

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

درس: سیستم های کنترل خطی

استاد: دکتر حمیدرضا تقی‌راد

ارتباط بین حوزه فرکانس و حوزه زمان

نام: محمدمبین محمدیون شبستری

شماره دانشجویی: ۴۰۱۲۲۵۰۳

پاییز ۱۴۰۳



حوزه زمان

در حوزه زمان، سیگنال‌ها بر اساس تغییراتشان نسبت به زمان تحلیل می‌شوند. در هر لحظه، جنبه‌هایی از سیگنال مانند دامنه، تناوب، فاز و شکل موج مطالعه می‌شوند. اگرچه زمان بسیار شهودی به نظر می‌رسد، اما دارای معنای عمیق و پیچیده‌ای است که افراد کمی می‌توانند به طور کامل درک کنند. زمان برای ما نظم رویدادهاست، مانند طلوع و غروب خورشید. این پویایی و ترتیب به ما حس زمان می‌دهد. اما زمان دقیقاً چیست؟

نیوتن معتقد بود که زمان به صورت مستقل از همه چیز در جهان جریان دارد. اما اینشتین، زمان را به عنوان بخشی از یک ساختار بزرگ‌تر به نام فضا-زمان دید. با وجود تلاش‌های زیاد، درک جهان‌شمولی از زمان هنوز ارائه نشده است.

حوزه فرکانس

فرکانس نسبت به زمان تعریف دقیق‌تری دارد. می‌توان گفت که فرکانس به تعداد دفعاتی که یک پدیده در یک ثانیه تکرار می‌شود، اشاره دارد. به عبارت دیگر، تعداد تکرارهای یک پدیده در حال تکرار در یک ثانیه توسط فرکانس توصیف می‌شود.

تبدیل فوریه

یکی از اساسی‌ترین ابزارها برای تبدیل حوزه زمان به حوزه فرکانس، تبدیل فوریه است. این تبدیل به ما امکان می‌دهد هر سیگنالی را به عنوان ترکیبی از امواج سینوسی با فرکانس‌های مختلف درک کنیم. با این دیدگاه، هر سیگنال در حوزه زمان می‌تواند به حوزه فرکانس تبدیل شود.

تبدیل لاپلاس

تبدیل لاپلاس تعمیمی از تبدیل فوریه است. این تبدیل می‌تواند سیگنال‌ها و سیستم‌ها را در حوزه فرکانس تحلیل کند، حتی اگر رفتار آن‌ها بسیار پیچیده باشد. تبدیل فوریه برای سیستم‌های ناپایدار یا گذرا کار نمی‌کند، اما لاپلاس می‌تواند این سیستم‌ها را به خوبی مدیریت کند. می‌توان تبدیل فوریه را به عنوان حالت خاصی از تبدیل لاپلاس در نظر گرفت. اگر در تبدیل لاپلاس بخش حقیقی s (یعنی σ) را صفر در نظر بگیریم، تبدیل لاپلاس به تبدیل فوریه تبدیل می‌شود:

$$H(j\omega) = \mathcal{L}\{h(t)\}|_{s=j\omega}$$



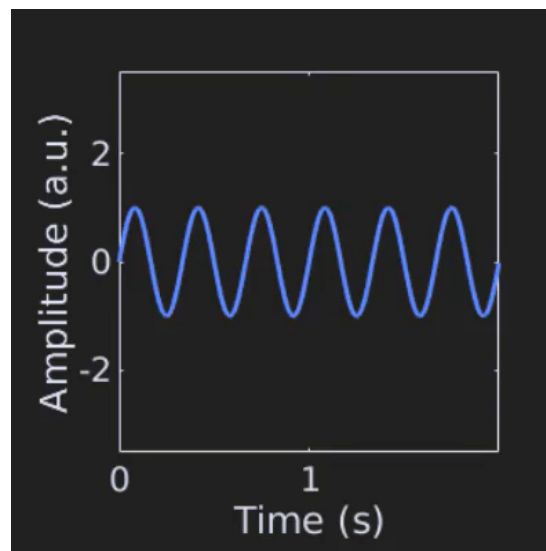
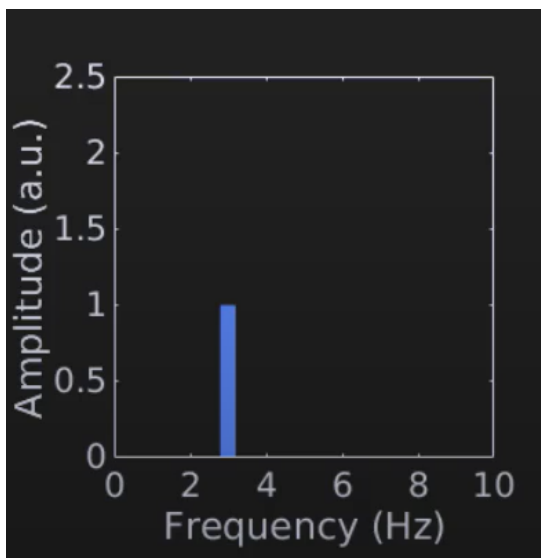
همچنین با تبدیل لاپلاس می‌توان پایداری و ناپایداری سیستم‌ها را بررسی کرد و حتی سیستم‌های ناپایدار را تحلیل کرد که تبدیل فوریه این امکانات را به ما نمی‌دهد.

