



INSO

18475

1st. Edition

2014

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۸۴۷۵

چاپ اول

۱۳۹۳

پخش همگانی ویدئویی رقمی (دیجیتال)
(DVB)؛ ساختار قاب‌بندی، کدگذاری و مدوله
کردن کanal برای تلویزیون رقمی زمینی

Digital Video Broadcasting (DVB);
Framing structure, channel coding and
modulation for digital terrestrial television

ICS:33.160.40

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تعییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با صالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیر دولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذینفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیته ملی مرتبط با آن رشته، طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین‌شده تهیه می‌کنند، در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. به این ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران، شماره ۵، تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که مؤسسه استاندارد تشکیل می‌دهد، به تصویب رسیده باشند.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین المللی الکترونیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۴ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرين پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیستمحیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه-بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرگانی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیستمحیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسائل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها ناظرت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاهای کالیبراسیون (واسنجی) وسائل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبهای و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1 - International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

**کمیسیون فنی تدوین استاندارد
پخش همگانی ویدئویی رقمی (DVB)؛ ساختار قاب‌بندی، کدگذاری و مدوله کردن کانال برای
تلوزیون رقمی زمینی**

سمت و / یا نمایندگی

کارشناس استاندارد سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی

رئیس:
عروجی، سیدمهدي
(فوق لیسانس مدیریت فناوری اطلاعات)

دبیر:

سرپرست آزمایشگاه کالیبراسیون مرکز تحقیقات صنایع
انفورماتیک

شعاع آذر، نگار
(فوق لیسانس الکترونیک)

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

سرپرست آزمایشگاه سازگاری الکترومغناطیسی مرکز تحقیقات
صنایع انفورماتیک

ارقند، ایرج
(فوق لیسانس مخابرات)

عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت

افکار، علی
(دکتری الکترونیک)

کارشناس شرکت تام ایران خودرو

ترابی، امیرحسین
(لیسانس الکترونیک)

کارشناس شرکت ارتباطات زیرساخت

زندهاف، عباس
(لیسانس مخابرات)

کارشناس انجمن آزمایشگاه‌های همکار و کالیبراسیون

شیرزادیانی، نفیسه
(فوق لیسانس فیزیک)

عضو هیات علمی دانشگاه علم و صنعت

نادری، مجید
(دکترای مهندسی برق - الکترونیک)

فهرست مندرجات

	عنوان	
	صفحه	
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران	
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد	
و	پیش گفتار	
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۱	مراجع	۲
۲	مراجع الزامی	۱-۲
۲	مراجع اطلاعاتی	۲-۲
۲	تعاریف، نمادها و کوتاهنوشت‌ها	۳
۷	سامانه پایه	۴
۷	ملاحظات عمومی	۱-۴
۱۰	واسط	۲-۴
۱۰	مدوله کردن و کدگذاری کانال	۳-۴
۱۱	طبیق تسهیم انتقال و آرایش تصادفی برای پراکندگی انرژی	۱-۳-۴
۱۲	کدگذاری بیرونی و تلفیق بیرونی	۲-۳-۴
۱۴	کدگذاری درونی	۳-۳-۴
۱۵	تلفیق درونی	۴-۳-۴
۲۳	صورت‌های فلکی و ترسیم سیگنال	۵-۳-۴
۲۷	ساختار قاب OFDM	۴-۴
۳۰	سیگنال‌های مرجع	۵-۴
۳۱	کارکردها و استخراج	۱-۵-۴
۳۱	تعريف ترتیب مرجع	۲-۵-۴
۳۲	موقعیت سلول‌های pilot متفرق	۳-۵-۴
۳۲	موقعیت حامل‌های pilot پیوسته	۴-۵-۴
۳۳	دامنه‌های همه اطلاعات مرجع	۵-۵-۴
۳۳	گسیل سیگنالی پارامتر ارسال (TPS)	۶-۴
۳۴	دامنه کاری TPS	۱-۶-۴

ادامه فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
۳۵	قالب ارسال TPS ۲-۶-۴
۳۹	مدوله کردن TPS ۳-۶-۴
۴۰	تعداد بستک های RS هر قاب بزرگ OFDM ۷-۴
۴۱	خصوصیات طیف و ماسک طیف ۸-۴
۴۱	خصوصیات طیف ۱-۸-۴
۴۲	ماسک طیف خارج از باند (برای کanal های 8MHz) ۲-۸-۴
۴۵	بسامد مرکز سیگنال RF (برای کanal های UHF8MHz) ۳-۸-۴
۴۸	پیوست الف (اطلاعاتی) عملکرد سامانه شبیه سازی شده برای کanal های 8 MHz
۵۲	پیوست ب (اطلاعاتی): تعریف P_1 و F_1
۵۴	پیوست پ (اطلاعاتی): نمونه در همگذاری
۵۵	پیوست ت (اطلاعاتی) : راهبردها برای پیاده سازی سیگنال گسیل شده
۵۵	استفاده از FFT ت-۱
۵۷	انتخاب بسامد مرکز "باند پایه" ت-۲
۵۷	مشکلات بالقوه دیگر ت-۳
۵۹	پیوست ث (الزمی) مقادیر برای کanal های ۶ MHz و ۷ MHz
۶۲	پیوست ج (الزمی) ویژگی های اضافی برای پایانه های دستی (DVB(DVB-H)
۶۲	ملاحظات عمومی ج-۱
۶۳	بازنگری ویژگی های اضافی ج-۲
۶۴	ویژگی های پایه اضافی ج-۳
۶۴	کدگذاری و مدوله کردن کanal ج-۳-۱
۶۷	ساختار قالب OFDM ج-۳-۲
۷۰	سیگنال های مرجع ج-۳-۳
۷۰	گسیل سیگنالی پارامتر ارسال (TPS) ج-۳-۴
۷۳	ظرفیت های ارسال ج-۳-۵
۷۵	مشخصات طیف و ماسک طیف ج-۳-۶
۷۶	پیوست چ (اطلاعاتی) کار پهنانی باند کanal 5 MHz

پیش گفتار

استاندارد «پخش همگانی ویدئویی رقمی (DVB)؛ ساختار قاب‌بندی، کدگذاری و مدوله کردن کanal برای تلویزیون رقمی زمینی» که پیش‌نویس آن در کمیسیون فنی مربوط، توسط مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک، به عنوان استاندارد ملی ایران، تهیه شده و در یکصد و پنجاه و نهمین اجلاسیه‌ی کمیته‌ی ملی استاندارد مخابرات مورخ ۹۳/۲/۲۱ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان ملی استاندارد ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه‌ی صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در موقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهاودی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط، مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، همواره از آخرین تجدید نظر آنها استفاده خواهد شد.

منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است :

EN 300744 ,v1.6.1 :2009: DigitalVideo Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television

پخش همگانی ویدئویی رقمی (DVB)؛ ساختار قاب‌بندی، کدگذاری و مدوله کردن کanal برای تلویزیون رقمی زمینی

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین و شرح سامانه انتقال پایه برای پخش همگانی تلویزیون (TV) رقمی زمینی می‌باشد. این استاندارد سامانه مدوله کردن و کدگذاری کanal مورد نظر برای خدمات زمینی LDTV/SDTV/EDTV/HDTV چند برنامه‌ای رقمی را معین می‌کند.

دامنه کاری به شرح زیر است :

- یک شرح کلی از سامانه پایه برای تلویزیون رقمی زمینی ارائه می‌دهد.
- الزامات و ویژگی‌های عملکرد کلی سامانه پایه را به منظور رسیدن به اهداف کیفیت خدمت مشخص می‌کند.
- سیگنالی که به صورت رقمی مدوله شده را مشخص می‌کند به این منظور که سازگاری بین قسمت‌های تجهیزاتی را که توسط تولیدکنندگان مختلف توسعه داده شده را مجاز سازد. این امر زمانی بدست می‌آید که پردازش سیگنال در طرف مدوله کننده با جزئیات شرح داده شود در زمانی که پردازش در طرف گیرنده برای حل‌های پیاده سازی مختلف باز می‌ماند. به هر حال، در این متن رجوع به جنبه‌های مشخص دریافت ضروری است.

به منظور نشانه دهی پایانه‌های دستی (DVB-H) در پیوست‌ها ارائه شده است:

- یک حالت 4K اضافی که انتخاب‌های تکمیلی را برای طراحی شبکه، پیشنهاد می‌دهد. (پیوست ج)؛
- یک جاگذارنده درونی کامل اختیاری، برای کاهش آثار سطح بالای نویه ساخت انسان که بر دریافت خدمات‌های DVB-H موثر باشد (پیوست ج)؛
- توسعه‌ای از اطلاعات سیگنالینگ پارامتر ارسال (TPS) برای خدمات‌های سیگنالینگ DVB-H (پیوست ج)؛
- پارامترهای ارسال برای به کار انداختن سامانه ارسال در پهنه‌ای باند کanal 5 MHz، حتی بیرون از باندهای پخش همگانی مرسوم (پیوست ج).

۲ مراجع

مراجع یا مشخص هستند (که به وسیله تاریخ انتشار، شماره ویرایش، شماره نسخه شناخته می‌شوند) یا نامشخص.

- برای یک مرجع مشخص، نسخه‌های بعدی به کار نمی‌رود.
- یک مرجع نامشخص ممکن است تنها برای یک استاندارد کامل یا یک قسمت از آن و تنها در موارد زیر ساخته شده باشد:
- چنانچه قابل قبول باشد استفاده از تمام تغییرات آینده استاندارد مورد ارجاع برای اهداف استاندارد رجوع کننده، امکان‌پذیر می‌باشد.

- برای مراجع اطلاعاتی

استانداردهای مورد ارجاع که به طور عمومی در محل انتظار در دسترس نیستند، ممکن است در <http://docbox.etsi.org/Reference> دریافت شود.

یادآوری - چنانچه ابر پیوندی^۱ که در این بند شامل شده است، در زمان انتشار ETSI معتبر بوده باشد، نمی‌توان اعتبار دراز مدت آنها را ضمانت کرد.

۱-۲ مراجع الزامی

استانداردهای مورد ارجاع زیر برای کاربرد این استاندارد لازم‌الاجراست. برای مراجع تاریخ‌دار، تنها ویرایش ذکر شده به کار می‌رود. برای مراجع نامشخص، آخرین ویرایش استاندارد مورد ارجاع (شامل کلیه اصلاحات) به کار می‌رود.

- 1) ISO/IEC 13818 (Parts 1 to 3): "Information technology-Generic coding of moving pictures and associated audio information".
- 2) ETSI EN 300 421: "Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for 11/12GHz satellite services".
- 3) ETSI EN 300 429: "Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for cable systems".
- 4) ETSI EN 300 468: "Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for Service Information (SI) in DVB systems".

۲-۲ مراجع اطلاعاتی

استانداردهای مورد ارجاع زیر برای استفاده این استاندارد ضروری نیستند اما با توجه به یک زمینه موضوعی خاص، به کاربر کمک می‌کنند. برای مراجع نامشخص، آخرین نسخه استاندارد مورد ارجاع (شامل کلیه اصلاحات) به کار می‌رود.

کاربرد ندارد.

۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها و کوتاه‌نوشت‌ها

۳-۱ تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌روند:
طول محدودیت: تعداد عناصر تاخیر به علاوه یک در کدگذار پیچشی^۲

1 - Hyperlink

2 - Convolutional coder

۲-۳ نماد ها

A(e)	output vector from inner bit interleaver e	در این استاندارد، نمادهای زیر به کار می‌روند: بردار خروجی از در هم گذار بیتی e
$a_{e,w}$	bit number w of inner bit interleaver output stream e	شماره بیت w در هم گذار بیتی درونی e جریان خروجی
α	constellation ratio which determines the QAM constellation for the modulation for hierarchical transmission	نسبت صورت فلکی که صورت فلکی QAM را برای مدوله کردن برای ارسال سلسله مراتبی تعیین می‌کند
B(e)	input vector to inner bit interleaver e	بردار ورودی به در هم گذار بیتی e داخلی
$b_{e,w}$	bit number w of inner bit interleaver input steame	شماره بیت w از در هم گذار بیتی درونی جریان ورودی e
$b_{e,do}$	output bit number do of demultiplexed bit stream number e of the inner interleaver demultiplexer	شماره بیت خروجی do از جریان بیت واتافته شده شماره e از واتافتگر در هم گذار درونی
b_i	bit number i of the cell identifier	شماره بیت i از شناسانه سلول
$c_{m,l,k}$	complex cell for frame m in OFDM symbol l at carrier k	سلول پیچیده برای قاب m در نماد k بر حامل OFDM
C'_k	Complex modulation for a reference signal at carrier k	مدوله کردن پیچیده برای یک سیگنال k مرجع بر حامل
$C'_{l,k}$	Complex modulation for a TPS signal at carrier k in symbol l	مدوله کردن پیچیده برای یک سیگنال TPS بر حامل k، در نماد l
C/N	Carrier-to-Noise ratio	نسبت حامل به نویه
Δ	time duration of the guard interval	طول زمان مدت حفاظتی
d_{free}	convolutional code free distance	کد پیچیدگی بدون فاصله
f_c	centre frequency of the emitted signal	بسامد مرکزی سیگنال گسیل شده
G_1, G_2	convolutional code Generator polynomials	چندجمله‌ای های مولد کد پیچیدگی
$g(x)$	Reed-Solomon code generator polynomial	چند جمله‌ای مولد کد رید-سالمون
$h(x)$	BCH code generator polynomial	چند جمله‌ای مولد کد BCH
H(q)	inner symbol interleaver permutation	جایگشت درهم گذار نمادی درونی
$H_e(w)$	inner bit interleaver permutation	جایگشت درهم گذار بیتی درونی
i	priority stream index	شاخص اولویت جریان
I	Interleaving depth of the outer convolutional interleaver	عمق تلفیق برای درهم گذار

		پیچیدگی بیرونی
I _{0,I1,I2,I3}	inner Interleavers	درهم گذارهای درونی
I _{4,I5}		
j	branch index of the outer interleaver	شاخص شاخه درهم گذار بیرونی
k	carrier number index in each OFDM symbol	شاخص شماره حامل در هر نماد OFDM
K	number of active carriers in the OFDM symbol	تعداد حامل های فعال در نماد OFDM
K _{min,K_{max}}	carrier number of the lower and largest active carrier respectively in the OFDM signal	شماره حامل به ترتیب، پائین ترین و بالاترین حامل فعال در سیگنال OFDM
l	OFDM symbol number index in an OFDM frame	شاخص شماره نماد OFDM در یک قاب OFDM
m	OFDM frame number index	شاخص شماره قاب OFDM
m'	OFDM super-frame number index	شاخص شماره قاب ابرقاب OFDM
M	convolutional interleaver branch depth for j = 1, M = N/I	عمق شاخه درهم گذار پیچیدگی برای M=N/I, j= 1
n	transport stream sync byte number	شماره بایت همگام جریان انتقال
N	length of error protected packet in bytes	طول بستک محافظت شده در برابر خطأ، در مقیاس بایت
N _{max}	inner symbol interleaver block size	اندازه بستک درهم گذار نماد درونی
p	scattered pilot insertion index	شاخص درج راهنمای پراکنده
p(x)	RS code field generator polynomial	چندجمله ای مولد میدان کد RS
P _{k(f)}	Power spectral density for carrier k	چگالی طیفی توان برای حامل k
P(n)	interleaving Pattern of the inner symbol interleaver	الگوی درهم گذاری برای درهم گذار نمادی درونی
r _i	code rate for priority level i	نرخ کد با سطح اولویت i
s _i	TPS bit index	شاخص بیت TPS
t	number of bytes which can be corrected by the Reed-Solomon decoder	تعداد بایتهایی که می‌توانند توسط رمزگشای رید-سالمون اصلاح شوند
T	elementary Time period	دوره تناوب زمانی ابتدایی
T _S	duration of an OFDM symbol	مدت یک نماد OFDM
T _F	Time duration of a frame	طول زمان یک قاب
T _U	Time duration of the useful (orthogonal) part of a symbol, without the guard interval	طول زمان قسمت مفید (متعامد) یک نماد، بدون وقفه حفاظتی

u	bit numbering index	شاخص شماره گذاری بیت
v	number of bits per modulation symbol	تعداد بیت های هر نماد مدولاسیون
w_k	value of reference PRBS sequence applicable to carrier k	مقدار ترتیب PRBS مرجع قابل کاربرد برای حامل k
x_{di}	input bit number di to the inner interleaver demultiplexer	شماره بیت ورودی di به واتافتگر در هم گذار درونی
x'_{di}	high priority input bit number di to the inner interleaver demultiplexer	شماره بیت با اولویت بالا ورودی di به واتافتگر در هم گذار درونی
x''_{di}	low priority input bit number di to the inner interleaver demultiplexer	شماره بیت با اولویت بالا ورودی di به واتافتگر در هم گذار درونی
Y	output vector from inner symbol interleaver	بردار خروجی از در هم گذار نماد درونی
Y'	intermediate vector of inner symbol interleaver	بردار واسطه در هم گذار نماد درونی
y_q	bit number q of output from inner symbol interleaver	شماره بیت q از خروجی در هم گذار نماد درونی
y'_q	bit number q of intermediate vector of inner symbol interleaver	شماره بیت q از بردار واسطه در هم گذار نماد درونی
z	complex modulation symbol	نماد مدوله کردن پیچیده
*	complex conjugate	جفت مختلط

۳-۳ کوتنهنوشت‌ها

در این استاندارد، کوتنهنوشت‌های زیر به کار می‌رود:

ACI	Adjacent Channel Interference	تدخّل کانال مجاور
AWGN	Additive White Gaussian Noise	نوفه گاووسی سفید افزاینده
BCH	Bose - Chaudhuri - Hocquenghem code	کد بوز-چادوری - هاکنگم
BER	Bit Error Ratio	نرخ خطای بیت
CCI	Co-Channel Interference	تدخّل هم کانال
DBPSK	Differential Binary Phase Shift Keying	کلیدزنی جابجایی فاز دودوبی تفاضلی
DFT	Discrete Fourier Transform	تبدیل فوریه گسسته
DVB	Digital Video Broadcasting	پخش همگانی تصویری رقمی (دیجیتال)
DVB-H	DVB-Handheld	DVB - دستی
DVB-T	DVB-Terrestrial	DVB - زمینی
EDTV	Enhanced Definition TeleVision	تلوزیون با تعریف پیشرفته
FFT	Fast Fourier Transform	تبدیل سریع فوریه

FIFO	First-In, First-Out shift register	ثبت جابجایی اولین ورود – اولین خروج (مکان به ترتیب ورود)
HDTV	High Definition TeleVision	تلوزیون با تعریف عالی
HP	High Priority bit stream	جریان بیت با اولویت بالا
IFFT	Inverse Fast Fourier Transform	تبديل سریع فوریه معکوس
LDTV	Limited Definition TeleVision	تلوزیون با تعریف محدود
LP	Low Priority bit stream	جریان بیت با اولویت پایین
MPEG	Moving Picture Experts Group	گروه خبره تصویر متحرک
MSB	Most Significant Bit	پراهمیت ترین بیت
MUX	MULTipleX	همتافتگری (تسهیم)
NICAM	Near-Instantaneous Companded Audio Multiplex	همتافتگری (تسهیم) صوتی فشرده شده تقریباً آنی
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing	همتافتگری (تسهیم) تقسیم بسامدی متعامد
PAL	Phase Alternating Line	خط فاز متناوب
PRBS	Pseudo-Random Binary Sequence	توالی دودویی شبه تصادفی
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	مدوله کردن دامنه یک چهارم
QEF	Quasi Error Free	بدون شبه خطأ
QPSK	Quaternary Phase Shift Keying	کلیدزنی جابجایی فاز چهارتایی
RF	Radio Frequency	بسامد رادیویی
RS	Reed-Solomon	رید- سلامون
SDTV	Standard Definition TeleVision	تلوزیون با تعریف استاندارد
SECAM	Système Sequentiel Couleur A Mémoire	سامانه متوالی رنگ حافظه
SFN	Single Frequency Network	شبکه بسامدی واحد
TPS	Transmission Parameter Signalling	سیگنال دهی پارامتر انتقال
TV	TeleVision	تلوزیون
UHF	Ultra-High Frequency	بسامد فوق بالا
VHF	Very-High Frequency	بسامد بسیار بالا

۱-۴ ملاحظات عمومی

سامانه تعریف شده به عنوان بستک کارکردی برای عملکرد تجهیزات، مطابق با سیگنال‌های باند پایه^۱ تلویزیون از خروجی همتافتگر (تسهیم‌کننده)^۲ انتقال MPEG-2، به مشخصه‌های کanal زمینی را انجام می‌دهد. فرآیندهای زیر باید، برای جریان داده^۳ اعمال شود. (نگاه کنید [1]):

- تطبیق^۴ و آرایش تصادفی^۵ همتافتگری انتقال برای پراکندگی انرژی؛
- کدگذاری بیرونی (به عبارت دیگر کد رید - سلامون)؛
- درهم‌گذاری بیرونی (به عبارت دیگر در هم گذاری پیچیدگی)؛
- کدگذاری درونی (به عبارت دیگر، کد (پیچشی) حفره دار^۶)؛
- درهم گذاری درونی (هم در محل و هم در عمقی)؛
- نگاشت و مدوله کردن
- ارسال تسهیم‌کننده تقسیم بسامدی متعدد (OFDM)؛

سامانه مستقیماً با سیگنال‌های تلویزیون کدگذاری شده MPEG-2 سازگار است [1]. ISO/IEC13818

از آنجائی که سامانه برای خدمت‌های تلویزیونی رقمی زمینی طراحی شده تا درون تخصیص طیف مربوط به VHF و UHF موجود برای ارسال‌های آنالوگ کار کند (یادآوری را ن.ک.)، لازم است که سامانه مراقبت کافی دربرابر سطوح بالای تداخل هم کanal (CCI)^۷ و تداخل کanal هم‌جوار (ACI)^۸ ناشی شده از خدمات PAL/SECAM/NTSC موجود را فراهم آورد. همچنین جزء الزامات است که سامانه بیشینه بازده طیف را زمانی که درون باندهای VHF و UHF استفاده می‌شود، ممکن سازد؛ این الزام بوسیله استفاده از کاربرد شبکه بسامدی واحد(SFN)^۹ به دست می‌آید

یادآوری- سامانه OFDM در استاندارد حاضر، برای فضای کanal 5 MHz ، 6 MHz و 7 MHz تعیین شده است. ویژگی اساسی برای هر سه پهنه‌ای باند یکی است به استثنای پارامتر دوره تنابوب ابتدایی T، که برای پهنه‌های باند مخصوص به خود یکتاست. از نقطه نظر پیاده‌سازی، دوره تنابوب ابتدایی T، می‌تواند به طور عادی به صورت معکوس نرخ ساعت کلک^{۱۰} نامی سامانه، دیده شود. با تنظیم نرخ ساعت، در نتیجه پهنه‌ای باند و نرخ بیت نیز تنظیم می‌شوند. پارامترها برای کار سامانه ارسال در کanal 5MHz خارج از باندهای پخش همگانی مرسوم، در پیوست چ داده شده است.

برای دستیابی به این الزامات یک سامانه OFDM با کدگذاری اصلاح خطای پیوسته، مشخص شده است. برای به حداقل رساندن نقاط مشترک با مشخصات پایه ماهواره (ن.ک. [2] EN 300 421) و مشخصات پایه

1 - Baseband

2 - Multiplexer

3 - Data stream

4 - Adaptation

5 - Randomization

6 - Punctured convolutional code

7 - Co-Channel Interference

8 - Adjacent Channel Interference

9 - Single Frequency Network

10 - Clock rate

کابل (ن.ک. [3] EN 300 429) کدگذاری بیرونی و در هم گذاری بیرونی مشترکند، و کدگذاری درونی با مشخصات پایه ماهواره مشترک است. برای اینکه برآورده^۱ بهینه بین همبندی^۲ شبکه و بازده بسامدی، ممکن شود، یک فاصله حفاظتی منعطف^۳ مشخص می‌شود. این امر سامانه را قادر می‌سازد، که پیکربندی‌های مختلف شبکه، مانند SFN ناحیه وسیع و فرستنده واحد را، زمانیکه بیشینه بازده بسامدی حفظ می‌شود، پشتیبانی کند.

دو حالت کار، یک «حالت 2K» و یک «حالت 8K»، برای ارسال‌های DVB-T و DVB-H تعریف شده است. «حالت 2K» برای کار فرستنده واحد، و شبکه‌های SFN کوچک با فاصله‌های محدود شده فرستنده، مناسب است. «حالت 8K» می‌تواند برای هر دوی کار فرستنده واحد و برای شبکه‌های SFN بزرگ و کوچک استفاده شود.

انحصاراً برای استفاده در سامانه‌های DVB-H، یک حالت ارسال سوم، «حالت 4K» در پیوست ج تعریف شده است، که نیازهای معین پایانه‌های دستی را نشان داده است. اهداف «حالت 4K» ارائه یک برآورد اضافی بین اندازه سلول ارسال و توانمندی‌های دریافت سیار است که یک درجه اضافی انعطاف برای طرح- ریزی شبکه DVB-H را فراهم می‌آورد.

سامانه سطوح مختلفی از مدوله کردن QAM و نرخ‌های مختلف کد درونی که برای تبادل نرخ بیت در برابر ناهمواری^۴، استفاده می‌شوند، را ممکن می‌سازد. سامانه همچنین دو سطح مدوله کردن و کدگذاری کanal سلسله مراتبی^۵، شامل صورت فلکی^۶ یکنواخت و یا با تفکیک‌پذیری چندگانه^۷ را ممکن می‌سازد. در این مورد، بستک نمودار کارکردی سامانه، باید گسترش یابد تا بودمان‌هایی که به صورت پراکنده در شکل ۱ علامت‌گذاری شده را در برگیرد. دو جریان مستقل انتقال MPEG، که تحت عنوان جریان با اولویت بالا^۸ و با اولویت پائین^۹، مورد اشاره قرار گرفته، روی صورت فلکی سیگنال به وسیله نگاشت کننده و مدولاتوری که شماره متناظر ورودی‌ها را داراست، نگاشت شده است.

به منظور ضمانت اینکه سیگنال‌های گسیل شده توسط چنین سامانه‌های سلسله مراتبی ممکن است بواسیله یک گیرنده ساده دریافت شوند، خاصیت سلسله مراتبی به مدوله کردن و کدگذاری کanal سلسله مراتبی بدون استفاده از کدگذاری منبع سلسله مراتبی، محدود می‌شود.

بنابراین یک خدمت برنامه^{۱۰} می‌تواند، «پخش همزمان^{۱۱}» به عنوان یک نرخ بیت پائین، نسخه ناهموار و نسخه دیگر از نرخ بیت بالاتر و ناهمواری کمتر، باشد. متناظراً برنامه‌های کاملاً متفاوت، می‌توانند روی جریان‌های جداگانه با ناهمواری مختلف ارسال شوند. در هر مورد، گیرنده تنها یک مجموعه از عناصر

1 - Trade off

2 - Topology

3 - Flexible guard interval

4 - Ruggedness

5 - Hierarchical

6 - Constellation

7 - Multi-resolution

8 - High-priority stream

9 - Low-priority

10 - Programme

11 - Simulcast

معکوس لازم دارد: تفکیک کننده^۱ درونی، رمز گشا (کد بردار)^۲ی درونی، تفکیک کننده بیرونی، رمز گشای بیرونی و تطابق تسهیم (همتافتگری). به این ترتیب تنها الزام اضافی که روی گیرنده قرار داده شده است، قابلیتی برای دمدولاتور^۳ / نگاشت کننده معکوس^۴ می‌باشد، که به منظور ایجاد یک جریان انتخاب شده از میان آنهایی است که در پایان ارسال، نگاشت شده‌اند.

