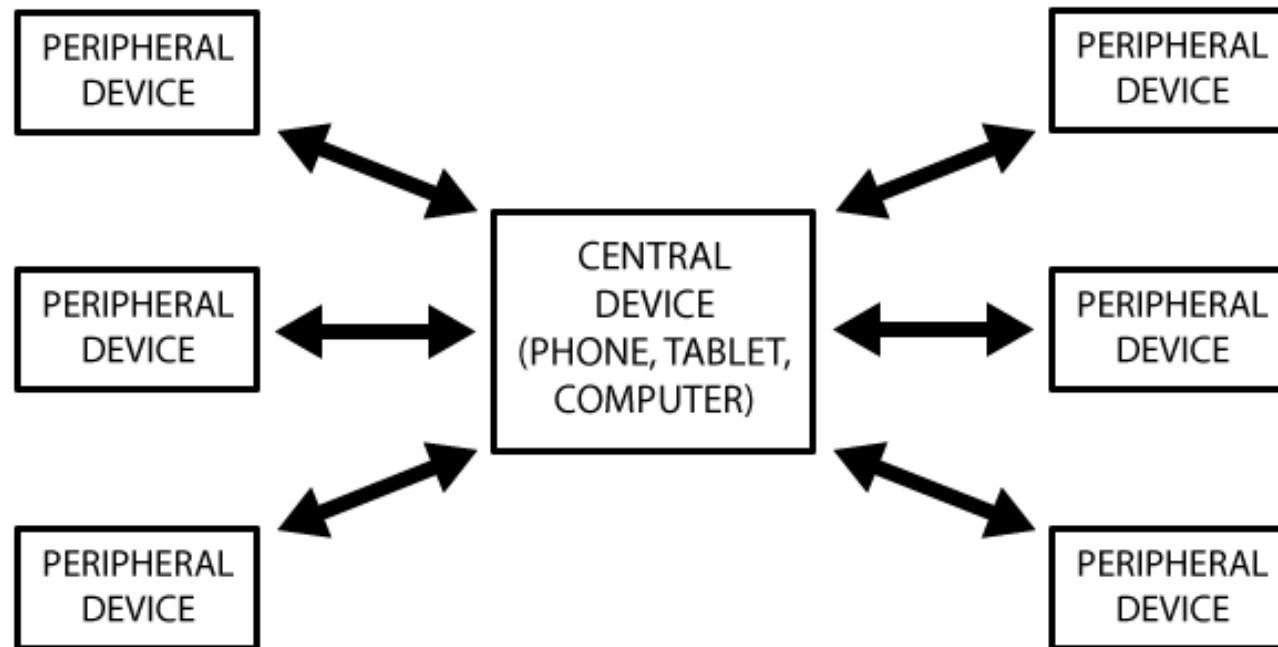
پارامتر	1M LE	2M LE	2 = S Coded LE	8 = S Coded LE
Symbol Rate	1 Msps	2 Msps	1 Msps	1 Msps
Data Rate	1 Mbps	2 Mbps	500 kbps	125 kbps
Error Correction	None	None	FEC	FEC
Range Multiplier	1	0.8	2	4

جدول ۱: مقایسه لایه‌های فیزیکی بلوتوث کم مصرف

- روش انتقال ناهمزمان و بدون نیاز به همزمان‌سازی مداوم بین دستگاه‌ها
- کاهش مصرف انرژی و بهبود کارایی در دستگاه‌های باتری‌دار

