

## بررسی و ارزیابی پروتکل باز شبکه هوشمند (OSGP)

میثم رضاییان<sup>۱</sup>، هادی مدقق<sup>۲</sup>، نادر سالک گیلائی<sup>۳</sup>

معاونت سیستم‌های اندازه‌گیری و شبکه هوشمند

سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا)

تهران، ایران

rezaeian@saba.org.ir<sup>۱</sup>, modaghegh@saba.org.ir<sup>۲</sup>, salek@saba.org.ir<sup>۳</sup>

انرژی را برعهده دارد [۱]. پاره‌ای از قابلیت‌های AMI از قبیل کنترل منابع تولید پراکنده، کنترل تجهیزات برقی، کنترل سیستم‌های گرمایش و تهویه مطبوع با تحقق شبکه هوشمند و یا خانه هوشمند امکان پذیر می‌باشد. شبکه هوشمند<sup>۲</sup> شامل یک سیستم پایش هوشمند است که تمام مسیرهای جریان برق را در شبکه بررسی می‌نماید. شبکه هوشمند در واقع همگرایی ارتباطات و فن‌آوری اطلاعات با شبکه قدرت است و یک سیستم اطلاعاتی و اندازه‌گیری در کنار این شبکه قرار می‌گیرد [۲]. ویژگی اصلی شبکه هوشمند توانایی آن در ارتباطات دوطرفه انعطاف‌پذیر، سازگار و امن با تکنیک‌های مدیریت انرژی است که اهداف صرفه‌جویی انرژی، کاهش هزینه و افزایش قابلیت اطمینان انرژی را دنبال می‌نماید.

برای حرکت از ساختار موجود شبکه‌های برق به شبکه هوشمند، نیاز به پروتکل‌های ارتباطی است که قابلیت همکاری با پروتکل‌های موجود را تضمین نموده و همچنین امکان تحقق توسعه‌پذیری با فن‌آوری‌های جدید را در شبکه هوشمند فراهم نمایند. در این مقاله به معرفی و بررسی پروتکل باز شبکه هوشمند<sup>۳</sup> (OSGP) شامل مدل پروتکلی OSI، مدل تجهیز، سرویس‌های اصلی پروتکل و امنیت اطلاعات آن پرداخته شده و مزایا و ویژگی‌های این پروتکل نسبت به پروتکل‌های موجود نیز بررسی گردیده است. این استاندارد براساس استراتژی اتحادیه اروپا در جهت تدوین استانداردهایی با تضمین قابلیت همکاری تجهیزات شبکه هوشمند از جمله کنتورهای برق تهیه شده است که می‌تواند در جهت بهبود فرآیند تعامل و همکاری بین کلیه ذینفعان بکار گرفته شود. با توجه به اینکه در مشخصات فنی طرح فراسامانه هوشمند اندازه‌گیری و مدیریت انرژی ایران (فهام) پروتکل DLMS/COSEM به عنوان پروتکل ارتباطی تعیین گردیده است

چکیده- شرکت‌های برق در سراسر جهان در حال مدرنیزه کردن شبکه‌های برق خود با زیرساختی کارآمد، امن و با قابلیت اطمینان بالا می‌باشند. سیستم اندازه‌گیری هوشمند و در سطحی بالاتر شبکه هوشمند، امکان مدیریت کارآمد و موثرتر شبکه توزیع را برای بهره‌برداران این سیستم فراهم می‌آورد. پیاده‌سازی زیرساخت اندازه‌گیری هوشمند اولین گام شرکت‌های برق در جهت هوشمندسازی شبکه برق می‌باشد. به منظور پیاده‌سازی این سیستم و دستیابی به تمام مزایای آن، نیاز به مجموعه‌ای از استانداردهای باز است که امکان ارتباط امن دوطرفه و با قابلیت اطمینان بالا را برای تمام تجهیزات شبکه هوشمند فراهم نماید و همچنین دارای قابلیت توسعه‌پذیری با فن‌آوری‌های جدید در شبکه هوشمند باشد. در این مقاله به معرفی و بررسی کامل یکی از پروتکل‌های پرکاربرد اروپایی در شبکه هوشمند پرداخته شده است که با هدف تبیین و ترویج استانداردهای باز و انعطاف‌پذیر به همراه بهبود کارایی و تحقق قابلیت همکاری در تجهیزات شبکه هوشمند تهیه شده است.

واژه‌های کلیدی - پروتکل باز شبکه هوشمند، OSGP، سیستم‌های اندازه‌گیری هوشمند، شبکه هوشمند.

### ۱. مقدمه

سیستم اندازه‌گیری هوشمند<sup>۱</sup> (AMI)، ارتباط امن دوطرفه‌ای را بین سرورها، متمرکزکننده‌های داده، کنتورهای هوشمند، مشترکین و شرکت‌های ذینفع برقرار نموده و وظیفه اندازه‌گیری، جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل مصرف

<sup>۲</sup> Smart Grid

<sup>۳</sup> Open Smart Grid Protocol

<sup>۱</sup> Advanced Metering Infrastructure

همکاری با شبکه هوشمند و کتورهای هوشمند شناخته شود. ESNA یک انجمن غیرانتفاعی و مستقل جهانی در چارچوب قوانین هلند و متشکل از شرکت‌های برق، تولیدکنندگان و فروشندگان تجهیزات و نرم‌افزار و شرکت‌های تجمیع‌کننده راه‌حل است که مسئولیت تدوین، پشتیبانی و صدور مجوزهای تجهیزات شبکه هوشمند مبتنی بر مشخصه OSGP را بر عهده دارد. ESNA با همکاری ETSI و CENELEC در تلاش هستند تا OSGP به یک استاندارد رسمی در سطح بین‌المللی برای ارتباطات شبکه هوشمند تبدیل گردد.



