

Rytme og MIR

Rytme og MIR

- Hva mener vi med 'rytme'?
- Noen hovedbegreper:
- Periodisitet
- Tempo
- Frekvens
- Beat
- Puls
- Metrum
- Mønstre
- Teksturer
- Sjikt (overlagte forskjellige varigheter/hastigheter)

Rytme og MIR

- Kildegrunnlag:
- Lyd
- Kroppsbevegelser
- Visuelle mønstre (både statiske og animerte)
- Annen data
- Tidsdomene
- Frekvensdomene
- Perseptuelle omforminger (øremodeller, subjektive oppfattelser, 'p-centers')
- Metoder:
- Subjektive data
- Signalbaserte data

Rytmeforskning i MIR

- I tillegg til Sethares' bok, en stor mengde forskning innen feltet, jfr. referanselista i Sethares' bok
- Et særlig interessant prosjekt er Jehan 2005a (PhD-avhandling) og 2005b (IEEE-artikkel om *downbeat*), samt eksempler http://web.media.mit.edu/~tristan/Blog/Beat_Tracking_v1.html
- De fleste innen feltet er enige om at en kombinasjon av signal-basert, dvs. *bottom-up*, og skjema-/læringsbasert, dvs. *top-down*, elementer er nødvendig (noe som gjelder MIR generelt)
- Sethares' bok gir en god oversikt over forutsetninger (både for persepsjon og for signalbehandling) og mulige strategier

What is Rhythm?

- Sethares bok gir en god oversikt over ulike aspekter ved rytme, persepsjon, signaler, signalbehandling og signalrepresentasjoner
- "How can rhythm be described mathematically? How can rhythm be detected automatically? People spontaneously clap in time with a piece of music – but it is tricky to create a computer program that can “tap its foot” to the beat. Some peculiar features of the mind help us to internalize rhythms. Teaching the computer to synchronize to the music may require some peculiar mathematics and some idiosyncratic kinds of signal processing." - Sethares 2007, s. 1

What is Rhythm?

- Rytme på forskjellige tidsskalaer, makro - mikro
- Kvalitative, biologisk begrunnede, forskjeller mellom audio-området og sub-audio-området
- Datasimulering av rytmepersepsjon avslører hvor komplisert det hele er: Stiller store krav både til signalanalyse og til modellering av menneskesinnet og forkunnskaper - klart at en stor del av rytmepersepsjonen går ut på å innpasse det vi hører i rytmeskjema vi har lært tidligere
- Periodisitet og fase:

... c 3 # N μ ♡ c 3 # N μ ♡ c 3 # N μ ♡ c 3 # N μ ♡ c 3 # N μ ♡ c 3 # N ...

What is Rhythm (s. 5)?

- In summary, periodic phenomenon are characterized by
 - (i) period
 - (ii) phase or starting point
 - (iii) the elements that are ordered within a single repetition
- Deviations from periodicity may occur in several ways:
 - (i) elements may (occasionally) change
 - (ii) elements may jitter in time (or the number of elements in a period may temporarily increase or decrease)
 - (iii) the period may increase or decrease

What is Rhythm?

- Men hele veien, samspill med våre mentale skjema, f.eks. som i projisering av metrum på en strøm av metrum-nøytrale pulser
- Hukommelse avgjørende, jfr. Snyder 2000, og de forskjellige tidsskalaer man ofte refererer til: ekoisk, korttid, langtid, og jfr. tidligere forelesninger om *sub-chunk*, *chunk*, og *supra-chunk levels*
- De forskjellige tidsskalaer har (som vi skal se) også konsekvenser for signal-basert rytmeanalyse
- Viktig å alltid være bevisst på følgende:

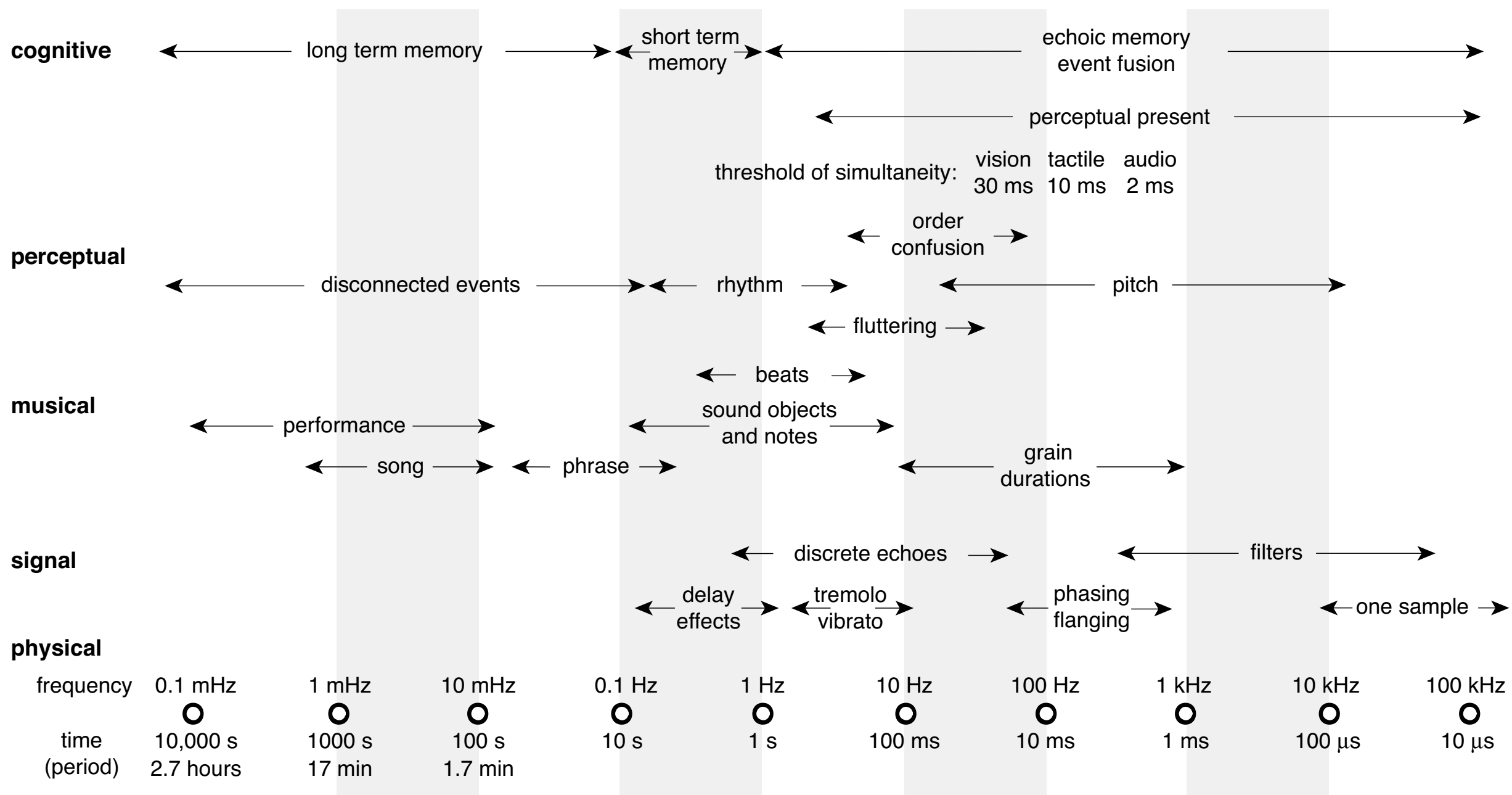


Fig. 1.5. Different time scales cause different perceptions of the “same” phenomenon

What is Rhythm?

- Interessant at Sethares nevner kategorien *fluttering* (s. 8) som minner om Schaeffers *iterative* lyder og morfologikategorien *grain*: "Rainsticks, bell trees, and ratchets, for example, produce sounds that occur faster than rhythm but slower than pitch. Similarly, drum rolls and rapid finger taps are too fast to be rhythmic but too slow to be pitched."
- Div. illusjoner i persepsjon, f.eks. *Shepard tones*: gi forklaringer!
- Kategoriske terskler som generelt perspetuelt fenomen, med stor grad av toleranse for variasjoner
- Konklusjon: Vi kompenserer for manglende informasjon i sansningen, derfor generelt ulineære forhold signal-opplevelse

What is Rhythm?

- Lydbegivenheter (auditory events) er hovedemnet i *Auditory Scene Analysis*: div. lavnivå (signalnære) trekk i lyden gjør at vi ved hjelp av gestaltprinsipper og andre indisier grupperer og tolker lyd (Bregman 1990)
- Derfor: "Why illusions matter" (s. 14) viser til de mange og tidvis kompliserte overveielser vårt sanseapparat utfører i lytting, og disse blir nå et av hovedemnene i lyd-basert rytmeforskning
- Kommentar (av RIG): Mer debatt nå om forholdet mellom signal-detalljer og holistisk, skisseaktig persepsjon, dvs. top-down persepsjon synes å bare bli viktigere og viktigere

What is Rhythm?

- "As will become clear, the things we call “notes,” “beats,” “melodies,” “rhythms,” and “meter” are objects of cognition or perception and not primary sense impressions; they are “illusions” in the mind of the listener and not intrinsic properties of the musical signal."

What is Rhythm?