ارزش اقتصادی این گیرنده آن است که دریافت در زمانی که رمزگشایی و ارائه تصویرها و صدا به طور پیوسته انجام می‌شود، نمی‌تواند از یک لایه به دیگری سودهای شود (برای مثال، برای انتخاب یک لایه ناهموارتر در زمانی که دریافت خفیف شده^۵ باشد). در زمانیکه رمزگشای درونی و رمزگشاها متعدد منبع به طور مناسب پیکربندی مجدد شده و دوباره قفل می‌شوند، یک توقف ضروری است. (برای مثال، ثابت کردن^۶ قاب تصویری برای مدت تقریبی ۰/۵ ثانیه، وقفه صوتی برای مدت تقریبی ۰/۲ ثانیه)

1 - De-interleaver

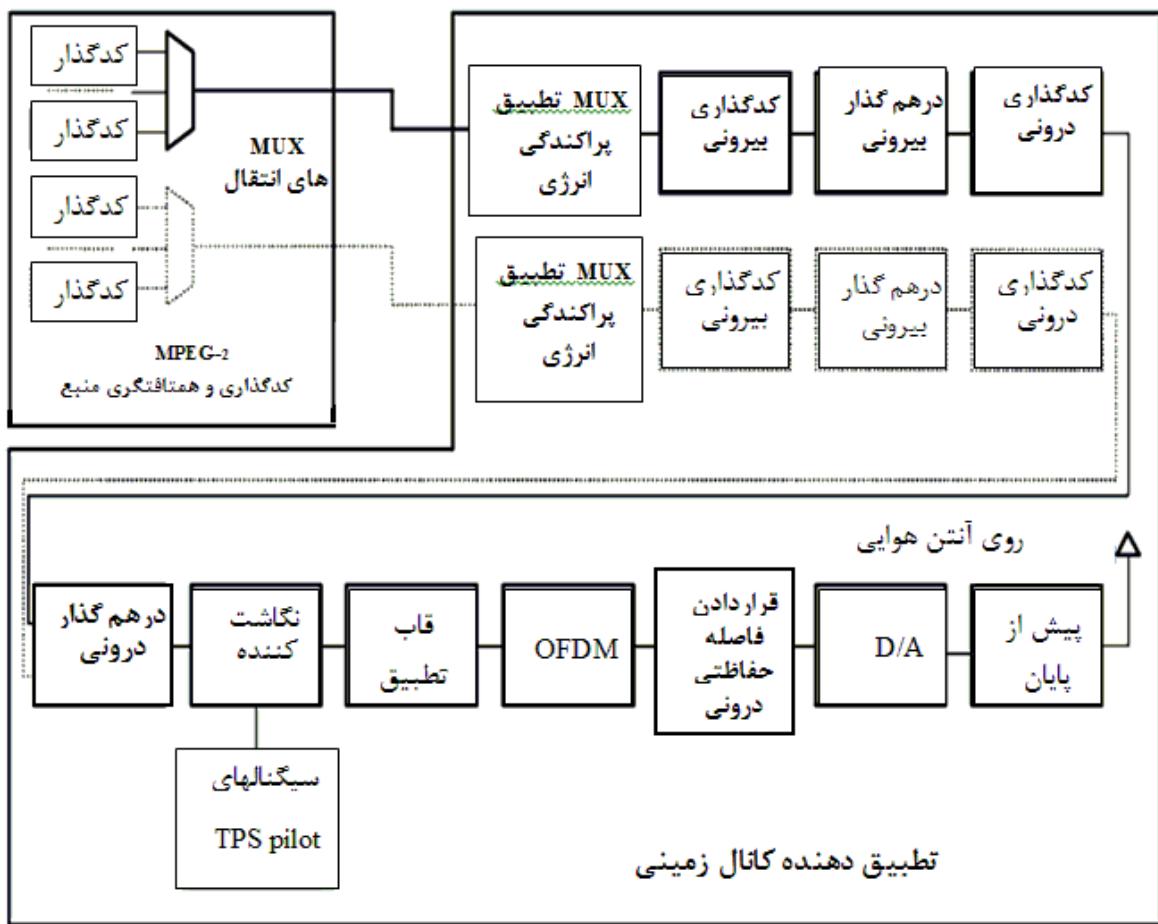
2 - Decoder

3 - Demodulator

4 - De-mapper

5 - Degraded

6 - Freeze



شکل ۱- نمودار بستک کارکردی سامانه

۲-۴ واسط (رابط)

سامانه پایه چنانچه در این استاندارد تعریف شده است توسط واسطه‌های زیر تعیین شده است.

جدول ۱- واسطها برای سامانه پایه

اتصال	نوع واسط	واسط	موقعیت
MPEG-2 از تسهیم کننده	MPEG-2 (های) انتقال	ورودی	ایستگاه ارسال
روی آنتن هوایی ^۱	سیگنال	خروجی	
از آنتن هوایی	RF	ورودی	نصب دریافت
به واتافتگر	تسهیم جریان انتقال	خروجی	

۳-۴ مدوله کردن و کدگذاری کanal

۱-۳-۴ تطبیق تسهیم انتقال^۲ و آرایش تصادفی^۳ برای پراکندگی انرژی

جریان ورودی سامانه باید در بسته‌های با طول ثابت (ن.ک. شکل ۳)، با پیروی از تسهیم کننده انتقال

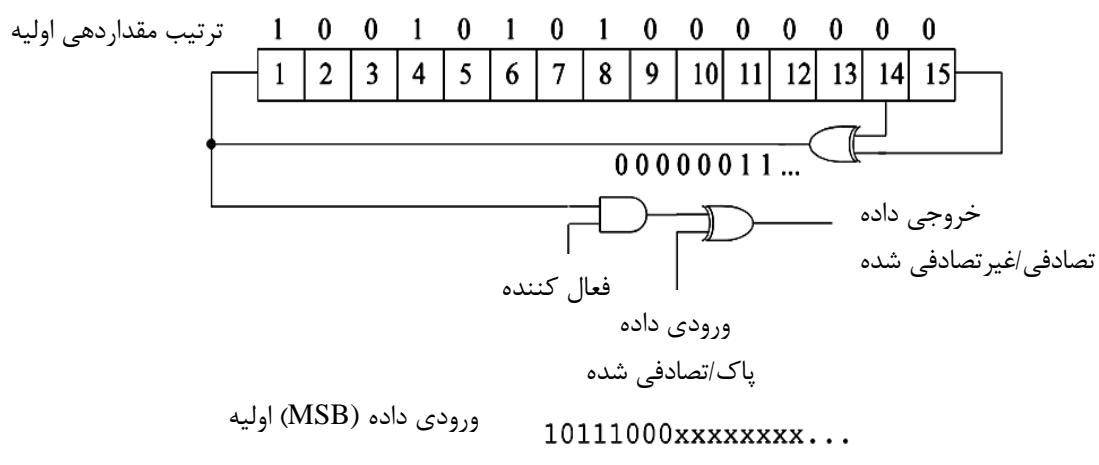
1 - To aerial

2 - Transport multiplex adaptation

3 - Randomization

MPEG-2 سازماندهی شده باشد. طول کل بستک تسیم کننده انتقال (MUX) بسته‌ای با ۱۸۸ بایت می‌باشد.

این شامل یک بایت کلمه همگام^۱ (به عبارت دیگر، "0") از بایت کلمه همگام (به عبارت دیگر، 111 000 01) آغاز همیشه باید از MSB (به عبارت دیگر، "0") شود. به منظور اطمینان از انتقال‌های کافی دودویی، داده ورودی تسهیم MPEG-2 باید مطابق با پیکربندی تصویر شده در شکل ۲، تصادفی شده باشد.



جهاز إرسال واستقبال (PRBS) يتيح تجاهف الاتصال (CRC).

1 xz14 xz15

یادآوری - شرح چندجمله‌ای داده شده در اینجا در شکل گرفته شده از مشخصات پایه ماهواره [2] EN 300 421 می‌باشد. در جای دیگر در هر دو، چه مشخصات پایه ماهواره و چه در این استاندارد، یک نشانه گذاری ۳ چند جمله‌ای متفاوت استفاده شده که با استاندارد کتاب دقتسمون مطابقت دارد (کتابهای اصلاح خطاب منابع، ۱۹۷۲، MIT Press).

بارگذاری توالی "100101010000000" در ثبات‌های PRBS، چنانچه در شکل ۲ نشان داده شده، باید در آغاز هر بستک انتقال ۸ تایی، وارد شود. برای فراهم کردن یک سیگنال مقداردهی اولیه برای مرتب‌کننده، بایت همگام MPEG-2 از بستک انتقال اولیه در یک گروه از بسته‌های ۸ تایی، بیت معکوس^۵ از B8_{HEX}(SYNC) به (47_{HEX}(SYNC) می‌باشد. از این فرآیند به عنوان «تطبیق تسهیم انتقال» یاد می‌شود.

1 - Sync-word

- 1 - Sync word
- 2 - Scrambler/descrambler

Z - Scrans

4- Peterson and Weldon

4 Peterson and Wei
5- Bit-wise inverted

بیت اولیه در خروجی مولد PRBS باید بر روی اولین بیت (یعنی، MSB) بایت اول با پیروی از بایت همگام MPEG-2 معکوس (یعنی، $B8_{HEX}$) اعمال شود. برای کمک به دیگر کارکردهای همگام‌کننده، در طول بایتهای همگام ۲ MPEG از ۷ بستک انتقال بعدی، تولید PRBS باید ادامه یابد، اما خروجی آن باید غیرفعال شود تا این بایتهای غیر تصادفی باقی بمانند. بنابراین، دوره تناوب ترتیب PRBS باید ۱۵۰۳ بایت باشد.

همچنین فرآیند آرایش تصادفی کردن، وقتی که جریان بیت ورودی مدولاتور، موجود نیست، و یا زمانی که با قالب جریان انتقال ۲ MPEG (یعنی، ۱ بایت همگام ۱۸۷+ بایت بسته) مطابقت ندارد، باید فعال باشد.

۲-۳-۴ کدگذاری بیرونی و در هم گذاری بیرونی

کدگذاری و در هم گذاری بیرونی باید روی ساختار بستک ورودی انجام شود (ن.ک. شکل ۳ الف). کد کوتاه شده (8 RS(204,188,t=8) رید-سalamon (ن.ک. یادآوری ۱)، مشتق شده از کد RS سامانه اصلی (8,255,239,t=8)، باید به هر بستک تصادفی شده انتقال (188byte) از شکل ۳ آب اعمال شود تا یک بستک حفاظت شده دربرابر خطای تولید کند (ن.ک. شکل ۳ پ). همچنین کدگذاری رید - سلامون باید برای بایت همگام بسته، چه غیر معکوس (یعنی $B8_{HEX}$) و چه معکوس (یعنی 47_{HEX}) به کار رود.

یادآوری ۱ - کد رید-سالمون ۲۰۴ بایت طول و ۱۸۸ بایت بزرگی^۱ داشته و اصلاح تا ۸ بایت نادرست^۲ تصادفی، در یک کلمه دریافت شده از ۲۰۴ بایت را ممکن می سازد.

$$\lambda=02_{HEX} \text{ کد : } g(x)=(x+\lambda^0)(x+\lambda^1)(x+\lambda^2)\dots(x+\lambda^{15})$$

$$p(x)=x^8+x^4+x^3+x^2+1$$

کد رید-سالمون کوتاه شده، ممکن است با اضافه کردن ۵۱ بایت، همه به صفر تنظیم شود، قبل از بایتهای اطلاعات در ورودی یک کدگذار RS (255,239,t=8) پیاده سازی شود. پس از رویه کدگذاری RS، این بایتهای تهی^۳ باید حذف شوند، که منجر به یک کلمه کد RS از ۲۰۴ = N بایت می شود. بر مبنای طرح مفهومی شکل ۴، در هم گذاری بایت^۴ پیچیدگی با عمق ۱۲ = I باید برای بسته‌های حفاظت شده دربرابر خطای کار رود (ن.ک. شکل ۳ پ). این امر در ساختار داده در هم گذاری شده منتج می شود (ن.ک. شکل ۳ ت).

فرآیند در هم گذاری پیچیدگی باید بر اساس رویکرد فورنی^۵ باشد، که با رویکرد نوع سوم رامسی^۶، با $I=12$ سازگار است. بایتهای داده در هم گذاری شده باید از بسته‌های حفاظت شده در برابر خطای ترکیب شده باشند و حدود آن باید با بایتهای همگام ۲ MPEG غیرمعکوس یا معکوس، معین شود (حفظ تناوب^۷ بایت).

1- Dimension

2- Erroneous

3 - Null bytes

4 - Byte-wise

5 - Forney

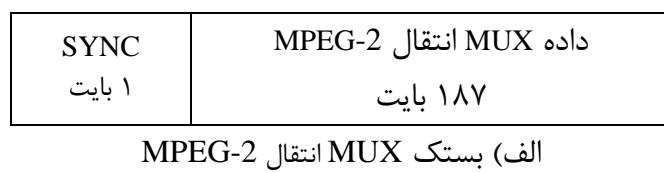
6 - Ramsey

7 - Periodicity

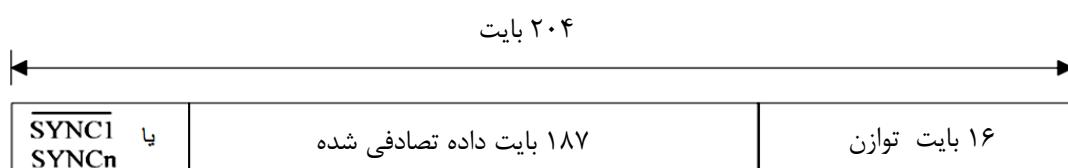
در هم گذار ممکن است از شاخه^۱های I=12، ساخته شده باشد که به صورت دوره‌ای با سودهی ورودی^۲ به بایت جریان ورودی متصل می‌شود. هر شاخه \hat{z} باید یک ثبات جابجایی به ترتیب ورود (FIFO) باشد، با عمق $M = 17 = N/I$ سلول جائیکه $\hat{z} \times M$ سلول باشند.

برای اهداف همگام سازی^۳، بایت‌های \overline{SYNC} و بایت‌های \overline{SYNC} باید همیشه در شاخه "0" در هم گذار، مسیر دهی شوند (متناظر با یک تاخیر تهی).

یادآوری ۲ - تفکیک کننده در اصل شبیه در هم گذار است، اما شاخص‌های شاخه^۴ بر عکس هستند (یعنی $\hat{z} = 0$ متناظر است با بیشترین تاخیر). همگام سازی تفکیک کننده می‌تواند با مسیر دهی اولین بایت همگام تشخیص داده شده ($SYNC$ یا \overline{SYNC}) در شاخه "0"، انجام شود.

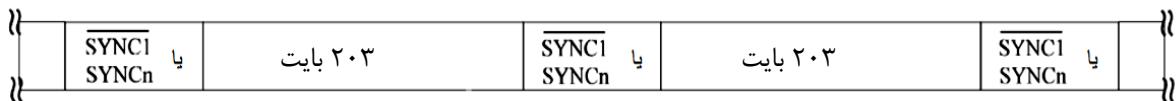


ب) بستک‌های انتقال تصادفی شده: بایت‌های همگام و بایت‌های داده تصادفی



پ) بستک‌های حفاظت شده در برابر خط RS (204,188,8) رید-سالامون

-
- 1 - Branch
 - 2 - Input switch
 - 3 - Synchronization
 - 4 - Branch indices

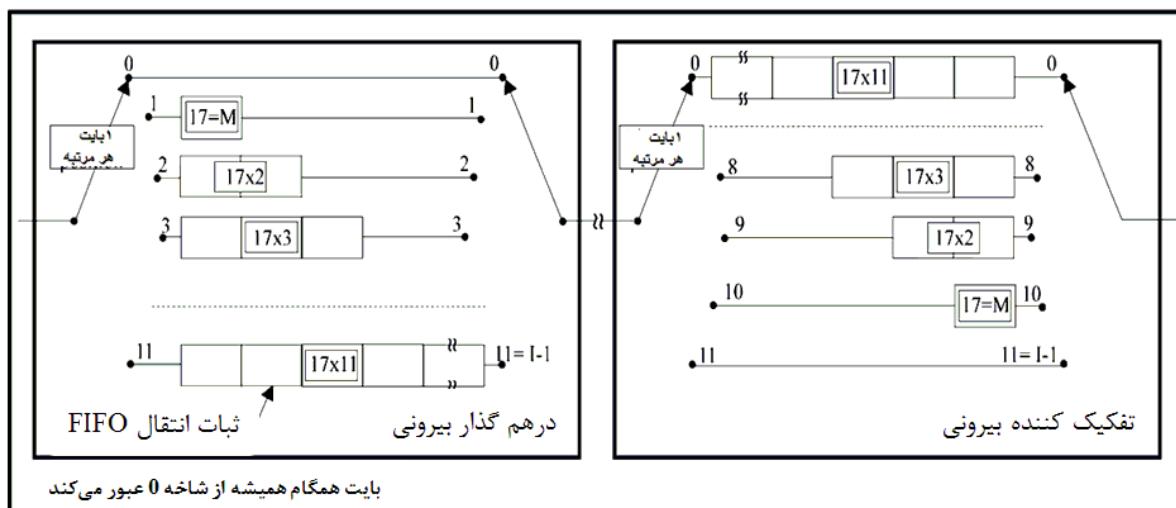


ت) ساختار داده بعد از در هم گذاری بیرونی، عمق در هم گذاری $I=12$ bytes

بايت همگام مکمل غیر تصادفی: $\overline{\text{SYNC1}}$
 SYNCn : $n=2,3,\dots,8$

شکل ۳ - گام‌ها در فرآیند تطبیق، پراکندگی انرژی، در هم گذاری و کدگذاری بیرونی

$\overline{\text{SYNC1}}$ بايت همگام مکمل غیرتصادفی و SYNCn بايت همگام غیرتصادفی است، $n=2,3,\dots,8$



شکل ۴ - نمودار مفهومی در هم گذاری و تفکیک کننده بیرونی

کد گذاری درونی

۳-۳-۴

سامانه باید برای یک گستره از کدهای پیچیدگی حفره‌دار (شکسته)، بر اساس یک کد پیچیدگی مادر با نرخ $1/2$ با 64 حالت^۱ اجازه دهد. این امر انتخاب مناسب ترین سطح اصلاح خطأ برای برای یک خدمت داده شده یا نرخ داده هم در حالت ارسال سلسله مراتبی و هم غیر سلسله مراتبی را ممکن سازد. چند جمله‌ای های مولد کد مادر $G_1=171_{\text{OCT}}$ برای خروجی X و $G_2=133_{\text{OCT}}$ برای خروجی Y هستند (ن.ک. شکل ۵).

اگر دو سطح ارسال سلسله مراتبی استفاده شود، هریک از دو کدگذار کانال موازی می‌توانند نرخ کد خود را داشته باشند. علاوه بر کد مادر $1/2$ ، سامانه باید نرخ های حفره‌دار $2/3$, $3/4$, $5/6$ و $7/8$ را ممکن سازد.

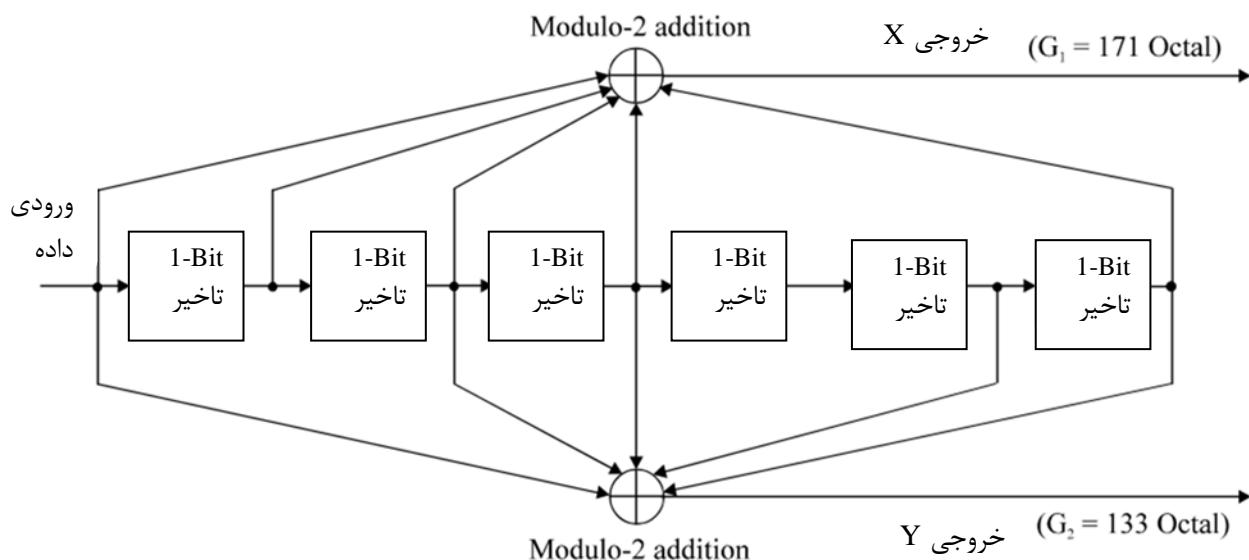
کد پیچیدگی حفره‌دار ارائه شده در جدول ۳ باید استفاده شود. همچنین شکل ۵ را ملاحظه کنید. در این

جدول X و Y اشاره به دو خروجی کدگذار پیچیدگی دارند.

جدول ۲- الگوی ایجاد حفره (شکست) و ترتیب ارسال پس از تبدیل موازی به سریال برای نرخ های ممکن کد

ترتیب ارسال (پس از تبدیل موازی به سریال)	الگوی ایجاد حفره	نرخ های کد r
X ₁ Y ₁	X:1 Y:1	1/2
X ₁ Y ₁ Y ₂	X:10 Y:11	2/3
X ₁ Y ₁ Y ₂ X ₃	X:101 Y:110	3/4
X ₁ Y ₁ Y ₂ X ₃ Y ₄ X ₅	X:10101 Y:11010	5/6
X ₁ Y ₁ Y ₂ Y ₃ Y ₄ X ₅ Y ₆ X ₇	X:1000101 Y:1111010	7/8

X₁ اول فرستاده می شود. در آغاز یک ابر قاب^۱، SYNC MSB یا $\overline{\text{SYNC}}$ باید در نقطه علامت زده شده "ورودی داده"^۲ در شکل ۵ قرار گیرد. ابر قاب در بند ۴-۴ تعریف شده است. اولین بیت یک نماد^۳ که به صورت پیچیدگی کدگذاری شده، همیشه با X₁ مطابقت دارد.



شکل ۵- کد پیچیدگی مادر با نرخ $1/2$

در هم گذاری درونی

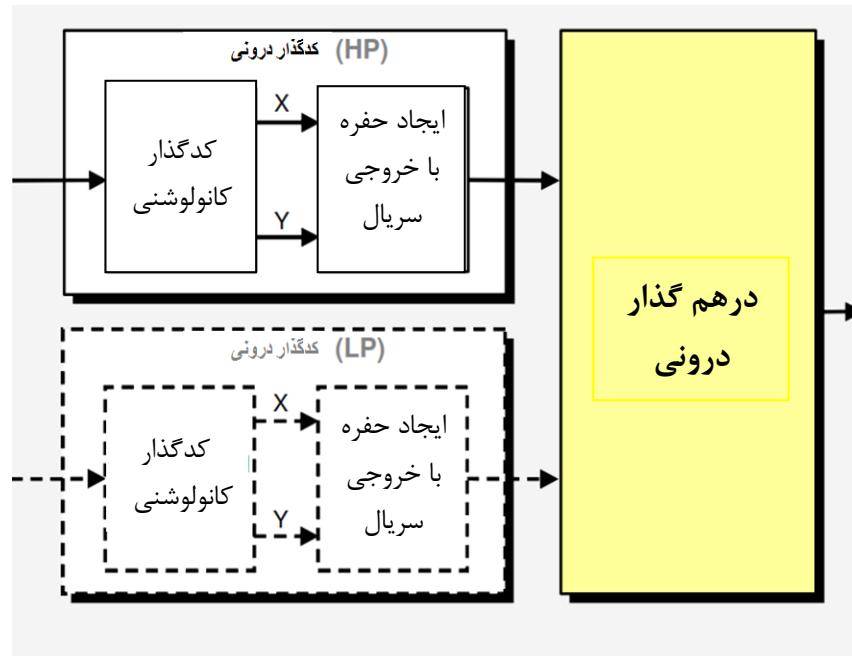
۴-۳-۴

این بند فرآیندهای در هم گذاری درونی محلی را مشخص می کند که برای حالت های ارسال 2K و 8K مورد استفاده قرار می گیرد. در هم گذار عمقی نماد انتخابی، برای حالت های 2K و 4K، و در هم گذار درونی محلی 4K باید با مشخصات داده شده در پیوست ج مطابقت داشته باشند.

-
- 1 - Super-frame
 - 2 - Data input
 - 3 - symbol

چنانچه در شکل ۶ تصویر شده است، درهم گذاری درونی شامل درهم گذاری بیتی^۱ با پیروی از در هم گذاری نمادی^۲ می‌شود. هر دوی فرآیندهای در هم گذاری بیتی و در هم گذاری نمادی بر مبنای بستک^۳ هستند.

کدگذار درونی و در هم گذاری کننده درونی



شکل ۶ - کدگذار درونی و درهم گذار

۱-۴-۳-۴ در هم گذاری بیت به بیت

ورودی، که شامل بیش از دو جریان بیت می‌باشد، به زیر جریان‌های v ، که $v=2$ برای QPSK، $v=4$ برای 16-QAM و $v=6$ برای 64-QAM واتفاقه^۴ می‌شود. در حالت غیر سلسله مرتبی، جریان ورودی منفردي به زیر جریان‌های v واتفاقه می‌شود. در حالت سلسله مرتبی جریان با اولویت بالا به دو زیر جریان و جریان با اولویت پایین به زیر جریان‌های ۲ واتفاقه می‌شوند. این در هر دو حالت QAM یکنواخت و غیریکنواخت کاربرد دارد. شکل های ۷ الف و ۷ ب را ملاحظه کنید.