شکل ۱: حوزه استانداردهای ارتباطی شبکه هوشمند

این استاندارد با بیش از ۳/۵ میلیون کتور هوشمند و تجهیزات نصب شده مبتنی بر OSGP در سراسر جهان که نزدیک به ۳ میلیون آن در اروپا می‌باشد به یکی از پرکاربردترین استانداردهای مورد استفاده کتور هوشمند و شبکه هوشمند تبدیل شده است [۴]. وضعیت کتورهای نصب شده یا در حال نصب اروپا در جدول ۱ نشان داده شده است. سوئد با نصب بیش از یک میلیون کتور، دانمارک با نصب ۸۰۰ هزار کتور و فنلاند با نصب ۵۵۰ هزار کتور بیشترین میزان نصب کتورهای OSGP را داشته‌اند. در حال حاضر نیز بیش از ۳۵ میلیون کتور هوشمند برق با فن‌آوری PLC در اروپا نصب شده‌اند که قابلیت همکاری با استاندارد OSGP را خواهند داشت.

جدول ۱: میزان تعداد کتورها مطابق با استاندارد OSGP در اروپا

کشور	تعداد کتورهای نصب شده یا در حال نصب
سوئد	بیش از یک میلیون کتور
دانمارک	۸۰۰ هزار کتور
فنلاند	۵۵۰ هزار کتور
روسیه	۳۷۵ هزار کتور
اتریش	بیش از ۱۵۰ هزار کتور
هلند	۶۵ هزار کتور
آلمان	۱۵ هزار کتور

به نظر می‌رسد بدلیل مزایا و ویژگی‌های پروتکل OSGP و لزوم حرکت از AMI به شبکه هوشمند در آینده‌ای نه چندان دور، بکارگیری این پروتکل می‌تواند بسیاری از چالش‌ها و مشکلات اجرایی برنامه هوشمندسازی صنعت برق ایران را مرتفع نماید.

## ۲. پروتکل باز شبکه هوشمند

پروتکل باز شبکه هوشمند یک خانواده از استانداردهای فنی منتشر شده توسط موسسه اروپایی استانداردهای مخابراتی<sup>۴</sup> (ETSI) برای کاربردهای شبکه هوشمند است. گروه استاندارد صنعتی شبکه هوشمند باز به عنوان تدوین‌کننده این پروتکل در موسسه ETSI در سپتامبر ۲۰۱۱ تشکیل شده و اعضای آن شامل Oracle، ESNA، Actility، Echelon می‌باشند. این استاندارد با استفاده از استانداردهای IEEE 1377 و EN/IEC/ISO 14908، برای تحویل مطمئن و کارآمد داده‌ها و فرامین کنترلی به کتورهای هوشمند، ماژول‌های کنترل مستقیم بار، پنل‌های خورشیدی، درگاه‌ها و دیگر تجهیزات شبکه هوشمند بهینه شده است. این موسسه در سال ۲۰۱۲، دو استاندارد ETSI GS OSG 001 با عنوان پروتکل باز شبکه هوشمند و ETSI TS 103 908 با عنوان PLC باند باریک با مودولاسیون BPSK برای کاربردهای اندازه‌گیری هوشمند را به ترتیب برای لایه کاربردی<sup>۵</sup> و لایه فیزیکی<sup>۶</sup> پروتکل OSGP ارائه نموده است [۳]. استاندارد ETSI GS OSG 001 یک مدل نمایش‌گرا<sup>۷</sup> از یک تجهیز شبکه هوشمند تعریف نموده و مشخصه‌ها و پروتکل ارتباطی آن را براساس IEEE 1377 در لایه کاربردی تعیین می‌نماید. در لایه فیزیکی پروتکل نیز استاندارد ETSI TS 103 908، PLC باند باریک در فرکانس ۹-۹۵ کیلوهرتز با مودولاسیون BPSK را بکار می‌گیرد. استاندارد لایه فیزیکی نیز براساس استاندارد EN/IEC/ISO 14908.3 برای کاربردهای شبکه هوشمند است. در شکل ۱ حوزه استانداردهای شبکه هوشمند نشان داده شده است که مطابق شکل پروتکل OSGP در حوزه توزیع و مصرف‌کننده به کار گرفته می‌شود.

