



Dagens tema

- **Syntaks**
(kapittel 2.1 + Komp. 47, kap. 1 og 2)

Litt om kompilering og interpretering

En **kompilator** oversetter et program til et annet språk, for eksempel maskinspråk.

Et program **interpreteres** når det finnes et annet program som leser det inn og så *simulerer* operasjonene.

Hva trenger vi å vite når vi skal lage en kompilator/interpreter for et språk?

Syntaks og semantikk

En beskrivelse av et (programmerings-) språk består av to hovedkomponenter:

Syntaktiske regler forteller hva slags *form* et lovlig program skal ha.

Semantiske regler sier noe om hva de ulike setningene i språket *betyr*.

I tillegg snakker vi gjerne om **pragmatikk**. Dette er en uformell del som forteller om språket og *bruken* av det. I denne sammenhengen er eksempler viktige.

Syntaktiske regler

Leksikalske regler som omhandler oppbygningen av de minste meningsbærende enhetene i programmet (navn, tall, nøkkelord, operatorer, ...)

- Er store/små bokstaver signifikante?
- Hvordan ser tilordningsoperatoren ut?

De “egentlige” syntaksreglene som forteller hvordan program kan bygges opp fra de leksikalske enhetene.

- Alle venstreparenteser må ha en matchende høyreparentes (og motsatt).
- Ikke semikolon før else!

Kompilatorer har gjerne en egen “preprosessor” som deler programmet opp i en sekvens av leksikale enheter og leverer disse videre til resten av kompilatoren.

Semantiske regler

Også de semantiske reglene kan deles i to grupper:

Statiske regler omtaler det som kan sjekkes av kompilatoren før selve utførelsen av programmet.

- **Alle variable skal være deklarerert.**
- **Samsvar mellom deklarasjon og bruk av en variabel.**

Dynamiske regler sier hva som skal skje under utførelsen av et program.

(Ghezzi&Jazayeri) bruker en *operasjonell semantikk*, det vil si at de beskriver oppførselen til en abstrakt prosessor som utfører program skrevet i språket.

Syntaktisk beskrivelse av språk

Litt terminologi

Alfabet – en mengde av (grunn-)symboler

Streng – en sekvens av symboler fra alfabetet

Setning – en tillatt streng

Grammatikk – en matematisk angivelse av setninger ved hjelp av *grunnsymboler*, *metasymboler* og *produksjoner*

Språk – en mengde av setninger

kan beskrives ved en **grammatikk** eller en **automat**

Noen eksempler på syntaksbeskrivelse

BNF-grammatikker

$$\langle \textit{tall} \rangle \rightarrow - \langle \textit{siffer} \rangle \mid \langle \textit{siffer} \rangle$$

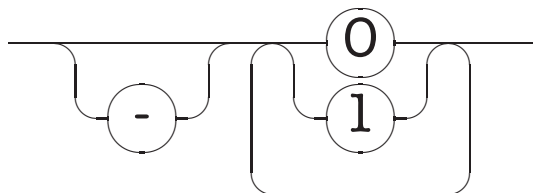
$$\langle \textit{siffer} \rangle \rightarrow \mathbf{0} \langle \textit{sifre} \rangle \mid \mathbf{1} \langle \textit{sifre} \rangle$$

$$\langle \textit{sifre} \rangle \rightarrow \mathbf{0} \langle \textit{sifre} \rangle \mid \mathbf{1} \langle \textit{sifre} \rangle \mid \varepsilon$$

Utvidet BNF

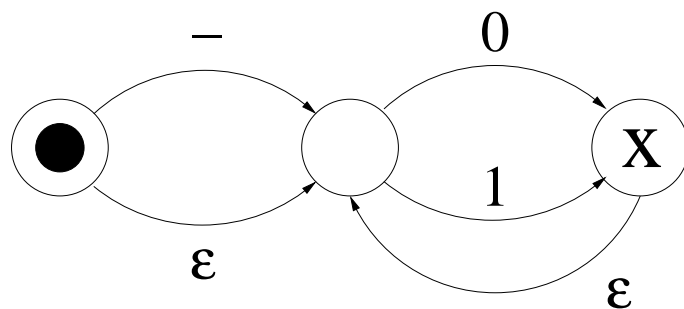
$$\langle \textit{tall} \rangle \rightarrow [-] ? [0 | 1] +$$

