



دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی کامپیوتر

عنوان:

معرفی پروتکل MAVLink

اعضای گروه

محمد علیزاده

نام درس

مدارهای واسط

زمستان ۱۴۰۳

نام استاد درس

استاد فصیحی

۱ چکیده

پروتکل MAVLink (مخفف Micro Air Vehicle Link) یک پروتکل ارتباطی سبک وزن و کارآمد است که به طور گسترده در سیستم های پهپادی و رباتیک استفاده می شود. این پروتکل برای انتقال داده ها بین اجزای مختلف سیستم های بدون سرنشین، مانند هواپیماهای بدون سرنشین، ربات ها و سیستم های کنترل زمینی طراحی شده است.

۱-۱ ویژگی های کلیدی

- سبک: MAVLink برای استفاده در سیستم های با منابع محدود بهینه سازی شده است.
- انعطاف پذیر: از انواع مختلفی از پیام ها پشتیبانی می کند که می توانند برای اهداف مختلفی استفاده شوند.
- متن باز: این پروتکل به صورت متن باز ارائه شده و جامعه ای فعالی از توسعه دهندگان دارد.
- امنیت: امکان استفاده از مکانیزم های امنیتی مانند امضای دیجیتال برای پیام ها وجود دارد.

۲-۱ کاربردها

MAVLink در کاربردهای متنوعی از جمله موارد زیر استفاده می شود:

- کنترل و مانیتورینگ پهپادها
- ارتباط بین اجزای مختلف سیستم های رباتیک
- انتقال داده های سنسورها و دستورات کنترلی

۲ لایه های پروتکل MAVLink

۱-۲ لایه فیزیکی

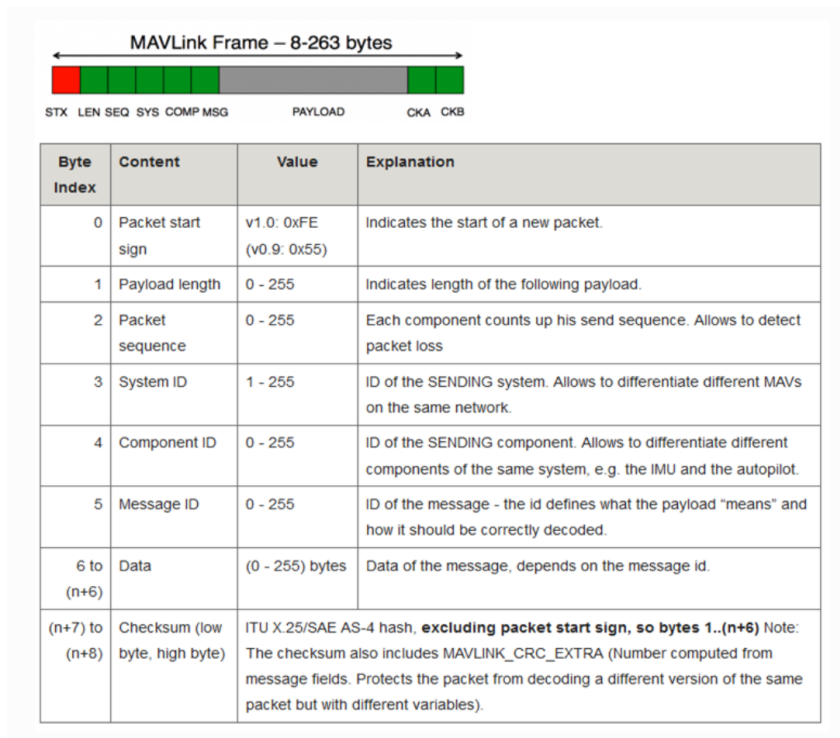
MAVLink از پروتکل های ارتباطی مختلفی پشتیبانی می کند، از جمله:

- **سریال (UART):** رایج‌ترین روش ارتباطی در سیستم‌های پهپادی.
 - **USB:** برای ارتباط مستقیم با کامپیوترها یا سیستم‌های زمینی.
 - **ارتباط‌های بی‌سیم:** مانند Bluetooth Wi-Fi یا لینک‌های رادیویی مخصوص پهپادها.
 - **پروتکل‌های شبکه‌ای:** مانند TCP/IP یا UDP (در سیستم‌های پیشرفته‌تر).
- MAVLink مستقل از لایه فیزیکی است، یعنی می‌تواند روی هر رسانه‌ی فیزیکی که قابلیت انتقال باینری داده‌ها را دارد، اجرا شود.