- Beat tracking:
- " Is the beat directly present in the signal, is it a perceptual construct, or does it require high level cognitive processing?"
- Og: "Though it may be tempting to imagine that the beat really exists in the musical signal itself (because it is so conspicuous in our conception), it does not. For example, there may be a syncopated section where all the energy occurs “off ” the beat. Or a song may momentarily stop and yet the beat continues even in the absence of sound. Something that can exist without sound cannot be in the signal!" (s. 14)

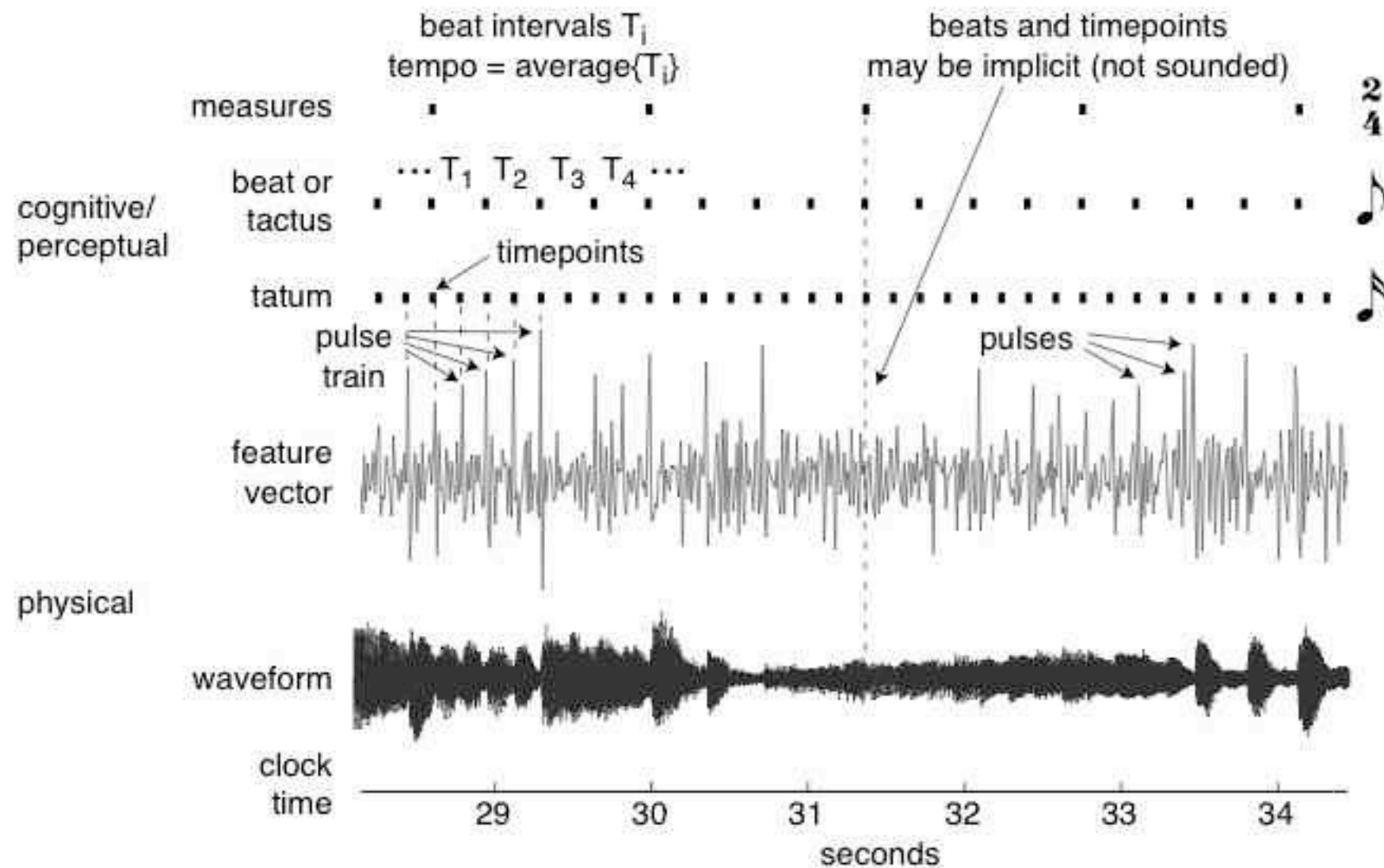


Fig. 1.9. A few seconds of Joplin’s *Maple Leaf Rag* is used to illustrate a number of the terms associated with rhythm. The waveform is a direct representation of the physical pressure wave from which the feature vector is derived. Perceptual terms include the tatum (“temporal atom”), beat (or tactus), beat interval, and tempo. Cognitive terms include measures, time signatures, and musical notations which correlate with (but are distinct from) their perceptual counterparts (e.g., the tatum corresponds to the sixteenth note while the beat corresponds to the eighth note). Perceived pulses typically align with the tatum (and/or beat) though they need not in all circumstances.