واتفاقگری به صورت نگاشت بیت‌های ورودی x_{di} روی بیت‌های خروجی be, do ، تعریف می‌شود.
در حالت غیر سلسله مرتبی:

$$x_{di} = b[di \bmod v](div)(v/2) + 2[di \bmod (v/2)], di(div)v$$

در حالت سلسله مرتبی:

$$x'_{di} = bdi(mod)2, di(div)2$$

1 - Bit-wise interleaving

2 - Symbol interleaving

3 - Block-based

4 - Demultiplexed

$x^{''}di = b[di \bmod (v-2)](div)((v-2)/2) + 2[di \bmod ((v-2)/2)] + 2, di(div)(v-2)$

که در آن :

ورودی واتافتگر در حالت غیر سلسله مراتبی است؛ x_{di}

ورودی با اولویت بالا به واتافتگر است؛ x'_{di}

ورودی با اولویت پایین، در حالت سلسله مراتبی است؛ x''_{di}

شماره بیت ورودی است؛ d_i

خروجی از واتافتگر است؛ $b_{e,do}$

شماره جریان بیت واتافته شده است ($0 \leq e < v$)؛ e

شماره بیت یک جریان داده شده در خروجی واتافتگر است؛ do

عملگر به پودمان (باقیمانده) ۱ عدد صحیح است؛ mod

عملگر تقسیم ۲ عدد صحیح است. div

واتافتگری مربوطه به صورت نگاشت زیر نتیجه می شود:

QPSK: x_0 نگاشت می شود به $b_{0,0}$

x_1 نگاشت می شود به $b_{1,0}$

ارسال غیر سلسله مراتبی : 16-QAM

ارسال سلسله مراتبی : 16-QAM

x_0 نگاشت می شود به $b_{0,0}$

x'_0 نگاشت می شود به $b_{0,0}$

x_1 نگاشت می شود به $b_{1,0}$

x'_1 نگاشت می شود به $b_{1,0}$

x_2 نگاشت می شود به $b_{2,0}$

x''_0 نگاشت می شود به $b_{2,0}$

x_3 نگاشت می شود به $b_{3,0}$

x''_1 نگاشت می شود به $b_{3,0}$

ارسال غیر سلسله مراتبی : 64-QAM

ارسال سلسله مراتبی : 64-QAM

x_0 نگاشت می شود به $b_{0,0}$

x'_0 نگاشت می شود به $b_{0,0}$

x_1 نگاشت می شود به $b_{1,0}$

x'_1 نگاشت می شود به $b_{1,0}$

x_2 نگاشت می شود به $b_{2,0}$

x''_0 نگاشت می شود به $b_{2,0}$

x_3 نگاشت می شود به $b_{3,0}$

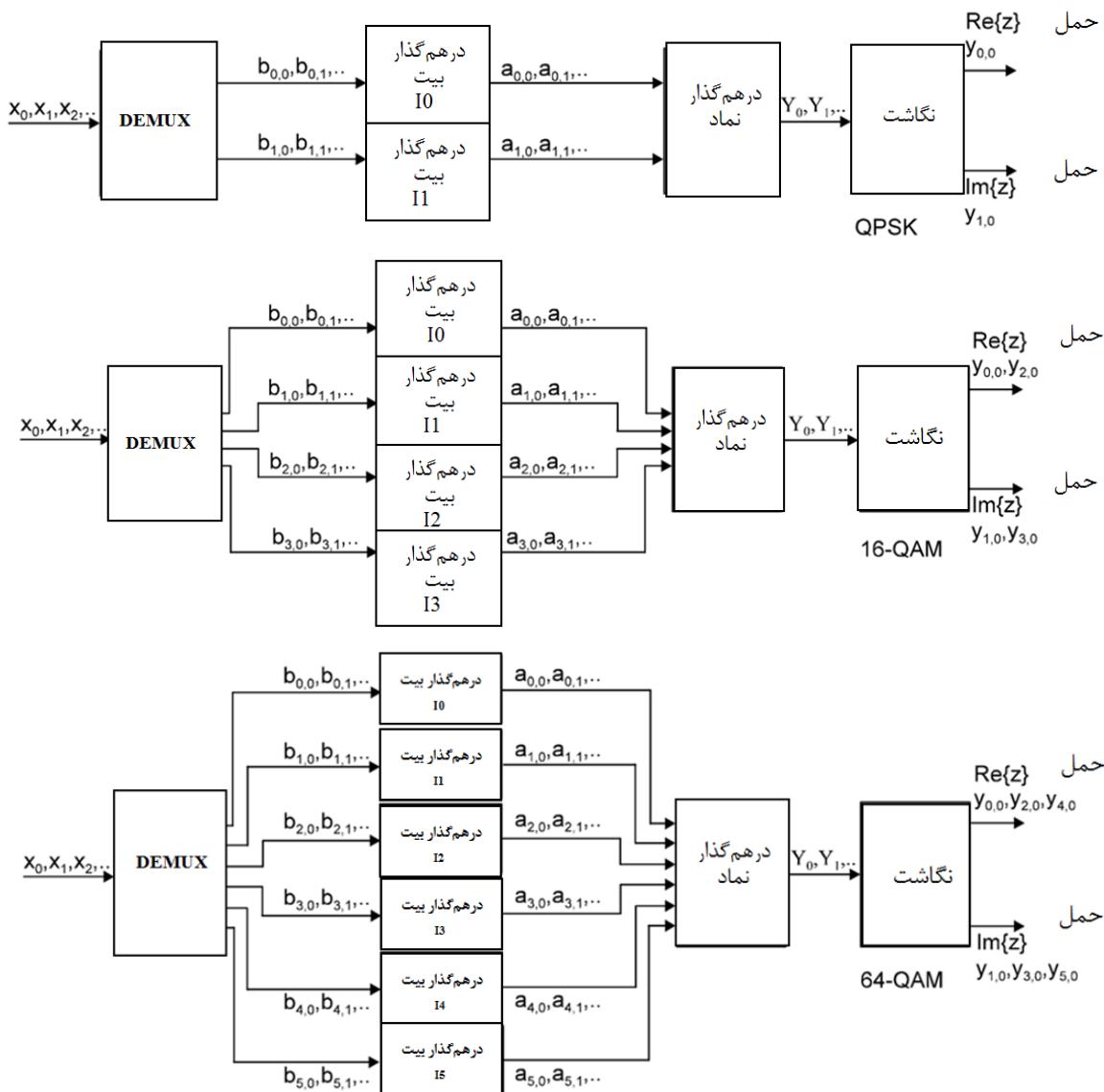
x''_1 نگاشت می شود به $b_{3,0}$

$b_{3,0}$ نگاشت می‌شود به x_4

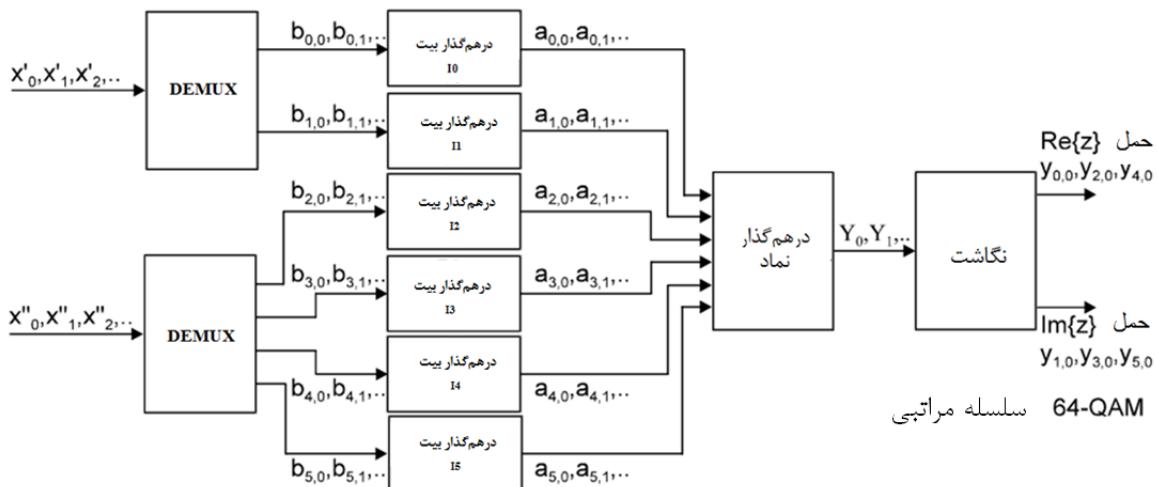
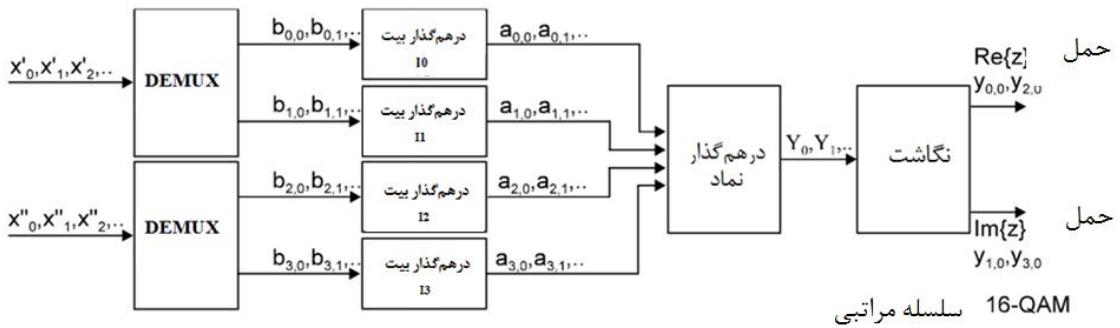
$b_{5,0}$ نگاشت می‌شود به x_5

$b_{3,0}$ نگاشت می‌شود به x''_2

$b_{5,0}$ نگاشت می‌شود به x''_3



شکل ۷ الف - نگاشت بیت های ورودی بر نمادهای مدوله کردن خارجی، برای حالت های ارسال غیر سلسله
مراتبی



شکل ۷ ب - نگاشت بیت‌های ورودی بر نمادهای مدوله کردن خارجی، برای حالت‌های ارسال سلسله مراتبی هر زیرجریان از واتافتگر توسط یک در هم گذار بیت جداگانه پردازش می‌شود. بنابراین بستک به ۷ تا شش در هم گذار وجود دارد که تحت عنوان I0 تا I5 مشخص شده است. I0 و I1 برای QPSK، I2 تا I3 برای 16-QAM و I4 تا I5 برای 64-QAM استفاده می‌شوند.

در هم گذاری بیت تنها برروی داده‌های مفید انجام می‌گیرد. اندازه بستک برای هر در هم گذار یکسان است، اما ترتیب در هم گذاری در هر مورد متفاوت است. اندازه بستک در هم گذاری بیت، ۱۲۶ بیت می‌باشد. بنابراین فرآیند در هم گذاری بستک دقیقاً دوازده بار به ازای هر نماد OFDM از داده مفید در حالت 2K و چهل و هشت بار به ازای هر نماد در حالت 8K، تکرار می‌شود. با توجه به تعداد تکرارها برای حالت 4K و استفاده از در هم گذار در عمق، بند ج ۳-۱-۱-۱-۱-۰ را ملاحظه کنید.

برای هر در هم گذار بیت، بردار بیت ورودی ۱ تعریف می‌شود با :

$$B(e) = (b_{e,0}, b_{e,1}, b_{e,2}, \dots, b_{e,125})$$

که گستره‌های e از ۰ تا ۱۲۵ است.

بردار خروجی در هم گذاری شده A :

$$A(e) = (a_{e,0}, a_{e,1}, a_{e,2}, \dots, a_{e,125})$$

1 - Input bit vector

تعریف شده است به وسیله:

$$a_{e,w} = b_{e,H_e(w)} \quad w=0,1,2,\dots,125$$

که $H_e(w)$ یک تابع جایگشتی¹ می‌باشد که برای هر در هم گذار متفاوت است.
برای هر در هم گذار به شرح زیر تعریف می‌شود:

$$I0: H_0(w) = w$$

$$I1: H_1(w) = (w+63) \bmod 126$$

$$I2: H_2(w) = (w+105) \bmod 126$$

$$I3: H_3(w) = (w+42) \bmod 126$$

$$I4: H_4(w) = (w+21) \bmod 126$$

$$I5: H_5(w) = (w+84) \bmod 126$$

خروجی‌های در هم گذارهای بیت ۷ به صورت گروه بندی شده در می‌آیند تا نمادهای داده دیجیتال را تشکیل دهند، به گونه‌ای که هر نماد بیت‌های ۷، شامل دقیقاً یک بیت از هر یک از درهم گذارهای ۷ می‌شود. از این‌رو، خروجی از در هم گذار بیت به بیت یک کلمه ۷ بیتی² است که خروجی I0 را به عنوان پراهمیت ترین بیت خود دارد. به عبارت دیگر:

$$y'_w = (a_{0,w}, a_{1,w}, \dots, a_{v-1,w})$$

۲-۴-۳-۴ در هم گذار کننده نمادی^۲

هدف درهم گذار نماد آن است که کلمات بیت ۷ را بر ۱۵۱۲ (حالت 2K) یا ۶۰۴۸ (حالت 8K) حامل‌های فعال را به ازای هر نماد OFDM نگاشت کند. درهم گذار نماد بر بسته‌های ۱۵۱۲ (حالت 2K) یا ۶۰۴۸ (حالت 8K) نماد‌های داده عمل می‌کند.

بنابراین در حالت 2K، ۱۲ گروه از ۱۲۶ کلمه داده از درهم گذار بیت، به طور متوالی در یک بردار $(y'_0, y'_1, y'_2, \dots, y'_{1511})$ خوانده می‌شوند. به طور مشابه در حالت 8K، یک بردار $(y'_0, y'_1, y'_2, \dots, y'_{6047})$ از ۴۸ گروه از ۱۲۶ کلمه داده گرد آوری شده است.

بردار در هم گذاری شده $Y = (y_0, y_1, y_2, \dots, y_{N_{max}-1})$ تعریف می‌شود، با:
 $y_q = y_{H(q)}$ برای نماد‌های زوج، برای $q = 0, \dots, N_{max}-1$
 $y_q = y'_{H(q)}$ برای نمادهای فرد، برای $q = 0, \dots, N_{max}-1$

که $N_{max}=6048$ در حالت 2K و $N_{max}=1512$ در حالت 8K شاخص نماد، که موقعیت نماد OFDM جاری را در قاب OFDM تعریف می‌کند، در بند ۴-۴ تعریف شده است.

برای یک کلمه دودویی (N_r-1) بیتی³، با $R' = \log_2 M_{max}$ وقتی $M_{max}=2048$ در حالت 2K و $M_{max}=8192$ در حالت 8K، تعریف شده، که R' مقادیر زیر را می‌گیرد:

1 - Permutation function
2 - Symbol interleaver

$$i=0,1: R'_i[N_r-2, N_r-3, \dots, 1, 0] = 0, 0, \dots, 0, 0$$

$$i=2: R'_i[N_r-2, N_r-3, \dots, 1, 0] = 0, 0, \dots, 0, 1$$

$$2 < i < M_{\max}: \{ R'_i[N_r-3, N_r-4, \dots, 1, 0] = R'_{i-1}[N_r-2, N_r-3, \dots, 2, 1];$$

در حالت 2K

$$R'_i[9] = R'_{i-1}[0] \oplus R'_{i-1}[3]$$

در حالت 8K

$$R'_i[11] = R'_{i-1}[0] \oplus R'_{i-1}[1] \oplus R'_{i-1}[4] \oplus R'_{i-1}[6] \}$$

یک بردار R_i از بردار R'_i با جایگشت‌های بیت داده شده در جدول ۳ الف و ۳ ب، مشتق شده است.

جدول ۳ الف - جایگشت‌های بیت برای حالت 2K

R'_i موقعیت‌های بیت _i	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
R_i موقعیت‌های بیت _i	0	7	5	1	8	2	6	9	3	4

جدول ۳ ب - جایگشت‌های بیت برای حالت 8K

R'_i موقعیت‌های بیت _i	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
R_i موقعیت‌های بیت _i	5	11	3	0	10	8	6	9	2	4	1	7

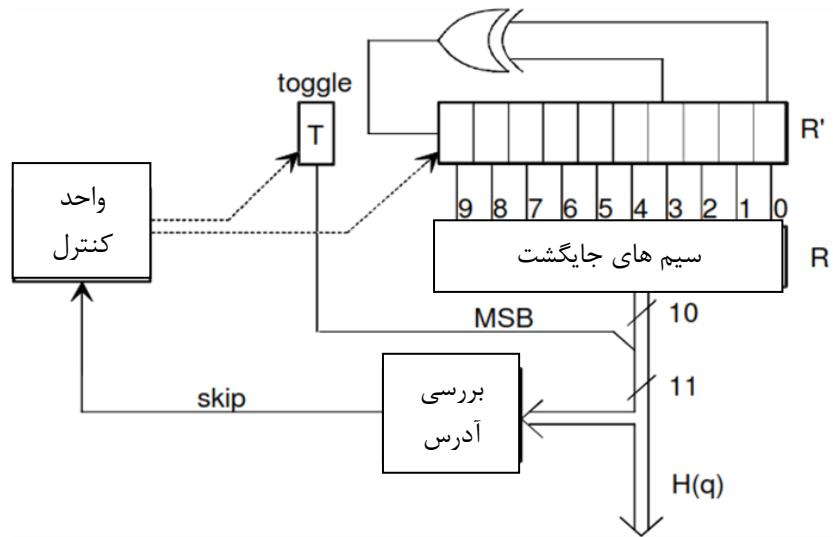
تابع جایگشتی $H(q)$ به وسیله الگوریتم زیر تعریف می‌شود:
 $q=0;$

for ($i=0, i < M_{\max}; i=i+1$)

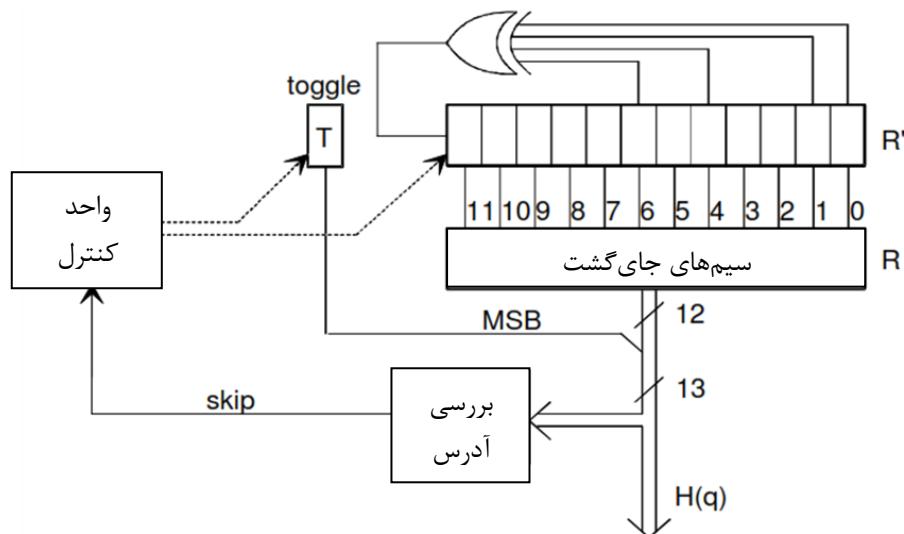
$$\{ H(q) = (i \bmod 2) \cdot 2^{N_r-1} + \sum_{j=0}^{N_r-2} R_i(j) \cdot 2^j:$$

If ($H(q) < N_{\max}$) $q=q+1:$ }

یک نمودار بستک (طرح کلی) از الگوریتم استفاده شده برای تولید تابع جایگشتی در شکل ۸ الف، برای حالت 2K و در شکل ۸ ب برای حالت 8K، ارائه شده است.



شکل ۸ الف- طرح تولید نشانه در هم گذار نماد برای حالت 2K



شکل ۸ ب- طرح تولید نشانه در هم گذار نماد برای حالت 8K

در یک راه مشابه برای y' ، y از بیت های ۷ ساخته شده است:

$$y_{q'} = (y_{0,q'}, y_{1,q'}, \dots, y_{v-1,q'})$$

که q' شماره نماد مربوطه در خروجی در هم گذار نماد است.

مقادیر y برای نگاشت داده به صورت فلکی سیگنال، مورد استفاده قرار می گیرد، چنانچه در بند ۴-۳-۵ شرح داده شده است.

۵-۳-۴ صورت های فلکی و نگاشت سیگنال

سامانه از ارسال همتافتگری (تسهیم کننده) تقسیم بسامدی متعامد^۱ (OFDM) استفاده می‌کند. همه حامل‌های داده در قاب یک OFDM با استفاده از صورت‌های فلکی QPSK، 16-QAM، 64-QAM غیر یکنواخت، یا 64-QAM غیر می‌شوند. صورت‌های فلکی، و جزئیات QAM گری^۲ که بر آنها اعمال می‌شود، در شکل ۹ نشان داده شده است.

نسبت^۳‌های دقیق صورت‌های فلکی، به پارامتر α بستگی دارد که می‌تواند سه مقدار ۱، ۲ یا ۴ را گرفته و بدینوسیله در سه نمودار شکل های ۹ الف تا ۹ پ بالا رود. α کمینه فاصله جداکننده دو نقطه از صورت فلکی است که حامل مقادیر بیت HP متفاوت بوده که توسط کمینه فاصله جداکننده‌ی هر دو نقطه صورت فلکی قسمت شده است.

ارسال غیر سلسله مراتبی از همان صورت فلکی یکنواخت، همچون مورد با $\alpha=1$ استفاده می‌کند. به عنوان نمونه دیگر، شکل ۹ الف.

مقادیر دقیق نقاط صورت فلکی، $\{z \in \{n+jm\}$ هستند، با مقادیری از n و m که در زیر برای صورت‌های فلکی گوناگون داده شده است:

QPSK

$$n \in \{-1, 1\}, m \in \{-1, 1\}$$

($\alpha=1$) غیر سلسله مراتبی و سلسله مراتبی با 16-QAM

$$n \in \{-3, -1, 1, 3\}, m \in \{-3, -1, 1, 3\}$$

$\alpha=2$ غیر یکنواخت با 16-QAM

$$n \in \{-4, -2, 2, 4\}, m \in \{-4, -2, 2, 4\}$$

$\alpha=4$ غیر یکنواخت با 16-QAM

$$n \in \{-6, -4, 4, 6\}, m \in \{-6, -4, 4, 6\}$$

($\alpha=1$) 64-QAM غیر سلسله مراتبی و سلسله مراتبی با 64-QAM

$$n \in \{-7, -5, -3, -1, 1, 3, 5, 7\}, m \in \{-7, -5, -3, -1, 1, 3, 5, 7\}$$

$\alpha=2$ غیر یکنواخت با 64-QAM

$$n \in \{-8, -6, -4, -2, 2, 4, 6, 8\}, m \in \{-8, -6, -4, -2, 2, 4, 6, 8\}$$

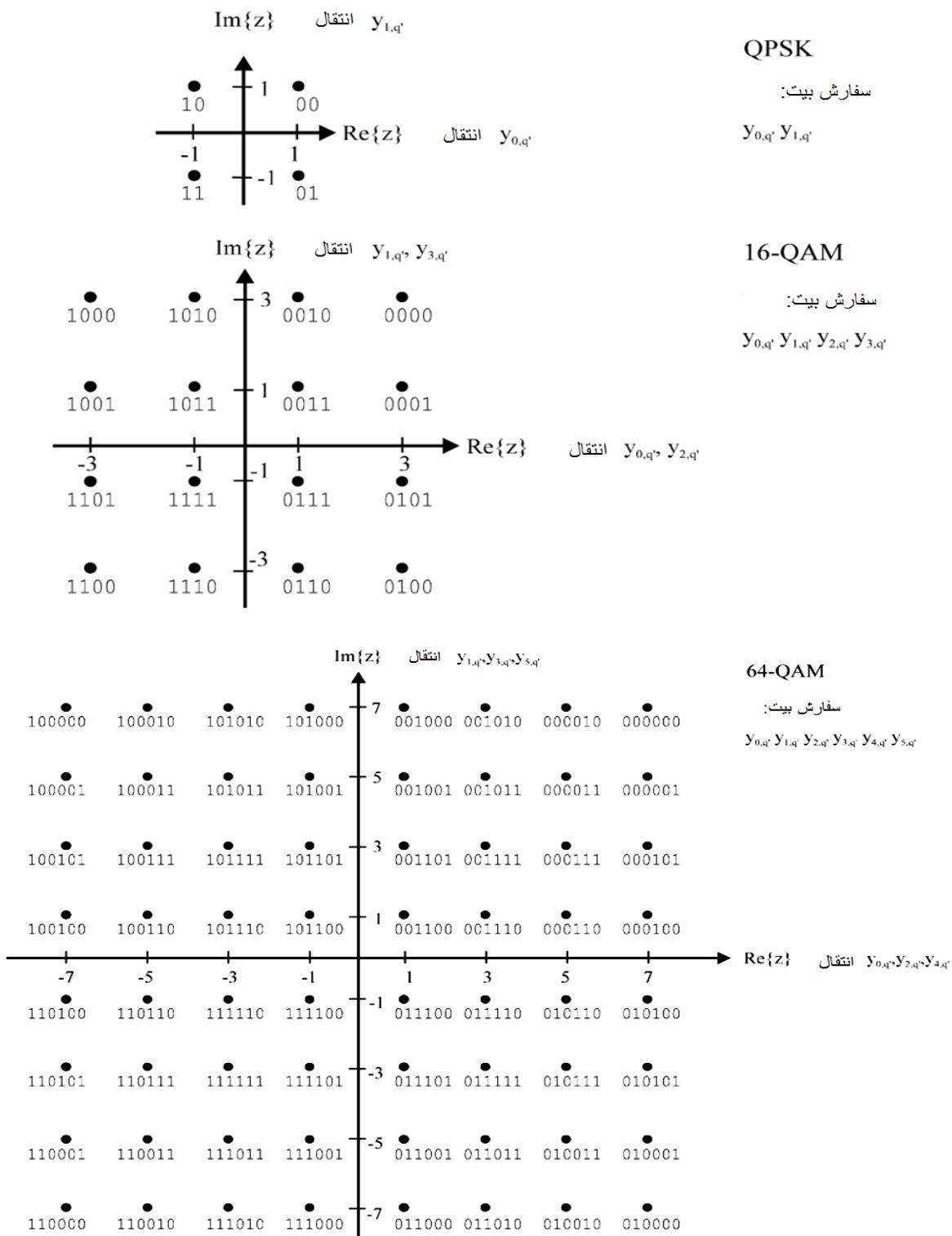
1 - Orthogonal Frequency Division Multiplex

2 - Gray

3 - proportion

$\alpha=4$ غیر یکنواخت با 64-QAM

$n \in \{-10, -8, -6, -4, 4, 6, 8, 10\}$, $m \in \{-10, -8, -6, -4, 4, 6, 8, 10\}$

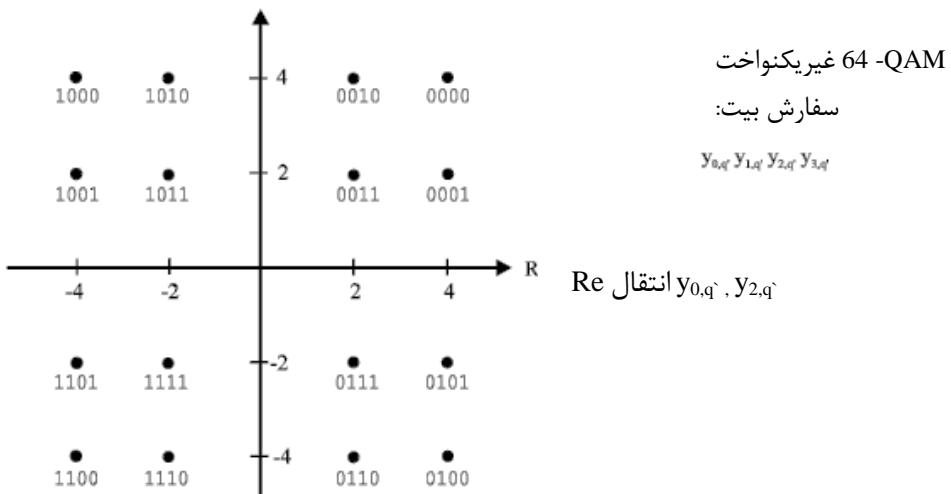


شکل ۹ الف - الگوهای بیتی مطابقت و نگاشت 64-QAM، 16-QAM و QPSK

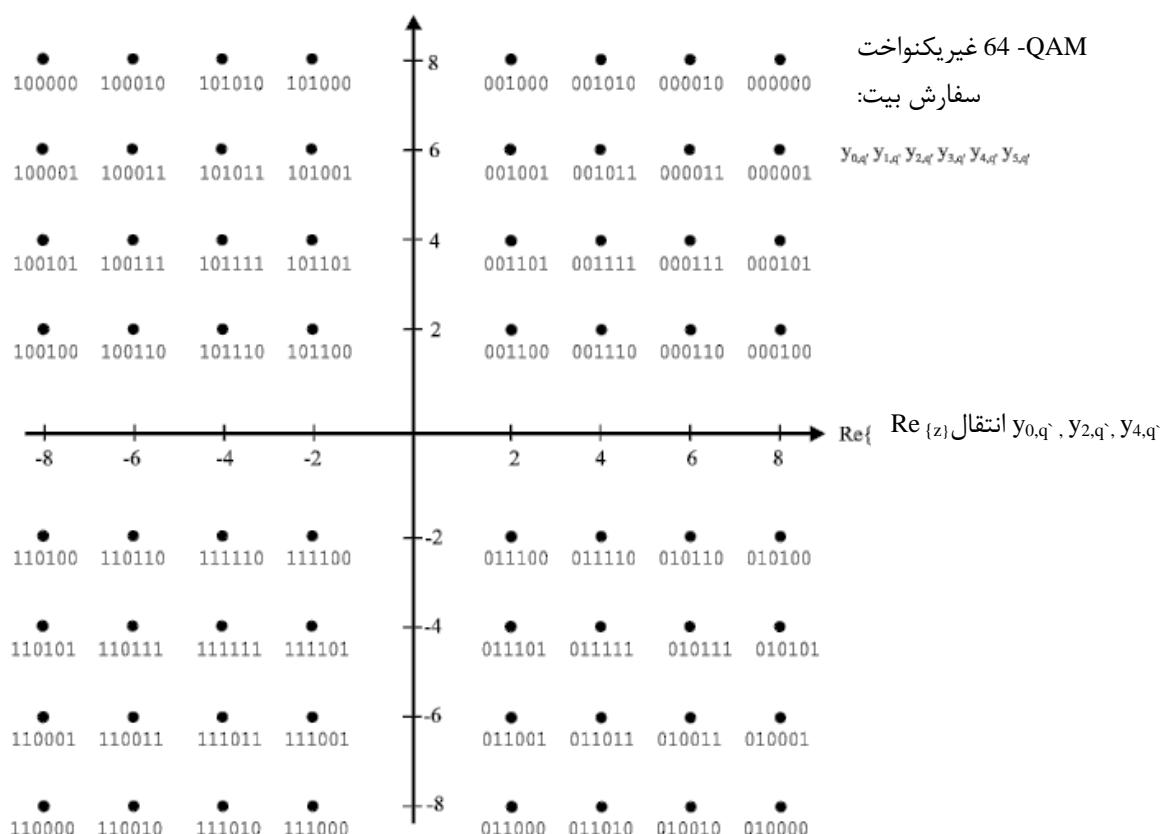
(غیر سلسله مرتبی و سلسله مرتبی با $\alpha=1$)

بیت‌های ارائه دهنده یک نماد مدوله کردن پیچیده Z را اشاره^۱ می‌کند.