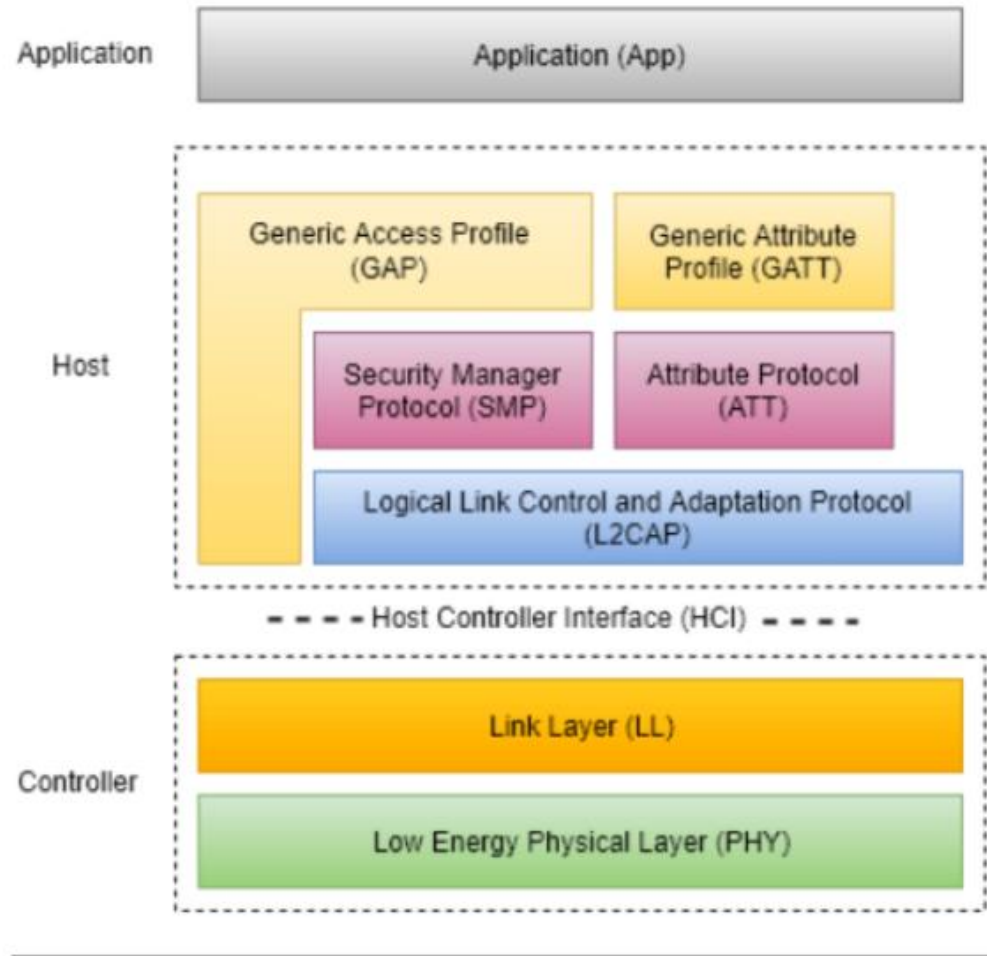
- استفاده از AES-CCM با کلید ۱۲۸ بیتی برای رمزنگاری
- تولید کلید با روش Diffie-Hellman و رمزنگاری منحنی بیضوی (ECC)