What is Rhythm?

"Comparing the waveform to the line of dots that represent the beat shows why it can be difficult to recover the beat directly from the waveform. Feature vectors may be helpful as an intermediate step; they are derived from waveforms but are designed to emphasize significant features of the sound. For example, the feature vector shown in Fig. 1.9 was constructed by calculating the short term spectrum and measuring the change in the spectrum from one "instant" to the next. Large values (in either the positive or negative directions) indicate large changes. To the extent that the ear is sensitive to such spectral changes, the large values of the feature vector correspond to perceptible pulses. Clearly, choosing good feature vectors is an important but tricky business." (s. 15-16)

What is Rhythm?

- Rytmeforskning er også en dør til det å forstå menneskesinnet generelt
- Modellering av rytmeopplevelse er ikke et mål i seg selv, men et middel til å forstå musikkopplevelsen
- Rytme er også særlig interessant p.g.a. skjæringspunktet mellom sansene, særlig mellom lyd og motorikk
- Og: Studier av rytme kan lære oss noe om tidsperspeksjon generelt
- Derfor: Sann beskjedenhet om hva vi kan få ut av signalet og hva vi kan prøve å modellere av perspeksjonsprosessen.
- Flere praktiske anvendelser for rytmeforskning

Visualizing and Conceptualizing Rhythm

- "Rhythmic notations represent time via a spatial metaphor." (s. 24), og:
- "There are two approaches to the notation of rhythmic activities: symbolic and literal. Symbolic approaches accentuate high level information about a sound while literal representations allow the sound to be recreated." (ibid)
- Symbolske notasjonsformer: Verseføtter, neumer, moderne vestlig (og andre kultureres) musikknotasjon, med varigheter, metrum, tatum, osv.
- Sykliske former med variasjoner (jfr. vår idé om koartikulasjon som basis for metrum)

Visualizing and Conceptualizing Rhythm

- Numeriske notasjonsformer (jfr. Furnes' PhD-avh.)
- Funksjonelle notasjonsformer (overførbare)
- Tromme-/slagverknotasjon: Tid-/instrumentraster
- Schillingers notasjon: Rutepapir, og med et 'digitalt' preg
- MIDI-filer: Tid + begivenheter, som liste, kurve eller pianola
- Harmoniske (og uharmoniske) spektra og 'rytme': tvilsome saker i f.h.t. persepsjon
- Labannotasjon og annen bevegelsesnotasjon, f.eks. sjongerlingsnotasjon (<http://jugglinglab.sourceforge.net/html/ssnotation.html>)

Visualizing and Conceptualizing Rhythm

- Signalbaserte ('literal') representasjoner:
- Bølgeformer
- Bølgeformer i syklisk form
- Spektrogrammer
- Noen tanker om forholdet mellom grafikk og lyd, jfr. sonoriserete bilder
- Granulære representasjoner
- Gabor, Xenakis, osv. og div. programvare nå
- Wavelets (se seksjon 5.4)

Visualizing and Conceptualizing Rhythm

- Visuelle og fysiske rytmemetaforer
- I billedkunst (og brukskunst!) og arkitektur
- Igjen, rytme over alt, men utfordringen blir å få til et felles begrepsapparat og 'oversettelse' mellom sansemodaliteter.
- Igjen, vår teori: Motorikk som fellesnevner for rytme i forskjellige sansemodaliteter, jfr. Berthoz 1997, etc.

