

KN0-0904-3805

## مبانی و اصول پروتکل ارتباطی DNP3

سیده مهسا سرائی

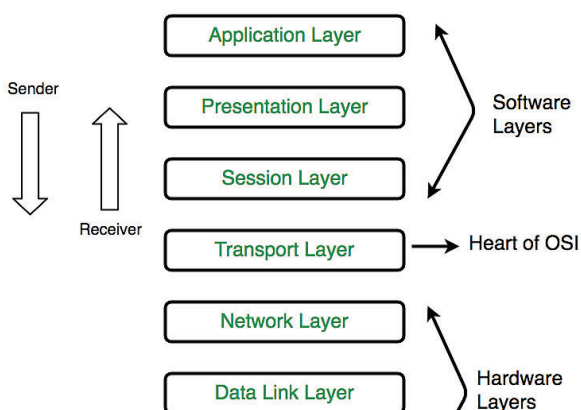
کارشناسی ارشد مهندسی برق مخابرات میدان و امواج - msaraee72@yahoo.com

**چکیده:** در شبکه، پروتکل مجموعه‌ای از قوانین برای قالب‌بندی و پردازش داده‌ها است. پروتکل‌های شبکه مانند یک زبان مشترک برای کامپیوترها هستند. کامپیوترهای درون یک شبکه ممکن است از نرم‌افزار و سخت‌افزار بسیار متفاوتی استفاده کنند. با این حال، استفاده از پروتکل‌ها آنها را قادر می‌سازد بدون توجه به یکدیگر با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. پروتکل‌های استاندارد مانند یک زبان رایج هستند که کامپیوترها از آن استفاده می‌کنند؛ درست مانند دو فردی که از کشورهای متفاوت و زبان‌های متفاوتی هستند اما با زبان سوم با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. اگر هر دو کامپیوتر از یک پروتکل مشترک استفاده کنند، می‌توانند با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. اما اگر پروتکل آنها یکی نباشد برقراری ارتباط ممکن نخواهد بود.

**کلید واژه:** پروتکل ارتباطی، شبکه، OSI, DNP3

### ۱. مقدمه

این مدل به روابط بین چهار عنصر اساسی محیط OSI مربوط می‌شود - مجموعه‌ای از سیستم‌های باز که توسط تعدادی رسانه برای ارسال داده به هم مرتبط شده‌اند. این سیستم‌ها عبارتند از رسانه ارسال داده، فرایند کاربرد حامل اطلاعات پردازش برای کاربردی خاص، و اتصالاتی که پردازش‌های کاربرد متصلند تا اطلاعات تبادل شوند. شکل ۱ این ارتباط را نشان می‌دهد.



شکل ۱: مدل مرجع OSI

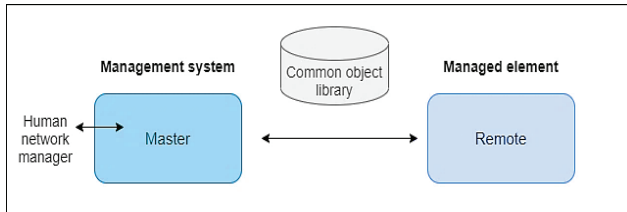
عملکرد هر یک از این لایه‌ها به شرح زیر است:

پروتکل‌های ارتباطی مجموعه‌ای از قوانین هستند که برای برقراری ارتباط منظم بین دو یا چند طرف در ارتباط کامپیوتری باید رعایت شوند. آنها به منظور حصول اطمینان از اینکه تعامل بین طرفین متمرکز است، و اینکه کل سیستمی که توسط هر یک از طرفین شکل می‌گیرد و تعامل آنها برای همه طرف‌های مربوطه معنادار است و وظایف مورد نیاز را انجام می‌دهد، مورد نیاز هستند. توابع اصلی پروتکل شامل اتصال، قطع اتصال، آدرس دهی، کنترل خطا، کنترل جریان و همگام سازی است.