پیش‌نویس این پروتکل توسط کشور فنلاند به کمیته اندازه‌گیری انرژی و مدیریت بار موسسه استاندارد برق و الکترونیک اروپا<sup>۸</sup> (CENELEC) پیشنهاد شده است. مشارکت انجمن شبکه خدمات انرژی<sup>۹</sup> (ESNA) موجب گردید تا OSGP به عنوان یک استاندارد در دسترس با قابلیت

<sup>۴</sup> European Telecommunications Standards Institute

<sup>۵</sup> Application Layer

<sup>۶</sup> Physical Layer

<sup>۷</sup> Representation Oriented Model

<sup>۸</sup> European Committee for Electrotechnical Standardization

<sup>۹</sup> Energy Services Network Association

از زیرساخت OSGP تجهیزات غیرکنتور نیز می‌تواند با نرم‌افزار مدیریت اطلاعات اندازه‌گیری ارتباط برقرار نمایند. در شبکه محلی، قابلیت اتصال کنتورهای آب و گاز از طریق پورت M-Bus و یا نمایشگر منزل با استفاده از پورت گسترشی چندمنظوره<sup>۱۲</sup> (MEP) به تجهیز OSGP وجود دارد. پروتکل OSGP با قابلیت همکاری با استانداردهای دیگر، ضمن حفظ سرمایه‌گذاری‌های گذشته از فن‌آوری‌های جدید نیز بهره می‌گیرد. این پروتکل با پهنای باند بسیار کارآمد طراحی شده است که قادر به ارائه کارایی بالا و هزینه پایین با استفاده از پهنای باند محدود بر روی خطوط قدرت می‌باشد. سیستم‌های مبتنی بر OSGP در مقیاس بالا، مطمئن عمل نموده و به نرخ قابلیت اطمینان قرائت و سنجش اطلاعات ۹۹.۶٪ تا ۱۰۰٪ دست یافته‌اند [۶]. OSGP با تکرار هدایت شده و هوشمند سیگنال روی خطوط برق امکان استفاده بهینه از پهنای باند را فراهم می‌نماید. این پروتکل قابلیت برورسانی مطمئن سفت‌افزار روی شبکه را دارا بوده و با مدیریت خودکار توپولوژی، شناسایی کنتورها و دیگر تجهیزات متصل به خط برق بصورت خودکار انجام می‌گیرد.

جدول ۲: مقایسه OSGP با پروتکل‌های مطرح دیگر

ویژگی‌ها	DLMS/COSEM	OSGP	IEC 62056-21
باینری	بلی	بلی	خیر
پشتیبانی سازنده	زیاد	کم	زیاد
احراز اصالت	بلی	بلی	خیر
رمزگذاری	بلی	بلی	خیر
بارمفید <sup>۱۳</sup>	پایین	خوب	بالا
یادگیری	سخت	معمولی	آسان
متون استاندارد	شامل چندین استاندارد	یک استاندارد رایگان	یک استاندارد

در جدول ۲ مقایسه‌ای بین مشخصات سه استاندارد IEC 62056-21، OSGP و DLMS/COSEM ارائه شده است. IEC 62056-21 (IEC61107) یک استاندارد بین‌المللی برای اندازه‌گیری و قرائت به صورت محلی می‌باشد که برای عملکرد بر روی هر رسانه‌ای از جمله اینترنت طراحی شده است. این استاندارد در اواسط سال ۲۰۰۲ منتشر شد و به عنوان یکی از اولین استانداردهای تبادل داده کنتور، امروزه به صورت گسترده‌ای به کار گرفته می‌شود. DLMS/COSEM (نسخه جهانی آن IEC 62056) نیز مجموعه استانداردی است که برای اندازه‌گیری برق و تبادل اطلاعات برای قرائت کنتور و کنترل تعرفه و بار به کار گرفته می‌شود. پروتکل

از جمله تجهیزات تولید شده مبتنی بر این پروتکل می‌توان به تجهیز CPM 0600 شرکت اشلون برای کنتورهای هوشمند و تجهیزات هوشمند، تجهیز مدیریت بار LMM-2540 شرکت ubitronix و تجهیز IZAR MDC PLC شرکت Diehl Metering که قابلیت اتصال چهار تجهیز M-Bus دارا می‌باشد اشاره نمود. هر سه تجهیز معرفی شده قابلیت عملکرد در سیستم اندازه‌گیری هوشمند اشلون را نیز دارا می‌باشد اشاره نمود.

برای بکارگیری همزمان کنتورهای هوشمند مبتنی بر پروتکل OSGP و DLMS/COSEM، موسسه ESNA با یک شرکت فنلاندی پیشرو در پروتکل‌های ارتباطاتی تجهیزات شبکه هوشمند با نام Gurux همکاری می‌نماید [۵]. هدف از این همکاری، نصب متمرکز کننده‌های داده OSGP-DLMS/COSEM در شبکه بر مبنای پروتکل DLMS/COSEM است که قابلیت همکاری با تجهیزات هوشمند را با هر دو پروتکل OSGP و DLMS/COSEM دارا می‌باشند. متمرکزکننده‌های داده OSGP-DLMS/COSEM، از یک مدل داده‌ای مشترک مبتنی بر بخش‌های ۴۷، ۵۳، ۶۱ و ۶۲ استاندارد IEC 62056 استفاده می‌نماید که هزینه یکپارچه‌سازی سیستم‌ها و تجهیزات را کاهش داده و در عین حال از کارایی، قابلیت اطمینان و مقیاس‌پذیری OSGP در لایه شبکه بهره می‌گیرد [۱].