Varieties of Rhythmic Experience

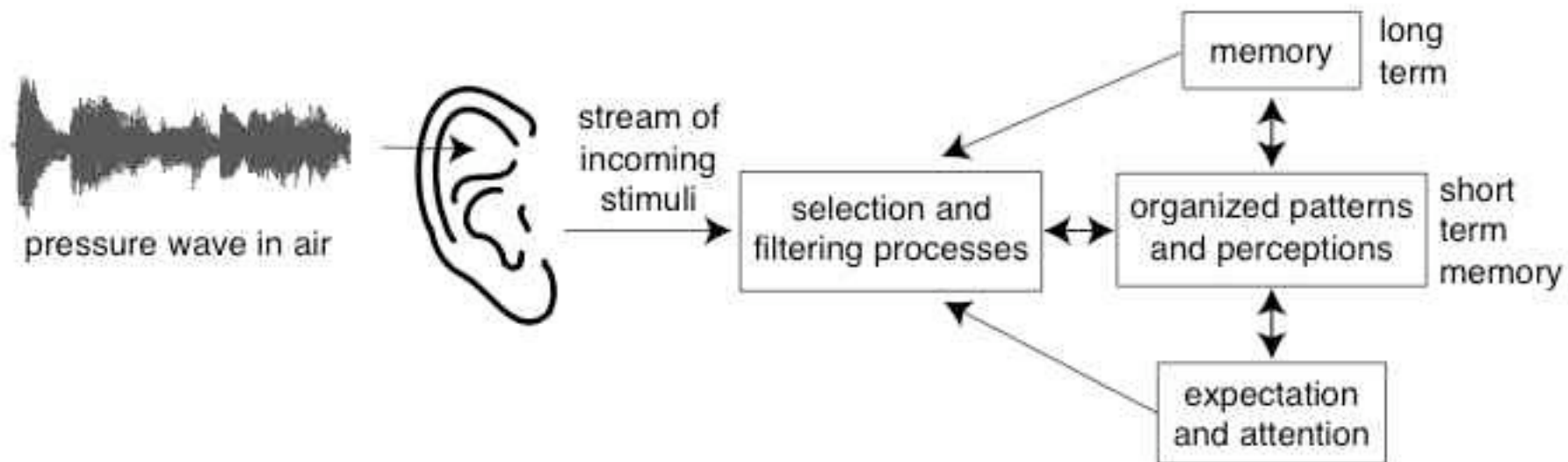
- Gir i kap. 3 en fin oversikt over ulike rytmebegreper og rytmeforekomster
- "Fri" eller "elastisk" rytme, dvs. uten tydelig metrum (og hvilke utfordringer dette gir for lydanalyse)
- Puls-baserte rytmer:
- Metrum: Periodisk og hierarkisk
- Aksent og gruppering
- Additiv vs. divisiv
- Timelines: gjentatte mønstre (igjen: hvordan vise dette i lydanalyse? - jfr. lydeks. 21-26)
- Polyrytmikk: Adskilte sjikt eller en tekstur?
- Simultane tempi (kommentar: entrainment?)

Varieties of Rhythmic Experience

- Konklusjon: "Thus rhythm is an emergent property, a product of consciousness. Many of the most important rhythmic structures are present only in the mind's ear. Though they may be perceived quite clearly, they do not exist objectively in the sound. All music has meaning that goes beyond the sound." (s. 75)

Auditory Perception

- Kap. 4 er en grei framstilling av grunnleggende elementer i lydpersepsjon, noe som er helt essensielt i lydteori og særlig m.h.t. rytme: "*The beat is not in the signal; it is in your mind.*" (s. 77)
- En oversikt:



Auditory Perception

- "Indeed, short term memory continually interacts with longer term memory and with consciousness (which appears in the figure as “attention” and “expectation”). Expectations and memories can influence the formation of patterns. Moreover, memory and expectation continually interact with the basic filtering and selection operations, and thus may influence what kinds of events are forwarded to short term memory." (s. 78)
- M.a.o.: Rytmepersepsjon umulig uten gruppering, kategorisering og hukommelse, om enn primitive utgaver av disse

Auditory Perception

- Ørets oppbygging of virkemåte
- Viktig skille mellom signalegenskaper og sansekvaliteter, jfr. lista side 79
- Amplitudemål \neq opplevd styrke
- Kritiske bånd: Ulineær sansning
- JND: Generelt fenomen i persepsjon, gjelder det meste
- Derfor: Utvikling av div. øremodeller for å kunne få et bedre bilde av hva vi hører i et signal
- "Auditory boundaries" = kvalitative diskontinuiteter
- Div. terskler for lydpersepsjon, se Moore 1995
- Regulære rekkefølger, periodiske og aperiodiske

Auditory Perception

- Kommentar: Auditory Scene Analysis (Bregman 1990) studerer fusjon/fissjon av lydbegivenheter
- Alle disse observasjonene til Sethares leder hen mot signal-basert rytmeanalyse
- Problemer med såkalte "indre klokke"- og/eller "minstepuls"-teorier: Er de biologisk plausible?
- Sethares hovedpoeng: "Rhythm Without Notes" (s. 97):

Any factors that can create auditory boundaries can be used to create patterns in time that can be perceived as rhythmic.

Auditory Perception

- Derfor, rytme ved:
 - *Bare tonehøydeendring*
 - *Endring i spektrumbredde*
 - *Amplitudemodulasjon*
 - *Frekvensmodulasjon*
- Dette ligner veldig mye på de tidligere omtalte typomorfologiske kriteriene i Schaeffers teori!
- Disse og andre trekk kan representeres ved vektorer, dvs. tallverdier langs akser
- Videre: Ulike eksempler på rytmiske kategorier ved inkremental endring, f.eks. i synkronisitet (eks. S51)