ارتباط بین حوزه زمان و فرکانس

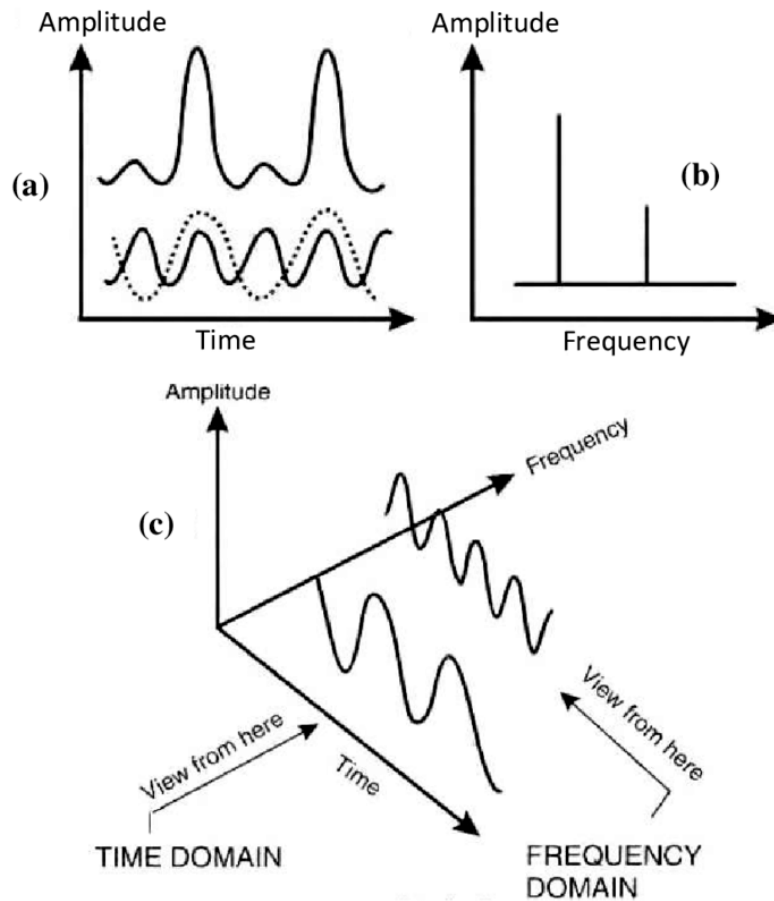
زمان و فرکانس می‌توانند به عنوان دو روی یک سکه در نظر گرفته شوند؛ آن‌ها مکمل یکدیگرند. به عنوان مثال، هنگام گوش دادن به موسیقی، تغییرات در طول زمان در حوزه زمان درک می‌شوند. اما اگر بخواهیم به نت‌های موسیقی پی ببریم، باید وارد حوزه فرکانس شویم. فرکانس به ما می‌گوید که چه نت‌هایی در موسیقی حضور دارند.

برای توضیح بهتر، فرض کنید که در یک گالری هنری هستید و از نزدیک به یک نقاشی نگاه می‌کنید. از این زاویه، می‌توانید جزئیات، بافت‌ها و رنگ‌ها را ببینید، که مشابه تحلیل سیگنال‌ها در حوزه زمان است. اما وقتی عقب می‌روید، جزئیات را نمی‌بینید، اما الگوهای کلی و طراحی کلی نقاشی را درک می‌کنید. این دیدگاه مشابه تحلیل سیگنال‌ها در حوزه فرکانس است.

در تصویر زیر، سیگنالی را مشاهده می‌کنیم که در هر دو حوزه زمان و فرکانس نمایش داده شده است. چگونه می‌توانیم بگوییم که این دو به هم تعلق دارند؟ چگونه می‌توانیم رابطه بین آن‌ها را تحلیل کنیم؟ در نمودار حوزه زمان، سه سیکل در ثانیه مشاهده می‌شود. این نشان‌دهنده فرکانس ۳ هرتز است. دامنه در حوزه فرکانس نصف فاصله بین قله‌ها و دره‌های سیگنال در حوزه زمان است.



تصویر زیر نیز تفاوت و رابطه بین دیدگاه‌های حوزه زمان و فرکانس را بیشتر نشان می‌دهد.



مراجع

- Difference between Time domain measurements and Frequency domain measurements
- time and frequency domain
- the relationship between time and frequency domains
- time domain vs. frequency domain