Syntaksdiagram (jernbanediagram)

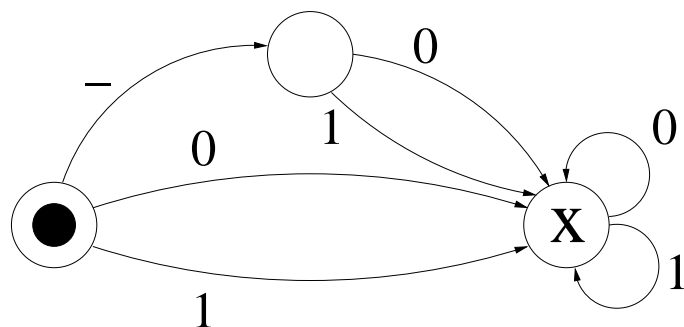


Noen eksempler på syntaksbeskrivelse

Ikke-deterministiske automater



Deterministiske automater



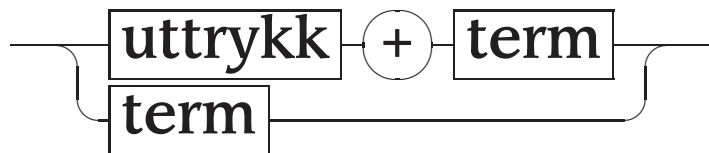
BNF-grammatikker og syntaksdiagram

BNF-grammatikk:

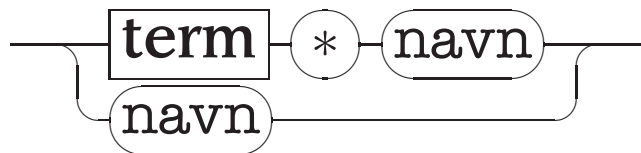
$$\langle \text{uttrykk} \rangle \rightarrow \langle \text{uttrykk} \rangle + \langle \text{term} \rangle \mid \langle \text{term} \rangle$$
$$\langle \text{term} \rangle \rightarrow \langle \text{term} \rangle * \text{navn} \mid \text{navn}$$

Syntaksdiagram:

uttrykk



term



Begge disse er bygget opp av:

Grunnsymboler (terminalsymboler) er de symbolene som forekommer i selve programteksten: $+$, $*$, **navn**

Metasymboler (ikke-terminaler) med egne definisjoner:
 $\langle uttrykk \rangle$, $\langle term \rangle$

Produksjoner er definisjoner av metasymboler:

$\langle uttrykk \rangle \rightarrow \langle uttrykk \rangle + \langle term \rangle \mid \langle term \rangle$

(Merk: Dette er egentlig *to* produksjoner.)

Takket være metasymbolene kan vi:

- forenkle definisjonene
- spare kode ved gjentakelse
- lage rekursive definisjoner

Rekursive produksjoner er produksjoner der metasymbolet på venstresiden kan gå igjen én eller flere ganger på høyresiden:

$$\langle \textit{uttrykk} \rangle \rightarrow \langle \textit{uttrykk} \rangle + \langle \textit{term} \rangle \mid \langle \textit{term} \rangle$$

Dette er et eksempel på **venstrerekursjon**, siden metasymbolet kommer igjen helt til venstre i høyresiden. Tilsvarende kan vi ha **høyrerekursjon**.

Vi kan også ha produksjoner med tom høyreside:

$$\langle \textit{sifre} \rangle \rightarrow \mathbf{0} \langle \textit{sifre} \rangle \mid \mathbf{1} \langle \textit{sifre} \rangle \mid \varepsilon$$

Avledning av setninger

De mulige setningene i et språk definert av en BNF-grammatikk er nøyaktig de som fremkommer ved å benytte følgende prosedyre:

1. Start med startsymbolet.
2. For hvert metasymbol, erstatt dette med et av alternativene på høyresiden i den tilhørende definisjonen.
3. Gjenta forrige punkt til vi står igjen med bare grunnsymboler.

Dette kalles for en *avledning* fra startsymbolet til en ferdig setning, og kan representeres som et **syntakstre**.

En slik avledning kan også angis som en sekvens av halvutviklede setningsformer, der vi begynner med startsymbolet og i hvert steg bare anvender én produksjon.