Auditory Perception

- Egenskapvektorer ("feature vectors"):
- *Vektorer* her (og i lignende forskning) = representasjoner av egenskaper
- "A good feature vector highlights relevant properties of a signal and deemphasizes irrelevant aspects."
- Dvs. man prøver å velge ut antatt perseptuelt viktige egenskaper
- Kalles også for "preprosessering" for å kunne gjøre store datamengder (som f.eks. i lydfiler) håndterbare
- Har vist seg å fungere godt ved søk i store lydtabaser, jfr. Müller 2007
- Her et eksempel med en øremodell:

Auditory Perception

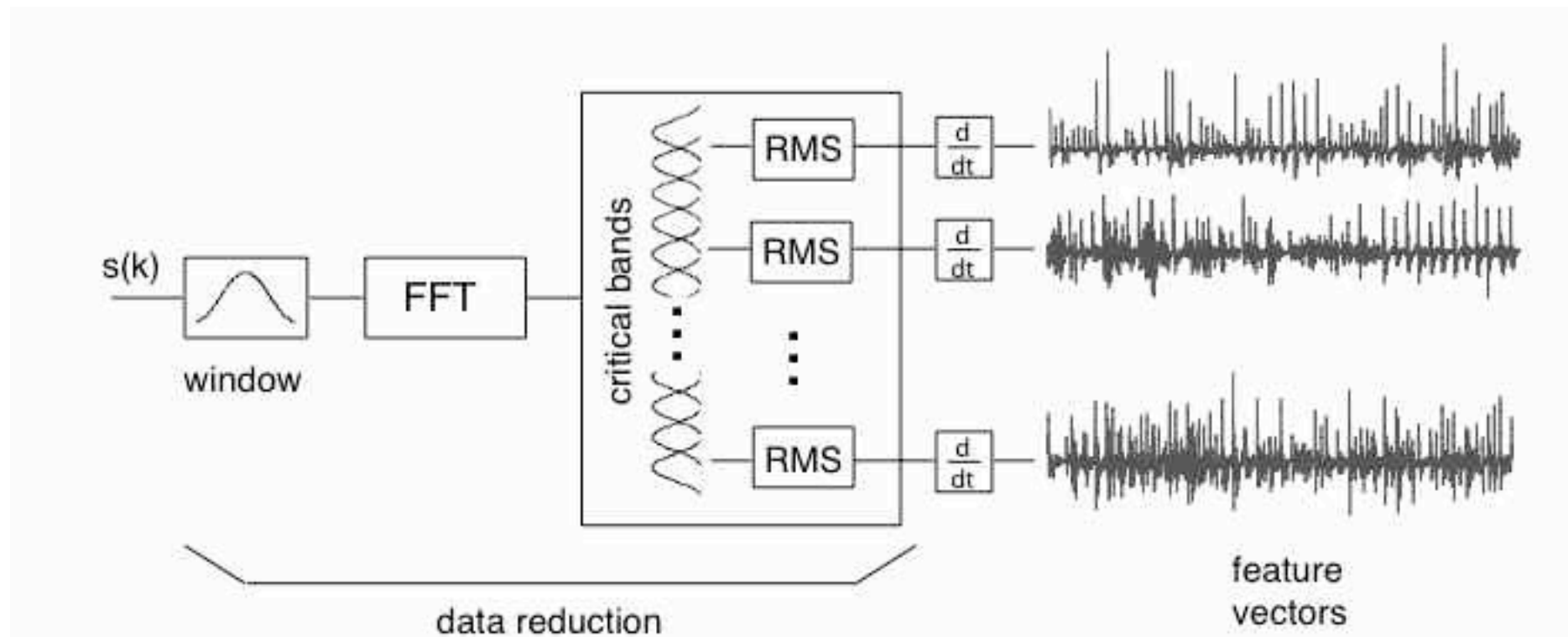


Fig. 4.17. A set of feature vectors based on the idea that rhythmically important events are correlated with repetitive variations of the energy in various frequency bands. The sampled audio data is partitioned into frequency bands using the FFT. The output is a collection of feature vectors (one for each critical band) representing the energy fluctuations in each band. In a typical implementation, each feature vector has an effective sampling rate between 50 and 200 Hz. Each feature vector contains significantly fewer data points than the audio.

Auditory Perception

- Prøv selv med filtrering av ulike musikk eksemppler (gjerne et ganske skarpt "notch"-filter) og vurder hvilke områder som er rytmisk mest interessant, event. også sonoriser disse (mulig i MIRToolbox og jfr. Sethares eks. S57-59)
- Eksempler på uttrekk av fire egenskapvektorer (energimål, gruppeforsinkelse (i fase; uklart hva dette innebærer utenom audioforvregning), spektral centroide, og spektral spredning):

