



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

عنوان:

مدولاسیون QAM و کاربردهای آن

پایان نامه دوره کارشناسی رشته برق - مخابرات

استاد راهنما: دکتر محمد مصطفوی

شهاب جعفری

بهار ۹۶

((من لم يشكر المخلوق لم يشكر الخالق))

با سپاس و تقدیر از سه وجود مقدس :

آنان که ناتوان شدند تا ما به توانایی برسیم ...

موهایشان سپید شد تا ما روسفید شویم ...

و عاشقانه سوختند تا گرمابخش وجود ما و روشنگر راهمان باشند ...

پدرانمان

مادرانمان

و استادانمان

شکر شایان نثار ایزد منان که توفیق را رفیق راهم ساخت تا این پایان نامه را به پایان برسانم . از

استاد فاضل و اندیشمند جناب آقای دکتر مصطفوی به عنوان استاد راهنما که همواره نگارنده را

مورد لطف و محبت خود قرار داده اند ، کمال تشکر را دارم .

هم چنین از پدر و مادر عزیز ، دلسوز و مهربانم که دریای بی کران فداکاری و عشق بودند و وجودم

برایشان همه رنج و وجودشان برایم همه مهر بود و آرامش روحی و آسایش فکری بنده را فراهم

نمودند تا با حمایت های همه جانبه در محیطی مطلوب ، مراتب تحصیلی و نیز پایان نامه درسی را

به نحو احسن به اتمام برسانم سپاسگزاری نمایم .

فهرست

مقدمه ۱

فصل اول: مدولاسیون QAM ۲

۱-۱ انواع مدولاسیون ۳

۱-۲ شکل کلی یک سیستم مخابراتی دیجیتال ۳

۱-۲-۱ بخش فرستنده ۴

۱-۲-۱-۱ کانال ۴

۱-۲-۱-۲ بخش گیرنده ۴

۳-۱ مدولاسیون های دیجیتال ۴

۳-۱-۱ مدولاسیون دامنه (ASK) ۴

۳-۱-۲ مدولاسیون MASK ۵

۳-۱-۳ مدولاسیون FSK ۶

۳-۱-۴ مدولاسیون فرکانس MFSK ۷

۳-۱-۵ مدولاسیون فاز PSK ۸

۳-۱-۶ مدولاسیون DPSK ۸

۳-۱-۷ مدولاسیون فاز MPSK ۹

۴-۱ مقدمه ای بر مدولاسیون QAM ۱۰

۵-۱ مدولاتور و دموولاتور QAM ۱۳

۵-۱-۱ بخش فرستنده ۱۳

۵-۱-۲ بخش MAPPING ۱۴

۵-۱-۳ بخش Modulation ۱۵

۵-۱-۴ بخش گیرنده ۱۵

۵-۱-۵ بخش demodulation ۱۵

۶-۱ مدولاسیون QAM ۱۶

۷-۱ محاسبه BER در مدولاسیون QAM (bit error rate) ۲۰

۸-۱ بررسی مکانیسم QAM ۲۳

۹-۱ مکانیسم qam در حوزه ی فرکانس ۲۵

۱۰-۱ مکانیسم qam در حوزه ی زمان ۳۰

۱۱-۱ فیلتر پایین گذر (LOW PASS FILTER) ۳۷

۱۲-۱ شبیه سازی QAM در متلب (کلی) ۴۰

۱۳-۱	شبیه سازی با دیتا های پروژه	۴۴
۱۴-۱	شبیه سازی QAM4	۴۶
فصل دوم:	مودم های QAM برای کانال های awgn باند محدود	۴۷
۱-۲	مقدمه	۴۸
۱-۱-۲	کد گذاری ترلیس	۴۹
۲-۲	مودم v.29	۵۱
۳-۲	سیگنال کمکی	۵۶
۴-۲	عمل scrambling و descrambling	۵۹
۱-۴-۲	مدار scrambler	۵۹
۲-۴-۲	مدار descrambler	۶۰
۵-۲	مودم های v.32	۶۰
۱-۵-۲	ارسال با QAM16	۶۰
۲-۵-۲	کد گذاری ترلیس QAM32	۶۲
فصل سوم:	OFDM	۶۶
	مقدمه ۱-۳	۶۷
۲-۳	اصول QAM OFDM	۶۹
۳-۳	مدولاسیون با استفاده از IFFT	۷۳
۴-۳	انتقال دیتا با استفاده از کانال های باند محدود	۸۰
	منابع و ماخذ	۸۲