$\text{Im}\{z\}$ انتقال $y_{1,q}, y_{3,q}$



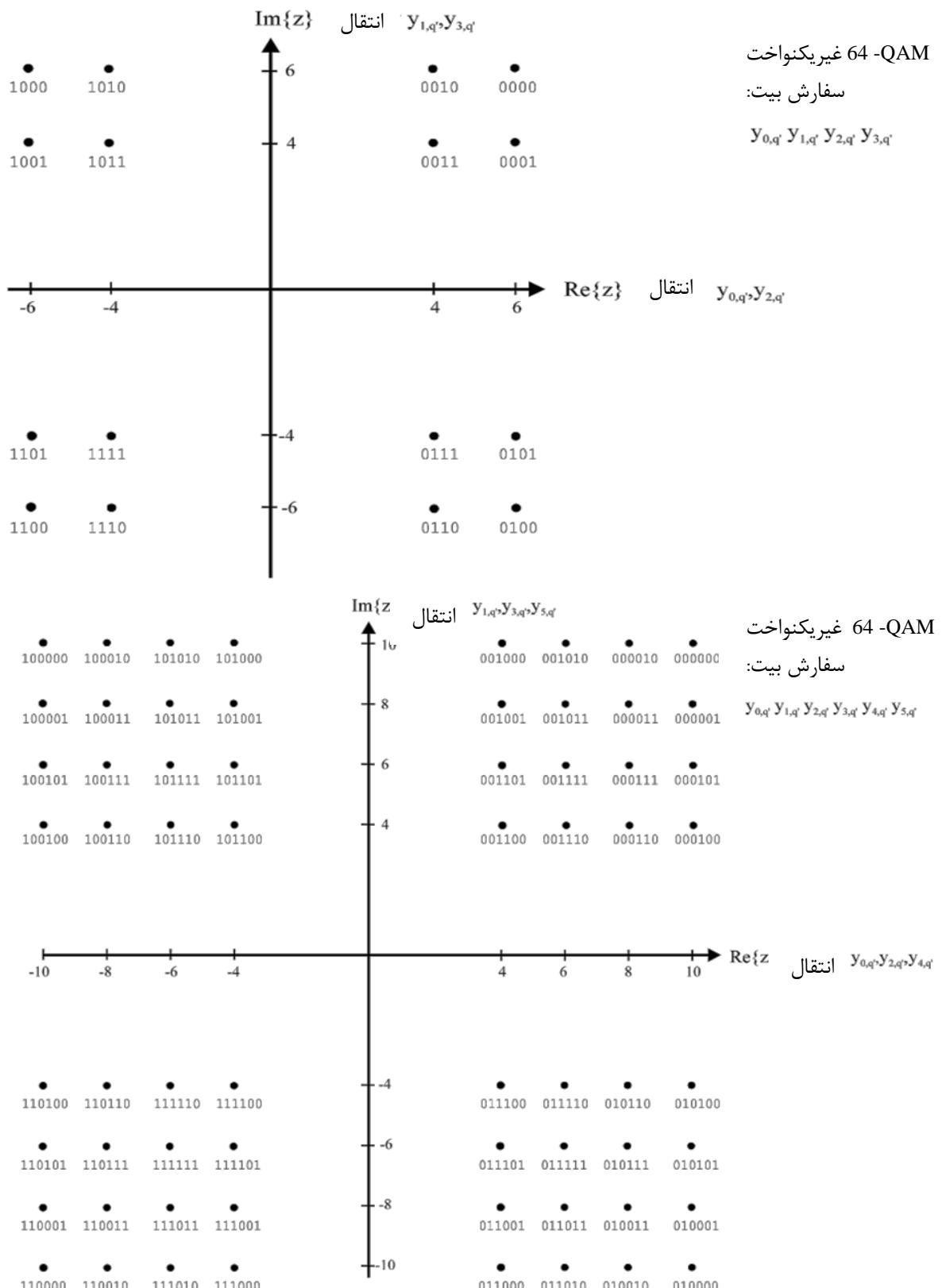
$\text{Im}\{z\}$ انتقال $y_{1,q}, y_{3,q}, y_{5,q}$



شکل ۹ ب - نگاشت 64-QAM و 16-QAM غیر یکنواخت با $a=2$

1 - denote

بیت‌های ارائه دهنده یک نماد مدوله کردن پیچیده z را اشاره می‌کند.



شکل ۹-پ- نگاشت 16-QAM و 64-QAM غیر یکنواخت با $a=4$

y_{0,q}' بیت های ارائه دهنده یک نماد مدوله کردن پیچیده Z را اشاره می کند.

ارسال غیر سلسله مراتبی:

جريان داده در خروجی در هم گذار درونی شامل کلمات بیت ۷ است. این ها بر یک عدد مختلط Z، مطابق شکل ۹ الف، نگاشت شده اند.

ارسال سلسله مراتبی:

در مورد ارسال سلسله مراتبی، جريان های داده، چنانچه در شکل ۷ ب نشان داده شده، قالب بندی شده اند و سپس نگاشتها آن طور که در شکل ۹الف، ۹ب، یا ۹پ نشان داده شده، به گونه ای مناسب اعمال گردیده است.

برای 16-QAM سلسله مراتبی:

بیت های با اولویت بالا بیت های y_{0,q}' و y_{1,q}' از کلمات خروجی در هم گذار درونی است. بیت های با اولویت پایین بیت های y_{2,q}' و y_{3,q}' از کلمات خروجی در هم گذار درونی است. نگاشت های شکل های ۹الف، ۹ب، یا ۹پ، چنانچه مناسب است، اعمال می شود. برای مثال، نقطه چپ بالای صورت فلکی، متناظر با ۰۰۰۱، y_{1,q}'=y_{2,q}'=y_{3,q}'=0 است. اگر این صورت فلکی طوری رمزگشایی شود، انگار که آن QPSK بوده است، بیت های با اولویت بالا y_{0,q}', y_{1,q}' حاصل^۱ خواهد شد. برای رمزگشایی بیت های با اولویت پایین، تمام صورت فلکی باید بررسی شود و بیت های مناسب (y_{2,q}', y_{3,q}') از y_{0,q}', y_{1,q}', y_{2,q}', y_{3,q}' استخراج شوند.

برای 64-QAM سلسله مراتبی:

بیت های با اولویت بالا بیت های y_{0,q}' و y_{1,q}' از کلمات خروجی در هم گذار درونی است. بیت های با اولویت پایین بیت های y_{2,q}', y_{3,q}', y_{4,q}', y_{5,q}' از کلمات خروجی در هم گذار درونی است. نگاشت های شکل های ۹الف، ۹ب، یا ۹پ، چنانچه مناسب است، اعمال می شود. اگر این صورت فلکی طوری رمزگشایی شود، انگار که آن QPSK بوده است، بیت های با اولویت بالا y_{0,q}', y_{1,q}' حاصل خواهد شد. برای رمزگشایی بیت های با اولویت پایین، تمام صورت فلکی باید بررسی شود و بیت های مناسب (y_{2,q}', y_{3,q}', y_{4,q}', y_{5,q}') از y_{0,q}', y_{1,q}', y_{2,q}', y_{3,q}', y_{4,q}', y_{5,q}' استخراج شوند.

۴-۴ ساختار قاب OFDM

بند ۴-۴ ساختار قاب OFDM را برای استفاده برای حالت های ارسال 2K و 8K، مشخص می کند. پارامترهای ساختار قاب OFDM برای حالت ارسال 4K باید با مشخصه های ارائه شده در پیوست ج مطابقت داشته باشد.

سیگنال ارسال شده در قابها سازماندهی می شود. هر قاب یک طول زمان^۲ TF دارد و ۶۸ نماد OFDM را شامل می شود.

چهار قاب یک ابر قاب را تشکیل می دهند. هر نماد با مجموعه ای از حامل های K در حالت

1 - Deduced
2 - Duration

و حامل های $K = 705$ در حالت $2K$ تشکیل شده و با طول زمان TS ارسال می شود. آن از دو قسمت ساخته می شود: یک قسمت مفید با طول زمان TU و یک وقفه حفاظتی با طول زمان Δ . وقفه حفاظتی در یک استمرار دوره ای^۱ از قسمت مفید، TU تشکیل شده و پیش از آن قرار داده شده است. چهار مقدار وقفه های حفاظتی ممکن است مطابق جدول ۵ مورد استفاده قرار گیرند.

نمادها در یک قاب OFDM از ۰ تا ۶۷ شماره گذاری شده اند. همه نمادها داده و اطلاعات مرجع را در بر می گیرند.

از آنجائی که سیگنال OFDM حامل های به طور جداگانه مدوله شده زیادی را در بر می گیرد هر نماد می تواند به نوبت در نظر گرفته شود تا به سلول هایی تقسیم شود که هر یک متناظر با مدولاسیونی است که روی یک حامل در طول یک نماد، حمل شده است.

یک قاب OFDM علاوه بر داده ارسال شده، شامل :

- سلول های راهنمای پراکنده^۲
- حامل های راهنمای پیوسته^۳
- حامل های TPS^۴.

می شود.

راهنماها می توانند برای همگام سازی قاب، همگام سازی بسامد، همگام سازی زمان، تخمین کanal، شناسایی حالت ارسال مورد استفاده قرار گیرند و همچنین به منظور دنبال کردن نوفه فاز^۵ استفاده شوند.

حامل ها با $k \in [K_{\min}; K_{\max}]$ شاخص گذاری شده اند و با $K_{\min}=0$ و $K_{\max}=1704$ به ترتیب در حالت $2K$ و ۶۸۱۶ در حالت $8K$ تعیین می شود. فاصله بین حامل های مجاور $1/TU$ است، وقتی که فاصله بین حامل های K_{\min} و K_{\max} با $(K-1)/TU$ معین می شود.

مقادیر عددی برای پارامترهای OFDM برای حالت های $2K$ و $8K$ در جداول ۴ و ۵ برای کانال های 5 MHz ، در پیوست ث برای کانال های 6 MHz و 7 MHz ، و در پیوست چ برای کانال های 8 MHz داده شده است.

مقادیر برای پارامترهای گوناگون وابسته به زمان در چندین دوره تناوب ابتدایی^۶ T و در مقیاس میکرو ثانیه داده شده است.

دوره تناوب ابتدایی T ، برابر با $7/64\mu\text{s}$ برای کانال های 8 MHz ، $1/8\mu\text{s}$ برای کانال های 7 MHz ، $7/48\mu\text{s}$ برای کانال های 6 MHz و $7/40\mu\text{s}$ برای کانال های 5 MHz می باشد.

1 - Cyclic continuation

2 - Scattered pilot cells

3 - Continual pilot carriers

4 - TPS carriers

5 - To follow the phase noise

6 - Elementary period

جدول ۴- مقادیر عددی پارامتر های OFDM برای حالت های 8K و 2K برای کانال های 8MHz

پارامتر	حالت 8K	حالت 2K
شماره حامل ها K	6 817	1 705
Kmin	0	0
Kmax	6 816	1 704
طول زمان TU(ن.ک. یادآوری ۲)	896μs	224μs
(ن.ک. یادآوری ۱)	1 116Hz	4 464Hz
فاصله بین حامل Kmin و Kmax(K-1)/TU (ن.ک. یادآوری ۲)	7,61MHz	7,61MHz

یادآوری ۱- مقادیری که به صورت ایتالیک (مایل) نمایش داده شده‌اند، مقادیر تقریبی هستند.

یادآوری ۲- مقادیر برای کانال‌های 8 MHz مقادیر برای کانال‌های 6 MHz و 7 MHz در جداول ۱ و ۲ داده شده است.

سیگنال گسیل شده، به صورت زیر شرح داده می‌شود:

$$S(t)=\operatorname{Re}\left\{e^{j 2 \pi f_{c} t} \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{l=0}^{67} \sum_{k=\min }^{\max } c_{m, l, k} \times \psi_{m, l, k}(t)\right\}$$

که در آن :

$$\psi_{m, l, k}(t)=\begin{cases} e^{2 \pi \frac{K}{T_U}(t-\Delta-l \times T_s-68 \times m \times T_s)} & (l \leq 68 \quad m) \leq T \leq l \leq 68 \quad m+1 \leq T \\ 0 & \end{cases}$$

در غیر اینصورت

که در آن :

به معنی شماره حامل می باشد؛ k

به معنی شماره نماد OFDM می باشد؛ l

به معنی شماره قاب ارسال می باشد؛ m

شماره حامل های ارسال شده است؛ K

طول زمان نماد است؛ Ts

معکوس فاصله حامل است؛ Tu

طول زمان وقفه حفاظتی است؛ Δ

بسامد مرکزی سیگنال RF است؛ fc

شاخص حامل مربوط به بسامد مرکزی است، k' = k - (K_{max} + K_{min}) / 2 k'

نماد پیچیده برای حامل k از نماد داده شماره 1 در قاب شماره m؛ c_{m,0,k}

نماد پیچیده برای حامل k از نماد داده شماره 2 در قاب شماره m؛ c_{m,1,k}

...

$c_{m,67,k}$ نماد پیچیده برای حامل k از نماد داده شماره 68 در قاب شماره m

جدول ۵- طول زمان قسمت نماد برای وقفه‌های حفاظتی اجازه داده شده، برای کانال‌های ۸MHz

حالت 2K				حالت 8K				حال
1/4	1/8	1/16	1/32	1/4	1/8	1/16	1/32	وقفه حفاظتی Δ/T_U
$2\ 048 \times T$ (ن.ک. یادآوری) $224\mu s$				$8\ 192 \times T$ (ن.ک. یادآوری) $896\mu s$				طول زمان نماد قسمت T_U
$512 \times T$ $56\mu s$	$256 \times T$ $28\mu s$	$128 \times T$ $14\mu s$	$64 \times T$ $7\mu s$	$2\ 048 \times T$ $224\mu s$	$1\ 024 \times T$ $112\mu s$	$512 \times T$ $56\mu s$	$256 \times T$ $28\mu s$	طول زمان وقفه حفاظتی Δ
$2\ 560 \times T$ $280\mu s$	$2\ 304 \times T$ $252\mu s$	$2\ 176 \times T$ $238\mu s$	$2\ 112 \times T$ $231\mu s$	$10\ 240 \times T$ $1\ 120\mu s$	$9\ 216 \times T$ $1\ 008\mu s$	$8\ 704 \times T$ $952\mu s$	$8\ 448 \times T$ $924\mu s$	طول زمان نماد $T_S = \Delta + T_U$
یادآوری- مقادیر برای کانال‌های ۸MHz مقادیر برای کانال‌های MHz و MHz در جداول ۳- و ۴- داده شده است.								

مقادیر $c_{m,l,k}$ مقدارهای مدوله کردن به هنجار شده نقطه z صورت فلکی، مطابق حروف الفبای مدوله کردن استفاده شده برای داده هستند (ن.ک. شکل ۹). عوامل ارائه شده به هنجار کردن^۱ $E[c \times c^*] = 1$ بوده و در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶- به هنجار کردن عامل‌ها برای نمادهای داده

عامل به هنجار کردن		طرح مدولاسیون
$c = z/\sqrt{2}$		QPSK
$c = z/\sqrt{10}$	$\alpha = 1$	16-QAM
$c = z/\sqrt{20}$	$\alpha = 2$	
$c = z/\sqrt{52}$	$\alpha = 4$	
$c = z/\sqrt{42}$	$\alpha = 1$	64-QAM
$c = z/\sqrt{60}$	$\alpha = 2$	
$c = z/\sqrt{108}$	$\alpha = 4$	

۵-۴ سیگنال‌های مرجع

این بند فرآیندهای مستقل از حالت سیگنال‌های مرجع^۲ و پارامترهای مورد استفاده برای حالت‌های ارسال 2K و 8K را مشخص می‌کند؛ پارامترها برای حالت 4K در پیوست ج مشخص شده است.

1 - Normalization

2 - Mode independent Reference signals processes

۱-۵-۴ کارکردها و استخراج^۱

سلول‌های متعددی درون قاب OFDM با اطلاعات مرجع مدوله شده اند که مقدار ارسال شده آنها برای گیرنده شناخته شده است. سلول‌های حاوی اطلاعات مرجع در سطح توان «بهبود یافته» ارسال می‌شوند (ن.ک. بند ۴-۵-۴).

اطلاعات ارسال شده در این سلول‌ها، سلول‌های راهنمای پراکنده یا پیوسته هستند. هر راهنمای پیوسته با یک راهنمای پراکنده شده در هر نماد چهارم، منطبق می‌شود؛ تعداد حامل‌های داده مفید، از نمادی به نماد دیگر ثابت است: ۱۵۱۲ حامل مفید در حالت 2K و ۶۰۴۸ حامل مفید در حالت 8K.

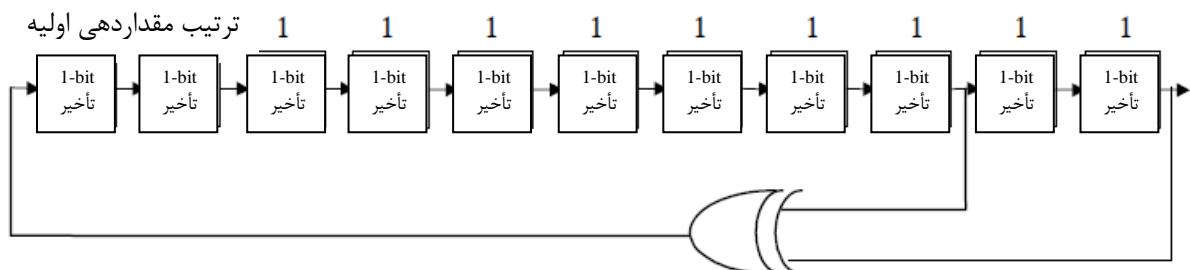
مقدار اطلاعات راهنمای پیوسته یا پراکنده شده از ترتیب دودویی شبیه تصادفی^۳ (PRBS) مشتق می‌شود، که مجموعه‌هایی از مقادیری است که هر یک برای یکی از حامل‌های ارسال شده است (ن.ک. بند ۲-۵-۴).

۲-۵-۴ تعریف ترتیب مرجع^۴

راهنمایی‌ها و پیوسته شده مطابق یک ترتیب PRBS، w_k ، متناظر با شاخص k حامل مخصوص به خود، مدوله می‌شوند. این ترتیب همچنین فاز شروع اطلاعات TPS را مقرر می‌کند. (در بند ۴-۶ شرح داده شده است).

ترتیب PRBS مطابق شکل ۱۰ تولید شده است.

PRBS به منظور اینکه اولین بیت خروجی از PRBS با اولین حامل فعال همزمان شود، مقداردهی اولیه می‌شود. برای هر حامل استفاده شده، یک مقدار جدید توسط PRBS تولید می‌شود. (اگر راهنمای باشد یا نباشد).



ترتیب PRBS شروع می‌شود با :

شکل ۱۰- تولید ترتیب PRBS

چندجمله‌ای برای مولد ترتیب دودویی شبیه تصادفی^۵ (PRBS) باید :
 $X^{11} + X^2 + 1$ (۱۰) (ن.ک. شکل ۱۰)

-
- 1 - Functions and derivation
 - 2 - "Boosted" power level
 - 3 - Pseudo-Random Binary Sequence
 - 4 - Definition of reference sequence

۴-۵-۴ موقعیت سلول‌های راهنما پراکنده^۱

اطلاعات مرجع، که از ترتیب مرجع گرفته شده، در هر نماد، در سلول‌های راهنما پراکنده، ارسال می‌شود. سلول‌های راهنما پراکنده همیشه در سطح توان «بهبود یافته» ارسال می‌شوند (ن.ک. بند ۴-۵-۵). از این رو مدوله کردن متناظر داده شده است، با :

$$\text{Re} \{c_{m,1,k}\} = 4/3 \times 2(1/2 - w_k)$$

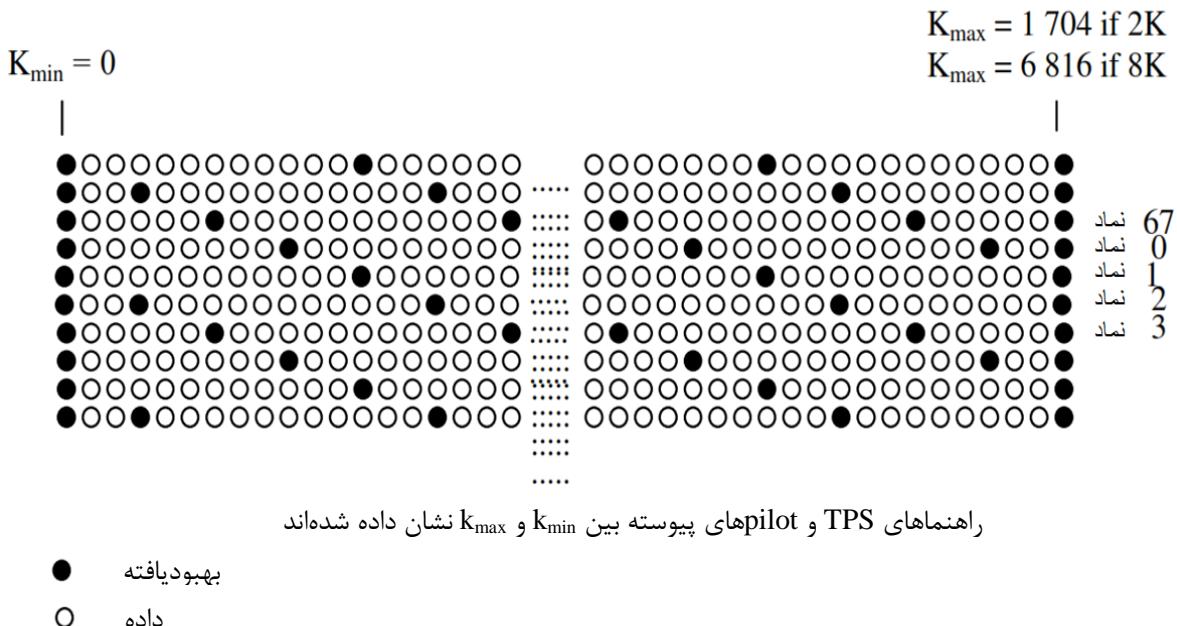
$$\text{Im} \{c_{m,1,k}\} = 0$$

که m شاخص قاب، k شاخص بسامد حاملها و ۱ شاخص زمان نمادهاست.

برای نماد شاخص ۱ (در گستره صفر تا شصت و هفت)، حامل‌هایی که برای آن‌ها شاخص k به زیرمجموعه $\{k = K_{\min} + 3 \times (l \bmod 4) + 12p \mid p \text{ integer}, p \geq 0, k \in [K_{\min}; K_{\max}] \}$ تعلق دارد، راهنماهای پراکنده شده هستند.

که در آن p یک عدد صحیح است که همه مقادیر ممکن بزرگتر یا مساوی ۰ را می‌پذیرد به طوری که، مقدار نتیجه برای k از گستره معتبر $[K_{\min}; K_{\max}]$ تجاوز نکند.

الگوی جای دادن راهنما در شکل ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۱- ساختار قاب

۴-۵-۴ موقعیت حامل‌های راهنما پیوسته

علاوه بر راهنماهای پراکنده شرح داده شده در بالا، ۱۷۷ راهنما پیوسته (ن.ک. یادآوری) در حالت 8K و ۴۵ راهنما در حالت 2K مطابق جدول ۷ جای داده شده است.

یادآوری - که "پیوسته" به معنای آنست که آن‌ها برای همه نمادها رخ می‌دهند.

1 - Location of scattered pilot cells
2 - Continual

جدول ۷- شاخص‌های حامل برای حامل‌های راهنما پیوسته

موقعیت‌های حامل راهنما پیوسته (شاخص شماره k)							
حالت 2K				حالت 8K			
0	48	54	87	141	156	192	0
201	255	279	282	333	432	450	201
483	525	531	618	636	714	759	483
765	780	804	873	888	918	939	765
942	969	984	1 050	1 101	1 107	1 110	942
1 137	1 140	1 146	1 206	1 269	1 323	1 377	1 137
1 491	1 683	1 704					1 491
							1 860
							2 136
							2 418
							2 622
							2 811
							3 027
							3 495
							3 690
							4 026
							4 281
							4 458
							4 614
							5 160
							5 367
							5 637
							5 892
							6 081
							6 252
							6 795
							6 816

همه راهنماهای پیوسته مطابق با ترتیب مرجع مدوله می‌شوند، بند ۴-۵-۲ را ملاحظه کنید.

راهنماهای پیوسته در سطح توان "بهبود یافته" ارسال می‌شوند.

بنابراین مدوله کردن متناظر داده شده است، با :

$$\text{Re}\{c_{m,l,k}\} = 4 / 3 \times 2(1/2 - w_k)$$

$$\text{Im}\{c_{m,l,k}\} = 0$$

۵-۵-۴ دامنه‌های همه اطلاعات مرجع

چنانچه در بند ۴-۴ شرح داده شد، مدوله کردن همه سلول‌های داده به هنجار می‌شوند به این منظور که $E[c \times c^*] = 1$ شود.

همه سلول‌هایی که راهنماهای پیوسته یا پراکنده هستند، به عبارت دیگر عضوی از مجموعه تعریف شده در بند ۴-۳ یا ۴-۵-۴ هستند، در توان بهبود یافته ارسال می‌شوند، تا برای آن‌ها $E[c \times c^*] = 16/9$ شود.

۶-۴ سیگنال دهی پارامتر ارسال (TPS)

این بند سیگنال دهی پارامتر ارسال (TPS) را مشخص می‌کند. گزینه‌هایی که 4K، درهم گذار دهنده داخلی عمقی، برش زمان^۱ و بیت‌های MPE-FEC برای سیگنالینگ ۱ DVB-H، را پوشش می‌دهد، در

1 - Transmission Parameter Signalling

2 - Time-slicing

پیوست ج مشخص شده است.

حامل‌های TPS که به منظور پارامترهای سیگنال دهی مربوط به طرح ارسال استفاده می‌شوند، به عبارت دیگر، برای مدوله کردن و کدگذاری کانال. TPS به صورت موازی روی ۱۷ حامل TPS برای حالت 2K و روی ۶۸ حامل برای حالت 8K، ارسال می‌شود. هر حامل TPS در همان نماد، همان بیت اطلاعاتی که به طور متفاوت کدبندی شده را انتقال می‌دهد. شاخص‌های حامل شامل حامل‌های TPS می‌شوند:

جدول ۸-شاخص‌های حامل برای حامل‌های TPS

حالت 2K					حالت 8K							
34	50	209	346	413	34	50	209	346	413	569	595	688
569	595	688	790	901	790	901	1 073	1 219	1 262	1 286	1 469	1 594
1 073	1 219	1 262	1 286	1 469	1 687	1 738	1 754	1 913	2 050	2 117	2 273	2 299
1 594	1 687				2 392	2 494	2 605	2 777	2 923	2 966	2 990	3 173
					3 298	3 391	3 442	3 458	3 617	3 754	3 821	3 977
					4 003	4 096	4 198	4 309	4 481	4 627	4 670	4 694
					4 877	5 002	5 095	5 146	5 162	5 321	5 458	5 525
					5 681	5 707	5 800	5 902	6 013	6 185	6 331	6 374
					6 398	6 581	6 706	6 799				

حامل‌های TPS اطلاعات را انتقال می‌دهند روی:

الف) مدولاسیونی شامل مقدار α از الگوی صورت فلکی QAM (ن.ک. یادآوری);

ب) اطلاعات سلسله مراتب؛

پ) وقفه حفاظتی (نه برای استفاده (حصول)^۲ اولیه بلکه برای پشتیبانی پاسخ اولیه^۳ گیرنده در مورد پیکربندی مجدد)؛

ت) نرخ‌های کد درونی؛

ث) حالت ارسال 2K یا 8K، نه برای استفاده (حصلوں) اولیه بلکه برای پشتیبانی پاسخ اولیه^۴ گیرنده در مورد پیکربندی مجدد)؛

ج) شماره قاب در یک ابر قاب؛

چ) شناسایی سلول؛

یادآوری - مقدار α مدوله کردن را براساس فضای ابری^۵ صورت فلکی QAM تعمیم یافته، تعریف می‌کند. این امر، تشخیص طرح‌های مدوله کردن یکنواخت و غیر یکنواخت، شامل QPSK، QAM-16 و 64-QAM را پوشش می‌دهد.