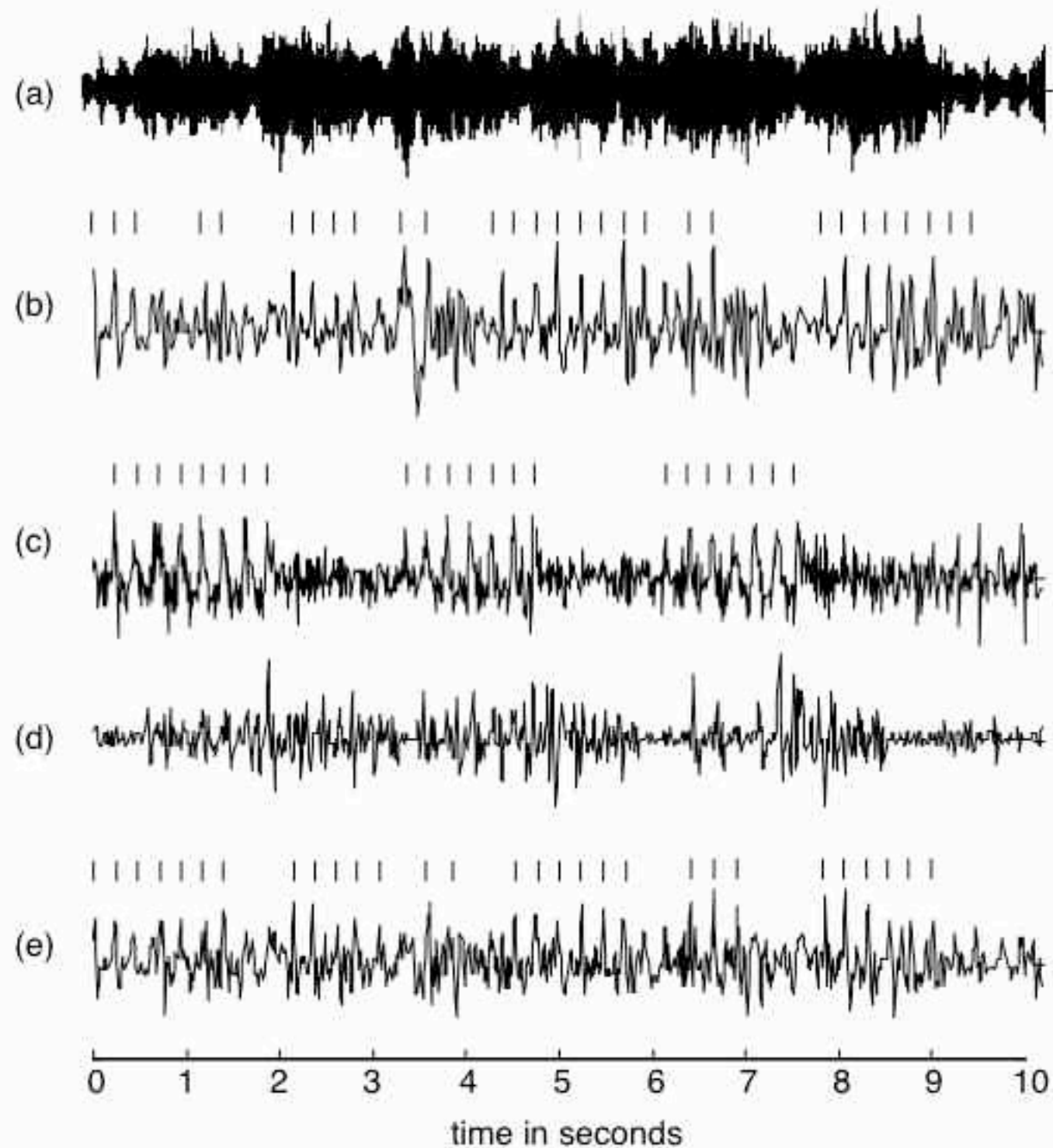


Fig. 4.20. The audio waveform of the first 10 seconds of a recording of Handel's *Water Music* is shown in (a). The various feature vectors are: (b) the energy method, (c) the group delay, (d) the change in the center of the spectrum, and (e) the dispersion of spectral energy. Tick marks emphasize beat locations that are visually prominent.

Transforms

- Fra kontinuerlig signal til mønstre vi kan se/høre
- Det indre produkt: Vinkelen mellom to signaler
- Liten vinkel: De peker i samme retning
- Stor vinkel eller 90 grader: Forskjellige retninger
- Generelt mål for likhet
- Korrelasjon: Det indre produkt mellom to signaler
- Autokorrelasjon: Del av signalet likt med seg selv, m.a.o. har et gjentakende mønster og periodisitet
- Disse prinsippene går igjen (med variasjoner) i forskjellige transformasjoner: Fouriertransformasjon, wavelettransformasjon, og (Sethares egen) periodisitetstranfomasjon