برای تعیین اینکه محصولات مبتنی بر OSGP به اهداف بهره‌وری و قابلیت همکاری استانداردهای مشخص دست یافته‌اند موسسه ESNA و شرکت DNV KEMA تفاهم‌نامه‌ای را با یکدیگر امضا نموده‌اند. آزمون انطباقی<sup>۱۱</sup> تجهیزات مبتنی بر پروتکل OSGP توسط شرکت DNV KEMA و فرآیند صدور گواهی‌نامه توسط موسسه ESNA انجام می‌گردد. این آزمون برای ارائه‌دهندگان خدمات، تولیدکنندگان و تامین‌کنندگان تجهیزات برای اطمینان از کیفیت خدمات<sup>۱۰</sup> (QOS) قابل استناد است. شرکت هلندی نیروژی DNV KEMA دارای سابقه طولانی در ارائه خدمات مشاوره‌ای و فنی به صنعت برق و همچنین تست و صدور گواهی‌نامه می‌باشد.

### ۳. مزایا و ویژگی‌های OSGP

OSGP به عنوان یک استاندارد باز نیاز به صدور مجوز بهره‌برداری برای مالکیت معنوی آن ندارد. این پروتکل با قابلیت توسعه سازگار کنتورها و دیگر تجهیزات شبکه هوشمند با فروشندگان مختلف انواع محصولات برای شرکت‌های برق و معماری چندکاربردی را فراهم می‌نماید. با استفاده

<sup>12</sup> Multipurpose Expansion Port

<sup>13</sup> Payload

<sup>10</sup> Conformance Testing

<sup>11</sup> Quality of Service

موسسه ETSI تهیه شده است. این استاندارد از PLC باند باریک باند A (۹ تا ۹۵ کیلوهرتز) با مولادسیون BPSK استفاده می‌نماید. به دلیل مستقل بودن رسانه در لایه فیزیکی قابلیت استفاده از فن‌آوری‌های ارتباطی دیگر PLC همانند استانداردهای PLC باند C، G3-PLC، PRIME برای OSGP وجود خواهد داشت. لایه فیزیکی برای برقراری ارتباط با گره‌های کنترل و یا متمرکزکننده‌های داده به کار می‌رود که وظیفه آنها جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل و عملیات بر روی داده‌های دریافتی از تجهیزات می‌باشد. OSGP با قابلیت اطمینان و کارایی بالا با متعادل‌سازی نرخ اطلاعات، دارای هزینه به کارگیری کمتری نسبت به سیستم‌های با پهنای باند بالاتر و راندمان پایین‌تر است. نرخ داده خام کانال ۳.۲۴ کیلوبیت بر ثانیه و نرخ داده موثر ۲.۳۶ کیلوبیت بر ثانیه می‌باشد [۸].

#### ۴.۱. مشخصه واحد داده پروتکلی

واحد داده پروتکل<sup>۲۰</sup> (PDU) در یک سیستم لایه‌بندی شده توسط پروتکل آن لایه مشخص می‌گردد که می‌تواند اطلاعات کنترلی پروتکل یا اطلاعات کاربر در آن لایه باشد. PDU در لایه‌های مختلف مدل OSI متفاوت است. برای مثال بیت در لایه فیزیکی، فریم<sup>۲۱</sup> در لایه پیوند داده، بسته<sup>۲۲</sup> در لایه شبکه و سگمت<sup>۲۳</sup> یا بستک<sup>۲۴</sup> در لایه انتقال به عنوان واحد داده پروتکلی برای لایه‌های مختلف مدل OSI تعریف می‌گردد. ساختار عمومی PDU در لایه کاربردی<sup>۲۵</sup> (APDU) مطابق با استاندارد EN/IEC/ISO 14908 متشکل از مقصد و نوع داده (۱ یا ۲ بایت) و داده اصلی (با تعداد بایت متغیر) است. فریم در OSGP شامل سربار یا سرپیام<sup>۲۶</sup> (OH)، بارمفید<sup>۲۷</sup> و تصحیح خطا می‌باشد. همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است بارمفید در واحد داده پروتکلی OSGP بیش از سه برابر برای هر فریم دریافت شده نسبت به پروتکل‌های دیگر می‌باشد. بار مفید همان داده واقعی است که برای مقصد ارسال شده و در مقصد سربار از آن جدا می‌گردد. سربار با کدگذاری‌های متفاوت تغییر نموده و بسیاری از روش‌های کدگذاری PLC سربار ۸۰٪ یا بیشتر دارند اما سربار در ETSI 103 908 کمتر از ۳۰٪ است [۹].

<sup>19</sup> Technical Committee Powerline Telecommunications

<sup>20</sup> Protocol Data Unit

<sup>21</sup> Frame

<sup>22</sup> Packet

<sup>23</sup> Segment For TCP

<sup>24</sup> Datagram For UDP

<sup>25</sup> Application Protocol Data Unit

<sup>26</sup> Overhead

<sup>27</sup> Payload

DLMS/COSEM خود را به عنوان مدعی برای ارتباطات شبکه‌های هوشمند مطرح نموده و در بسیاری از استانداردهای دیگر از قبیل M-Bus، IEC 62056-21،-31 و اخیراً ZigBee پشتیبانی می‌گردد. پروتکل DLMS/COSEM از مدل شی‌گرا استفاده نموده و دارای سربار زیادی نسبت به پروتکل OSGP است که از مدل ساده‌تری استفاده می‌نماید.