بر بستر شبکه پروتکل‌های ارتباطی فراوانی برای اهداف مختلف وجود دارد. این پروتکل‌ها غالباً بر اساس مدل لایه‌ای OSI معرفی می‌شوند. مدل اتصال سیستم‌های باز (OSI: Open System Interconnection) یک نمایش انتزاعی از نحوه کار اینترنت است. اصطلاح "باز" به توانایی هر دو سیستم مطابق با مدل مرجع و استانداردهای مرتبط با آن برای اتصال اشاره می‌کند. این شامل ۷ لایه است که هر لایه نشان دهنده دسته متفاوتی از عملکردهای شبکه است.

سریال RS-232 یا RS-485 یا از طریق یک شبکه TCP/IP منتقل شود.

DNP3 معمولاً بین Masterهای واقع در مرکز و Remoteهای توزیع شده استفاده می شود. Master ارتباط بین مدیر شبکه انسانی و سیستم نظارت را فراهم می کند. Remote (RTU)ها و دستگاه‌های الکترونیکی هوشمند) رابط بین Master و دستگاه‌های (های) فیزیکی تحت نظارت و/یا کنترل هستند (شکل ۲).



شکل ۲: معماری سیستم نظارت Master/Remote بر پایه پروتکل DNP3

Master و Remote یا Outstation هر دو از کتابخانه‌ای از اشیاء مشترک برای تبادل اطلاعات استفاده می کنند. پروتکل DNP3 شامل قابلیت‌هایی است که با دقت طراحی شده‌اند. این قابلیت‌ها این امکان را فراهم می آورد که حتی روی رسانه‌هایی که ممکن است در معرض تداخل نویز قرار بگیرند، به‌طور قابل اعتمادی استفاده شود.

پروتکل DNP3 یک پروتکل بر پایه polling است. هنگامی که ایستگاه Master به یک Outstation متصل می شود، یک polling یکپارچه (Integrity Poll) انجام می شود. polling‌های یکپارچه برای آدرس‌دهی DNP3 مهم هستند. این به این دلیل است که آنها تمام مقادیر بافر را برای یک نقطه داده برمی گرداند که مقدار فعلی نقطه را نیز شامل می شود.

مزایای DNP3 عبارتند از:

- درخواست و پاسخ چندین نوع داده در یک پیام واحد
- پاسخ بدون درخواست یا پاسخ بلادرنگ (Unsolicited Response)
- قابلیت عملکرد Multiple Master و Peer-to-peer
- پشتیبانی از همگام‌سازی زمان (time synchronization) و فرمت زمانی استاندارد

- ✓ Application: لایه واسط انسان و کامپیوتر بوده که کاربردها می توانند به خدمات شبکه دست یابند.
- ✓ Presentation: مطمئن می شود که داده در فرمت مناسب بوده و عملیات کدگذاری در این لایه انجام می شود.
- ✓ Session: باعث برقراری و ابقای ارتباطات شده و وظیفه پورت‌های کنترلی و sessionها را برعهده دارد.
- ✓ Transport: با استفاده از TCP و UDP داده‌ها را بر بستر پروتکل‌ها منتقل می کند.
- ✓ Network: تصمیم‌گیرنده انتخاب مسیر فیزیکی داده است.
- ✓ Datalink: تعریف کننده فرمت داده بر بستر شبکه است.

✓ Physical: ارسال جریان بیت خام بر رسانه فیزیکی از جمله پروتکل‌های ارتباطی می توان به DNP3 اشاره کرد که بین المان‌هایی که در فرایند اتوماسیون شرکت دارند، مورد استفاده قرار می گیرد. کاربرد اصلی آن در تاسیساتی مانند شرکت‌های برق و آب است که برای برقراری ارتباطات بین انواع مختلف تجهیزات جمع‌آوری و کنترل داده‌ها توسعه یافته است. همچنین این پروتکل در سیستم‌های SCADA نقش مهمی ایفا می کند، به طوری که توسط ایستگاه‌های اصلی SCADA (معروف به مراکز کنترل)، واحدهای پایانه راه دور (RTU) و دستگاه‌های الکترونیکی هوشمند (IED) استفاده می شود. که البته در درجه اول برای ارتباطات بین یک ایستگاه اصلی و RTU یا IED مورد استفاده قرار می گیرد.