۱-۶-۴ دامنه کاری TPS

TPS در سرتاسر ۶۸ نماد OFDM متواالی، که به عنوان یک قاب OFDM ارجاع می‌شود، تعریف می‌شود. چهار قاب متواالی متناظر است با یک ابر قاب OFDM^۶.

1 - Signalling

2 - Acquisition

3 - Initial response

4 - Initial response

5 - Cloud spacing

6 - One OFDM super-frame

ترتیب مرجع متناظر با حامل‌های TPS نماد اول از هر قاب OFDM برای مقداردهی اولیه مدوله کردن TPS روی هر حامل TPS، مورد استفاده قرار می‌گیرد (ن.ک. بند ۴-۶-۳).

هر نماد OFDM یک بیت TPS را منتقل می‌کند. هر بستک TPS (متناظر با یک قاب OFDM)، شامل ۶۸ بیت است، که به شرح زیر تعریف شده است:

- ۱ بیت مقداردهی اولیه

- ۱۶ بیت همگام سازی

- ۳۷ بیت اطلاعاتی

- ۱۴ بیت افزونگی^۱ برای محافظت دربرابر خطأ.

از ۳۷ بیت اطلاعاتی، ۳۱ بیت استفاده می‌شود. ۶ بیت باقیمانده باید صفر شوند.

۲-۶-۴ قالب ارسال TPS

اطلاعات پارامتر ارسال باید آن چنان که در جدول ۹ نشان داده شده، ارسال شوند.

نگاشت هریک از پارامترهای ارسال: خصوصیات صورت فلکی، مقدار α ، نرخ(های) کد، نشانگر^۲ ابر قاب و وقفه حفاظتی روی (ترکیب)^۳های بیتی مطابق با بند های ۱-۲-۶-۴ تا ۸-۲-۶-۴ انجام می‌شود. سمت چپ ترین بیت^۴ اول فرستاده می‌شود.

جدول ۹ - قالب و اطلاعات سیگنال دهی TPS

هدف / محتوا	قالب	شماره بیت
مقداردهی اولیه	ن.ک. بند ۱-۲-۶-۴	S ₀
کلمه همگام سازی	0011010111101110 1100101000010001	S ₁ to S ₁₆
شناسانه طول (ن.ک. پیوست ج)	ن.ک. بند ۳-۲-۶-۴	S ₁₇ to S ₂₂
شماره قاب	ن.ک. جدول ۱۰	S ₂₃ , S ₂₄
صورت فلکی	ن.ک. جدول ۱۱	S ₂₅ , S ₂₆
اطلاعات سلسله مراتب (ن.ک. پیوست	ن.ک. جدول ۱۲	S ₂₇ , S ₂₈ , S ₂₉
نرخ کد، جریان HP	ن.ک. جدول ۱۳	S ₃₀ , S ₃₁ , S ₃₂
نرخ کد، جریان LP	ن.ک. جدول ۱۳	S ₃₃ , S ₃₄ , S ₃₅
وقفه حفاظتی	ن.ک. جدول ۱۴	S ₃₆ , S ₃₇
حالت ارسال (ن.ک. پیوست ج)	ن.ک. جدول ۱۵	S ₃₈ , S ₃₉
شناسانه سلول	ن.ک. بند ۱۰-۲-۶-۴	S ₄₀ to S ₄₇
ن.ک. پیوست ج	همه "0" تنظیم شوند	S ₄₈ to S ₅₃
مراقبت در برابر خطأ	BCH کد	S ₅₄ to S ₆₇

1 - Redundancy

2 - Error protection

3 - Indicator

4 - Combination

5 - Leftmost bit

اطلاعات ارسال شده در بیت‌های $s_{25}-s_{39}$ ابر قاب m' همیشه برای ابر قاب ۱ به کار می‌رود، از آنجائی که همه بیت‌های دیگر مربوط به ابر قاب m' هستند.

۱-۲-۶-۴ مقداردهی اولیه^۱

اولین بیت، s_0 ، یک بیت مقداردهی اولیه برای مدوله کردن تفاصلی PSK-2 است. مدوله کردن بیت مقداردهی اولیه TPS از ترتیب PRBS تعریف شده در بند ۲-۵-۴ بدست می‌آید. این فرآیند در بند ۳-۶-۴ شرح داده شده است.

۲-۲-۶-۴ همگام سازی^۲

بیت‌های ۱ تا ۱۶ TPS یک کلمه همگام سازی است.

اولین و سومین بستک TPS در هر ابر قاب، کلمه همگام سازی زیر را داراست:

$s_1-s_{16}=0011010111101110$.

دومین و چهارمین بستک TPS، کلمه همگام سازی زیر را داراست:

$s_1-s_{16}=1100101000010001$.

۳-۲-۶-۴ نشانگر طول TPS^۳

۶ بیت اول اطلاعات TPS به عنوان نشانگر طول TPS استفاده شده (شمارش دودویی از بیت s_{17} شروع شده و آن را شامل می‌شود) و برای نشان دادن تعداد بیت‌های استفاده شده TPS است ارسال شناسه سلول^۴ (ن.ک. بند ۴-۶-۲-۱۰) اختیاری است. پس نشانگر طول TPS مقادیر زیر را حمل می‌کند:

- "010111" وقتی اطلاعات شناسه سلول ارسال نشده است (۲۳ بیت TPS در حال استفاده);
- "011111" وقتی اطلاعات شناسه سلول ارسال شده است (۳۱ بیت TPS در حال استفاده).

۴-۲-۶-۴ شماره قاب

چهار قاب تشکیل یک ابر قاب را می‌دهند. قاب‌های درون ابر قاب از ۱ تا ۴ شماره گذاری می‌شوند. نگاشت از بیت‌های s_{23}, s_{24} به شماره قاب در جدول ۱۰ داده شده است.

جدول ۱۰ - قاب سیگنالدهی برای شماره قاب

شماره قاب	بیت‌های s_{23}, s_{24}
قاب شماره ۱ در ابر قاب	00
قاب شماره ۲ در ابر قاب	01

1 - Initialization

2 - Synchronization

3 - TPS length indicator

4 - Cell Identification

قاب شماره ۳ در ابر قاب	10
قاب شماره ۴ در ابر قاب	11

۵-۲-۶-۴ صورت فلکی^۱

صورت فلکی باید با ۲ بیت، مطابق جدول ۱۱ علامت گذاری شود. به منظور تعیین طرح مدوله کردن، گیرنده نیز باید اطلاعات سلسله مراتبی داده شده در جدول ۱۲ را رمزگشایی کند.

جدول ۱۱- قالب سیگنال دهی برای الگوهای ممکن صورت فلکی

مشخصات صورت فلکی	بیت های S ₂₅ , S ₂₆
QPSK	00
16-QAM	01
64-QAM	10
کنار گذاشته شده	11

۶-۲-۶-۴ اطلاعات سلسله مراتب

اطلاعات سلسله مراتب مشخص می‌کند که آیا ارسال سلسله مراتبی است و اگر چنین است، مقدار α چیست. نمودارهای صورت فلکی QAM که متناظر با مقادیر مختلف α است، در شکل ۹ الف/ب/پ نشان داده شده است. که α با سه بیت مطابق با جدول ۱۲ علامت دهی می‌شود.

جدول ۱۲- قالب سیگنال دهی برای مقادیر α

α مقدار	بیت های S ₂₇ , S ₂₈ , S ₂₉
غیر سلسله مراتبی	000
$\alpha=1$	001
$\alpha=2$	010
$\alpha=4$	011
ن.ک. پیوست ج	100
ن.ک. پیوست ج	101
ن.ک. پیوست ج	110
ن.ک. پیوست ج	111

۷-۲-۶-۴ نرخ های کد

مدوله کردن و کدگذاری غیر سلسله مراتبی کانال سیگنال دهی یک نرخ کد r را لازم دارد. در این مورد، سه بیت که مطابق جدول ۱۳ نرخ کد را مشخص می‌کنند با سه بیت با مقدار ۰۰۰ دنبال می‌شوند. دو نرخ کد متفاوت ممکن است برای دو سطح مختلف مدوله کردن، با هدف بدست آوردن سلسله مراتب، به کار برده شوند. پس از آن ارسال با نرخ کد مربوطه برای سطح $HP(r_1)$ مدولاسیون، آغاز شده و با یکی برای سطح $LP(r_2)$ پایان یابد. هر نرخ کد باید مطابق جدول ۱۳ علامت شود.

جدول ۱۳- قالب سیگنال دهی برای هریک از نرخ های کد

نرخ کد	بیت های (HP) (جريان S ₃₀ , S ₃₁ , S ₃₂) (LP) (جريان S ₃₃ , S ₃₄ , S ₃₅)
1/2	000
2/3	001
3/4	010
5/6	011
7/8	100
رزرو شده	101
رزرو شده	110
رزرو شده	111

۸-۲-۶-۴ وقفه‌های حفاظتی^۱

مقدار وقفه حفاظتی مطابق جدول ۱۴ علامت دهی می‌شود.

جدول ۱۴- قالب سیگنال دهی برای هر یک از مقادیر وقفه حفاظتی

مقادیر وقفه حفاظتی (Δ/TU)	بیت های S ₃₆ , S ₃₇
1/32	00
1/16	01
1/8	10
1/4	11

۹-۲-۶-۴ حالت ارسال

دو بیت برای علامت دهی حالت ارسال (حالت 2K یا حالت 8K) استفاده می‌شوند.

جدول ۱۵- قالب سیگنال دهی برای حالت ارسال

حالت ارسال	بیت های S ₃₈ , S ₃₉
حالت 2K	00
حالت 8K	01
ن.ک. پیوست ج	10
رزرو شده	11

۱۰-۲-۶-۴ شناسانه^۲ سلول

هشت بیت S₄₀ تا S₄₇ برای شناساندن سلولی که از آن سیگنال آمده، استفاده می‌شوند. مهمترین بایت cell_id [4]، یعنی b₁₅-b₈ باید در ابر قابها با شماره قاب ۱ و ۳ ارسال شود. کم اهمیت‌ترین بایت b₀-b₇ باید در ابر قاب هابا شماره قاب ۲ و ۴ ارسال شوند. نگاشت بیت‌ها مطابق جدول ۱۸ می‌باشد.

1 - Guard intervals
2 - Identifier

اگر تمهید $cell_id_1$ پیش‌بینی نشده است این هشت بیت باید 0 تنظیم شوند.

جدول ۱۵ الف- نگاشت $cell_id$ روی بیت‌های TPS

شماره بیت TPS	قاب شماره ۱ یا ۳	قاب شماره ۲ یا ۴
S_{40}	$cell_id\ b15$	$cell_id\ b7$
S_{41}	$cell_id\ b14$	$cell_id\ b6$
S_{42}	$cell_id\ b13$	$cell_id\ b5$
S_{43}	$cell_id\ b12$	$cell_id\ b4$
S_{44}	$cell_id\ b11$	$cell_id\ b3$
S_{45}	$cell_id\ b10$	$cell_id\ b2$
S_{46}	$cell_id\ b9$	$cell_id\ b1$
S_{47}	$cell_id\ b8$	$cell_id\ b0$

۱۱-۲-۶-۴ محافظت TPS در برابر خطای

۵۳ بیت که اطلاعات و همگام سازی TPS را در بر می‌گیرند، بیت‌های (S_1-S_{53})، با ۱۴ بیت توازن^۳ کد کوتاه شده BCH (127,113, $t=2$)، که از کد BCH (67,53, $t=2$) سامانه اصلی مشتق می‌شود، گسترش می‌یابند.

چندجمله مولد کد:

$$h(x) = x^{14} + x^9 + x^8 + x^6 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1.$$

کد BCH کوتاه شده ممکن است با اضافه کردن ۶۰ بیت، که همه ۰ شده‌اند، قبل از ورودی بیت‌های اطلاعاتی یک کدگذار BCH (127,113, $t=2$)، پیاده‌سازی شود. بعد از کدبندی BCH این بیت‌های تهی باید کnar گذاشته شوند، که منتهی به یک کلمه کد ۶۷ BCH بیتی می‌شود.

۳-۶-۴ مدوله کردن TPS

سلول‌های TPS در سطح توان "عادی"^۳ ارسال می‌شوند، به عبارت دیگر آن‌ها با انرژی برابر با آنچه متوسط همه سلوال‌های داده است، ارسال می‌شوند. یعنی $E[c \times c^*] = 1$. هر حامل TPS، به صورت DBPSK مدوله شده و همان پیام را انتقال می‌دهد. DBPSK در شروع هر بستک TPS مقداردهی اولیه می‌شود.

قواعد زیر برای مدوله کردن تفاضلی حامل k از نماد $l(l>0)$ در قاب m، به کار می‌روند:

- if $s_l = 0$, then $\text{Re}\{c_{m,l,k}\} = \text{Re}\{c_{m,l-1,k}\}; \text{Im}\{c_{m,l,k}\} = 0;$
- if $s_l = 1$, then $\text{Re}\{c_{m,l,k}\} = -\text{Re}\{c_{m,l-1,k}\}; \text{Im}\{c_{m,l,k}\} = 0.$

1 - Provision
2 - Parity bit
3 - Normal

مدلاسیون کامل^۱ حامل‌های TPS در نماد اول در یک قاب از ترتیب مرجع w_k به صورت زیر، مشتق می‌شود:

$$\operatorname{Re} \{c_m, l_{,k}\} = 2(1/2 - w_k)$$

$$\operatorname{Im} \{c_m, l_{,k}\} = 0$$

۷-۴ تعداد بسته‌های RS هر ابر قاب OFDM

این بند تعداد بسته‌های RS هر ابر قاب OFDM برای حالت‌های ارسال 2K و 8K را بدست می‌دهد. اطلاعات برای حالت ارسال 4K در پیوست ج داده شده است. نرخ بیت^۲ مفید مستقل از حالت ارسال می‌باشد.

ساختار قاب OFDM اجازه می‌دهد که یک عدد صحیح از ۲۰۴ بستک باشد. سلامون در یک ابر قاب OFDM ارسال شود و بنابراین نیاز به هر چیزی را که ممکن است صورت فلکی، طول وقفه حفاظتی، نرخ کدگذاری یا پهنای باند کanal باشد را، اجتناب می‌کند. جدول ۱۶ را ملاحظه کنید. اولین بایت داده که در یک ابر قاب OFDM ارسال می‌شود، باید یکی از بایت‌های SYNC باشد.

جدول ۱۶- تعداد بسته‌های رید-سلامون هر ابر قاب OFDM برای همه ترکیب‌های نرخ‌های کد و شکل‌های مدولاسیون

64-QAM		16-QAM		QPSK		نرخ کد
حالت 8K	حالت 2K	حالت 8K	حالت 2K	حالت 8K	حالت 2K	
3 024	756	2 016	504	1 008	252	1/2
4 032	1 008	2 688	672	1 344	336	2/3
4 536	1 134	3 024	756	1 512	378	3/4
5 040	1 260	3 360	840	1 680	420	5/6
5 292	1 323	3 528	882	1 764	441	7/8

جدول ۱۷- نرخ بیت مفید (Mbit/s) برای همه ترکیب‌های وقفه حفاظتی، صورت فلکی و نرخ کدگذاری برای سامانه‌های غیر سلسله مرتبی برای کانال‌های 8MHz (صرفنظر از حالت‌های ارسال)

وقفه حفاظتی	نرخ	مدولاسیون
-------------	-----	-----------

1 - Absolute modulation

2 - Number of RS-packets per OFDM super-frame

3 - Bitrate

1/32	1/16	1/8	1/4	کد	
6,03	5,85	5,53	4,98	1/2	QPSK
8,04	7,81	7,37	6,64	2/3	
9,05	8,78	8,29	7,46	3/4	
10,05	9,76	9,22	8,29	5/6	
10,56	10,25	9,68	8,71	7/8	
12,06	11,71	11,06	9,95	1/2	16-QAM
16,09	15,61	14,75	13,27	2/3	
18,10	17,56	16,59	14,93	3/4	
20,11	19,52	18,43	16,59	5/6	
21,11	20,49	19,35	17,42	7/8	
18,10	17,56	16,59	14,93	1/2	64-QAM
24,13	23,42	22,12	19,91	2/3	
27,14	26,35	24,88	22,39	3/4	
30,16	29,27	27,65	24,88	5/6	
31,67	30,74	29,03	26,13	7/8	

.

یادآوری - ارقامی که به صورت ایتالیک (مایل یا کج) هستند، مقادیر تقریبی برای کانال‌های 8MHz هستند. مقادیر برای کانال‌های 6MHz و 7MHz در پیوست ث داده شده است. مقادیر برای کانال‌های 5MHz در پیوست چ داده شده است.

برای طرح‌های سلسله مراتبی، نرخ‌های بیت مفید می‌توانند از جدول ۱۷ به قرار زیر به دست آیند:

- جریان HP : ارقام ستون‌های QPSK
- جریان LP ، LP : ارقام ستون‌های 16-QAM
- جریان LP ، LP : ارقام ستون‌های 64-QAM

۸-۴ خصوصیات طیف و ماسک طیف

۱-۸-۴ خصوصیات طیف

نمادهای OFDM مجاورت حامل‌های متعامد با فواصل برابر را تشکیل می‌دهند. دامنه‌ها و فازهای حامل‌های سلول داده از یک نماد به نماد دیگر مطابق فرآیند نگاشت شرح داده شده در بند ۳-۴ ۵ تغییر می‌کند.

چگالی طیفی توان^۱ $P_k(f)$ هر حامل در بسامد:

$$f_k = f_c + \frac{k}{T_u}; \left(-\frac{K-1}{2!} \leq k \frac{K-1}{2} \right)$$

به شرح زیر تعریف شده است:

$$P_k(f) = \left[\frac{\sin \pi (f - f_k) T_s}{\pi (f - f_k) T_s} \right]^2$$

مجموع چگالی طیفی توان حامل‌های سلول داده مدوله شده، برابر جمع چگالی‌های طیفی توان همه این حامل‌هاست. یک طیف سیگنال ارسال DVB نظری در شکل ۱۲ تصویر شده است (برای کانال‌های 8MHz).

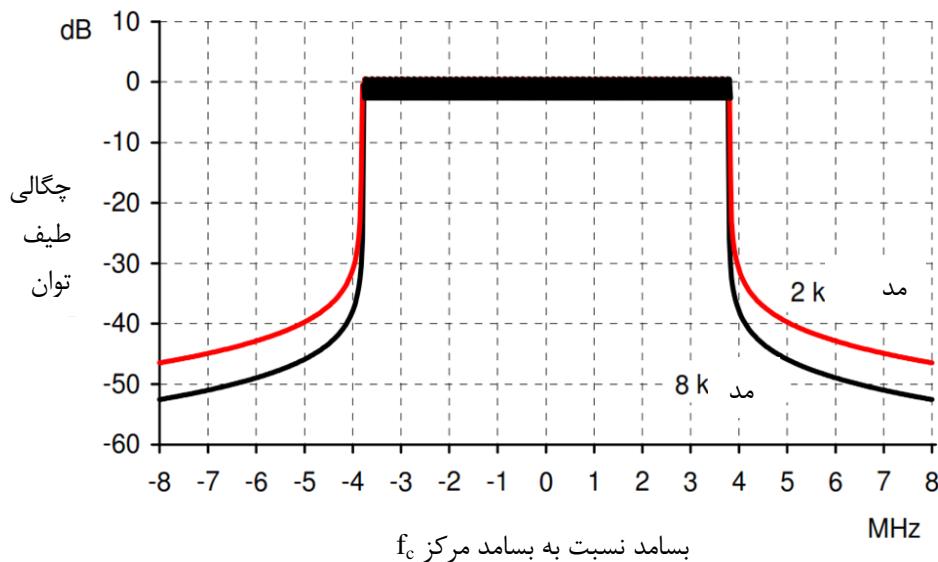
زیرا طول زمان نماد OFDM بزرگتر از معکوس فضای (فاصله) حامل^۲ است. پهنه‌ای اصلی چگالی طیفی توان هر حامل، باریکتر از دو برابر فضای حامل است. بنابراین چگالی طیفی در طول پهنه‌ای باند نامی^۳ 7,608259MHz برای حالت 8K 7,611607MHz برای حالت 2K، ثابت نیست (ن.ک. یادآوری). برای حالت 4K، پیوست چ را ملاحظه کنید.

1 - Power spectral density

2 - Carrier spacing

3 - Nominal bandwidth

یادآوری - مقادیری که به شکل مایل یا کج نوشته شده‌اند، مقادیر تقریبی هستند.



شکل ۱۲- طیف سیگنال ارسال DVB نظری، برای وقفه حفاظتی $\Delta = T_p/4$ (برای کانال‌های 8MHz)

۲-۸-۴ ماسک طیف خارج از باند^۱ (برای کانال‌های 8MHz)

سطح طیف در بسامدهای خارج از پهنه‌ای باند نامی می‌تواند با اعمال پالیش مناسب، کاهش یابد. ماسک‌های طیف برای مواردی که یک فرستنده برای تلویزیون رقمی زمینی هم مکان^۲ با یک فرستنده برای تلویزیون آنالوگ بوده، و در یک کانال مجاور (مجاور)^۳ آن کار می‌کند، در شکل ۱۳ و جدول ۱۸ برای سامانه‌های تلویزیون آنالوگ زیر داده شده است:

- G/PAL/A2 و G/PAL/NICAM;
- I/PAL/NICAM;
- K/SECAM و K/PAL;
- L/SECAM/NICAM.

ماسک‌های نشان داده شده در شکل ۱۳ کمینه مراقبت مورد نیاز برای تلویزیون آنالوگ را جائی که فرستنده‌های تلویزیونی آنالوگ و رقمی هم مکان بوده و برای موارد زیر کاربرد دارند، را پوشش می‌دهد:

- هیچ تمایز قطبی سازی بین تلویزیون آنالوگ و رقمی استفاده نمی‌شود؛ و
- توان تابش شده از هر دو فرستنده‌ها یکسان است (توان همگام قله^۴ آنالوگ برابر است با توان کل از فرستنده تلویزیونی دیجیتال)

اگر توانهای تابش شده از دو فرستنده یکسان نباشند، تصحیح متناسب می‌تواند به شکل زیر اعمال شود:

$$\text{تصحیح} = \text{کمینه erp آنالوگ} - \text{بیشینه erp آنالوگ}$$

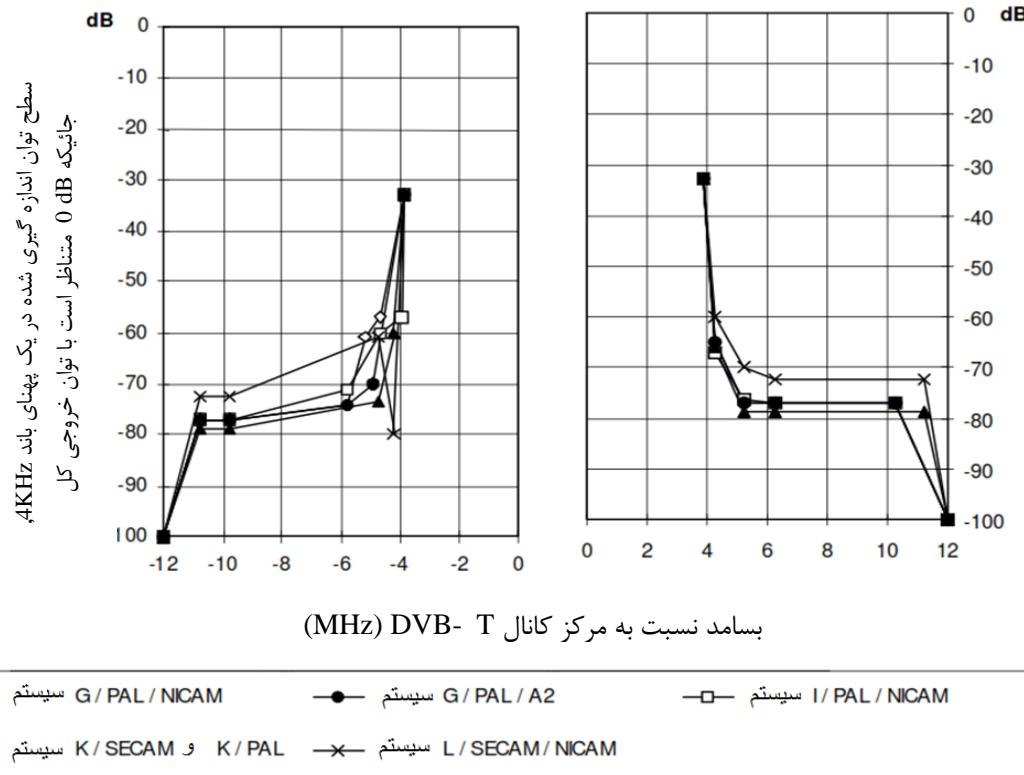
1 - Out-of-band spectrum mask

2 - Co-sited

3 - Channel adjacent

4 - Sync-peak power

نقاط شکست^۱ اصلاح شده برابر با نقاط شکست مرجع به علاوه تصحیح هستند (dB).