#### ۴. مدل پروتکلی OSI

پروتکل OSGP، همانند SQL امکان خواندن، نوشتن و ذخیره اطلاعات جدول‌گرا را براساس مدل پروتکلی OSI برای کتورهای هوشمند و دیگر تجهیزات شبکه هوشمند فراهم می‌نماید. مدل OSI یک استاندارد شبکه نیست، بلکه یک قالب است که استانداردها و پروتکل‌های متفاوت شبکه می‌توانند خود را در آن جای دهند. فرایند تبادل داده‌ها در یک شبکه از لایه کاربردی در فرستنده آغاز شده و به لایه‌های پائینی جریان پیدا کرده و از طریق لایه فیزیکی از آن خارج می‌شود. از سمت دیگر در مقصد داده‌های ارسالی از لایه فیزیکی وارد شده و در نهایت در لایه کاربردی در برنامه مقصد خاتمه می‌پذیرد. در جدول ۳ استانداردهای به کار گرفته شده در هفت لایه مدل OSI برای پروتکل OSGP به تفکیک آمده است. لایه کاربردی OSGP بر مبنای استاندارد IEEE 1377 تدوین شده و با افزودن رمزگذاری و احراز اصالت در لایه کاربردی برای تمامی مبادلات، تمامیت و صحت داده‌ها در شبکه فراهم می‌گردد [۷].

جدول ۳: مدل OSI برای OSGP به تفکیک لایه‌ها

استاندارد	لایه
ETSI GS OSG 001 OSGP Application و براساس استاندارد IEEE 1377 با افزودن رمزگذاری و احراز اصالت	۷- لایه کاربردی
براساس استاندارد EN/IEC/ISO 14908.1	۶- لایه نمایش <sup>۱۴</sup>
	۵- لایه نشست <sup>۱۵</sup>
	۴- لایه انتقال <sup>۱۶</sup>
	۳- لایه شبکه <sup>۱۷</sup>
ETSI TS 103 908 بر اساس استاندارد EN/IEC/ISO 14908.3	۲- لایه پیوند داده <sup>۱۸</sup>
	۱- لایه فیزیکی

لایه فیزیکی OSGP نیز بر مبنای استاندارد EN/IEC/ISO 14908.3

بوده که توسط کمیته فنی ارتباطات راه دور خطوط برق<sup>۱۹</sup> (TC PLT)

<sup>14</sup> Presentation Layer

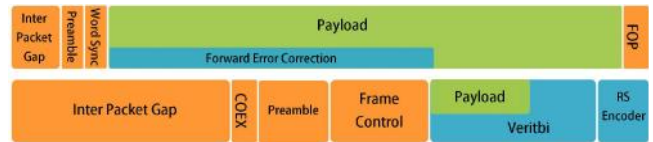
<sup>15</sup> Session Layer

<sup>16</sup> Transport Layer

<sup>17</sup> Network Layer

<sup>18</sup> Data link Layer

## ۴.۲. مدل تجهیز OSGP



OSGP پروتکلی مبتنی بر معماری نمایانگر حالت انتقال<sup>۳۱</sup> (REST) است و از یک مدل نمایش‌گرا<sup>۳۲</sup> برای تجهیزات شبکه هوشمند استفاده می‌نماید. ساختارهای داده تجهیز شامل عناصر دودویی و به صورت جدولی<sup>۳۳</sup> می‌باشند. REST، یک سبک معماری نرم‌افزاری بر مبنای پروتکل HTTP است و برای انتقال اطلاعات در یک سیستم توزیع شده از قبیل شبکه جهانی وب به کار می‌رود. در حال حاضر نیز به عنوان یک استاندارد غیررسمی، به مدل غالب در طراحی سرویس وب تبدیل شده است. اساس طراحی مبتنی بر REST، مجموعه‌ای از عملیات تبدیل حالت به نام CRUD شامل ایجاد، خواندن، بروزرسانی و حذف<sup>۳۴</sup> است که در هر سیستم ذخیره و بازیابی اطلاعات وجود دارد. REST دارای متدهای کمتر (خواندن، نوشتن و ...) برای برقراری ارتباط با اطلاعات با نمایش سند مانند است. در مقابل مدل شی‌گرا متدهای زیادی را برای کپسوله کردن اطلاعات در مدل شی به کار می‌برد که پروتکل DLMS/COSEM مبتنی بر این مدل می‌باشد.

### ۴.۲.۱. جداول

جداول، راه موثر و ساختاریافته‌ای را برای توصیف اطلاعات تجهیز فراهم می‌آورند. تمامی تبادل اطلاعات از طریق جداول صورت گرفته و آدرس‌دهی اطلاعات نیز با استفاده از جدول، سطر و ستون مشخص می‌گردد. OSGP دارای ۱۰۹ جدول شامل ۴۱ جدول پایه (BT) و ۶۸ جدول گسترش یافته (ET) می‌باشد. اطلاعات شامل وضعیت تجهیز، تاریخ، رویدادها، لاگ اطلاعات، اطلاعات صورتحساب و غیره بوده و می‌توانند فقط خواندنی یا خواندنی/نوشتنی باشند. برای بهره‌وری و کارایی پهنای باند، مولفه‌های داده یا حتی کل جداول می‌تواند با یک درخواست خوانده شود. برای همگام‌سازی تنظیمات در چندین تجهیز OSGP در یک زمان برای مثال تقویم زمانی جدید در تمامی کنتورهای یک منطقه، از جداول در انتظار استفاده می‌گردد.