مقدمه

مدولاسیون در مهندسی عبارت است از سوار کردن سیگنال اطلاعات (سیگنال باند پایه یا پیام)

بر روی سیگنال معمولاً فرکانس بالاتری به منظور افزایش برد سیگنال و بهره وری انتقال و

استفاده بهتر از پهنای باند کانال. در مدولاسیون یکی از خواص سیگنال حامل (مثلاً دامنه،

فرکانس، فاز یا ...) با توجه به تغییرات سیگنال پیام تغییر داده می‌شوند. به طور کلی فرایند

گنجاندن سیگنال حاوی اطلاعات در سیگنالی دیگر را مدولاسیون می‌نامند. همچنین اخذ سیگنال

حاوی اطلاعات دمدولاسیون نام دارد. از پهنای باند استفاده‌ای بهینه میشود و هر پیام در کانال

خاصی قرار می‌گیرد. مسافت انتقال پیام (که در فرکانس‌های پایین کم است) افزوده میشود. اگر

کانال مخابراتی شامل فضای آزاد باشد در این صورت برای انتشار و دریافت سیگنال آنتن‌هایی

مورد نیاز است طول این آنتن‌ها متناسب با طول موج سیگنال فرستاده شده است. بسیاری از

سیگنال‌های صوتی دارای مولفه فرکانسی ۱۰۰ هرتز یا پایین‌تر هستند. برای ارسال این سیگنال‌ها

اگر سیگنال مستقیماً انتشار یابد به آنتن‌هایی با طول حدود ۳۰۰ کیلومتر نیاز است. اما اگر از

مدولاسیون برای سوار کردن سیگنال بر روی یک فرکانس حامل صد مگاهرتز استفاده کنیم در

این صورت طول آنتن‌ها حدود یک متر خواهد بود.

فصل اول:

مدولاسیون QAM

۱-۲-۱ بخش فرستنده

Source encoder (کد کننده ی منبع): وظیفه ی آن تخصیص کد باینری به حروف الفبای منبع

میباشد و دو روش دارد: ۱) کدینگ با طول ثابت ۲) کدینگ با طول متغییر

Channel encoder (کد کننده ی کانال): کد کننده ی کانال به گیرنده کمک میکند تا بتواند

خطای ناشی از نویز کانال را تشخیص دهد و یا حتی تصحیح کند Modulator (مدولاتور): وظیفه

ی آن قرار دادن دیتای دیجیتال بر روی شکل موج های آنالوگ است.

۱-۲-۲ کانال

محیط فیزیکی واسط بین فرستنده و گیرنده کانال نامیده میشود. مثل سیم و کابل کواکسیال و

هوا و ...

۱-۲-۳ بخش گیرنده

در بخش گیرنده عکس اعمال انجام شده در فرستنده انجام میشود

۱-۳-۱ مدولاسیون های دیجیتال

ابتدا به طرح و بررسی انواع مدولاسیون دیجیتال می پردازیم

هر نوع مدولاسیون شامل باینری و M سطحی میباشد

۱-۳-۱-۱ مدولاسیون دامنه (ASK)

شکل سیگنالی ما در این مدولاسیون کمی شبیه به مدولاسیون AM میباشد

$$S(t) = \frac{A}{2} [1 + b(t)] \cos(\omega_c t) \quad (1-3-1-1)$$

$$b(t) = \sum a_k p(t - kT_b) \quad (1-3-1-2)$$

$$\text{if data} = 1 \rightarrow a_k = 1 \rightarrow s(t) = A \cos(\omega_c t) \quad (1-3-1-3)$$

$$\text{if data} = 0 \rightarrow a_k = -1 \rightarrow s(t) = 0 \quad (1-3-1-4)$$

$$p_e = Q \left(\sqrt{\frac{p_R \cdot T_b}{N_0}} \right) \quad (1-3-3-7)$$

برای این مدولاسیون به مانند مدولاسیون دامنه دو روش آشکار سازی همزمانی و رو پوش را

به علاوه اینکه مشکل وابستگی مرز تصمیم به دامنه سیگنال دریافتی که در مدولاسیون دامنه وجود داشت در این مدولاسیون حل شده است.