## ۲- DNP3 چیست؟

پروتکل شبکه توزیع شده (DNP یا DNP3) از زمان معرفی خود در سال ۱۹۹۳ به مقبولیت گسترده‌ای دست یافته است. این پروتکل یک راه حل فوری قابل استقرار برای نظارت بر سایت‌های راه دور است زیرا برای ارتباط با وضعیت زیرساخت‌های حیاتی توسعه یافته است و امکان کنترل از راه دور قابل اعتماد را فراهم می کند.

DNP3 از سه لایه از مدل توابع هفت لایه OSI تشکیل شده است. این لایه‌ها لایه Application، لایه Datalink و لایه Transport هستند. همچنین، DNP3 می تواند از طریق یک اتصال گذرگاه

است. بنابراین جهت اینکه پیام وارد این لایه شود به واحدهای مورد قبول این لایه شکسته می‌شود که APDU نام دارد. جهت انتقال به لایه Transport لازم است هر واحد APDU به واحدهای مورد قبول این لایه شکسته شود به طوری که طول هر کدام به طور بیشینه ۲۵۰ بایت باشد. هر کدام از این واحدها TPDU نام دارد. سپس هر کدام از واحدهای TPDU مجدد به واحدهای کوچکتر با طول ۲۹۲ بایت به نام LPDU شکسته شده و وارد لایه Datalink می‌شود. در نهایت هر کدام از این واحدها به منظور ارسال به گیرنده وارد لایه فیزیکی شده و فرایند پردازش پیام DNP3 به پایان می‌رسد.

پروتکل DNP3 از دو طریق سریال و شبکه TCP/IP قابل انتقال است. در صورت استفاده از انتقال سریال، مونتاژ (assembly) پاکت پس از تکمیل برای تحویل روی رسانه انتقال قرار می‌گیرد. اگر بسته از طریق یک LAN/WAN ارسال شود، سه لایه DNP3 در لایه Application قرار می‌گیرند. پاکت مونتاژ شده توسط لایه Transport در پروتکل TCP و سپس توسط لایه اینترنت در پروتکل اینترنت (IP) پیچیده می‌شود. لایه Physical، لایه رابط شبکه است که در آن پاکت مونتاژ شده در واقع به نوعی رسانه انتقال (twisted pair copper, RG58 co-axial or fiber) متصل می‌شود. در حالی که این مدل چند لایه ممکن است کمی گیج‌کننده به نظر برسد، اما به طور موثر وظایف ارتباطات را جدا می‌کند و در نهایت به طراحی و پیاده‌سازی یک شبکه کمک می‌کند.

## ۵- بررسی فریم DNP3 در هر لایه

### ۵-۱- لایه Datalink

این لایه دومین لایه از مدل OSI بوده و انتقال توابع مورد نیاز لایه‌های بالاتر را پذیرفته، اجرا کرده و کنترل می‌کند. لایه Datalink دو هدف اساسی دارد؛ اول اینکه طبق استاندارد ISO-OSI موظف است شرایط ارسال اطلاعات یا واحد داده خدمات لینک (LSDU) را به لینک Physical فراهم آورد و دوم، شرایط سایر eventها مانند وضعیت لینک را نیز گزارش دهد.

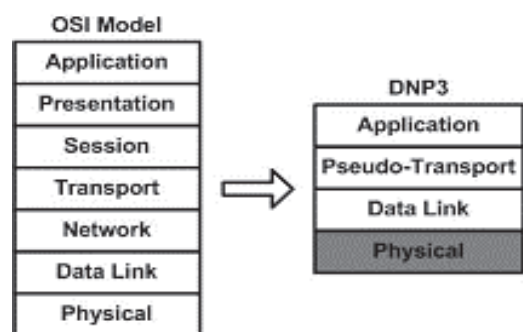
در این قسمت به بررسی فرمت LPDU پرداخته می‌شود. این فریم دارای دو بخش Header و Payload است. بر اساس شکل ۵ سایز

- فقط شامل داده‌های تغییر یافته در پیام‌های پاسخ (Event Poll) است.