### ۴.۲.۲. فرآیندها

فرآیندها<sup>۳۵</sup>، روش‌های فراخوانی از راه دور می‌باشند که برای تغییر رفتار تجهیز یا پیکربندی یا فراخوانی یک فعالیت به کار می‌روند. OSGP دارای

### شکل ۲: ساختار فریم در OSGP و پروتکل‌های دیگر PLC

سربار شامل آدرس‌دهی MAC، مقدمه<sup>۲۸</sup>، فاصله بین فریمی<sup>۲۹</sup> است. مقدمه زمانی برای دستیابی گیرنده به حلقه قفل‌شونده فاز دیجیتال<sup>۳۰</sup> (DPLL) است که برای همزمان‌سازی ساعت اطلاعات دریافتی با ساعت اطلاعات ارسالی به کار می‌رود. فاصله بین فریمی نیز زمان توانیابی مختصری برای آمادگی تجهیزات برای دریافت فریم بعدی است. کارایی OSGP به دلیل بهره‌وری لایه کاربردی با کاهش سربار به ۳۰٪ و بار مفید بیش از سه برابر افزایش یافته است. نرخ داده موثر، مهمترین عامل تعیین کننده در کارایی و مقیاس‌پذیری سیستم است. در جدول ۴ انواع داده در لایه کاربردی استاندارد OSGP آمده است.

جدول ۴: انواع داده در پروتکل OSGP

نوع داده	توضیحات
INTx (x= 8, 16, ..., 48)	عدد صحیح منفی و مثبت
UINTx (x= 8, 16, 32)	عدد صحیح غیر منفی
FILLx (x= 8, 16, 32)	بیت های صفر
INT(x..y)	عدد صحیح بیش از ۸ بیت (شروع بیت: X و پایان بیت: Y)
UINT(x..y)	عدد صحیح غیر منفی بیش از ۸ بیت
FILL(x..y)	بیت‌های صفر با تعداد بیت متغیر
BOOL(x)	متغیر بیتی
SET(x)	مجموعه ۸ بیتی از متغیر بولین
ARRAY[x]	بلاک بهم پیوسته‌ای از نوع داده تعریف شده
NI_FMAT1	فرمت غیر صحیح ۱
NI_FMAT2	فرمت غیر صحیح ۲
TIME	یک ساختار از ۳ رشته زمان
LTIME_DATE	یک ساختار از ۶ رشته تاریخ و زمان
STIME_DATE	یک ساختار از ۵ رشته تاریخ و زمان
PED	مشخصات جدول در انتظار

<sup>31</sup> Representational State Transfer

<sup>32</sup> Representation Oriented Model

<sup>33</sup> Tabular

<sup>34</sup> Create-Read-Update-Delete

<sup>35</sup> Procedures

<sup>28</sup> Mac Preamble

<sup>29</sup> Inter Frame (Packet) Gap

<sup>30</sup> Digital Phase Lock Loop

## ۶. سرویس‌های اصلی پروتکل

برای خدمات متفاوت شبکه کدهای پیام متفاوتی از قبیل قرائت اطلاعات، پیکربندی شبکه، تعمیر و نگهداری شبکه به کار می‌رود. در جدول ۵ سرویس‌های اصلی پروتکل OSGP نشان داده شده است. در یک درخواست، کد فرمان و پارامترهای آن مشخص شده و در یک پاسخ نیز کد پاسخ به همراه نتایج در صورت وجود برگردانده می‌شود. قرائت و نوشتن جزئی برای قرائت/نوشتن جداول بزرگتر به کار می‌رود.

جدول ۵: سرویس‌های اصلی پروتکل OSGP

نام سرویس	توضیحات
قرائت کامل جدول	ارسال کد فرمان و شناسه جدول/دریافت کد پاسخ و تعداد بایت بازگردانده شده و داده
قرائت جزئی جدول	ارسال کد فرمان و شناسه جدول و نقطه شروع/دریافت کد پاسخ و تعداد بایت بازگردانده شده و داده
نوشتن جزئی جدول	ارسال کد فرمان و شناسه جدول، تعداد بایت داده و داده/دریافت کد پاسخ
نوشتن جزئی جدول	ارسال کد فرمان و شناسه جدول و نقطه شروع/دریافت کد پاسخ
احضار فرآیند تراکنش‌ها	فراخوانی فرآیندها با نوشتن در جداول مدیریت/دریافت آخرین شماره فرآیند اجرا شده توسط تجهیز، شماره توالی و کد پاسخ
پخش امن	اجرای امن فعل و انفعالات پیچیده ارسال یک پیام به چندین تجهیز
سفت افزار	دانلود مطمئن انتشار واحد و چندگانه سفت افزار

## ۷. امنیت اطلاعات در پروتکل OSGP

OSGP در امنیت اطلاعات بر EN/IEC/ISO 14908 تکیه نداشته و مدل امنیتی خود را در لایه کاربردی به کار می‌گیرد و متکی بر کلیدهای مشترک بین متمرکزکننده داده و تجهیز OSGP شامل کلید دسترسی باز رسانه<sup>۴۱</sup> (OMAK) و کلید رمزگذاری پایه<sup>۴۲</sup> (BEK) است. لایه نشست EN/IEC/ISO 14908 سرویس‌های احراز اصالت را فراهم نموده اما سرویس قابلیت اعتمادی نمی‌باشد. بنابراین OSGP چارچوب امنیتی در این استاندارد را با امنیت لایه کاربردی خود تکمیل نموده و این کاستی را جبران می‌نماید.