۱-۳-۴ مدولاسیون فرکانس MFSK

در این مدولاسیون برای ارسال دیتا از چند فرکانس استفاده میشود در حالی که در باینری تنها

$$s_1(t) = A \cos(\omega_1 t)$$

$$s_2(t) = A \cos(\omega_2 t)$$

⋮

$$s_M(t) = A \cos(\omega_M t)$$

(1-3-4-1)

پهنای باند:

$$B = \frac{(M+3)r_s}{2}$$

(1-3-4-2)

پس یعنی هر چه تعداد سطوح بیشتر شود پهنای باند هم بیشتر میشود

$$p_e = (M - 1)Q \left(\sqrt{\frac{p_R \cdot T_s}{N_0}} \right) \quad (1-3-4-3)$$

منابع و ماخذ

[1] communication system engineering, john G proakis, masoud salehi

[2] quadrature amplitude modulation: from basics to adaptive trellis-coded, turbo-equalised and space-time coded ofdm, cdma and mc-cdma systems by I. hanzo, s.x. ng, t. keller, w.t. webb

[3] quadrature amplitude modulation: from basics to adaptive trellis-coded, turbo-equalised and space-time coded ofdm, cdma and mc-cdma systems by I. hanzo, s.x. ng, t. keller, w.t. webb

[4] Simulation of Quadrature Amplitude Demodulation in a Digital Telemetry System by Heather A. Campbell

[5] Simulation of Quadrature Amplitude Demodulation in a Digital Telemetry System by Heather A. Campbell

[6] quadrature amplitude modulation: from basics to adaptive trellis-coded, turbo-equalised and space-time coded ofdm, cdma and mc-cdma systems by I. hanzo, s.x. ng, t. keller, w.t. webb

[7] Samueli, Henry. "A Closer Look at QAM." Electronic Design. November 7, 1994.

[8] quadrature amplitude modulation: from basics to adaptive trellis-coded, turbo-equalised and space-time coded ofdm, cdma and mc-cdma systems by I. hanzo, s.x. ng, t. keller, w.t. webb

[9] quadrature amplitude modulation: from basics to adaptive trellis-coded, turbo-equalised and space-time coded ofdm, cdma and mc-cdma systems by I. hanzo, s.x. ng, t. keller, w.t. webb

[10] Simulation of Quadrature Amplitude Demodulation in a Digital Telemetry System by Heather A. Campbell

[11] Simulation of Quadrature Amplitude Demodulation in a Digital Telemetry System by Heather A. Campbell

[12] **Simulation of Quadrature Amplitude Demodulation in a Digital Telemetry System** by Heather A. Campbell

[13] **Simulation of Quadrature Amplitude Demodulation in a Digital Telemetry System** by Heather A. Campbell

[14] **Simulation of Quadrature Amplitude Demodulation in a Digital Telemetry System** by Heather A. Campbell

[15] **Simulation of Quadrature Amplitude Demodulation in a Digital Telemetry System** by Heather A. Campbell

[16] **Simulation of Quadrature Amplitude Demodulation in a Digital Telemetry System** by Heather A. Campbell

[17] **Simulation of Quadrature Amplitude Demodulation in a Digital Telemetry System** by Heather A. Campbell

[18] **Simulation of Quadrature Amplitude Demodulation in a Digital Telemetry System** by Heather A. Campbell

[19] **Simulation of Quadrature Amplitude Demodulation in a Digital Telemetry System** by Heather A. Campbell

[20] **Simulation of Quadrature Amplitude Demodulation in a Digital Telemetry System** by Heather A. Campbell

[21] **Simulation of Quadrature Amplitude Demodulation in a Digital Telemetry System** by Heather A. Campbell

[22] **Simulation of Quadrature Amplitude Demodulation in a Digital Telemetry System** by Heather A. Campbell

[23] **Simulation of Quadrature Amplitude Demodulation in a Digital Telemetry System** by Heather A. Campbell

[24] **Simulation of Quadrature Amplitude Demodulation in a Digital Telemetry System** by Heather A. Campbell

[25] **Simulation of Quadrature Amplitude Demodulation in a Digital Telemetry System** by Heather A. Campbell

[26] **Simulation of Quadrature Amplitude Demodulation in a Digital Telemetry System** by Heather A. Campbell

[27] **Simulation of Quadrature Amplitude Demodulation in a Digital Telemetry System** by Heather A. Campbell