شکل ۱۳- ماسک‌های طیف برای یک فرستنده تلویزیونی رقمی زمینی که در یک کanal مجاور بالاتر یا پائین‌تر عمل می‌کنند، هم مکان با فرستنده تلویزیونی آنالوگ

جدول ۱۸- نقاط شکست بروای ماسک طیف

نقاط شکست											پادآوری‌های زیر را ملاحظه کنید
G/PAL/NICAM		G/PAL/A2		I/PAL/NICAM		K/SECAMK/PAL		L/SECAM/NICAM			
rel.freq. (MHz)	rel.level (dB)	rel.freq. (MHz)	rel.level (Db)	rel.freq. (MHz)	rel.level (dB)	rel.freq. (MHz)	rel.level (dB)	rel.freq (MHz)	rel.level (dB)		
-12	-100	-12	-100	-12	-100	-12	-100	-12	-100	1	
-10.75	-76.9	-10.75	-76.9	-10.75	-76.9	-10.75	-78.7	-10.75	-72.4	2	
-9.75	-76.9	-9.75	-76.9	-9.75	-76.9	-9.75	-78.7	-9.75	-72.4	3	
-5.75	-74.2	-5.75	-74.2	-5.75	-70.9	-4.75	-73.6	-4.75	-60.9	4	
-5.185	-60.9	-5.185	n.a.	-4.685	-59.9	-4.185	-59.9	-4.185	-79.9	5	
n.a.	n.a.	-4.94	-69.9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	6	
-4.65	-56.9	n.a.	n.a.	-3.925	-56.9	n.a.	n.a.	-4.65	n.a.	7	
-3.9	-32.8	-3.9	-32.8	-3.9	-32.8	-3.9	-32.8	-3.9	-32.8	8	
+3.9	-32.8	+3.9	-32.8	+3.9	-32.8	+3.9	-32.8	+3.9	-32.8	9	
+4.25	-64.9	+4.25	-64.9	+4.25	-66.9	+4.25	-66.1	+4.25	-59.9	10	
+5.25	-76.9	+5.25	-76.9	+5.25	-76.2	+5.25	-78.7	+5.25	-69.9	11	
+6.25	-76.9	+6.25	-76.9	+6.25	-76.9	+6.25	-78.7	+6.25	-72.4	12	

1 - Breakpoints

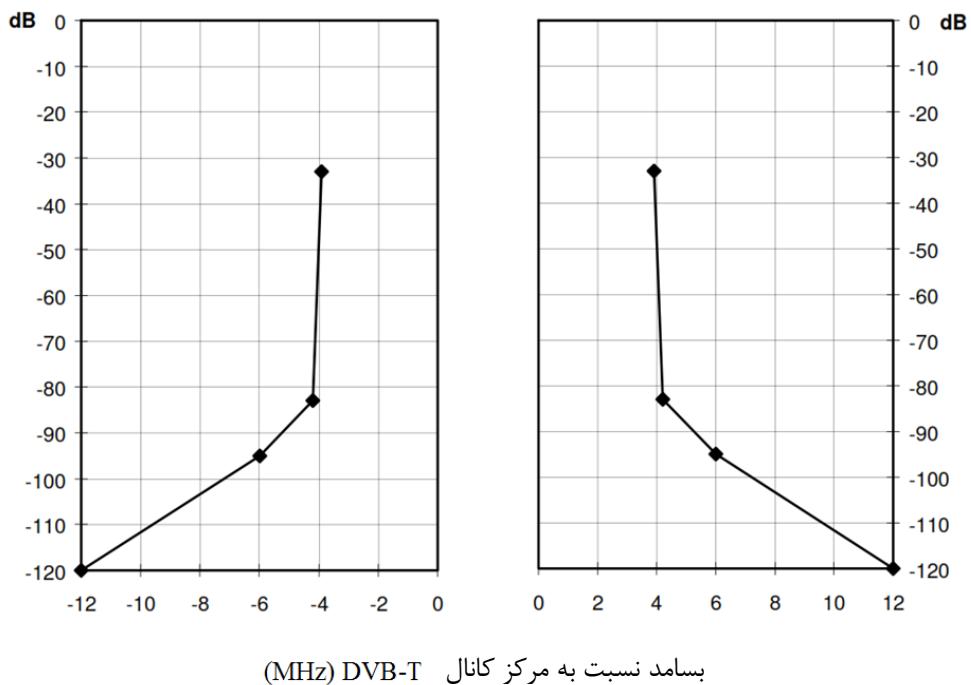
+10.25	-76.9	+10.25	-76.9	+10.25	-76.9	+11.25	-78.7	+11.25	-72.4	13
+12	-100	+12	-100	+12	-100	+12	-100	+12	-100	14
یادآوری ۱- پایان پائین تر از کanal مجاور پائین تر										
یادآوری ۲- حامل بصری در کanal مجاور پائین تر										
یادآوری ۳- حامل بصری +1MHz در کanal مجاور پائین تر.										
یادآوری ۴- پایان بالاتر از باند مجاور تصویری در کanal مجاور پائین تر										
یادآوری ۵- پایان بالاتر از پهنهای باند RF اولین حامل صدا در کanal مجاور پائین تر										
یادآوری ۶- پایان بالاتر از پهنهای باند RF ثانیه A2 حامل صدا در کanal مجاور پائین تر										
یادآوری ۷- پایان بالاتر از پهنهای باند RF سیگنال NICAM در کanal مجاور پائین تر										
یادآوری ۸- پایان پائین تر از پهنهای باند RF سیگنال DVB-T.										
یادآوری ۹- پایان بالاتر از پهنهای باند RF سیگنال DVB-T										
یادآوری ۱۰- باند مجاور تصویری پائین تر (حامل بصری 1MHz) در کanal مجاور بالاتر										
یادآوری ۱۱- حامل بصری در کanal مجاور بالاتر										
یادآوری ۱۲- حامل بصری +1MHz در کanal مجاور بالاتر										
یادآوری ۱۳- پایان بالاتر از باند مجاور تصویری در کanal مجاور بالاتر										
یادآوری ۱۴- پایان بالاتر از کanal مجاور بالاتر.										

سلول‌هایی که با "n.a." در جدول ۱۸ علامت گذاری شده‌اند، نشان می‌دهند که این قسمت از سیگنال تلویزیونی آنالوگ وجود ندارد یا تاثیری روی شکل ماسک طیف ندارد.

برای موارد بحرانی^۱ مانند کanal‌های تلویزیون مجاور با خدمات دیگر (توان پائین یا فقط دریافت) یک ماسک طیف با تضعیف^۲ خارج از کanal^۳ بیشتر، ممکن است مورد نیاز باشد. یک ماسک طیف برای موارد بحرانی در شکل ۱۴ نشان داده شده است. نقاط شکست برای ماسک بحرانی در جدول ۱۹ داده شده‌اند.

1 - Critical
2 - Attenuation
3 - Out-of-channel

سطح توان اندازه‌گیری شده در یک پهنهای باند 4kHz، که 0 dB متناظر است با توان خروجی کل



شکل ۱۴ - ماسک طیف برای موارد بحرانی

جدول ۱۹ - نقاط شکست برای ماسک طیف برای موارد بحرانی

نقاط شکست	
سطح نسبی (dB)	بسامد نسبی (MHz)
-120	-12
-95	-6
-83	-4.2
-32.8	-3.8
-32.8	+3.8
-83	+4.2
-95	+6
-120	+12

۳-۸-۴ بسامد مرکز سیگنال RF (برای کانال‌های UHF)

بسامد مرکز نامی f_c سیگنال RF بدست می‌آید با:

$$470 \text{ MHz} + 4 \text{ MHz} + i_1 \times 8 \text{ MHz}, i_1 = 0, 1, 2, 3, \dots$$

این دقیقاً بسامد مرکز کanal UHF در حال استفاده است. این بسامد مرکزی ممکن است به منظور بهبود تسهیم طیف^۱، ورنهداد^۲ باشد.

1 - Spectrum sharing
2 - Offset

پیوست الف

(اطلاعاتی)

عملکرد سامانه شبیه سازی شده برای کانال‌های 8 MHz

جداول الف-۱ تا الف-۳ عملکرد شبیه سازی شده سامانه را با فرض یک زنجیره ارسال ایده آل با "تخمین عالی کanal بدون نوفه فاز^۱" نشان می‌دهند. شکل‌های C/N برای ترکیب‌های مدوله کردن و کدگذاری کanal در حالت 8K، ارائه شده است، که بیش از ۶۸۱۷ حامل OFDM ارسال شده، برآورد می‌شود. این نتایج برای یک کanal گاوی (AWGN)^۲ (یک کanal Ricean(F₁)^۳ و یک کanal رایلی(P₁)^۴ داده شده، زمانی که حامل مرکز سیگنال DVB-T در 32/7MHz قرار داده شده است. کanal Ricean(F₁) و کanal رایلی(P₁) در پیوست ب شرح داده شده‌اند.

نرخ‌های بیت مفید مربوطه، بعد از رمزگشایی رید-سالامون موجود است همچنین برای چهار مقدار وقفه حفاظتی، مورد اشاره قرار گرفته است.

-
- 1 - Perfect channel estimation without phase noise
 - 2 - Gaussian channel
 - 3 - Ricean channel
 - 4 - Rayleigh channel

جدول الف-۱- C/N لازم برای ارسال غیر سلسله مراتبی برای بدست آوردن یک $BER=2 \times 10^{-4}$ بعد از رمزگشای ویترbi^۱

نرخ بیت (Mbit/s) (ن.ک. یادآوری ۳)				C/N(dB) لازم برای $BER=2 \times 10^{-4}$ بعد از QEF ویترbi بعد از رید- سالمون (ن.ک. یادآوری ۲)				صورت فلکی
$\Delta/TU = 1/32$	$\Delta/TU = 1/16$	$\Delta/TU = 1/8$	$\Delta/TU = 1/4$	کanal Raiلی (P ₁)	کanal Ricean (F ₁)	کanal گاووسی (AWGN)	نرخ کد	
6,03	5,85	5,53	4,98	5,9	4,1	3,5	1/2	QPSK
8,04	7,81	7,37	6,64	9,6	6,1	5,3	2/3	QPSK
9,05	8,78	8,29	7,46	12,4	7,2	6,3	3/4	QPSK
10,05	9,76	9,22	8,29	15,6	8,5	7,3	5/6	QPSK
10,56	10,25	9,68	8,71	17,5	9,2	7,9	7/8	QPSK
12,06	11,71	11,06	9,95	11,8	9,8	9,3	1/2	16-QAM
16,09	15,61	14,75	13,27	15,3	12,1	11,4	2/3	16-QAM
18,10	17,56	16,59	14,93	18,1	13,4	12,6	3/4	16-QAM
20,11	19,52	18,43	16,59	21,3	14,8	13,8	5/6	16-QAM
21,11	20,49	19,35	17,42	23,6	15,7	14,4	7/8	16-QAM
18,10	17,56	16,59	14,93	16,4	9,8	13,8	1/2	64-QAM
24,13	23,42	22,12	19,91	20,3	12,1	16,7	2/3	64-QAM
27,14	26,35	24,88	22,39	23,0	13,4	18,2	3/4	64-QAM
30,16	29,27	27,65	24,88	26,2	14,8	19,4	5/6	64-QAM
31,67	30,74	29,03	26,13	28,6	15,7	20,2	7/8	64-QAM
یادآوری ۱- ارقام به صورت مایل یا کج ، مقادیر تقریبی هستند.								
یادآوری ۲- بدون شبکه خطای ۳ کمتر از رخداد یک خطای اصلاح نشده در هر ساعت، متناظر است با $BER=10^{-11}$ در ورودی واتفتگر MPEG-2.								
یادآوری ۳- نرخ های بیت شبکه بعد از رمزگشای رید- سالمون داده شده است.								

1 - Viterbi decoder

2 - Quasi Error Free (QEF)

جدول الف-۲ - C/N لازم برای ارسال سلسله مراتبی با استفاده از صورت های فلکی 16QAM برای بدست آوردن یک $BER=2 \times 10^{-4}$ بعد از رمزگشای ویتری

نرخ بیت (Mbit/s) (ن.ک. یادآوری ۳)				C/N(dB) لازم برای $BER=2 \times 10^{-4}$ بعد از QEF ویتری بعد از رید-سالمون (ن.ک. یادآوری ۲)			صورت فلکی	نرخ کد	α	
$\Delta/TU = 1/32$	$\Delta/TU = 1/16$	$\Delta/TU = 1/8$	$\Delta/TU = 1/4$	کانال رایلی (P ₁)	Ricean (F ₁)	کانال گاوسی (AWGN)				
6,03	5,85	5,53	4,98	7,7	5,6	5,1	16-QAM در QPSK غیریکنواخت	1/2	2	
8,04	7,81	7,37	6,64	11,4	8,0	7,3		2/3		
9,05	8,78	8,29	7,46	14,2	9,5	8,6		3/4		
+										
6,03	5,85	5,53	4,98	15,9	14,1	13,5		1/2		
8,04	7,81	7,37	6,64	19,5	16,1	15,3		2/3		
9,05	8,78	8,29	7,46	22,4	17,2	16,3		3/4		
10,05	9,76	9,22	8,29	25,5	18,5	17,3		5/6		
10,56	10,25	9,68	8,71	28,2	19,2	17,9		7/8		
<hr/>										
6,03	5,85	5,53	4,98	6,6	4,6	4,1	16-QAM در QPSK غیریکنواخت	1/2	4	
8,04	7,81	7,37	6,64	10,3	6,8	6,0		2/3		
9,05	8,78	8,29	7,46	13,1	8,1	7,1		3/4		
+										
6,03	5,85	5,53	4,98	20,1	18,2	17,7		1/2		
8,04	7,81	7,37	6,64	23,6	20,2	19,4		2/3		
9,05	8,78	8,29	7,46	26,5	21,4	20,4		3/4		

جدول الف-۲ - ادامه

10,05	9,76	9,22	8,29	29,7	22,6	21,4		5/6	
10,56	10,25	9,68	8,71	32,3	23,4	22,0		7/8	
بادآوری ۱ - ارقام به صورت مایل یا کج ، مقادیر تقریبی هستند.									
بادآوری ۲ - بدون شبکه خطا کمتر از رخداد یک خطای اصلاح نشده در هر ساعت، متناظر است با $BER=10^{-11}$ در ورودی و اتفاقگر MPEG-2.									
بادآوری ۳ - نرخ های بیت شبکه بعد از رمزگشای رید-سالامون داده شده است.									

جدول الف-۳ - C/N لازم برای ارسال سلسله مراتبی با استفاده از صورت فلکی 64-QAM بعد از رمزگشای ویتری

نرخ بیت (Mbit/s) (ن.ک. یادآوری ۳)				C/N(dB) لازم برای QEF بعد از BER=2×10 ⁻⁴ وبتری بعد از رید-سalamon (ن.ک. یادآوری ۲)							
Δ/TU= 1/32	Δ/TU= 1/16	Δ/TU= 1/8	Δ/TU= 1/4	کانال رایلی (P1)	کانال Ricean (F1)	کانال گاوسی (AWGN)	a	نرخ کد	صورت فلکی		
6,03	5,85	5,53	4,98	11,8	9,1	8,5	1	1/2	QPSK در 64-QAM یکنواخت		
8,04	7,81	7,37	6,64	16,4	13,1	12,5		2/3			
9,05	8,78	8,29	7,46	19,3	15,6	15,0		3/4			
+								1/2			
12,06	11,71	11,06	9,95	18,1	16,0	15,5		2/3			
16,09	15,61	14,75	13,27	21,6	18,3	17,6		3/4			
18,10	17,56	16,59	14,93	24,4	19,7	18,8		5/6			
20,11	19,52	18,43	16,59	27,6	21,1	20,0		7/8			
21,11	20,49	19,35	17,42	29,7	21,9	20,7					
+											
6,03	5,85	5,53	4,98	9,4	7,1	6,5	2	1/2	QPSK در 64-QAM غیر یکنواخت		
8,04	7,81	7,37	6,64	13,5	10,1	9,3		2/3			
9,05	8,78	8,29	7,46	16,3	11,9	11,1		3/4			
+								1/2			
12,06	11,71	11,06	9,95	19,6	17,6	17,1		2/3			
16,09	15,61	14,75	13,27	23,1	19,9	19,2		3/4			
18,10	17,56	16,59	14,93	25,9	21,2	20,4		5/6			
20,11	19,52	18,43	16,59	29,1	22,6	21,6		7/8			
21,11	20,49	19,35	17,42	31,2	23,4	22,2					
+											

جدول الف-۳- ادامه

یادآوری ۱- ارقام نشان داده شده به صورت مایل یا کج ، مقادیر تقریبی هستند.

یادآوری ۲- بدون شبکه خطا کمتر از رخداد یک خطای اصلاح نشده در هر ساعت، متناظر است با $BER=10-11$ در ورودی و اتفاقگر MPEG-2.

یادآوری ۳- نرخ های بیت شبکه بعد از رمزگشایی رید-سالامون داده شده است.

یادآوری ۴- نتایج برای QPSK در 64-QAM غیر یکنواخت با $\alpha=4$ به جهت عملکرد ضعیف سیگنال 64-QAM شامل نمی شود.

پیوست ب

(اطلاعاتی)

F_1 و P_1 تعریف

عملکرد سامانه به ترتیب با دو مدل کanal برای دریافت ثابت^۱ F_{1-} و دریافت قابل حمل^۲، شبیه‌سازی شده است.

مدل‌های کanal از معادلات زیر تولید شده‌اند که $x(t)$ و $y(t)$ ، به ترتیب سیگنال‌های ورودی و خروجی هستند:

الف) دریافت ثابت- F_{1-} :

$$y(t) = \frac{\rho_0 x(t) + \sum_{i=1}^N \rho_i e^{-j\theta_i x(t-\tau_i)}}{\sqrt{\sum_{i=0}^N \rho_i^2}}$$

که در آن:

- عبارت اول قبل از جمع، پرتو خط دید^۳ را ارائه می‌کند.
- N تعداد پژواکها^۴ و برابر با ۲۰ می‌باشد؛
- Θi جابجایی فاز از پراکندگی مسیر ۱ام - فهرست شده در جدول ب-۱ می‌باشد؛
- ρi تضعیف مسیر ۱ام - فهرست شده در جدول ب-۱ می‌باشد؛
- τi تاخیر نسبی مسیر ۱ام - فهرست شده در جدول ب-۱ می‌باشد.

عامل k ، Ricean (K) نسبت توان مسیر مستقیم (پرتو خط دید) به مسیرهای منعکس شده) به صورت زیر بدست می‌آید:

$$K = \frac{\rho_0^2}{\sum_{i=1}^N \rho_i^2}$$

در شبیه‌سازی هایی که یک عامل Ricean $K = 10\text{dB}$ مورد استفاده قرار گرفته است. در این مورد:

$$\rho_0 = \sqrt{10 \sum_{i=1}^N \rho_i^2}$$

1 - Fixed reception
2 - Portable reception
3 - Line of sight ray
4 - Echoes

ب) دریافت قابل حمل، محو سازی رایلی^۱ : (P_1)
 ۱- داده شده‌اند.

جدول ب-۱- مقادیر تاخیر، فاز و توان نسبی برای P_1 و F_1

$\theta_i[\text{rad}]$	$\tau_i[\mu\text{s}]$	ρ_i	i
4,855121	1,003019	0,057662	1
3,419109	5,422091	0,176809	2
5,864470	0,518650	0,407163	3
2,215894	2,751772	0,303585	4
3,758058	0,602895	0,258782	5
5,430202	1,016585	0,061831	6
3,952093	0,143556	0,150340	7
1,093586	0,153832	0,051534	8
5,775198	3,324866	0,185074	9
0,154459	1,935570	0,400967	10
5,928383	0,429948	0,295723	11
3,053023	3,228872	0,350825	12
0,628578	0,848831	0,262909	13
2,128544	0,073883	0,225894	14
1,099463	0,203952	0,170996	15
3,462951	0,194207	0,149723	16
3,664773	0,924450	0,240140	17
2,833799	1,381320	0,116587	18
3,334290	0,640512	0,221155	19
0,393889	1,368671	0,259730	20

پیوست پ

(اطلاعاتی)

نمونه در هم‌گذاری

قواعد در هم‌گذاری بیتی و در هم‌گذاری نمادی و نگاشت متناظر بر حامل‌ها در جدول پ-۱ برای اولین نماد در یک ابر قاب (یعنی، نماد زوج)، حالت 2K، 64-QAM، ارسال غیر سلسله مرتبی، تصویر شده است. جدول پ-۱، شاخص‌های بیت ورودی به بستک نگاشت، که در شکل ۷ الف نشان داده شده را، در زمانیکه بیت‌های ورودی به در هم‌گذار بیتی، از ۰ تا ۹۰۷۱ شماره گذاری شده‌اند، و همچنین شماره حامل متناظر را نشان می‌دهد. شاخص‌ها متناظر با شماره‌های بیت ورودی در هم‌گذار است.

حامل شماره k	ورودی به بستک نگاشت $y_{q'} = y_{0q'}, y_{1q'}, y_{2q'}, y_{3q'}, y_{4q'}, y_{5q'}$
0	راهمنا
1	0, 381, 631, 256, 128, 509
2	4 602, 4983, 5 233, 4858, 4730, 5111
3	36, 417, 667, 292, 164, 545
4	4 656, 5037, 5 287, 412, 4784, 5165
5	48, 429, 679, 304, 176, 557
6	2 376, 2757, 3 007, 2632, 2504, 2885
7	780, 1161, 1411, 1 036, 908, 1 289
8	6 906, 7287, 7 537, 7162, 7034, 7415
9	4 590, 4971, 5 221, 4846, 4718, 5099
10	5 286, 4911, 5 161, 4786, 4658, 5039
11	2 364, 2745, 2 995, 2620, 2492, 2873
12	راهمنا
13	4 788, 5169, 4 663, 5044, 4916, 4541

1 691	4 194, 3819, 4 069, 4450, 4322, 3947
1 692	راهمنا
1 693	7 782, 8163, 7 657, 8038, 7910, 8291
1 694	6 624, 6249, 6 499, 6124, 6752, 6377
1 695	3 402, 3027, 3 277, 3658, 3530, 3155
1 696	546, 171, 421, 46, 674, 299
1 697	8 574, 8955, 8 449, 8830, 8702, 8327
1 698	8 376, 8757, 9 007, 8632, 8504, 8885
1 699	1 680, 2061, 1 555, 1936, 1808, 2189
1 700	7 620, 8001, 8 251, 7876, 7748, 8129
1 701	5 700, 5325, 5 575, 5956, 5828, 5453
1 702	8 826, 8451, 8 701, 8326, 8954, 8579
1 703	8 724, 8349, 8 599, 8980, 8852, 8477
1 704	راهمنا

جدول پ-۱- نگاشت بیت‌های ورودی

پیوست ت

(اطلاعاتی)

راهبردها برای پیاده سازی سیگنال گسیل شده

این استاندارد تنها برای تعریف سیگنال گسیل شده^۱ بکار می‌رود (که تمام آنچه است که برای استاندارد سازی مورد نیاز می‌باشد) و بنابراین، جنبه‌های پیاده‌سازی را لحاظ نمی‌کند. به خصوص، هیچ اشاره‌ای به تبدیل فوریه (FFT)^۲ نشده است که روش مورد انتظار تولید و دمدوله کردن یک سیگنال OFDM می‌باشد. این پیوست اطلاعاتی شرح می‌دهد که چطور از دام‌های^۳ مشخصی که در زمان استفاده از FFT ممکن است با آن مواجه شویم، اجتناب کنیم.

ت-۱ استفاده از FFT

سیگنال گسیل شده، برای هر نماد OFDM از هر قاب ارسال، توسط معادلات بند ۴-۴، دقیقاً مشخص می‌شود. پیچیدگی ظاهری این معادلات می‌تواند ساده شود، اگر اشاره شود که شکل موج گسیل شده در طول هر دوره تناوب نماد ارسال شده، منحصر استگی به مقادیر مختلط k در $c_{m,l,k}$ دارد، که دامنه مختلط حامل‌های فعال k برای آن دوره تناوب را تعریف می‌کند. بنابراین هر نماد می‌تواند به صورت جدا در نظر گرفته شود؛ برای مثال، سیگنال برای دوره تناوب ۰ $t=0$ تا $t=T_S$ ارائه می‌شود با :

$$S(t) = \operatorname{Re} \left\{ e^{j2\pi f_c t} \sum_{k=K_{\min}}^{K_{\max}} c_{0,0,k} e^{j2\pi k'(t-\Delta)/T_U} \right\}$$

with $k' = k - (K_{\max} + K_{\min})/2$

یک شباهت آشکار بین این و تبدیل معکوس گسسته فوریه (DFT)^۴ وجود دارد (ن.ک. یادآوری ۱) :

$$x_n = \frac{1}{N} \sum_{q=0}^{N-1} X_q e^{j2\pi n q / N}$$

1 - Emitted signal

2 - Fast Fourier Transform

3 - Pitfalls

4 - Inverse Discrete Fourier Transform

یادآوری ۱ - این تعریف DFT معکوس، معمولاً در علوم مهندسی استفاده می‌شود.

DFT پیش رو متناظر در نما j - دارد.

به هر حال، ریاضی‌دان‌ها، گاهی از نشان گذاری مخالف استفاده می‌کنند، بنابراین تبدیل پیش رو آنها در نما j -

دارد و تبدیل معکوس آنها در نما $j +$ دارد.

نمادهای استفاده شده در این فرمول از مجموعه علائم^۱ معمول در مهندسی و ریاضیات پیروی می‌کند.

آنها بیانگر نمادهایی نیستند. که در جاهای دیگر این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

از آنجاییکه الگوریتم‌های تبدیل سریع فوریه موثر گوناگونی برای انجام DFT و معکوس آن وجود دارد، استفاده از FFT معکوس (IFFT)، در یک مدوله کننده DVB-T برای تولید نمونه‌های N ، x_n متناظر با قسمت مفید، طول T_U ، از هر نماد، یک شکل مناسب پیاده سازی می‌باشد.

وقفه حفاظتی با رونوشت گرفتن از آخرین $N\Delta/T_U$ این نمونه‌ها و الحق آنها در جلو، اضافه می‌شود.

پس این فرآیند که برای هر نماد به نوبت تکرار می‌شود، یک جریان پیوسته از نمونه‌هایی ایجاد می‌کند که یک نمایش مختلط باند پایه^۲ سیگنال DVB-T را تشکیل می‌دهند.

پس فرآیند تبدیل بعدی^۳، سیگنال حقیقی $s(t)$ که در مرکز بسامد f_C قرار داده شده را به دست می‌دهد.

به هر حال در نگاشت مقادیر $c_{m,l,k}$ توجه به ضرائب N ، IFFT، X_q لازم است.

یادآوری ۲ - FFT پیش رو ممکن است به طور مشابه در یک وامدوله کننده استفاده شود.

1 - Nomenclature

2 - Baseband

3 - subsequent up-conversion process

ت-۲ انتخاب بسامد مرکز "باند پایه"^۱

تابع مبنا^۲ برای حامل میانی گسیل شده^۳ ($k'=0$) در طول هر نماد ثابت است،

$$\Psi_{m,l} (K_{max} + K_{min})/2 =^1.$$

بنابراین این حامل در بسامد مرکز c_f گسیل شده و وقتی با مقدار یکسان در هر نماد مدوله شده، هیچ عدم ناپیوستگی^۴ فازی ندارد.

این امر منجر می‌شود به اینکه داده برای این حامل میانی بهتر است، به صورت یک ضریب X_q ، IFFT^۵ از شاخص q نگاشت شود، مانند آنکه $e^{j2\pi nq/N}$ تابع مبنا DFT معکوس متناظر، یک عدد درست^۶ از چرخه‌های درون وقفه حفاظتی دارد، صرف نظر از اینکه کدامیک از طول‌های محتمل وقفه حفاظتی، (1/32، 1/16 یا 1/4 دوره تناوب "مفید" نماد^۷ TU) ممکن است در حال استفاده باشد.

بنابراین شاخص q برای حامل میانی بهتر است مضربی از 32^8 باشد.

به خصوص هر یک از راه تبدیل‌های توصیه شده زیر، آنچنانکه این الزام را برآورده می‌کند، یک پیاده‌سازی آسانتر را نتیجه می‌دهد:

(الف) تخصیص حامل میانی با شاخص نیمه راه $q=N/2$ ، یعنی، نصف عبارت بسامدی نمونه^۹؛ یا

(ب) تخصیص حامل میانی با شاخص $q=0$ ، یعنی، عبارت DC یا بسامد صفر.

ت-۳ مشکلات بالقوه دیگر

یک فرآیند تبدیل با آنچه سیگنال مختلط باند پایه توسط IFFT ایجاد می‌کند، به یک سیگنال واقعی که روی بسامد مرکزی مطلوب قرار گرفته ترجمه می‌شود، به طور مشابه مراقبت برای اطمینان از اینکه نتیجه از خصوصیات^{۱۰} تبعیت می‌کند، لازم است.

به طور خاص:

(الف) توصیه می‌شود که سیگنال گسیل شده نباید در مقایسه با خصوصیات معکوس شود، به عبارت دیگر، حامل تابش شده با بالاترین بسامد، بهتر است مدوله کردن $c_{m,l,Kmax}$ را انتقال دهد.

(ب) توصیه می‌شود، که سیگنال گسیل شده نباید یک "محور فرضی معکوس شده"^{۱۱} از خصوصیات داشته باشد. این امر زمانی اتفاق می‌افتد که برای سیگنال گسیل شده $(t,s,c_{m,l,k})$ با مقادیر مختلط مزدوج $c_{m,l,k}^*$ جایگزین شود

برخی از علل محتمل چنین خطایی به شرح زیر است:

1 - Baseband

2 - Basis function

3 - Middle emitted carrier

4 - Discontinuity

5 - An IFFT coefficient X_q

6 - Whole number

7 - The "useful" symbol period

8 - Multiple of 32

9 - Half-sampling-frequency term

10 - Specification

11 - Inverted imaginary axis

پ) تبدیل نادرست مختلط به حقیقی ممکن است باعث وارونگی^۱ هر دو طیف و محور فرضی شود.

ت) استفاده از یک FFT پیش رو به جای FFT معکوس باعث وارونگی محور فرضی شود.