۳- نحوه برقراری ارتباط و تبادل اطلاعات در DNP3 چارچوب DNP3 شامل کتابخانه‌ای از اشیا است که معمولاً در سیستم‌های SCADA استفاده می‌شوند. این اشیا شامل مواردی مانند ورودی‌های باینری هستند که برای گزارش ویژگی‌های تجهیزاتی که دو حالت دارند استفاده می‌شوند. برق روشن یا خاموش است، یک پانل دسترسی باز یا بسته است. یکی دیگر از شی رایج یک ورودی آنالوگ است که برای گزارش ویژگی‌هایی که دارای محدوده‌ای از مقادیر هستند استفاده می‌شود. سرعت فن آگروز می‌تواند از ۴۰ تا ۴۰۰ دور در دقیقه باشد، توان اصلی می‌تواند از ۱۱۰ تا ۱۲۸ VAC متفاوت باشد. به طور کل این پروتکل از ۲۷ کد عملکرد اصلی برای تبادل اطلاعات بین Masters (مرکز کنترل) و Outstation (محوطه پمپ) استفاده می‌کند. برخی از این توابع به Master امکان می‌دهند اطلاعات وضعیت را از یک واحد کنترل از راه دور درخواست و دریافت کند. سایر توابع نیز جهت پیکربندی (کنترل و یا تنظیم) یک واحد کنترل از راه دور مورد استفاده قرار می‌گیرند.

## ۴- ساختار پیام DNP3

همانطور که در بخش قبل گفته شد، ساختار لایه‌ای DNP3 تنها دارای چهار بخش از مدل OSI است (شکل ۳).



شکل ۳: مدل لایه‌ای DNP3

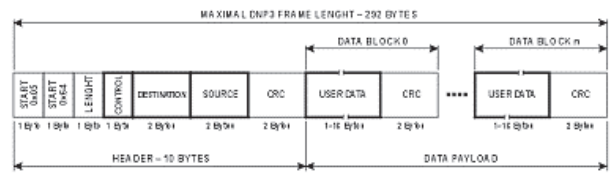
نحوه تخصیص پیام در هر یک از لایه‌ها در شکل ۴ نشان داده شده است. بر اساس این شکل فرض شود پیامی به طول n موجود است. بیشینه طول پیام مورد قبول لایه Application ۲۰۴۸ بایت

|               |  |
|---------------|--|
|               | DIR = 0: جهت ارسال از B به A   |
| PRM           | بیانگر جهت ارسال فریم با توجه به ایستگاه آغاز کننده<br>PRM = 1: فریم از طرف ایستگاه آغاز کننده است.<br>PRM = 0: فریم از طرف ایستگاه پاسخ دهنده است.  |
| FCB           | این بخش وظیفه شمردن بیت‌ها را دارد و از دست رفتن یا تکرار فریم‌های یک ایستگاه جلوگیری می‌کند. با هر سرویس Send-Confirm موفق این بیت شمردن می‌شود. اصولاً قبل از شروع هر ارتباطی با ایستگاه ثانویه و یا بعد از هر ارتباط ناموفقی، ایستگاه اولیه (Master یا Outstation) لازم است لینک داده را برای هر ایستگاه ثانویه‌ای که می‌خواهد با آن ارتباط برقرار کند، ریست کند. هر ایستگاه ثانویه پس از آغاز لینک داده یا شکست در تراکنش، نباید هیچ پیام Send-Confirm را با FCV یک بپذیرد تا زمانی که پیام Reset را دریافت کرده و به دنبال آن Confirm را ارسال کرده باشد. |
| FCV           | فعال کننده FCB است.<br>FCV = 1: FCB باید چک شود.<br>FCV = 0: از FCB صرف نظر شود.   |
| DFC           | بیت جریان داده کنترلی به منظور جلوگیری از سرریز در بافرهای ایستگاه ثانویه مورد استفاده قرار می‌گیرد. ۱ شدن آن به معنی وقوع سرریز است.  |
| Function Code | مشخص کننده نوع فریم بوده که برای ایستگاه اولیه و ثانویه فرامین متفاوتی دارد [۳].   |

### ۵-۲- لایه Transport

در اصل پروتکل DNP که ساختارش را وام‌دار مدل OSI بوده دارای ۳ لایه است. اما به جهت پشتیبانی کردن از توابع RTU پیشرفته و پیام‌هایی بزرگتر از سایز تعریف شده، DNP3 یک لایه شبه انتقال ایجاد کرد. از آنجاییکه Datalink از چنین پیام‌هایی پشتیبانی نمی‌کند، DNP3 یک لایه جداگانه به این بخش اختصاص داد.