[28] **Simulation of Quadrature Amplitude Demodulation in a Digital Telemetry System** by Heather A. Campbell

[29] **Simulation of Quadrature Amplitude Demodulation in a Digital Telemetry System** by Heather A. Campbell

[30] quadrature amplitude modulation: from basics to adaptive trellis-coded, turbo-equalised and space-time coded ofdm, cdma and mc-cdma systems by I. hanzo, s.x. ng, t. keller, w.t. webb

[31] quadrature amplitude modulation: from basics to adaptive trellis-coded, turbo-equalised and space-time coded ofdm, cdma and mc-cdma systems by I. hanzo, s.x. ng, t. keller, w.t. webb

[32] quadrature amplitude modulation: from basics to adaptive trellis-coded, turbo-equalised and space-time coded ofdm, cdma and mc-cdma systems by I. hanzo, s.x. ng, t. keller, w.t. webb

[33] quadrature amplitude modulation: from basics to adaptive trellis-coded, turbo-equalised and space-time coded ofdm, cdma and mc-cdma systems by I. hanzo, s.x. ng, t. keller, w.t. webb

[34] quadrature amplitude modulation: from basics to adaptive trellis-coded, turbo-equalised and space-time coded ofdm, cdma and mc-cdma systems by I. hanzo, s.x. ng, t. keller, w.t. webb

[35] quadrature amplitude modulation: from basics to adaptive trellis-coded, turbo-equalised and space-time coded ofdm, cdma and mc-cdma systems by I. hanzo, s.x. ng, t. keller, w.t. webb

[36] quadrature amplitude modulation: from basics to adaptive trellis-coded, turbo-equalised and space-time coded ofdm, cdma and mc-cdma systems by I. hanzo, s.x. ng, t. keller, w.t. webb

[37] quadrature amplitude modulation: from basics to adaptive trellis-coded, turbo-equalised and space-time coded ofdm, cdma and mc-cdma systems by I. Hanzo, S.X. Ng, T. Keller, W.T. Webb

[38] quadrature amplitude modulation: from basics to adaptive trellis-coded, turbo-equalised and space-time coded ofdm, cdma and mc-cdma systems by I. Hanzo, S.X. Ng, T. Keller, W.T. Webb

[39] quadrature amplitude modulation: from basics to adaptive trellis-coded, turbo-equalised and space-time coded ofdm, cdma and mc-cdma systems by I. Hanzo, S.X. Ng, T. Keller, W.T. Webb

[40] quadrature amplitude modulation: from basics to adaptive trellis-coded, turbo-equalised and space-time coded ofdm, cdma and mc-cdma systems by I. Hanzo, S.X. Ng, T. Keller, W.T. Webb

[41] quadrature amplitude modulation: from basics to adaptive trellis-coded, turbo-equalised and space-time coded ofdm, cdma and mc-cdma systems by I. Hanzo, S.X. Ng, T. Keller, W.T. Webb

[42] quadrature amplitude modulation: from basics to adaptive trellis-coded, turbo-equalised and space-time coded ofdm, cdma and mc-cdma systems by I. Hanzo, S.X. Ng, T. Keller, W.T. Webb

[43] quadrature amplitude modulation: from basics to adaptive trellis-coded, turbo-equalised and space-time coded ofdm, cdma and mc-cdma systems by I. Hanzo, S.X. Ng, T. Keller, W.T. Webb

[44] quadrature amplitude modulation: from basics to adaptive trellis-coded, turbo-equalised and space-time coded ofdm, cdma and mc-cdma systems by I. Hanzo, S.X. Ng, T. Keller, W.T. Webb

[45] quadrature amplitude modulation: from basics to adaptive trellis-coded, turbo-equalised and space-time coded ofdm, cdma and mc-cdma systems by I. Hanzo, S.X. Ng, T. Keller, W.T. Webb

[46] quadrature amplitude modulation: from basics to adaptive trellis-coded, turbo-equalised and space-time coded ofdm, cdma and mc-cdma systems by I. Hanzo, S.X. Ng, T. Keller, W.T. Webb

[47] quadrature amplitude modulation: from basics to adaptive trellis-coded, turbo-equalised and space-time coded ofdm, cdma and mc-cdma systems by I. Hanzo, S.X. Ng, T. Keller, W.T. Webb