- یک رابط بی سیم
- مشابه فناوری‌هایی مانند USB, I2C, SPI، اما کم‌مصرف‌تر

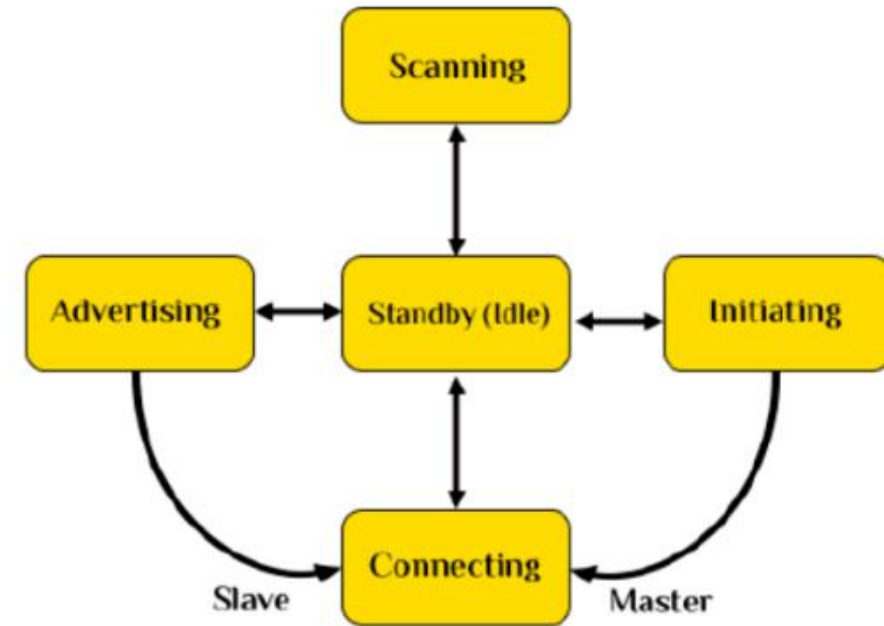


# آدرس دهی

- ▶ ارتباطات کوتاه‌برد و ساده و با توان مصرفی کم
- ▶ استفاده BLE از آدرس بلوتوث برای شناسایی دستگاه‌ها
- ▶ آدرس عمومی Public Address
- ▶ ثابت و اختصاص داده‌شده توسط سازنده
- ▶ آدرس تصادفی Random Address
- ▶ موقت برای حفظ حریم خصوصی
- ▶ شناسه ۴۸ بیتی
- ▶ شناسه منحصر به فرد سازنده Organizationally Unique Identifier
- ▶ شناسه مخصوص دستگاه Network Interface Controller