بلوک Header ۱۰ بایت بوده و سایز بخش دوم ۲۸۲ بایت که مجموعاً ۲۹۲ بایت طول این فریم ساخته می‌شود.



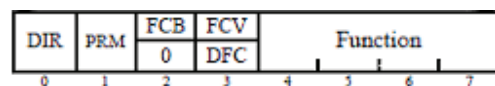
شکل ۵: فریم Datalink

این فریم شامل ۷ قسمت بوده که به شرح زیر است:

|             |  |
|-------------|--|
| Start       | ۲ بایت داشته و مقدار ثابت 0x0564 را دارا است.  |
| Length      | طول آن ۱ بایت بوده و مقدار آن برابر با مجموع طول Control، Destination و Source است. کمینه مقدار آن ۵ و بیشینه مقدار ۲۵۵ است. |
| Control     | در بخشی مجزا توضیح داده خواهد شد.  |
| Destination | طول آن ۲ بایت بوده و بیانگر آدرس مقصد است. بایت اول LSB و بایت دوم MSB است.  |
| Source      | طول آن ۲ بایت بوده و بیانگر آدرس مبدا است. بایت اول LSB و بایت دوم MSB است.  |
| CRC         | نحوه محاسبه در [۱ و ۲] آمده است.   |
| User Data   | هر بلوک شامل User Data ۱۶ بایت داشته به غیر از آخرین بخش که می‌تواند طولی بین ۱ تا ۱۶ بایت را از آن خود کند.                 |

### فیلد Control

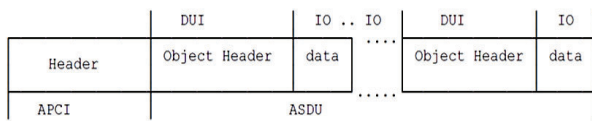
این فیلد شامل جهت ارسال فریم، نوع فریم و جریان کنترلی اطلاعات است. طول این فیلد ۱ بایت بوده و محتوای آن به شکل زیر است:



شکل ۶: فریم فیلد Control

بیانگر جهت فیزیکی فریم با توجه به نوع طراحی است. مثال: Master: A  
DIR = 1: جهت ارسال از A به B

بخشی از یک ابر APDU بوده که هر قطعه دارای شی داده کاملی است و سایز آن حداکثر ۲۰۴۸ بایت است (شکل ۴ و ۵).

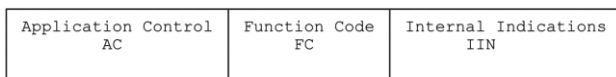


شکل ۸: فرمت کلی Application

هدر APCI بسته به اینکه پیام درخواست بوده یا پاسخ، ساختار متفاوتی خواهد داشت که به صورت شکل ۹ است.



(الف)



(ب)

شکل ۹: ساختار هدر APCI، (الف) درخواست، (ب) پاسخ

#### Application Control (AC) ☛

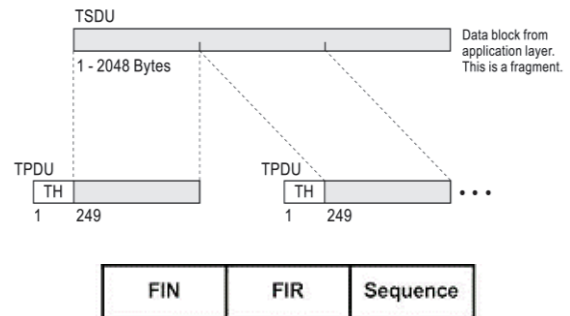
سایز این فیلد ۱ بایت بوده و شامل اطلاعات مورد نیاز جهت ساخت پیام‌های چند قطعه‌ای در Application بوده و ساختار آن به صورت زیر است:



شکل ۱۰: فیلد AC

|     |   |
|-----|---|
| FIN | اگر ۱ باشد بدین معنیست که این قطعه پیام آخرین بخش از یک پیام کامل است.                                  |
| FIR | اگر ۱ باشد بدین معنیست که این قطعه پیام نخستین بخش از یک پیام کامل است.                                 |
| CON | اگر در پیام دریافت شده ۱ باشد بدین معنیست که پیام ارسالی از گیرنده انتظار دریافت تاییدیه (FC = 0) دارد. |

بنابراین پس از اینکه Datalink فریمی را به طور کامل دریافت کرد، داده به لایه Transport ارسال خواهد شد. بیشینه سایز هر قطعه پیام ۲۴۹ بایت بوده و به ابتدای هر پیام یک هدر TH با طول ۱ بایت افزوده می‌شود که ساختار آن مطابق شکل ۷ است.



شکل ۷: فریم هدر TH

بخش‌های این فریم به شرح زیر است:

|          |  |
|----------|--|
| FIN      | بیت آخر مبین این است که این فریم از داده آخرین فریم بوده و پیام کامل شده است.<br>FIN = 0: فریم‌ها ادامه دارند.<br>FIN = 1: آخرین فریم  |
| FIR      | مبین این است که این فریم از داده نخستین فریم ارسالی است.<br>FIR = 0: اولین فریم نیست.<br>FIR = 1: نخستین فریم از یک توالی  |
| Sequence | چک می‌کند که آیا هر فریم در یک توالی دریافت شده‌اند یا خیر و از دست رفتن یا تکرار فریم‌ها جلوگیری می‌کند. به محض اینکه FIR ۱ شود شروع به شمارش می‌کند. مقدار آن می‌تواند از ۰ تا ۶۳ باشد و پس از اتمام مجدد از ۰ شروع به شمارش می‌کند. |

#### ۵-۳- لایه Application

این لایه هفتمین لایه از مدل OSI است. عملکرد کلی آن بدین صورت است که کاربر داده‌ها را به این لایه فرستاده که به ASDU تبدیل می‌شود. در DNP داده‌ها به چندین ASDU تبدیل می‌شوند. سپس به هر ASDU یک واحد APCI اضافه شده و در نهایت یک APDU ساخته می‌شود که در DNP هر APDU



|           |   |
|-----------|---|
|           | مشخص کننده ساختار یک داده است را تعیین می‌کند.  |
| Qualifier | مشخص کننده معنی فیلد Range است. سایز آن ۱ بایت بوده و تعیین می‌کند که فیلد Range چگونه باید تفسیر شود.  |
| Range     | تعداد اشیاء، شاخص شروع و پایان یا شناسه‌های اشیاء مورد نظر را نشان می‌دهد. این فیلد به طور منحصر به فرد اشیاء مورد نظر را شناسایی می‌کند.<br>اگر بخش Qualifier مشخص کند Range وجود ندارد هرگز این فیلد ظاهر نخواهد شد. بنابراین سایز این فیلد از ۰ تا ۸ بایت متغیر است. |

### ۶- مثال

با توجه به مطالب گفته شده در این بخش یک نمونه فریم DNP3 آورده شده است تا نحوه قرارگیری بخش‌های این پروتکل در کنار هم بهتر درک شود.

0564 0BC4 0400 0300 E42B E5C0  
0102 0006 9856

|      |  |
|------|--|
| 0564 | بایت آغازین  |
| 0B   | طول که برابر است با ۱۱   |
| C4   | 1100 0100<br>DIR = 1 / PRM = 1 / FCB = 0 / FCV = 0 /<br>Function = 4: Send-no reply expected |
| 0400 | آدرس مقصد  |
| 0300 | آدرس مبدا  |
| E42B | CRC  |
| E5   | TH:<br>1110 0101<br>FIN = 1 / FIR = 1 / Seq. = 100101 = 37                                   |
| C0   | AC:<br>1100 0000<br>FIR = 1 / FIN = 1 / Seq. = 000000 = 0                                    |
| 01   | FC:<br>Read  |
| 0200 | Object header:<br>02: Group: Changed binary input<br>00: Var                                 |
| 06   | Qualifier:<br>No range field   |
| 985C | CRC  |

مبین تعداد قطعه پیام‌ها است. اعداد ۰ تا ۱۵ برای تمامی پیام‌های Master و Outstation و اعداد ۱۶ تا ۳۱ برای پیام‌های بلادرنگ از جانب Outstation رزرو شده است.  
**Function Control (FC)** ☺

این بخش تعیین کننده هدف ارسال پیام بوده و سایز آن ۱ بایت است. به طور مثال کد تابع پاسخ برای اهداف Confirm، Response و Unsolicited به ترتیب اعداد ۰، ۱۲۹ و ۱۳۰ و کد تابع ارسال برای Confirm، Read و Write اعداد ۰، ۱ و ۲ است [۲].

