5.3 Compile-time Analysis of the Run-Time Values

5.3.1 A Source Transformation: Our Goal

분석을 얘기하기 전에, 분석된 결과를 가지고 우리가 목표로하는 프로그램 변환과정을 정확하게 정의하도록 하자.

tcoML 프로그램 $\wp$ 가 주어졌을 때 $\mathcal{A}_\wp$ 는 프로그램 $\wp$ 에 나타나는 모든 함수식들이 실행중에 가질 수 있는 함수들을 예측한 결과라고 하자. 예를들어 다음의 식이 프로그램에 있다면

```
let
   rec f = fn x => e
in
   ··· (f e') ···
end
```

위의 (f e') 에서 함수식 f가 가지는 함수는 위에서 f라는 이름으로 정의된 재귀함수가 된다.

다음의 예를 보면

```
let
  g = fn f => f 10
in
  ···
end
```

위에서 f 10 에서 함수식 f가 가지는 함수는 g가 호출될 때 인자로 전달되는 함수들이 된다.

따라서 $\mathcal{A}_\wp$를 다음의 테이블이라고 할 수 있다:

$$
\begin{array}{lcll}
\multicolumn{4}{l}{\mathcal{A}_\wp : \mathit{Expr} \to 2^{\mathit{Fexpr}}} \\
\mathit{Fexpr} & ::= & \lambda x.e & \text{functions in } \wp \\
 & \mid & f\lambda x.e & \text{rec functions in } \wp
\end{array}
$$

분석결과 $\mathcal{A}_\wp$를 가지고 프로그램 $\wp$에 있는 함수 호출식들을 Figure 2의 규칙을 이용해서 좀더 경제적인 식들로 변환할 수 있다[2]:

$$e \xrightarrow{\text{rewrite}} e' \xrightarrow{\text{rewrite}} e'' \xrightarrow{\text{rewrite}} \cdots \xrightarrow{\text{rewrite}} e^*.$$

[2] 변환규칙을 적용해가면 유한번만에 끝나는지를 확인해보라.

$$\frac{\mathcal{A}_e(e_1) = \{\lambda x.e\} \qquad fv(e) = \{x\}}{e_1\ e_2 \stackrel{\text{rewrite}}{\longrightarrow} \texttt{let x = } e_2 \texttt{ in } e \texttt{ end}}$$

$$\frac{Pure(e_1)}{\texttt{let x = } e_1 \texttt{ in } e_2 \texttt{ end} \stackrel{\text{rewrite}}{\longrightarrow} e_2/\{e_1/\texttt{x}\}}$$

$$Pure(c)$$

$$\frac{\forall(\lambda y.e \in \mathcal{A}_e(x)).Pure(e) \qquad \forall((f\ \lambda y.e) \in \mathcal{A}_e(x)).Pure(f) \Rightarrow Pure(e)}{Pure(x)}$$

$$\frac{Pure(e)}{Pure(\texttt{fn x => } e)}$$

$$\frac{Pure(e_1) \qquad Pure(e_2)}{Pure(\texttt{let x = } e_1 \texttt{ in } e_2 \texttt{ end})}$$

$$\frac{Pure(f) \Rightarrow Pure(e_1) \qquad Pure(e_2)}{Pure(\texttt{let rec f = fn x => } e_1 \texttt{ in } e_2 \texttt{ end})}$$

$$\frac{Pure(e_1) \qquad Pure(e_2)}{Pure(e_1\ e_2)}$$

$$\frac{Pure(e_1) \qquad Pure(e_2) \qquad Pure(e_3)}{Pure(\texttt{if } e_1 \texttt{ then } e_2 \texttt{ else } e_3)}$$

$$\frac{Pure(e_1) \qquad Pure(e_2)}{Pure(e_1 \texttt{+} e_2)}$$

$$\frac{e \stackrel{\text{rewrite}}{\longrightarrow} e'}{E[e] \stackrel{\text{rewrite}}{\longrightarrow} E[e']}$$

그림 2: tcoML 프로그램 변환 규칙