۵۴ فرآیند شامل ۸ فرآیند پایه (BP) و ۴۶ فرآیند گسترش یافته (EP) می‌باشد. برای مدیریت فرآیندها از جداول درخواست/پاسخ<sup>۳۶</sup> استفاده می‌گردد.

### ۴.۲.۳. رویدادها

رویدادها<sup>۳۷</sup> امکان گزارش اطلاعات به صورت غیرهمزمان را برای تجهیزات فراهم می‌نماید. برای مثال هشدارها/آلارم‌ها (دستکاری)، شرایط در حال اتفاق (تحت ولتاژ) و آشکارسازی استثناها (حذف فاز)، بررسی خطا (پایین بودن سطح باتری) و تغییر وضعیت یا حالت (تغییر فصلی). رویدادها از طریق جداول گزارش داده شده و توسط فرآیندها پاک می‌شوند. OSGP دارای ۹۶ رویداد شامل ۵۰ رویداد پایه و ۴۶ رویداد گسترش یافته است.

## ۵. تشکیل شبکه و سرویس نگهداری OSGP

اهداف اصلی این سرویس، کاهش هزینه، کاهش پیچیدگی آرایش سیستم، امکان انطباق سیستم با تغییرات به صورت پویا و ارائه خدماتی است که می‌تواند نیاز به مداخله دستی را حذف یا حداقل نماید. پایین آوردن هزینه و پیچیدگی آرایش سیستم با قابلیت شناسایی تجهیزات و توپولوژی و همچنین پیکربندی خودکار مسیر تکرارکننده فراهم می‌گردد. برای انطباق سیستم با تغییرات به صورت پویا باید انتقال یک تجهیز از یک ترانسفورماتور به ترانسفورماتور دیگر و یا تغییر مسیرهای تکرارکننده تشخیص داده شود. این فرآیند خودکارسازی از طریق سه هسته سرویس شامل پیام راه‌اندازی سریع<sup>۳۸</sup> (FCM)، شناسایی خودکار تجهیز<sup>۳۹</sup> (ADD) و مدیریت خودکار توپولوژی<sup>۴۰</sup> (ATM) امکان‌پذیر می‌گردد. FCM یک نوع پیام خاص است که برای بهینه‌سازی ترافیک PLC در راه‌اندازی اولیه یک تجهیز OSGP استفاده می‌شود که امکان ارسال تمامی اطلاعات مورد نیاز در یک پیام به جای چند پیام را فراهم آورده و تا حد زیادی بهره‌وری پهنای باند را افزایش و زمان راه‌اندازی را کاهش می‌دهد. ADD مکانیزمی برای پیوستن یک تجهیز به شبکه است که امکان شناسایی آن را برای متمرکزکننده‌های داده فراهم می‌نماید. ATM نیز مکانیزم شناسایی خودکار شبکه OSGP و نگهداری توپولوژی تجهیزات است که امکان ارتباط خودکار یک تجهیز به یک متمرکزکننده داده در راه‌اندازی یا به یک متمرکزکننده داده جدید در زمان تغییر توپولوژی را فراهم می‌آورد.

<sup>36</sup> Request/Response Tables

<sup>37</sup> Events

<sup>38</sup> Fast Commission Message

<sup>39</sup> Automated Device Discovery

<sup>40</sup> Automatic Topology Management

<sup>41</sup> Open Media Access Key

<sup>42</sup> Base Encryption Key

فراهم می‌آورد. همچنین قابلیت همکاری این پروتکل با استانداردهای دیگر در لایه فیزیکی امکان جلوگیری از هدررفت سرمایه‌گذاری‌های گذشته را ضمن بهره‌گیری از فن‌آوری‌های جدید فراهم می‌آورد که از این نظر نیز برای آینده شبکه هوشمند بسیار مناسب خواهد بود.