### IIN: Internal Indication ☺

سایز این فیلد ۲ بایت بوده و در پیام پاسخ وجود دارد و اطلاعاتی درباره پیام پاسخ به درخواست کننده ارسال می‌کند. همچنین اگر زمانی یک پاسخ به علت فرمت اشتباه یا در دسترس نبودن داده درخواستی قابل پردازش نباشد، IIN می‌تواند بیت‌های مناسبی را با توجه به نوع مشکل نشان دهد. به طور مثال اگر بیت ۰ از بایت اول ۱ شود به این معنیست که تمامی پیام ایستگاه دریافت شده است. و یا یک شدن بیت ۱ از بایت ۱ به معنی در دسترس بودن داده از نوع کلاس ۱ و ارسال آن به فرستنده است [۳].

علاوه بر APCI، ASDU نیز هدر مختص خود به نام Object را دارد. این هدر مشخص کننده و تعریف کننده IOها است. فرمت این هدر برای هر دو حالت درخواست و پاسخ یکسان است اما بسته به نوع پیام کد توابعی که استفاده می‌کند متفاوت خواهد بود. شکل ۱۱ بخش‌های مختلف این هدر را نشان می‌دهد و توضیحات مرتبط به هر قسمت در ادامه آن آمده است.

| Object | Qualifier | Range |
|--------|-----------|-------|
|--------|-----------|-------|

شکل ۱۱: فرمت هدر Object

مشخص کننده گروه (به طور مثال ورودی آنالوگ) و تغییرات (Variation) (به طور مثال ورودی آنالوگ ۱۶ بیتی یا ۳۲ بیتی) یک شی است. سایز این فیلد ۲ بایت است که بایت اول گروه شی و بایت دوم تغییرات آن را نشان می‌دهد. و به طور کل نوع یا کلاس یک شی که

## ۷- جمع بندی

هدف از این مقاله معرفی پروتکل DNP3 و بررسی فریم آن بوده است. بنابراین ابتدا به معرفی پروتکل و مدل جمع OSI پرداخته و سپس گفته شد که DNP3 تنها سه لایه از این مدل را پشتیبانی می کند که عبارتند از Physical, Datalink و Application. علاوه بر این، برای اینکه این پروتکل بتواند از پیام های بزرگتری پشتیبانی کند یک لایه دیگر به نام شبه انتقال به آن اضافه شده و بعد از لایه دوم قرار گرفت.

سپس بیان شد تبادل اطلاعات در این پروتکل همواره بین یک Master و Outstation اتفاق می افتد که نحوه برقراری ارتباط می تواند به صورت درخواست/پاسخ و یا پاسخ بلادرنگ باشد. پاسخ بلادرنگ پیامی است که بدون درخواست از سمت Master از سوی Outstation به Master ارسال می شود که اغلب ناشی از تغییرات ناگهانی در سمت Outstation بوده است.

پروتکل DNP3 بر روی دو بستر سریال و اترنت می تواند منتقل شود که به ترتیب توسط RS232 یا RS485 و شبکه TCP/IP خواهد بود.

## منابع

- [1] [http://www.sunshine2k.de/articles/coding/crc/understanding\\_crc.html](http://www.sunshine2k.de/articles/coding/crc/understanding_crc.html)
- [2] [http://www.sunshine2k.de/coding/javascript/crc/crc\\_js.html](http://www.sunshine2k.de/coding/javascript/crc/crc_js.html)
- [3] DNP users group, "DNP Product Documentation".
- [4] Timothy Day, "DNP3, Distributed Network Protocol v3 an INTRODUCTION", Field Application Engineer, 2018.