۲-۲ لایه داده

در MAVLink، این لایه شامل موارد زیر می‌شود:

- **پیش‌آیند (Start Sign):** یک بایت مشخص‌کننده‌ی شروع پیام. این بخش یک بایت است.
- **طول پیام (Payload Length):** طول داده‌ی اصلی پیام. این بخش یک بایت است.
- **شماره‌ی توالی (Sequence Number):** برای تشخیص ترتیب پیام‌ها. در صورتی که یک پیام گم شود، از طریق این مقدار قابل تشخیص بوده و درخواست ارسال دوباره آن فرستاده می‌شود. توجه داشته باشید این موضوع در لایه اپلیکیشن هندل می‌شود و عملاً یک پیام برای درخواست ارسال مجدد ارسال می‌شود. این بخش یک بایت است.
- **شناسه‌ی سیستم و جزء (System ID و Component ID):** برای شناسایی فرستنده و گیرنده. این دو بایت برای لایه شبکه استفاده می‌شوند. هر کدام از این دو بخش یک بایت هستند.
- **شناسه‌ی پیام (Message ID):** نوع پیام را مشخص می‌کند. این بخش یک بایت است.
- **داده‌ی اصلی (Payload):** محتوای پیام. که طولی بیت ۰ تا ۲۵۵ بایت دارد و این طول در بخش دوم آمده است.
- **چک‌سام (Checksum):** برای تشخیص خطا در انتقال. این بخش دو بایت است که از بایت‌های قبلی پیام ساخته می‌شود. این پروتکل رویکرد تصحیح خطا ندارد و تنها کاری که می‌تواند انجام دهد تشخیص خطا و درخواست مجدد برای پیام است.



شکل ۱: ساختار پیام‌ها در لایه داده

۳-۲ لایه شبکه

در MAVLink، این لایه شامل موارد زیر می‌شود:

- **شناسه‌ی سیستم (System ID):** هر سیستم (مثلاً یک پهپاد یا سیستم زمینی) یک شناسه‌ی منحصر به فرد دارد.
- **شناسه‌ی جزء (Component ID):** هر جزء درون یک سیستم (مثلاً سنسورها، کنترل‌کننده‌ها) نیز یک شناسه‌ی منحصر به فرد دارد.
- **مسیریابی پیام‌ها:** پیام‌ها بر اساس شناسه‌ی سیستم و جزء به مقصد صحیح هدایت می‌شوند.
- **پشتیبانی از چندین سیستم:** MAVLink می‌تواند بین چندین سیستم (مانند چندین پهپاد و یک سیستم کنترل زمینی) ارتباط برقرار کند.

۴-۲ لایه اپلیکیشن

در MAVLink، این لایه شامل موارد زیر می‌شود:

- **تعریف پیام‌ها:** MAVLink از یک مجموعه‌ی استاندارد از پیام‌ها پشتیبانی می‌کند که برای اهداف مختلفی مانند ارسال دستورات کنترلی، دریافت داده‌های سنسورها و مدیریت وضعیت سیستم استفاده می‌شوند.
- **پشتیبانی از پیام‌های سفارشی:** کاربران می‌توانند پیام‌های سفارشی خود را تعریف و استفاده کنند.
- **یکپارچه‌سازی با نرم‌افزارها:** MAVLink با نرم‌افزارهای معروفی مانند Mission Planner، QGroundControl و PX۴ یکپارچه شده است.

به طور کلی در این پروتکل، یک فایل xml وجود دارد که در آن دستورات تعریف شده‌اند و این پروتکل با توجه به این فایل دستورات را ساخته و به صورت از پیش ساخته شده از آن‌ها استفاده می‌کند. این فایل شامل دستورات به همراه بخش‌های مختلف مورد نیاز داخل payload مربوط به هرنوع دستور است. برای افزودن یا تغییر دستورات، صرفاً کفایت این فایل عوض شده و کدهایی که به صورت خودکار ساخته می‌شوند را بروزرسانی کنیم.

```
<message id="24" name="GPS_RAW_INT">
  <description>The global position, as returned by the Global Positioning System (GPS). This is
  NOT the global position estimate of the system, but rather a RAW sensor value. See message
  GLOBAL_POSITION for the global position estimate. Coordinate frame is right-handed, Z-axis up (GPS
  frame).</description>
  <field type="uint64_t" name="time_usec">Timestamp (microseconds since UNIX epoch or
  microseconds since system boot)</field>
  <field type="uint8_t" name="fix_type">0-1: no fix, 2: 2D fix, 3: 3D fix. Some applications will
  not use the value of this field unless it is at least two, so always correctly fill in the fix.</field>
  <field type="int32_t" name="lat">Latitude (WGS84), in degrees * 1E7</field>
  <field type="int32_t" name="lon">Longitude (WGS84), in degrees * 1E7</field>
  <field type="int32_t" name="alt">Altitude (WGS84), in meters * 1000 (positive for up)</field>
  <field type="uint16_t" name="eph">GPS HDOP horizontal dilution of position in cm (m*100). If
  unknown, set to: UINT16_MAX</field>
  <field type="uint16_t" name="epv">GPS VDOP vertical dilution of position in cm (m*100). If
  unknown, set to: UINT16_MAX</field>
  <field type="uint16_t" name="vel">GPS ground speed (m/s * 100). If unknown, set to:
  UINT16_MAX</field>
  <field type="uint16_t" name="cog">Course over ground (NOT heading, but direction of movement)
  in degrees * 100, 0.0..359.99 degrees. If unknown, set to: UINT16_MAX</field>
  <field type="uint8_t" name="satellites_visible">Number of satellites visible. If unknown, set
  to 255</field>
</message>
```