En **venstreavledning** er en slik sekvens der man hele tiden utvikler det symbolet som står lengst til venstre. Tilsvarende kan vi snakke om en **høyreavledning**.

Flertydige grammatikker

Dersom enhver setning i språket kan avledes ved ett og bare ett syntakstre, er grammatikken **entydig**, ellers er den **flertydig**.

Eksempel:

$$\langle \text{uttrykk} \rangle \rightarrow \mathbf{navn} \mid \langle \text{uttrykk} \rangle + \langle \text{uttrykk} \rangle \mid \langle \text{uttrykk} \rangle * \langle \text{uttrykk} \rangle$$

navn + navn * navn

Utvidet BNF

I utvidet BNF kan vi bruke følgende metasymboler i høyresiden:

- | skiller alternativer
(også *innenfor* en produksjon)
- ? angir at noe kan forekomme
0 eller 1 gang
- * 0 eller flere ganger
- + 1 eller flere ganger
- [...] grupperer symboler

Eksempel: Flyt-tall i Java

(hentet fra *The Java Language Specification*)

$\langle \text{FloatingPointLiteral} \rangle \rightarrow \langle \text{Digits} \rangle . \langle \text{Digits} \rangle ? \langle \text{ExponentPart} \rangle ? \langle \text{FloatTypeSuffix} \rangle ?$

$\langle \text{FloatingPointLiteral} \rangle \rightarrow . \langle \text{Digits} \rangle \langle \text{ExponentPart} \rangle ? \langle \text{FloatTypeSuffix} \rangle ?$

$\langle \text{FloatingPointLiteral} \rangle \rightarrow \langle \text{Digits} \rangle \langle \text{ExponentPart} \rangle \langle \text{FloatTypeSuffix} \rangle ?$

$\langle \text{FloatingPointLiteral} \rangle \rightarrow \langle \text{Digits} \rangle \langle \text{ExponentPart} \rangle ? \langle \text{FloatTypeSuffix} \rangle$

$\langle \text{Digits} \rangle \rightarrow \langle \text{Digit} \rangle ^+$

$\langle \text{Digit} \rangle \rightarrow \mathbf{0} \mid \mathbf{1} \mid \mathbf{2} \mid \mathbf{3} \mid \mathbf{4} \mid \mathbf{5} \mid \mathbf{6} \mid \mathbf{7} \mid \mathbf{8} \mid \mathbf{9}$

$\langle \text{ExponentPart} \rangle \rightarrow \llbracket \mathbf{e} \mid \mathbf{E} \rrbracket \llbracket + \mid - \rrbracket ? \langle \text{Digits} \rangle$

$\langle \text{FloatTypeSuffix} \rangle \rightarrow \mathbf{f} \mid \mathbf{F} \mid \mathbf{d} \mid \mathbf{D}$

Oppgave:

Hvilke av disse tallene er lovlige flyt-tall i Java?

3

3.14

6.28e-18

.1

22.D

e3

1.2e+2.0

Ulike typer språk

Det er vanlig å dele språk som kan beskrives med en BNF-grammatikk inn i følgende grupper:

- **Type 3-språk** («**regulære språk**») har ett metasymbol på venstresiden og kun grunnsymboler på høyresiden, eventuelt med et metasymbol til sist.

$$\begin{aligned} \langle \text{binærtall} \rangle &\rightarrow \mathbf{0} \mid \\ &\mathbf{0} \langle \text{binærtall} \rangle \mid \\ &\mathbf{1} \mid \\ &\mathbf{1} \langle \text{binærtall} \rangle \end{aligned}$$

- **Type 2-språk** («**kontekst-frie**») har bare ett metasymbol på venstresiden.

Omtrent alle programmeringsspråk benytter en kontekst-fri grammatikk til å definere språkets syntaks.

- Det gir en klar men lettest definisjon av syntaksen.
- Det er en basis for å skrive en syntakstolker («parser»).

- **Type 1-språk** («**kontekst-sensitive**») krever at høyresiden er minst like lang som venstresiden.

Dette gjør det mulig å sjekke navnebindinger og finne typefeil. Ble brukt til Algol-68 men lite siden.

- **Type 0-språk** har ingen restriksjoner.

Disse har bare teoretisk interesse.