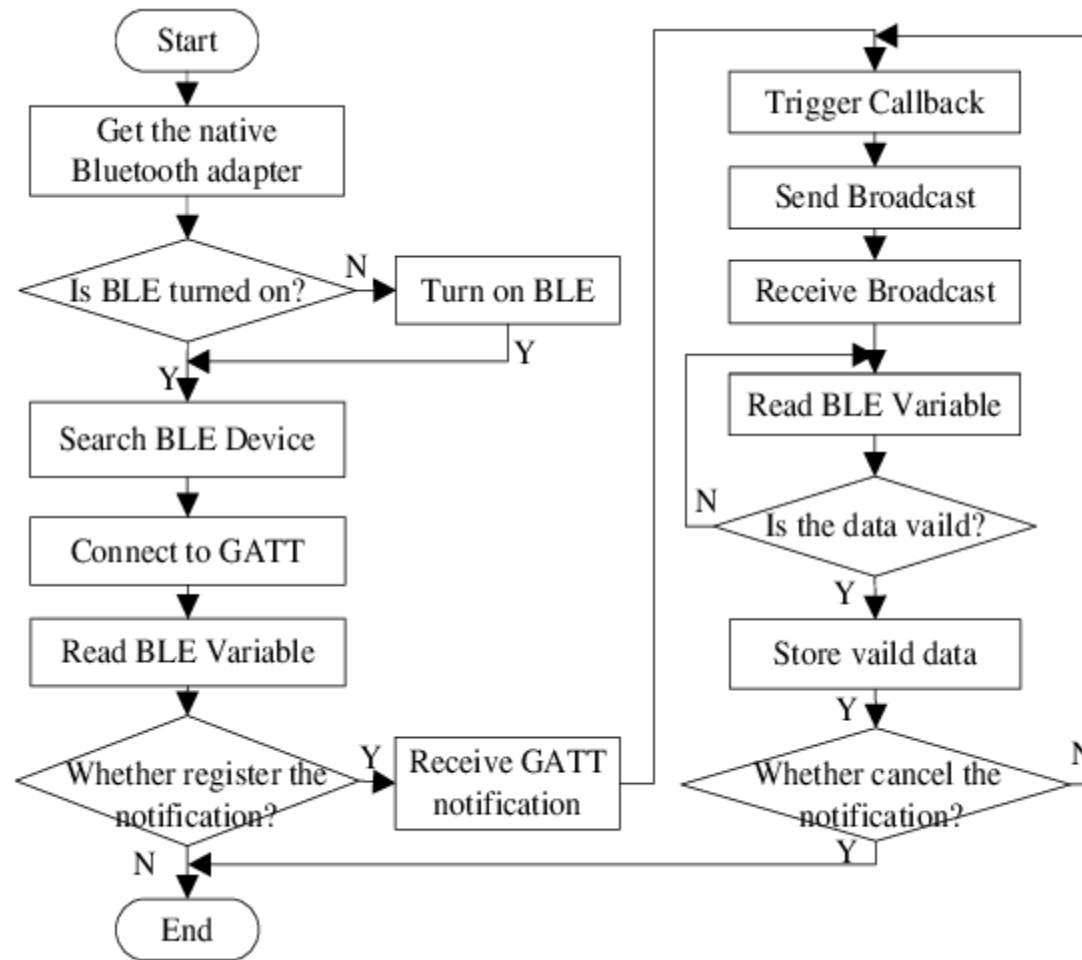


(a) BLE Stack



b) BLE state diagram

Figure 1. BLE Technology Fundamentals



# انواع پیام در BLE

## ▶ پیام‌های تبلیغاتی Advertisements

- ▶ معرفی دستگاه به محیط

- ▶ انواع

- ▶ قابل اتصال و اسکن‌شدنی

- ▶ غیرقابل اتصال و اسکن‌شدنی

- ▶ فرمت: شامل هدر (نوع و طول پیام) + بار (آدرس بلوتوث و داده‌ها)

## ▶ پیام‌های درخواست اتصال Connection Requests

- ▶ برای برقراری ارتباط ارسال می‌شود.

- ▶ فرمت: شامل آدرس دسترسی، CRC، فاصله انتقال و نقشه کانال‌ها



# انواع پیام در BLE

▶ پیام‌های پس از اتصال Post-Connection

▶ انواع

▶ تبادل نسخه و ویژگی‌ها

▶ انتقال MTU

▶ کشف ویژگی‌های دستگاه

پیام‌ها در BLE برای ارتباط سریع، کم‌مصرف و بهینه طراحی شده‌اند.

# منابع

- ▶ <https://developerhelp.microchip.com/xwiki/bin/view/applications/ble/introduction/bluetooth-architecture/bluetooth-controller-layer/physical/>
- ▶ [https://software-dl.ti.com/simplelink/esd/simplelink\\_cc26x2\\_sdk/2.20.00.36/exports/docs/ble5stack/ble\\_user\\_guide/html/ble-stack-5.x/phy.html#:~:text=The%20physical%20layer%20\(PHY\)%20is,the%20RF%20signal%20is%20changed](https://software-dl.ti.com/simplelink/esd/simplelink_cc26x2_sdk/2.20.00.36/exports/docs/ble5stack/ble_user_guide/html/ble-stack-5.x/phy.html#:~:text=The%20physical%20layer%20(PHY)%20is,the%20RF%20signal%20is%20changed)
- ▶ <https://www.networkcomputing.com/network-security/iot-security-using-ble-encryption>
- ▶ <https://www.argenox.com/library/bluetooth-low-energy/ble-faq/#:~:text=How%20many%20devices%20can%20I,20%20peripherals%20to%20one%20Central.>
- ▶ **Bluetooth Low Energy Interference Awareness Scheme and Improved Channel Selection Algorithm for Connection Robustness**
- ▶ [Dynamic Congestion Control through backup relay in Bluetooth scatternet](#)
- ▶ [Congestion control of bluetooth radio system by piconet restructuring](#)
- ▶ [Implementing Associated Routing Protocol for Bluetooth Low Energy Devices](#)
- ▶ [Fix It, Don't Bin It! - CRC Error Correction in Bluetooth Low Energy](#)