شکل ۲: تعریف دستورات متفاوت به فرم مشاهده شده در این عکس است.

۳ سریالی بودن پروتکل MAVLink

پروتکل MAVLink به‌طور ذاتی برای انتقال داده‌ها از طریق ارتباطات سریال طراحی شده است. توجه شود که این پروتکل، پیاده‌سازی لایه فیزیکی خاصی ندارد و بر روی هر رسانه دیجیتالی و سریالی، می‌تواند داده خود را ارسال کند. تنها بخش اصلی این پروتکل، پیاده‌سازی لایه دیتا و همچنین لایه اپلیکیشن است که در آن دستورات را به صورت از پیش ساخته شده آماده کرده و از این دستورات استفاده می‌شود.

۴ نمونه دستورات MAVLink

۱-۴ پیام HEARTBEAT

این پیام برای نشان دادن وضعیت کلی سیستم استفاده می‌شود و به‌طور دوره‌ای ارسال می‌شود.

- شناسه‌ی پیام (Message ID):
 - پارامترها:
 - type: نوع سیستم (مثلاً پهپاد، سیستم زمینی و ...).
 - autopilot: نوع اتوپایلوت.
 - system_status: وضعیت فعلی سیستم.
 - مثال: ارسال وضعیت سیستم به سیستم زمینی.

Field Name	Type	Values	Description
type	<code>uint8_t</code>	MAV_TYPE	Vehicle or component type. For a flight controller component the vehicle type (quadrotor, helicopter, etc.). For other components the component type (e.g. camera, gimbal, etc.). This should be used in preference to component id for identifying the component type.
autopilot	<code>uint8_t</code>	MAV_AUTOPILOT	Autopilot type / class. Use MAV_AUTOPILOT_INVALID for components that are not flight controllers.
base_mode	<code>uint8_t</code>	MAV_MODE_FLAG	System mode bitmap.
custom_mode	<code>uint32_t</code>		A bitfield for use for autopilot-specific flags
system_status	<code>uint8_t</code>	MAV_STATE	System status flag.
mavlink_version	<code>uint8_t_mavlink_version</code>		MAVLink version, not writable by user, gets added by protocol because of magic data type: <code>uint8_t_mavlink_version</code>

شکل ۳: ساختار payload این دستور

۲-۴ پیام ATTITUDE

این پیام برای ارسال اطلاعات مربوط به وضعیت (زاویه‌های roll، pitch و yaw) استفاده می‌شود.

- شناسه‌ی پیام (Message ID): ۳۰
 - پارامترها:

— roll: زاویه‌ی roll بر حسب رادیان.

— pitch: زاویه‌ی pitch بر حسب رادیان.

— yaw: زاویه‌ی yaw بر حسب رادیان.

- مثال: ارسال وضعیت فعلی پهپاد به سیستم کنترل زمینی.

Field Name	Type	Units	Description
time_boot_ms	uint32_t	ms	Timestamp (time since system boot).
roll	float	rad	Roll angle (-pi..+pi)
pitch	float	rad	Pitch angle (-pi..+pi)
yaw	float	rad	Yaw angle (-pi..+pi)
rollspeed	float	rad/s	Roll angular speed
pitchspeed	float	rad/s	Pitch angular speed
yawspeed	float	rad/s	Yaw angular speed

شکل ۴: ساختار payload این دستور

۳-۴ پیام GLOBAL_POSITION_INT

این پیام برای ارسال اطلاعات موقعیت جهانی (طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع) استفاده می‌شود.