ث) اگر سیگنال در بسامد با برخی فرآیند ترکیب دو جریان مزبور^۲ جابجا شود که باعث وارونگی طیف می‌شود، وارونگی محور فرضی نیز رخ می‌دهد.

اگر چنین فرآیندی تکرار شود، سیگنال نتیجه با خصوصیات مطابقت خواهد داشت.

اگر مورد ث) به عنوان یک نتیجه طبیعی انتخاب‌های بسامد(های) میانی^۳ رخ دهد، ممکن است در جزئیات تبدیل مختلط به حقیقی جبران شود، یا با استفاده از یک FFT پیش رو برای تصحیح وارونگی محور فرضی که با ضرائب معکوس برای تصحیح وارونگی طیف تغذیه می‌شود،

1 - Inversion

2 - Heterodyning

3 - Intermediate frequency(ies)

پیوست ث

(الزامی)

مقادیر برای کانال‌های 6 MHz و 7 MHz

سامانه می‌تواند با تغییر دوره تناوب ابتدایی تا $T=7/48\mu s$ برای کانال‌های 6MHz و $T=1/8\mu s$ برای کانال‌های 7MHz، در کانال‌های 6MHz و 7MHz مقیاس بندی شود.

در یک پیاده‌سازی عملی این متناظر است با یک تغییر بسامد ساعت (زمان سنجی) از 64/7MHz برای کانال‌های 8MHz به 48/7MHz برای کانال‌های 6MHz و 8MHz برای کانال‌های 7MHz. ساختار قاب و قواعد کدگذاری، نگاشت و در هم گذاری حفظ می‌شوند. تغییر دوره تناوب ابتدایی، تغییر فضای حامل، طول نماد، طول وقفه حفاظتی و نرخ بیت مفید را چنانچه در جدول ث-۱ و ث-۲ داده شده، نتیجه می‌دهد.

جدول ث-۱ - مقادیر عددی برای پارامترهای OFDM برای حالت‌های 2K و 8K برای کانال‌های 6MHz

حالت 2K	حالت 8K	پارامتر
1 705	6 817	شماره حامل‌ها K
0	0	مقدار حامل شماره K_{min}
1 704	6 816	مقدار حامل شماره K_{max}
$298,6667\mu s$	$1 194,667 \mu s$	طول زمان T_U
$3,348214kHz$	$0,837054kHz$	فاصله حامل $1/T_U$
$5,71MHz$	$5,71 MHz$	فاصله بین حامل $K_{max}(K-1)$ و K_{min}
بادآوری - مقادیری که به صورت مایل یا کج نمایش داده شده اند، مقادیر تقریبی هستند.		

جدول ث-۲ - طول زمان قسمت نماد برای وقفه‌های حفاظتی اجازه داده شده برای کانال‌های 6MHz

حالت 2K				حالت 8K				حالت
1/4	1/8	1/16	1/32	1/4	1/8	1/16	1/32	وقفه حفاظتی Δ/T_U
$2 048 \times T$ $298,667\mu s$				$8 192 \times T$ $1 194,667\mu s$				طول زمان نماد T_U قسمت
$512 \times T$ $74,667\mu s$	$256 \times T$ $37,333\mu s$	$128 \times T$ $18,667\mu s$	$64 \times T$ $9,333\mu s$	$2 048 \times T$ $298,667\mu s$	$1 024 \times T$ $149,333\mu s$	$512 \times T$ $74,667\mu s$	$256 \times T$ $37,333\mu s$	طول زمان وقفه فاصله T_U
$2 560 \times T$ $373,3\mu s$	$2 304 \times T$ $336\mu s$	$2 176 \times T$ $317,3\mu s$	$2 112 \times T$ $308\mu s$	$10 240 \times T$ $1 493,3\mu s$	$9 216 \times T$ $1 344\mu s$	$8 704 \times T$ $1 269,3\mu s$	$8 448 \times T$ $1 232\mu s$	طول زمان نماد $T_s = \Delta + T_U$
بادآوری - مقادیری که به صورت مایل یا کج نمایش داده شده اند، مقادیر تقریبی هستند.								

جدول ث-۳- نرخ بیت مفید (Mbit/s) برای همه ترکیب‌های وقفه حفاظتی، صورت فلکی و نرخ کد برای سامانه‌های غیر سلسه مراتبی برای کانال‌های 6MHz

وقفه حفاظتی				نرخ کد	مدولاسیون
1/32	1/16	1/8	1/4		
4,524	4,391	4,147	3,732	1/2	QPSK
6,032	5,855	5,529	4,976	2/3	
6,786	6,587	6,221	5,599	3/4	
7,540	7,318	6,912	6,221	5/6	
7,917	7,684	7,257	6,532	7/8	
9,048	8,782	8,294	7,465	1/2	16-QAM
12,064	11,709	11,059	9,953	2/3	
13,572	13,173	12,441	11,197	3/4	
15,080	14,637	13,824	12,441	5/6	
15,834	15,369	14,515	13,063	7/8	
13,572	13,173	12,441	11,197	1/2	64-QAM
18,096	17,564	16,588	14,929	2/3	
20,358	19,760	18,662	16,796	3/4	
22,620	21,955	20,735	18,662	5/6	
23,751	23,053	21,772	19,595	7/8	

بادآوری- ارقامی که به صورت مایل یا کج نمایش داده شده است، مقادیر تقریبی هستند.
برای طرح‌های سلسه مراتبی، نرخ‌های بیت مفید می‌توانند از جدول ث-۵ به قرار زیر به دست آیند:

- جریان HP : ارقام ستون‌های QPSK
- جریان LP ، LP : ارقام ستون‌های 16-QAM
- جریان 16-QAM ، LP : ارقام ستون‌های 64-QAM

جدول ث-۴- مقادیر عددی برای پارامترهای OFDM برای حالت‌های 2K و 8K برای کانال‌های 7MHz

حالت 2K	حالت 8K	پارامتر
1 705	6 817	شماره حامل‌ها
0	0	مقدار حامل شماره K_{min}
1 704	6 816	مقدار حامل شماره K_{max}
256μs	1 024μs	طول زمان T_U
3,90625kHz	0,976563kHz	فاصله حامل $1/T_U$
6,66MHz	6,66MHz	فاصله بین حامل‌های K_{ma} و K_{min} و $(K-1)/T_U$

بادآوری- مقادیری که به صورت مایل یا کج نمایش داده شده‌اند، مقادیر تقریبی هستند.

جدول ث-۵- طول زمان قسمت نماد برای وقفه های حفاظتی اجازه داده شده برای کانال های 7MHz

حالت 2K				حالت 8K				حالت
1/4	1/8	1/16	1/32	1/4	1/8	1/16	1/32	وقفه حفاظتی Δ/T_U
2 048×T 256μs				8 192×T 1 024μs				طول زمان نماد T_U قسمت
512×T 64μs	256×T 32μs	128×T 16μs	64×T 8μs	2 048×T 256μs	1 024×T 128μs	512×T 64μs	256×T 32μs	طول زمان وقفه حفاظتی Δ
2 560×T 320μs	2 304×T 288μs	2 176×T 272μs	2 112×T 264μs	10 240×T 1 280μs	9 216×T 1 152μs	8 704×T 1 088μs	8 448×T 1 056μs	طول زمان نماد $T_S = \Delta + T_U$
یادآوری - مقادیری که به صورت مایل یا کج نمایش داده شده‌اند، مقادیر تقریبی هستند.								

جدول ث-۶- نرخ بیت مفید (Mbit/s) برای همه ترکیب‌های وقفه حفاظتی، منظومه و نرخ کد

برای سامانه‌های غیر سلسله مراتبی برای کانال‌های 7MHz

وقفه حفاظتی					نرخ کد	مدولاسیون		
1/32	1/16	1/8	1/4					
5,278	5,123	4,838	4,354	1/2	QPSK			
7,037	6,830	6,451	5,806	2/3				
7,917	7,684	7,257	6,532	3/4				
8,797	8,538	8,064	7,257	5/6				
9,237	8,965	8,467	7,620	7/8				
10,556	10,246	9,676	8,709	1/2	16-QAM			
14,075	13,661	12,902	11,612	2/3				
15,834	15,369	14,515	13,063	3/4				
17,594	17,076	16,127	14,515	5/6				
18,473	17,930	16,934	15,240	7/8				
15,834	15,369	14,515	13,063	1/2	64-QAM			
21,112	20,491	19,353	17,418	2/3				
23,751	23,053	21,772	19,595	3/4				
26,390	25,614	24,191	21,772	5/6				
27,710	26,895	25,401	22,861	7/8				
یادآوری - ارقامی که به صورت مایل یا کج نمایش داده است، مقادیر تقریبی هستند.								
برای طرح های سلسله مراتبی، نرخ های بیت مفید می توانند از جدول ث-۶ به قرار زیر به دست آیند:								
- جریان HP : ارقام ستون های QPSK								
- جریان LP ، 16-QAM : ارقام ستون های QPSK								
- جریان LP ، 64-QAM : ارقام ستون های 16-QAM								

پیوست ج

(الزامی)

ویژگی‌های اضافی برای پایانه‌های دستی DVB(DVB-H)

پیوست ج ویژگی‌هایی را مشخص می‌کند که فقط به پایانه‌های دستی DVB(DVB-H) اشاره می‌کند. ویژگی‌های پیوست ج باید منحصراً برای ارسال‌های DVB-H استفاده شود، در حالی که با این امر که ارسال‌های DVB-H می‌تواند از حالت‌های ارسال DVB-T (یعنی ۲K و ۸K) استفاده کند، دامنه کاری پیوست ج به صورت زیر می‌باشد:

- این پیوست حالت اضافی ۴K را توصیف می‌کند که گزینه‌های تکمیلی برای طراحی شبکه- H را فراهم می‌کند؛
- این پیوست یک در هم گذار درونی عمقی اختیاری را توصیف می‌کند که برای هر دو حالت‌های ۲K یا ۴K قابل استفاده است؛
- این پیوست، اطلاعات سیگنال دهی پارامتر ارسال (TPS)¹ توسعه یافته را تعریف می‌کند که برای خدمات‌های سیگنال دهی DVB-H استفاده می‌شود.

ج-۱ ملاحظات عمومی

اگرچه سامانه ارسال DVB-T توانایی خود را برای خدمت رسانی در پایانه‌های ثابت، قابل حمل و متحرک، به اثبات رسانده است، ولی پایانه‌های دستی (که به عنوان دستگاهی با تغذیه باتری سبک تعریف شده‌اند)، ویژگی‌های خاصی از سامانه انتقال را لازم دارند که به آنها تحت عناوین زیر خدمت رسانی نماید:

- به عنوان وسایل تغذیه شده با باتری، سامانه انتقال باید به آنها امکانی را برای خاموش کردن برخی قسمت‌های زنجیره ای دریافت به صورت تکرارپذیر، ارائه نماید تا مدت زمان استفاده از باتری را افزایش دهد،

در مورد کاربرهای جابه‌جا شونده، سامانه انتقال باید دسترسی به خدمت خدمات DVB-H را تسهیل کند زمانی که گیرنده‌ها سلول ارسال داده شده را ترک می‌نمایند و به یک سلول جدید دیگر وارد می‌شوند،

همانطور که انتظار می‌رود تا به وضعیت‌های استفاده گوناگون (درونی و بیرونی، وسیله نقلیه متحرک داخلی و پیاده²) خدمت رسانی نماید، سامانه انتقال باید انعطاف پذیری / مقیاس پذیری مناسبی را ارائه نماید تا دریافت خدمات DVB-H در سرعت‌های گوناگون مجاز نماید، در حالی که پوشش فرستنده را بهینه می‌سازد،

- همانطور که انتظار می‌رود خدمت‌های DVB-H در شرایط محیطی تحويل می‌شوند که از سطوح بالای نوفه مصنوعی^۱ رنج می‌برند، سامانه انتقال باید تمهداتی را ارائه نماید که تأثیرات آنها را بر روی قابلیت‌های دریافت کاهش دهد،

- به عنوان اهداف DVB-H به منظور فراهم کردن یک راه عام برای خدمت‌رسانی به پایانه‌های دستی، در قسمت‌های مختلف دنیا، سامانه انتقال باید انعطاف پذیری را ارائه نماید تا در باندهای ارسال و پهنهای باندهای کanal گوناگون، مورد استفاده قرار گیرد.

این موارد استانداردسازی سامانه H DVB را به پیش می‌رود. این پیوست ویژگی‌های اضافی را برای DVB-H فراهم می‌نماید تا پایانه‌های دستی را در ارسال خدمات DVB-H پشتیبانی نماید.

ج-۲ بررسی اجمالی ویژگی‌های اضافی

همانطور که در شکل ج-۱ نمایش داده شده است، این پیوست فرایندهای گوناگون زیر را فراهم می‌نماید:

- ارسال همتافتگری (تسهیم) تقسیم بسامدی متعدد (OFDM)^۲ : حالت اضافی ۴K به همراه

سیگنال‌های مرجع ضمنی و سیگنال دهی پارامتر ارسال (TPS) فراهم شده است.

- در هم گذاری درونی: یک در هم گذار درونی محلی برای حالت ارسال ۴K همانند یک در هم گذار نمادی عمقی فراهم شده است تا به همراه حالت‌های ۲K یا ۴K استفاده شود. همچنین، سیگنال دهی پارامتر ارسال (TPS) ضمنی، تعریف شده است.

- اطاعات سیگنال دهی: بیت‌های سیگنال دهی پارامتر ارسال تعریف شده‌اند تا استفاده از برش زمانی^۳ و / یا MPE-FEC در ارسال DVB-H را، به گیرنده‌ها بفرستند.

حالات ارسال اضافی ۴K، درون یابی پارامترهای تعریف شده برای حالت‌های ارسال "۲K" و "۸K" می‌باشد. هدف این حالت، ارائه نمودن یک مصالحه اضافی بین اندازه سلول ارسال و قابلیت‌های دریافت متحرک، می‌باشد، تا یک درجه اضافی انعطاف پذیری برای طراحی شبکه فراهم نماید.

ubarat مصالحه می‌توانند بصورت زیر بیان شوند:

- "حالت ۸K" DVB-T می‌تواند هم برای عمل ارسال سیگنال و هم برای SFN‌های کوچک، متوسط و بزرگ مورد استفاده قرار گیرد. این حالت رواداری داپلر^۴ را فراهم می‌کند که دریافت با سرعت بالا را مجاز می‌سازد.

- "حالت ۴K" DVB-T می‌تواند هم برای عمل ارسال سیگنال و هم برای SFN‌های کوچک و متوسط مورد استفاده قرار گیرد. این حالت رواداری داپلر را فراهم می‌کند که دریافت با سرعت خیلی بالا را مجاز می‌سازد.

- "حالت ۲K" DVB-T برای عمل ارسال سیگنال و برای SFN‌های کوچک با فواصل ارسال محدود، مناسب است. این حالت رواداری داپلر را فراهم می‌کند که دریافت با سرعت فوق العاده بالا را مجاز می‌سازد.

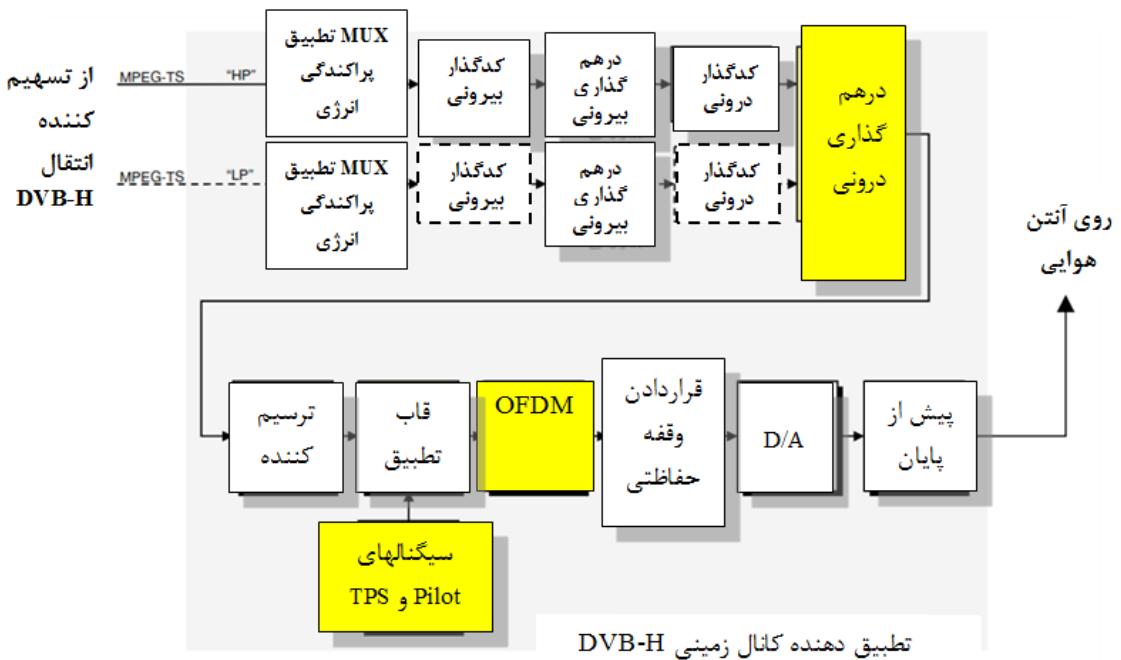
1 - Man-made

2 - Orthogonal Frequency Division Multiplexing

3 - Time-Slicing

4 - Doppler

ویژگی‌های اضافی بر روی بسته‌های سایه دار در شکل ج-۱ تأثیر می‌گذارد.



شکل ج-۱- نمودار بستک عملیاتی ویژگی‌های اضافی

ج-۳ ویژگی‌های پایه اضافی

بندهای پیش رو به عنصرهای الزامی خاصی در بند ۴ ارجاع می‌دهد. در جایی که به زیربخش خاصی در بند ۴ ارجاع داده می‌شود، این زیربخش در جمله زیر عنوان آورده می‌شود.

ج-۳-۱ کدگذاری و مدوله کردن کانال

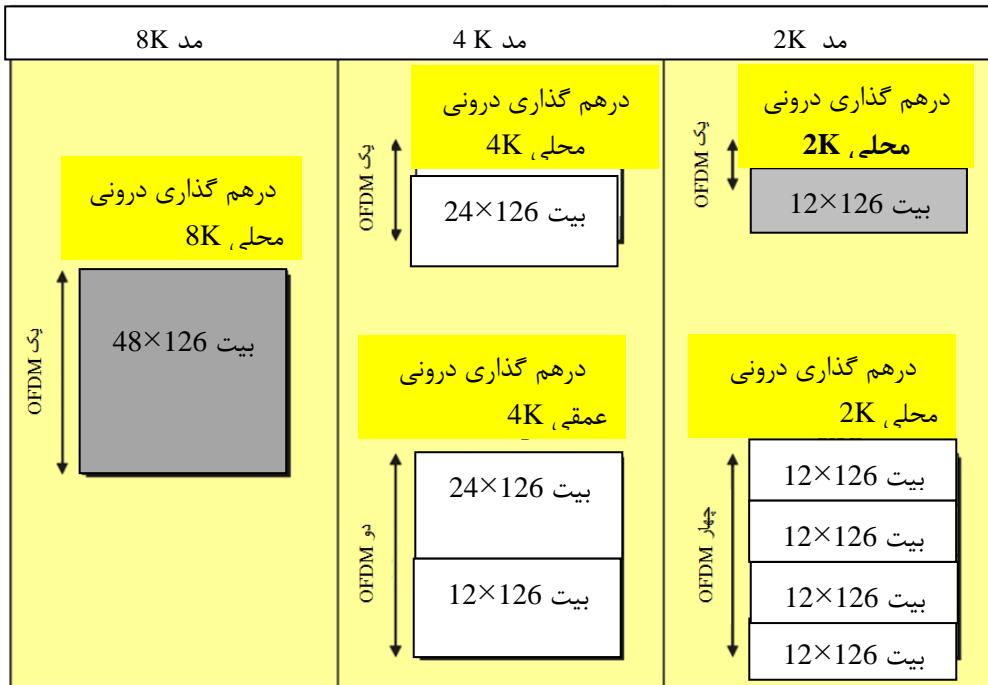
مرتبط با بند ۴-۳.

ج-۳-۱-۱ در هم گذاری درونی

مرتبط با بند ۴-۳-۴.

یک در هم گذار درونی محلی برای حالت "4K" همانند گزینه استفاده از در هم گذار درونی 8K برروی جریان‌های بیت کد بندی شده ۱ که برای حالت‌های 2K و 4K تهیه شده‌اند، مشخص شده‌اند. همانطور که در شکل ج-۲ نشان داده شده است، این گزینه عمق در هم گذاری درونی را به چهار نماد متواالی OFDM (2K) یا دو نماد متواالی OFDM (4K) توسعه می‌دهد.

هنگامیکه در هم گذار عمقی مورد استفاده قرار می‌گیرد، این در هم گذار باید درون بیت‌های سیگنال دهی پارامتر ارسال، فرستاده شود، همانطور که در بند ج-۳-۱-۲ تعریف شده است.



شکل ج-۲: در هم گذار درونی عمقی برای حالت های ۲K و ۴K

در هم گذار درونی شامل در هم گذاری بیت به بیت به همراه در هم گذاری نمادی می باشد. هر دوی فرایندهای درهم گذاری بیت به بیت و درهم گذاری نمادی برپایه بستک هستند.

ج-۱-۱-۳-۱ در هم گذاری بیت به بیت مرتبط با بند ۴-۳-۴-۱.

فرایند در هم گذاری بسته‌ی که در بند ۴-۳-۴-۱ تعریف شده است، برای حالت ۴K، باید ۲۴ بار به ازای هر نماد OFDM تکرار شود.

زمانیکه در هم گذاری عمقی در حالت‌های ۲K و ۴K به کار می رود، چه بصورت سلسله مراتبی یا غیر سلسله مراتبی، فرایند در هم گذاری بستکی ۴۸ بار تکرار شده است، بنابراین فراهم کردن در هم گذار نمادی با بسته‌های داده مفید موردنیاز است تا چهار "نماد ۲K" متوالی و دو "نماد ۴K" متوالی را تهیه نماید.

ج-۱-۱-۳-۲ در هم گذار نمادی مرتبط با بند ۴-۳-۴-۲.

در حالت ۴K، هدف در هم گذار نمادی، نگاشت کردن کلمات ۷ بیت بروی ۰۲۴۳ حامل های فعال به ازای هر نماد OFDM می باشد.

ج-۱-۲-۱-۳-۱ در هم گذار نمادی محلی مرتبط با بند ۴-۳-۴-۱.

هنگامی که در هم گذار محلی حالت $4K$ اجرا می‌شود، در هم گذار نمادی ببروی بسته‌های 3×24 نمادهای داده عمل می‌کند.

بنابراین در حالت $4K$ ، 24 گروه از 126 کلمه داده از در هم گذار بیت متوالیاً در بردار $Y' = (y'_0, y'_1, y'_2, \dots, y'_{3023})$ خوانده می‌شود.

بردار در هم گذاری شده $(y_0, y_1, y_2, \dots, y_{N_{\max}})$ تعریف می‌شود با :

$$q=0, \dots, N_{\max}-1 \quad y_{H(q)} = y'_q$$

$$q=0, \dots, N_{\max}-1 \quad y_q = y'_{H(q)}$$

که در مورد در هم گذار محلی، $N_{\max} = 3024$ در حالت $4K$.

ج-۲-۱-۱-۲ در هم گذارهای نمادی عمقی

مرتبط با بند ۴-۳-۲-۲-۴.

زمانیکه در هم گذار عمقی در مفاهیم حالت $2K$ یا حالت $4K$ انتخاب می‌شود، حالت هرچه باشد، در هم گذار نمادی ببروی بستکهای 6×48 نمادهای داده عمل می‌کند. بنابراین، بردار $Y' = (y'_0, y'_1, y'_2, \dots, y'_{6047})$ از 126 گروه از 48 کلمه‌های داده ایجاد می‌شود.

بردار در هم گذاری شده $(y_0, y_1, y_2, \dots, y_{N_{\max}-1})$ تعریف می‌شود با :

$$q=0, \dots, N_{\max}-1 \quad y_{H(q)} = y'_q$$

$$q=0, \dots, N_{\max}-1 \quad y_q = y'_{H(q)}$$

که همواره برای درهم گذارهای عمقی $N_{\max} = 6048$ حالت هرچه باشد $2K$ یا $4K$.

در حالت $2K$ ، بردارهای درهم گذاری شده باید ببروی چهار نماد متوالی OFDM نگاشت شوند. برای بردارهای درهم گذاری شده زوج، باید با نمادهای $0, 8, 16, 24$ ، غیره شروع شوند؛ و برای بردارهای درهم گذاری شده فرد باید با نمادهای $4, 12, 20, 28$ ، غیره در هر ابر قاب شروع شوند.

در حالت $4K$ ، بردارهای درهم گذاری شده باید ببروی دو نماد متوالی OFDM نگاشت شوند. برای بردارهای درهم گذاری شده زوج، باید با نمادهای $0, 4, 8, 12$ ، غیره شروع شوند؛ و برای بردارهای درهم گذاری شده فرد باید با نمادهای $2, 6, 10, 14$ ، غیره در هر ابر قاب شروع شوند.

ج-۳-۲-۱-۳ تابع جایگشتی

مرتبط با بند ۴-۳-۲-۴.

$H(q)$ یک تابع جایگشتی می‌باشد که در زیر تعریف شده است:

یک کلمه دودویی $(N_r-1)_R$ با $N_r = \log_2 M_{\max}$ تعریف شده است.

برای حالت $4K$ ، $M_{\max} = 4096$ که R'_i مقادیر زیر را می‌گیرد:

$$i=0,1: \quad R'_i[N_r-2, N_r-3, \dots, 1, 0] = 0, 0, \dots, 0, 0$$

$$i=2: \quad R'_i[N_r-2, N_r-3, \dots, 1, 0] = 0, 0, \dots, 0, 1$$

$$2 < i < M_{\max}: \quad \{ \quad R'_i[N_r-3, N_r-4, \dots, 1, 0] = R'_{i-1}[N_r-2, N_r-3, \dots, 2, 1];$$

در حالت $4K$:

$$R'_i[10] = R'_{i-1}[0] \oplus R'_{i-1}[2]$$

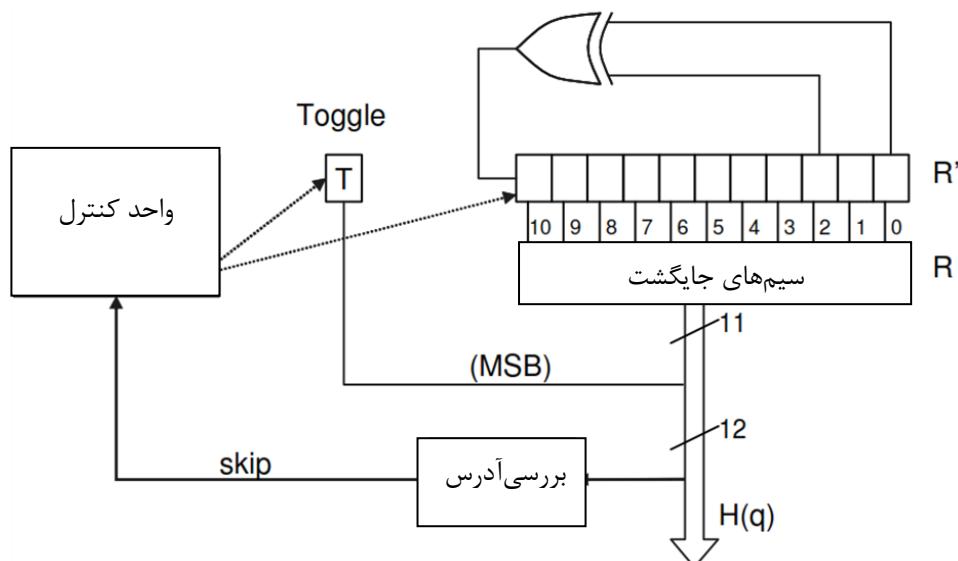
برای حالت ۴K، بردار R'_i از بردار R_i با جایگشت های بیتی داده شده در جدول ج-۱ مشتق شده است.