## منابع

- [1] M. Rezaeian, H. Modagheh & N. Salek Gilani, "Open Smart Grid Protocol(OSGP)," *Iran Energy Efficiency Organization(IEEO)*, Department of Smart Metering Systems & Smart Grid, Special Report, No. 10, Feb. 2013.
- [2] M. Rezaeian & Sh. Jadid, "Smart Metering Systems: Components and Communication Infrastructure," *Iranian Journal of Artificial Intelligence & Instrumentation*, vol. 26, p.8, Jul. 2011.
- [3] *ETSI Publishes Two Open Smart Grid Protocol for Grid Technologies* [Online]. Available: <http://www.opensmartgridprotocol.org/content/etsi-approved>.
- [4] M. Ossel (2010, Oct). *Publishing, promoting, maintaining, supporting Open Standards for Smart Grids and Smart Metering* [Online]. Available:[http://docbox.etsi.org/workshop/2010/201010\\_m2mworkshop/03\\_smartenergy/colebrook\\_esna.pdf](http://docbox.etsi.org/workshop/2010/201010_m2mworkshop/03_smartenergy/colebrook_esna.pdf)
- [5] *Reliable and Extensible OSGP-based Systems* [Online]. Available: <http://osgp.drupalgardens.com/content/reliable-and-extensible>.
- [6] H. Crijns (2012, Oct 4). *ESNA Demonstrates On-going Commitment to Interoperability and Open Standards* [Online]. Available: [http://www.esna.org/uploads/2012-10-04\\_%20OSGP.pdf](http://www.esna.org/uploads/2012-10-04_%20OSGP.pdf).
- [7] *Open Smart Grid Protocol (OSGP)*, ETSI GS OSG 001 V1.1.1, Jan. 2012.
- [8] *PowerLine Telecommunications (PLT) BPSK Narrow Band Power Line Channel for Smart Metering Applications*, ETSI TS 103 908 V1.1.1, Oct.2011.
- [9] ESNA (2012, Oct) *OSGP Introduction And Functional Overview* [Online]. Available: [http://www.esna.org/uploads/2012/2012-10\\_OSGP\\_seminar-1.pdf](http://www.esna.org/uploads/2012/2012-10_OSGP_seminar-1.pdf).
- [10] ESNA (2012, Oct) *OSGP Interoperability, Security Issues And Testing* [Online]. Available: [http://www.esna.org/uploads/2012/2012-10\\_OSGP\\_seminar-2.pdf](http://www.esna.org/uploads/2012/2012-10_OSGP_seminar-2.pdf)

کلید OMA، کلید ۹۶ بیتی است که برای پیام‌های بین کنتورها و متمرکزکننده‌های داده برای دسترسی به تمامی فرآیندها و جداول به کار می‌رود مگر اینکه محدود به زمان تولید برای جلوگیری از دسترسی به ویژگی‌هایی از قبیل کالیبراسیون، اطلاعات شناسایی کارخانه سازنده، نوشتن داده‌های رجیستر و کلیدها و غیره گردد. در طول فرآیند تولید، تجهیزات OSGP با کلید ۹۶ بیتی OMA منحصر به فرد پیکربندی می‌گردند. پس از شناسایی تجهیز OSGP، کلید OMA اصلی مخصوص تجهیز با کلید OMA مشترک توسط متمرکزکننده داده جایگزین می‌شود [۱۰]. کلید OMA برای احراز اصالت EN/IEC/ISO 14908، به عنوان یک کلید ورودی به الگوریتم چکیده برای احراز اصالت در لایه کاربردی و همچنین تولید کلید ۱۲۸ بیتی BEK در رمزگذاری در لایه کاربردی به کار می‌رود.

در لایه کاربردی برای جلوگیری از حملات بازپخش<sup>۴۳</sup>، یک توالی اعداد به بار مفید افزوده شده و در الگوریتم چکیده قرار می‌گیرد. همچنین برای جلوگیری از حملات گمراهی<sup>۴۴</sup>، آدرس زیرشبکه/گره تجهیز به چکیده منتقل می‌شود. اطلاعات مربوط به پیکربندی، صدور صورتحساب و پروفایل‌های بار، درخواست‌های قطع بار و تنظیمات زمان با احراز اصالت چکیده در لایه کاربردی OSGP برای عملیات خواندن و نوشتن محافظت می‌گردند. برای رمزگذاری پیام‌های ارسالی بین کنتورها و متمرکزکننده‌ها نیز از رمزنگاری جریانی RC4 که جزو الگوریتم‌های متقارن است استفاده می‌گردد. علاوه بر کلید OMA، قفل‌های سخت‌افزاری<sup>۴۵</sup> می‌توانند جداول و فرآیندهای خاصی در تجهیز OSGP اعمال شده و یا اینکه محدود به عملیات‌های نوشتن و خواندن همانند اجرای فرآیندها گردند.

## ۸. نتیجه‌گیری

در این مقاله به بررسی یکی از پروتکل‌های باز و پرکاربرد اروپایی در ارتباط با شبکه هوشمند پرداخته شده است. پروتکل OSGP به دلیل استفاده از استانداردهایی با کارایی بالا و سربار داده پایین در لایه کاربردی مدل OSI توانسته است بهره‌وری این لایه را با کاهش سربار به ۳۰٪ و افزایش بار مفید به بیش از سه برابر بهبود دهد که در مقایسه با پروتکل‌های دیگر PLC که دارای سربار داده ۸۰٪ یا بیشتر هستند کارآمدتر، مقیاس‌پذیر و مقرون به‌صرفه‌تر می‌باشد. علاوه بر این با افزودن مکانیزم‌های امنیتی مناسب امکان ارتباطات امن دوطرفه را برای کاربردهای شبکه هوشمند

<sup>43</sup> Replay Attack

<sup>44</sup> Misdirection Attack

<sup>45</sup> Hardware Lock