- شناسه‌ی پیام (Message ID): ۳۳

- پارامترها:

— lat: عرض جغرافیایی بر حسب درجه‌ی اعشاری.

— lon: طول جغرافیایی بر حسب درجه‌ی اعشاری.

— alt: ارتفاع بر حسب میلی‌متر.

- مثال: ارسال موقعیت فعلی پهپاد به سیستم کنترل زمینی.

Field Name	Type	Units	Description
time_boot_ms	uint32_t	ms	Timestamp (time since system boot).
lat	int32_t	degE7	Latitude, expressed
lon	int32_t	degE7	Longitude, expressed
alt	int32_t	mm	Altitude (MSL). Note that virtually all GPS modules provide both WGS84 and MSL.
relative_alt	int32_t	mm	Altitude above home
vx	int16_t	cm/s	Ground X Speed (Latitude, positive north)
vy	int16_t	cm/s	Ground Y Speed (Longitude, positive east)
vz	int16_t	cm/s	Ground Z Speed (Altitude, positive down)
hdg	uint16_t	cdeg	Vehicle heading (yaw angle), 0.0..359.99 degrees. If unknown, set to: UINT16_MAX

شکل ۵: ساختار payload این دستور

۴-۴ پیام COMMAND_LONG

این پیام برای ارسال دستورات کنترلی به سیستم استفاده می‌شود.

• شناسه‌ی پیام (Message ID): ۷۶

• پارامترها:

— command: نوع دستور (مثلاً تغییر حالت پرواز، بازگشت به خانه و ...).

— param1 param7: پارامترهای اختیاری دستور.

• مثال: ارسال دستور تغییر حالت پرواز به پهپاد.

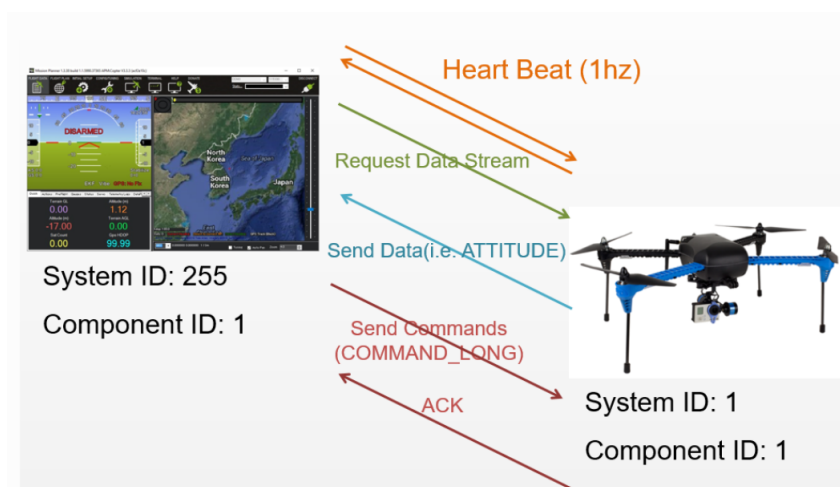
Field Name	Type	Values	Description
target_system	uint8_t		System which should execute the command
target_component	uint8_t		Component which should execute the command, 0 for all components
command	uint16_t	MAV_CMD	Command ID (of command to send).
confirmation	uint8_t		0: First transmission of this command. 1-255: Confirmation transmissions (e.g. for kill command)
param1	float	invalid:NaN	Parameter 1 (for the specific command).
param2	float	invalid:NaN	Parameter 2 (for the specific command).
param3	float	invalid:NaN	Parameter 3 (for the specific command).
param4	float	invalid:NaN	Parameter 4 (for the specific command).
param5	float	invalid:NaN	Parameter 5 (for the specific command).
param6	float	invalid:NaN	Parameter 6 (for the specific command).
param7	float	invalid:NaN	Parameter 7 (for the specific command).

شکل ۶: ساختار payload این دستور

۵ نحوه‌ی استفاده از دستورات

برای استفاده از دستورات MAVLink، مراحل زیر را می‌توان دنبال کرد:

۱. تنظیم لینک ارتباطی: اطمینان حاصل کنید که لینک ارتباطی (مانند UART یا USB) به‌درستی تنظیم شده است.
۲. ارسال پیام: پیام مورد نظر را با استفاده از شناسه‌ی پیام و پارامترهای مربوطه ارسال کنید.
۳. دریافت پاسخ: در صورت نیاز، پاسخ سیستم را دریافت و پردازش کنید.



شکل ۷: روند کلی ارسال و دریافت پیام در پروتکل MAVLink