جدول ج-۱- جایگشت های بیت برای حالت ۴K

موقعیت های بیت i'	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
موقعیت های بیت i	7	10	5	8	1	2	4	9	0	3	6

یک طرح کلی نمودار بستکی از الگوریتم استفاده شده برای تولیدتابع جایگشتی در شکل ج-۳، برای حالت ۴K ارائه شده است.

هرگاه به جای حالت محلی، در هم گذار عمقی برای حالت های ۲K یا ۴K انتخاب می شود، تابع جایگشتی تعریف شده برای حالت محلی ۸K در جدول ۳ ب و در شکل ۸ باید استفاده شود.



شکل ج-۳- طرح تولید نشانه در هم گذار نماد برای حالت ۴K

ج-۳-۲ ساختار قاب OFDM

برای حالت ۴K، هر نماد از یک مجموعه از حامل های $K=3408$ تشکیل شده است و با یک طول زمانی TS انتقال می یابد.

برای حالت ۴K، چهار مقدار وقفه های حافظتی ممکن است استفاده شود، در ارتباط با پهنای باند کانال، براساس جدول ج-۳.

برای حالت ۴K، حامل ها با $k \in [K_{\min}; K_{\max}]$ شاخص گذاری شده اند و با $K_{\min}=0$ و $K_{\max}=3408$ تعریف شده اند.

برای حالت ۴K، مقادیر عددی برای پارامترهای OFDM در کانال های ۶ MHz و ۷ MHz و ۸ MHz در جداول ج-۲ و ج-۳ داده شده است.

جدول ج-۲- پارامترهای حوزه بسامد برای حالت K در کانال های 6 MHz و 7 MHz و 48 MHz

کانال 6MHz	کانال 7MHz	کانال 8MHz	پارامترهای حوزه بسامدی برای حالت 4K
3 409	3 409	3 409	شماره حامل ها K
0	0	0	مقدار حامل شماره Kmin
3 408	3 408	3 408	مقدار حامل شماره Kmax
7/48	7/56	7/64	دوره تناوب ابتدایی T
597,333μs	512μs	448μs	طول زمان TU
1 674,107Hz	1 953,125Hz	2 232,143Hz	فاصله حامل 1/TU
5,71MHz	6,66MHz	7,61MHz	فاصله بین حاملهای K _{max} و K _{min} $(K-1)/T_U \cdot K_{max}$
یادآوری - مقادیری که به صورت مایل یا کج نمایش داده شده اند، مقادیر تقریبی هستند.			

جدول ج-۳- پارامترهای حوزه زمانی برای حالت ۴K در کانال‌های .8 MHz و 7 MHz و 6 MHz

کانال 6MHz				کانال 7MHz				کانال 8MHz				پارامترهای حوزه زمانی برای حالت 4K	
4 096T 597,333μs				4 096T 512μs				4 096T 448μs				نماد مفید T _u قسمت	
1/ 4	1/8	1/16	1/32	1/4	1/8	1/16	1/32	1/4	1/8	1/16	1/32	وقفه حفاظتی Δ/T _u قسمت	
1 024 T 149,33 μs	512 T 74,67 μs	256 T 37,33 μs	128 T 18,67 μs	1 024 T 128 μs	512 T 64 μs	256 T 32 μs	128 T 16 μs	1 024 T 112 μs	512 T 56 μs	256 T 28 μs	128 T 14 μs	T _g طول زمان وقفه حفاظتی	
5 120 T 746,67 μs	4 608 T 672,00 μs	4 352 T 634,67 μs	4 224 T 616,00 μs	5 120 T 640 μs	4 608 T 576 μs	4 352 T 544 μs	4 224 T 528 μs	5 120 T 560 μs	4 608 T 504 μs	4 352 T 476 μs	4 224 T 462 μs	طول زمان کل نماد T _s =Δ+T _u	

ج-۳-۳ سیگنال های مرجع

مرتبط با بند ۴-۵.

برای حالت ۴K، تعداد حامل‌های داده مفید، ثابت از نماد به نماد، باید ۰۲۴ ۳ حامل مفید باشد.

ج-۳-۳-۱ مکان حامل‌های راهنمای پیوسته

مرتبط با بند ۴-۵-۴.

برای حالت ۴K، ۸۹ راهنمای پیوسته (که در آن "پیوسته" بدین معنی است که آنها برروی همه نمادها اتفاق می‌افتد) باید براساس جدول ج-۴ وارد شوند.

جدول ج-۴- شاخص‌های حامل برای حامل‌های راهنمای پیوسته

موقعیت‌های حامل‌های راهنمای پیوسته برای حالت ۴K (شاخص شماره k)											
0	48	54	87	141	156	192	201	255	279	282	333
432	450	483	525	531	618	636	714	759	765	780	804
873	888	918	939	942	969	984	1 050	1 101	1 107	1 110	1 137
1 140	1 146	1 206	1 269	1 323	1 377	1 491	1 683	1 704	1 752	1 758	1 791
1 845	1 860	1 896	1 905	1 959	1 983	1 986	2 037	2 136	2 154	2 187	2 229
2 235	2 322	2 340	2 418	2 463	2 469	2 484	2 508	2 577	2 592	2 622	2 643
2 646	2 673	2 688	2 754	2 805	2 811	2 814	2 841	2 844	2 850	2 910	2 973
3 027	3 081	3 195	3 387	3 408							

ج-۴-۳ سیگنال دهی پارامتر ارسال(TPS)

مرتبط با بند ۴-۶.

برای حالت ۴K، TPS باید به صورت موازی برروی حامل‌های TPS ارسال شود و باید برروی حاملی که شاخص‌های نشان داده شده در جدول ج-۵ را دارا می‌باشد حمل شود.

جدول ج-۵- شاخص‌های حامل برای حامل‌های TPS در حالت ۴K

شاخص‌های حامل برای TPS در حالت ۴K											
34	50	209	346	413	569	595	688	790	901	1 073	1 219
1 262	1 286	1 469	1 594	1 687	1 738	1 754	1 913	2 050	2 117	2 273	2 299
2 392	2 494	2 605	2 777	2 923	2 966	2 990	3 173	3 298	3 391		

ج-۴-۳-۱ دامنه کاری TPS

مرتبط با بند ۴-۶-۱.

هنگامی که سیگنال دهی DVB-H اجرا می‌شود، از ۳۷ بیت اطلاعاتی، ۳۳ بیت استفاده می‌شود. ۴ بیت باقیمانده باید صفر شوند.

ج-۴-۳-۲ قالب ارسال TPS

مرتبط با بند ۴-۶-۲.

گزینه‌هایی که ۴K در هم‌گذار درونی عمقی، برش زمانی و بیت‌های MPE-FEC برای سیگنال دهی DVB-H را پوشش می‌دهند، در این پیوست مشخص شده است. تعاریف برای سایر بیت‌های سیگنال دهی در بند ۴-۶-۲ داده شده است.

نگاشت هریک از پارامترهای ارسال مرتبط با شناسانه سلول و سیگنال دهی DVB-H بروی ترکیبات بیت، باید به ترتیب مطابق بندهای ۴-۳-۴-۲-۱۰-۶-۴ اجرا شوند و باید همانطور که در جدول ج-۶ نشان داده شده است، ارسال شود.

جدول ج-۶- اطلاعات سیگنال دهی و قالب TPS

هدف/محتویا	قالب	شماره بیت
شناسانه طول	۱-۲-۴-۳-ن.ک. بند ج	S ₁₇ - S ₂₂
اطلاعات سلسله مراتب	۲-۲-۴-۳-ن.ک. بند ج	S ₂₇ , S ₂₈ , S ₂₉
حالت ارسال	۳۱-۲-۴-۳-ن.ک. بند ج	S ₃₈ , S ₃₉
DVB-T سیگنال دهی	۴-۲-۴-۳-ن.ک. بند ج	S ₄₈ , S ₄₉
کنار گذاشته شده برای استفاده در آینده	همه "۰ تنظیم شوند	S ₅₀ - S ₅₃

ج-۳-۱-۲-۴-۳ نشانگر طول TPS

مرتبط با بند ۴-۶-۲-۳.

هنگامیکه سیگنال دهی DVB-H (بند ج-۳-۴-۲-۴-۴ را ببینید) مورد استفاده است، اطلاعات شناسایی سلول معتبر باید ارسال شود و مقدار نشانگر طول TPS باید به صورت "۱۰۰۰۱" تنظیم شود (۳۳ بیت TPS مورد استفاده).

ج-۳-۲-۴-۳-۲ اطلاعات سلسله مراتب و در هم گذاری

مرتبط با بند ۴-۶-۲-۳.

بیت‌های S₂₇ و S₂₈ باید برای علامت‌دهی استفاده شوند اگر در هم گذار عمقی مورد استفاده باشد و اگر ارسال سلسله مراتبی باشد.

استفاده از در هم گذار عمقی برای حالت ارسال ۲K یا ۴K، همانطور که در بند ج-۳-۱-۱-۱ تعریف شده است، باید با استفاده از بیت S₂₇ علامت دهی شود همانطور که در جدول ج-۷ نشان داده شده است.

هنگامیکه یک سیگنال ۸K ارسال می‌شود فقط در هم گذار محلی^۱ باید استفاده شود.

جدول ج-۷- قالب سیگنال دهی برای در هم گذار درونی عمقی

اطلاعات در هم گذار درونی عمقی	بیت S ₂₇
در هم گذار محلی	۰
در هم گذار عمقی	۱

نمودارهای صورت فلکی QAM، که متناظر با مقادیر مختلف α است، در بند ۴-۳-۵ مشخص شده است و در شکل ۹ الف/ب/پ نمایش داده شده است. ارسال سلسله مراتبی و اگر چنین است، مقدار عامل α باید، با استفاده از بیت‌های S₂₈ و S₂₉، مطابق با جدول ج-۸ علامت دهی شود.

جدول ج-۸ قالب سیگنال دهی برای اطلاعات سلسله مراتبی

اطلاعات سلسله مراتب	بیت های s_{28}, s_{29}
غیر سلسله مراتبی	00
$\alpha=1$	01
$\alpha=2$	10
$\alpha=4$	11

ج-۳-۲-۴-۳ حالت ارسال

مرتبط با بند ۴-۶-۲-۹.

حالت ارسال باید مطابق با جدول ج-۹ فرستاده شود.

جدول ج-۹ قالب سیگنال دهی برای حالت ارسال

حالت ارسال	بیت های s_{38}, s_{39}
2K حالت	00
8K حالت	01
4K حالت	10
رزرو شده	11

ج-۴-۲-۴-۳ سیگنال دهی DVB-H

مربوط به بند ۴-۶-۲-۱۱.

بیت‌های s_{48} و s_{49} باید برای نشان دادن ارسال خدمات DVB-H به گیرنده‌ها، مطابق جدول ج-۱۰ استفاده شوند.

در مورد ارسال سلسله مراتبی، اهمیت بیت‌های s_{48} و s_{49} با توازن قاب OFDM ارسال شده به قرار زیر تغییر می‌کند:

- هنگام دریافت در طول قاب OFDM شماره ۱ و ۳ از هر ابر قاب، سیگنال دهی DVB-H باید در رابطه با جریان با اولویت بالا (HP) و مطابق با جدول ج-۱۰ تفسیر شود.
- هنگام دریافت در طول قاب OFDM شماره ۲ و ۴ از هر ابر قاب، سیگنال دهی DVB-H باید در رابطه با جریان با اولویت پایین (LP) و مطابق با جدول ج-۱۰ تفسیر شود.

در مورد ارسال غیر سلسله مراتبی، هر قاب در ابر قاب اطلاعات یکسانی را حمل می‌کند، که باید مطابق جدول ج-۱۰ تفسیر شود.

جدول ج-۱۰- نشان دادن خدمت DVB-H

DVB-H	S ₄₉	S ₄₈
برش زمانی مورد استفاده قرار نمی گیرد حداقل یک جریان ابتدایی از برش زمانی استفاده می کند	X X	0 1
MPE-FEC مورد استفاده قرار نمی گیرد حداقل یک جریان ابتدایی از MPE-FEC استفاده می کند	0 1	X X
یادآوری - "x" یعنی هر حالتی که بیت داشته باشد.		

ج-۳-۵ ظرفیت های ارسال

مربوط به بند ۴-۷.

ج-۳-۵-۱ تعداد بسته های RS هر ابر قاب

مربوط به بند ۴-۷-۱.

برای حالت 4K، تعداد بسته های RS هر ابر قاب در جدول ج-۱۱ داده شده است.

جدول ج-۱۱ تعداد بستک های ۲۰۴ بایتی رید-سالامون هر ابر قاب OFDM برای همه ترکیب های نرخ های کد و حالت های مدولاسیون

64-QAM			16-QAM			QPSK			نرخ کد
8K حالت 4K	حالت 4K	2K حالت	8K حالت	حالت 4K	2K حالت	8K حالت	حالت 4K	2K حالت	
3 024	1 512	756	2 016	1 008	504	1 008	504	252	1/2
4 032	2 016	1 008	2 688	1 344	672	1 344	672	336	2/3
4 536	2 268	1 134	3 024	1 512	756	1 512	756	378	3/4
5 040	2 520	1 260	3 360	1 680	840	1 680	840	420	5/6
5 292	2 646	1 323	3 528	1 764	882	1 764	882	441	7/8

ج-۳-۵-۲ نرخ بیت مفید

مربوط به بند ۴-۷-۲.

نرخ های بیت مفید برای حالت 4K در جداول زیر داده شده و کانال های 6MHz، 7MHz، 8MHz را پوشش می دهند.

در جداول زیر، مقادیری که به صورت مایل یا کج نمایش داده شده است، مقادیر تقریبی برای پهنای باند کانال داده شده است.

برای طرح های ارسال سلسله مراتی، نرخ های بیت مفید به قرار زیر می توانند بدست آیند:

- جریان HP : مقادیر ستون های QPSK
- جریان LP، 16-QAM : ارقام ستون های QPSK
- جریان LP، 64-QAM : ارقام ستون های 16-QAM

جدول ج-۱۲- نرخ بیت مفید (Mbit/s) برای سامانه های غیر سلسله مرتبی در کanal های 8MHz

وقفه حفاظتی				نرخ کد	مدولاسیون
1/32	1/16	1/8	1/4		
6,03	5,85	5,53	4,98	1/2	QPSK
8,04	7,81	7,37	6,64	2/3	
9,05	8,78	8,29	7,46	3/4	
10,05	9,76	9,22	8,29	5/6	
10,56	10,25	9,68	8,71	7/8	
12,06	11,71	11,06	9,95	1/2	16-QAM
16,09	15,61	14,75	13,27	2/3	
18,10	17,56	16,59	14,93	3/4	
20,11	19,52	18,43	16,59	5/6	
21,11	20,49	19,35	17,42	7/8	
18,10	17,56	16,59	14,93	1/2	64-QAM
24,13	23,42	22,12	19,91	2/3	
27,14	26,35	24,88	22,39	3/4	
30,16	29,27	27,65	24,88	5/6	
31,67	30,74	29,03	26,13	7/8	

جدول ج-۱۳- نرخ بیت مفید (Mbit/s) برای سامانه های غیر سلسله مرتبی در کanal های 7MHz

وقفه حفاظتی				نرخ کد	مدولاسیون
1/32	1/16	1/8	1/4		
5,278	5,123	4,838	4,354	1/2	QPSK
7,037	6,830	6,451	5,806	2/3	
7,917	7,684	7,257	6,532	3/4	
8,797	8,538	8,064	7,257	5/6	
9,237	8,965	8,467	7,620	7/8	
10,556	10,246	9,676	8,709	1/2	16-QAM
14,075	13,661	12,902	11,612	2/3	
15,834	15,369	14,515	13,063	3/4	
17,594	17,076	16,127	14,515	5/6	
18,473	17,930	16,934	15,240	7/8	
15,834	15,369	14,515	13,063	1/2	64-QAM
21,112	20,491	19,353	17,418	2/3	
23,751	23,053	21,772	19,595	3/4	
26,390	25,614	24,191	21,772	5/6	
27,710	26,895	25,401	22,861	7/8	

جدول ج-۱۴- نرخ بیت مفید (Mbit/s) برای سامانه های غیر سلسله مرتبی برای کanal های 6MHz

وقفه حفاظتی				نرخ کد	مدولاسیون
1/32	1/16	1/8	1/4		
4,524	4,391	4,147	3,732	1/2	QPSK
6,032	5,855	5,529	4,976	2/3	
6,786	6,587	6,221	5,599	3/4	
7,540	7,318	6,912	6,221	5/6	
7,917	7,684	7,257	6,532	7/8	

جدول ج-۱۴ - ادامه

9,048	8,782	8,294	7,465	$\frac{1}{2}$	16-QAM
12,064	11,709	11,059	9,953	$\frac{2}{3}$	
13,572	13,173	12,441	11,197	$\frac{3}{4}$	
15,080	14,637	13,824	12,441	$\frac{5}{6}$	
15,834	15,369	14,515	13,063	$\frac{7}{8}$	
13,572	13,173	12,441	11,197	$\frac{1}{2}$	64-QAM
18,096	17,564	16,588	14,929	$\frac{2}{3}$	
20,358	19,760	18,662	16,796	$\frac{3}{4}$	
22,620	21,955	20,735	18,662	$\frac{5}{6}$	
23,751	23,053	21,772	19,595	$\frac{7}{8}$	

ج-۳-۶ مشخصات طیف و ماسک طیف

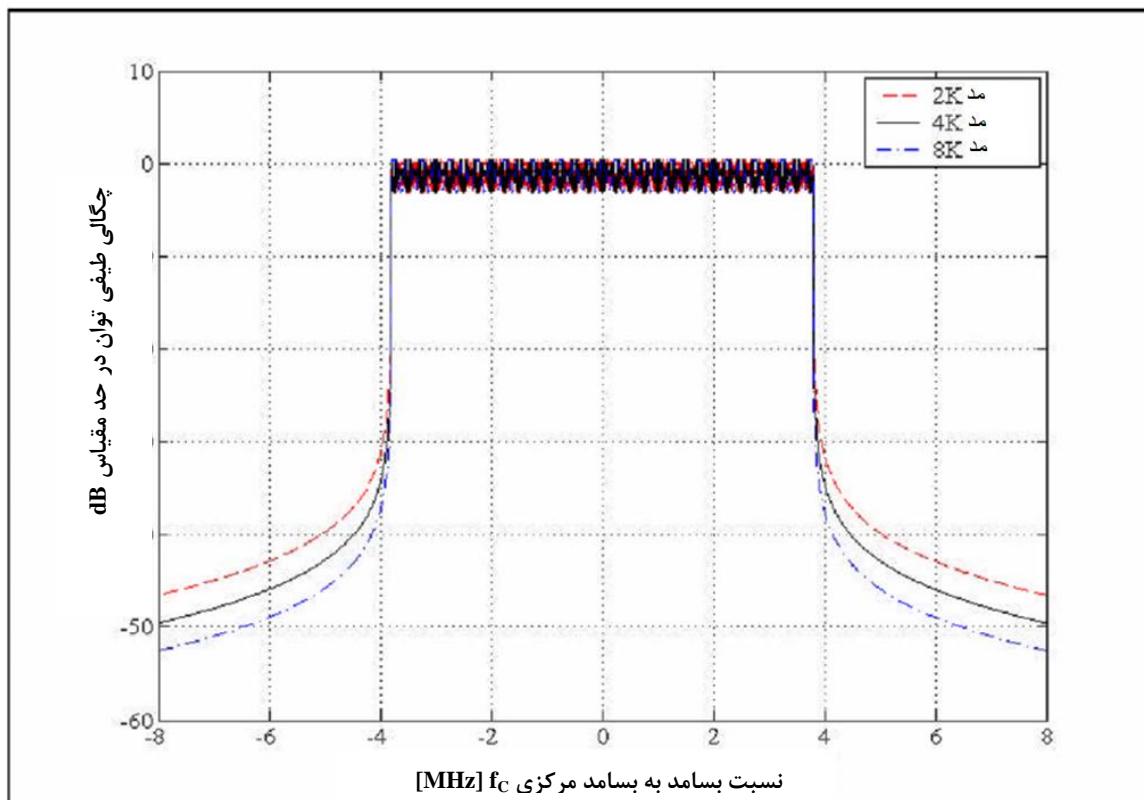
مربوط به بند ۴-۸.

ج-۳-۶-۱ مشخصات طیف

مربوط به بند ۴-۱-۸.

چگالی طیفی در محدوده پهنای باند نامی که تقریبا $7,609375\text{MHz}$ برای حالت 4K است، ثابت نیست.

یک طیف سیگنال ارسال DVB نظری در شکل ج-۴ (برای کanal های 8MHz) نمایش داده شده است.



شکل ج-۴ - طیف سیگنال ارسال DVB نظری برای وقفه حفاظتی $\Delta = T_u/4$ (برای کanal های 8MHz)

پیوست چ

(اطلاعاتی)

کار پهنهای باند کanal 5 MHz

سامانه OFDM ارائه شده در این استاندارد برای استفاده در فضای کanal 6MHz و 7MHz و 8MHz ، تعیین شده است. به هر حال در برخی قسمت‌های دنیا، ممکن است استفاده از آن با پهنهای باند کanal دیگری در باندهای بسامدی غیر پخش همگانی^۱ مطلوب باشد.

تا جائی که زنجیره ارسال RF مورد نظر است، اقدامات احتیاطی و مطالعات اضافی باید انجام شود تا ماسک‌های طیفی مناسب (درون باند و برون از باند) برای سیگنال گسیل شده، تعریف شوند، مانند مشخصه‌های میزان کننده^۲ برای گیرنده (میزان حساسیت، نوفه فاز و غیره)

تا جائی که پردازش بر پایه باند مورد نظر است، سامانه ارسال می‌تواند تنها با تغییر پارامتر دوره تناوب ابتدایی T مناسب باشد، که برای هر پهنهای باند کanal داده شده یکتاست. از نقطه نظر پیاده سازی، دوره تناوب ابتدایی T به طور معمول می‌تواند به عنوان معکوس نرخ ساعت نامی سامانه دیده شود. با تنظیم نرخ ساعت سامانه، پهنهای باند و ظرفیت ارسال متعاقباً اصلاح می‌شود.

برای کار کanal 5MHz، پارامترها و شکل‌های داده شده از اینجا به بعد، باید استفاده شوند.

جدول چ-۱- پارامترهای حوزه بسامدی برای کanal 5MHz

پارامترهای حوزه بسامدی برای حالت 2K	پارامترهای حوزه بسامدی برای حالت 4K	پارامترهای حوزه بسامدی برای حالت 8K	پارامترهای حوزه بسامدی برای حالت 4K
1 705	3 409	6 817	شماره حامل ها K
0	0	0	مقدار حامل شماره K_{min}
1 704	3 408	6 816	مقدار حامل شماره K_{max}
7/40	7/40	7/40	دوره تناوب ابتدایی T
358,40μs	716,80μs	1 433,60μs	طول زمان T_U
2 790,179Hz	1 395,089Hz	697,545Hz	فاصله حامل $1/T_U$
4,75MHz	4,75MHz	4,75MHz	فاصله بین حاملهای K_{max} و K_{min}
یادآوری - مقادیری که به صورت مایل یا کج نمایش داده شده اند، مقادیر تقریبی هستند.			

1 - Non-broadcasting
2 - Tuner

جدول چ-۲- پارامترهای حوزه زمانی برای کانال **5MHz**

حالت 8K				حالت 4K				حالت 2K				پارامترهای حوزه زمانی برای حالت 4K
8 192 T 1 433,60 μ s				4 096 T 716,80 μ s				2 048 T 358,40 μ s				نماد مفید T_u قسمت
1/4	1/8	1/16	1/32	1/4	1/8	1/16	1/32	1/4	1/8	1/16	1/32	وقفه حفاظتی Δ/T_u قسمت
2 048 T 358,40 μ s	1 024 T 179,20 μ s	512 T 89,60 μ s	256 T 44,80 μ s	1 024 T 179,20 μ s	512 T 89,60 μ s	256 T 44,80 μ s	128 T 22,40 μ s	512 T 89,60 μ s	256 T 44,80 μ s	128 T 22,40 μ s	64 T 11,20 μ s	طول زمان وقفه حفاظتی T_e
10 240 T 1 792,00 μ s	9 216 T 1 612,80 μ s	8 704 T 1 523,20 μ s	8 448 T 1 478,40 μ s	5 120 T 896,00 μ s	4 608 T 806,40 μ s	4 352 T 761,60 μ s	4 224 T 739,20 μ s	2 560 T 448,00 μ s	2 304 T 403,20 μ s	2 176 T 380,80 μ s	2 112 T 369,60 μ s	طول زمان کل نماد $T_s = \Delta + T_u$

از پارامترهای حوزه زمانی ارائه شده در جدول چ-۲، معلوم می‌شود که کار سامانه ارسال در کanal های ۵MHz طول زمان کمی بیشتر از نماد (یعنی با نسبت ۸/۵) از آنچه در پهناهای باند کanal پخش همگانی مرسوم بوده را ارائه می‌دهد. از آنجائی که طول زمان وقفه حفاظتی هم افزایش می‌یابد، به سامانه ارسال اجازه می‌دهد که یک توانمندی افزوده^۱ برای طولانی کردن پژواک‌های تاخیر، داشته باشد، به معنی امکان گسترش سلول‌های ارسال وسیع‌تر (در صورت مقایسه با کanal‌های پخش همگانی مرسوم، از هر حالت داده شده ۴K, 2K, 8K).

پارامترهای حوزه بسامدی ارائه شده در جدول چ-۱، یک فضای میانی حامل^۲ را نشان می‌دهند، که کمی کوچکتر از آنچه برای هر حالت داده شده است، توسط پهناهای باند کanal پخش همگانی مرسوم، می‌باشد. متعاقباً توانمندی سامانه ارسال در برابر اثرات دوپلر، که موقع دریافت سیگنال در حرکت، رخ می‌دهند، کمی بدتر از آنچه خواهد بود که در پهناهای باند کanal پخش همگانی است. این امر احتمالاً توانایی دریافت سیگنال مربوطه را در سرعت خیلی بالا محدود می‌کند.

ظرفیت ارسال غیر سلسله مرتبی ارائه شده توسط سامانه که در پهناهی باند کanal 5 MHz عمل می‌کند، در جدول چ-۳ داده شده است.

برای طرح‌های ارسال سلسله مرتبی، نرخ‌های بیت مفید به قرار زیر می‌توانند به دست آیند:

- جریان HP : مقادیر ستون های QPSK
- جریان LP, 16-QAM : ارقام ستون های QPSK
- جریان LP, 64-QAM : ارقام ستون های 16-QAM

جدول چ-۳ - نرخ بیت مفید (Mbit/s) برای سامانه‌های غیر سلسله مرتبی در کanal 5MHz

وقفه حفاظتی				نرخ کد	مدولاسیون
1/32	1/16	1/8	1/4		
3,770	3,659	3,456	3,110	1/2	QPSK
5,027	4,879	4,608	4,147	2/3	
5,655	5,489	5,184	4,665	3/4	
6,283	6,099	5,760	5,184	5/6	
6,598	6,404	6,048	5,443	7/8	
7,540	7,318	6,912	6,221	1/2	16-QAM
10,053	9,758	9,216	8,294	2/3	
11,310	10,978	10,368	9,331	3/4	
12,567	12,197	11,520	10,368	5/6	
13,195	12,807	12,096	10,886	7/8	
11,310	10,978	10,368	9,331	1/2	64-QAM
15,080	14,637	13,824	12,441	2/3	
16,965	16,466	15,551	13,996	3/4	
18,850	18,296	17,279	15,551	5/6	
19,793	19,211	18,143	16,329	7/8	

1 - Augmented robustness
2 - Inter-carrier spacing

کارایی طیفی سامانه ارسالی که توسط اصلاح پهنانی باند کانال، بدون تغییر باقی می‌ماند، نرخ بیت مفید ارائه شده توسط سامانه کمی کمتر از آنچه می‌باشد که در پهنانهای باند کانال پخش همگانی مرسوم بوده است،

اما از آنجائی که سامانه به طول زمان مطلق کمی بیشتر از نماد اشاره می‌کند، کوچکترین مقادیر وقفه حفاظتی می‌توانند بدون محدود کردن عملکرد ارسال انتخاب شوند وقتی که قابلیت استفاده گستره نرخ بیت بالاتری را فراهم می‌کند.