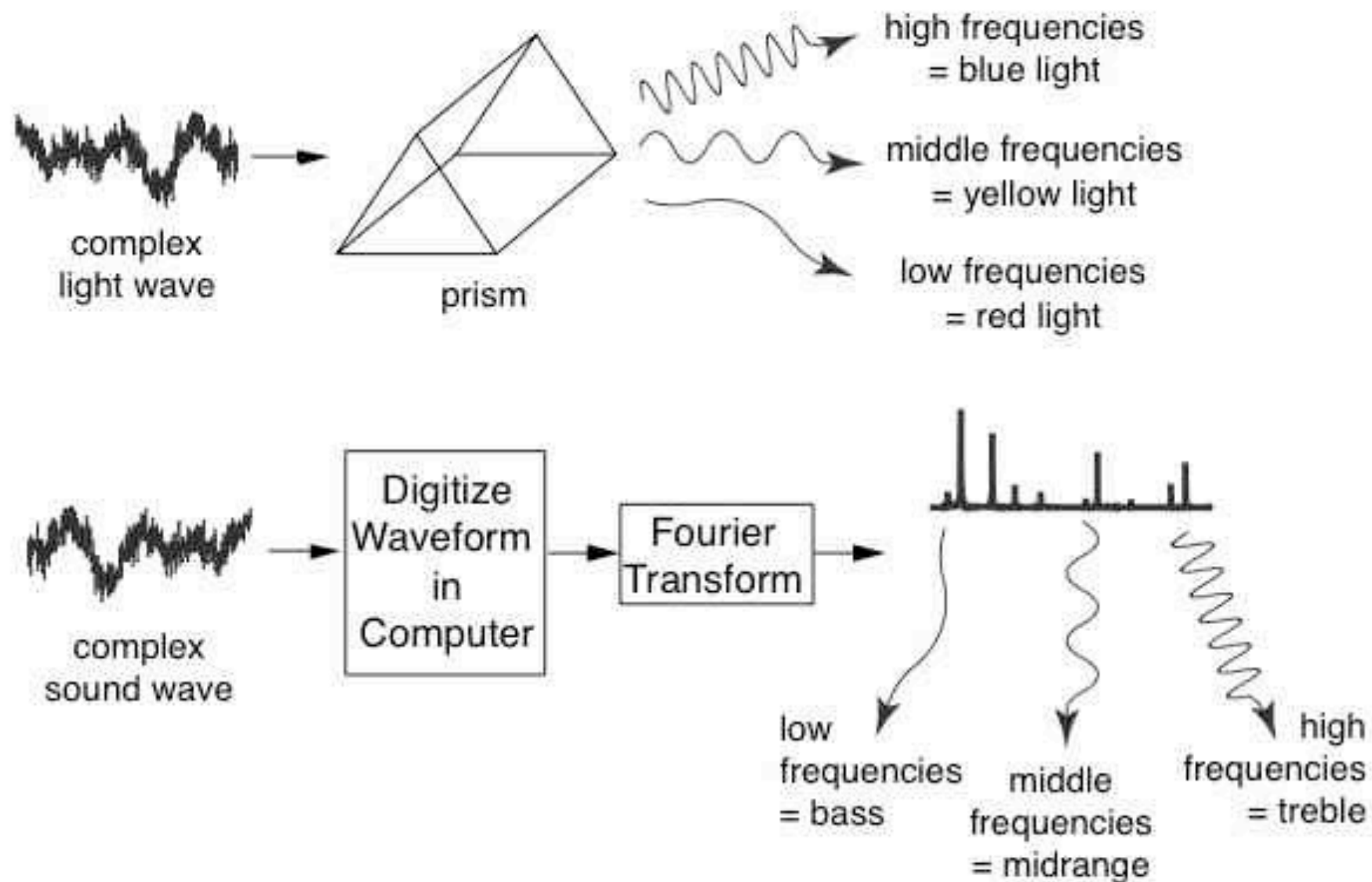


Fig. 5.3. Just as a prism separates light into its simple constituent elements (the colors of the rainbow), the Fourier Transform separates sound waves into simpler sine waves in the low (bass), middle (midrange), and high (treble) frequencies. Similarly, the auditory system transforms a pressure wave into a spatial array that corresponds to the various frequencies contained in the wave, as shown in Fig. 4.2 on p. 79.

Transforms

- Tre feiloppfatninger om Fouriertransformasjonen:
 1. Rytme er et mentalt fenomen og kan ikke leses direkte ut av signalet
 2. FT viser frekvenser, ikke begivenheter (og dermed rytme)
 3. Misforhold mellom begivenheter i tidsdomenet (f.eks. impulser) og FT-bilder
- Kommentar: FFT-baserte beat-tracker noe helt annet!
- SFT og frekvensoppløsning
- Digital fasevokoder
- Wavelettransformasjon
- Periodisitetstransformasjon
- Mer om dette senere!