



# Railway Signalling and Slow – Scan

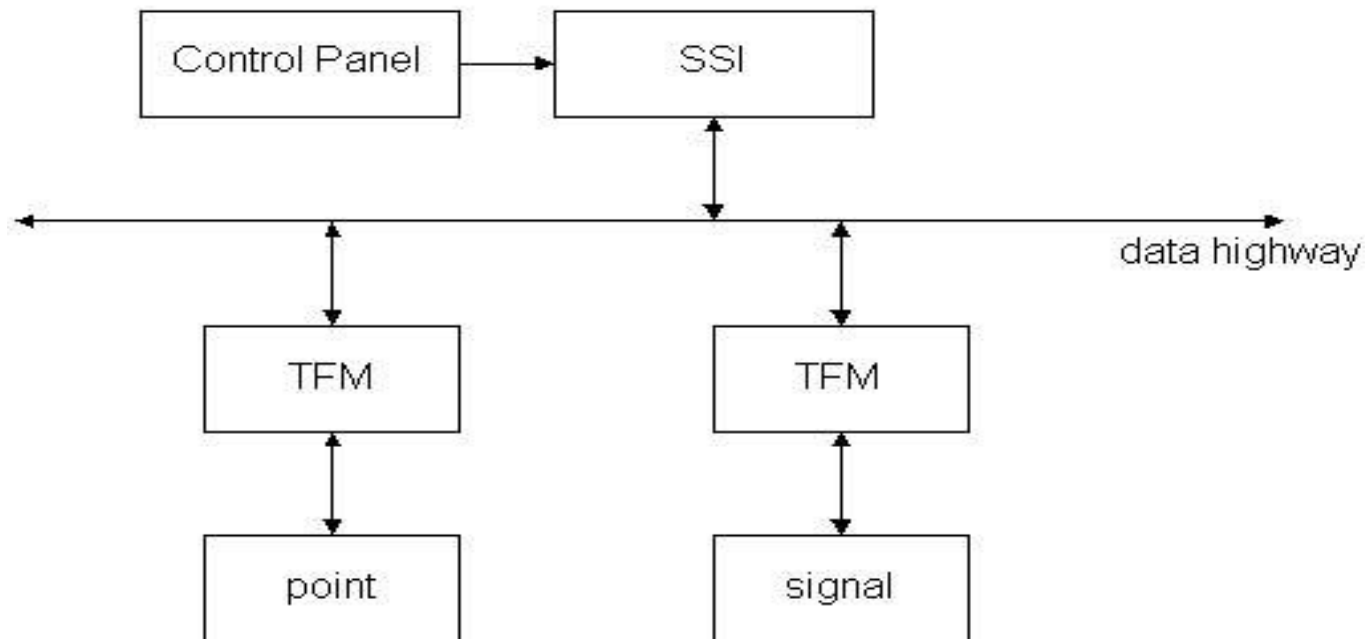
Paweł Kaczan



# Funkcje i wymagania

- Odbieranie poleceń od operatora
- Ustawianie sygnałów zgodnie z poleceniami operatora
- Szybkie wykrywanie uszkodzeń zarówno łącza, jak i modułów przytorowych

# Opis systemu



- SSI (Solid State Interlocking) - system kontrolujący
- TFM (Track-side Functional Modules) - moduły przytorowe (sterujące mechanizmami, np. semaforem, zwrotnica)



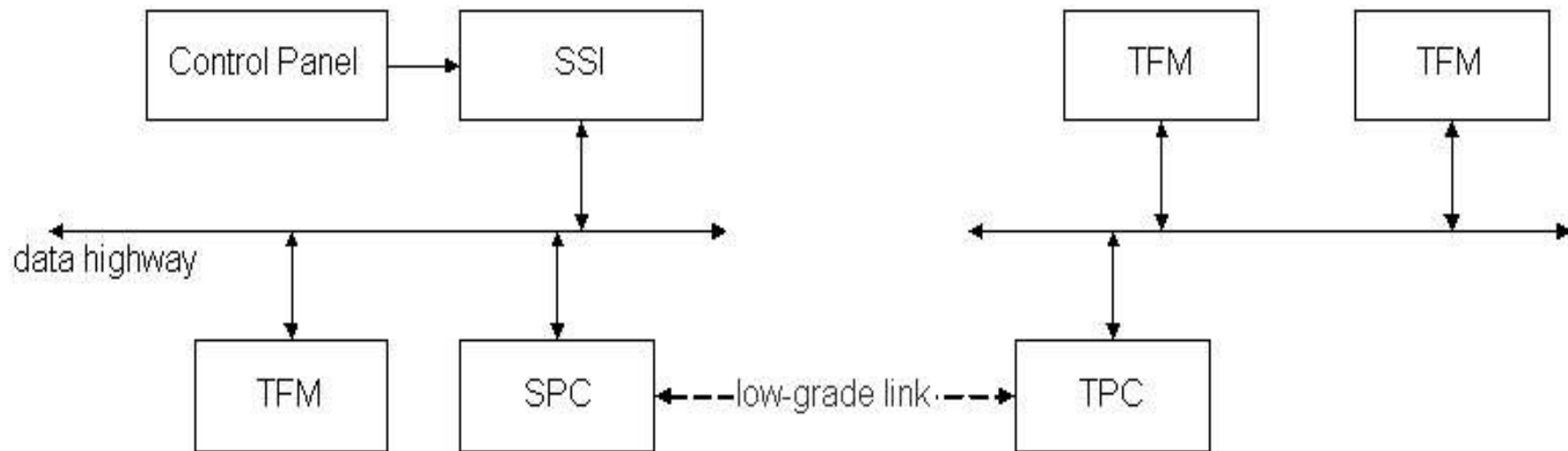
# Jak to działa?

- Wysyłanie sygnału do wszystkich modułów
- Oczekiwanie na odpowiedź
- Ewentualne zgłaszanie błędów

## Postawienie problemu

- Duże odległości pomiędzy modułami przytorowymi

# Rozwiązanie: Slow – Scan



- SPC - konwerter protokołu po stronie SSI
- TPC - konwerter protokołu po stronie modułów

# Funkcje SPC

- odebrać wiadomość od SSI
- porównać wiadomość z zapamiętanym stanem, jeśli się zmieniła to zapamiętać i przesłać wolnym łączem do TPC
- odpowiedzieć SSI ze stanem z pamięci lokalnej
- sprawdzić poprawność działania wolnego łącza

# Funkcje TPC

- odebrać wiadomości ze stanem przez wolne łącze i przechowywać je
- emulować SSI, czyli wysyłać wszystkie przechowywane wiadomości przy tyknięciu zegara
- odbierać wiadomości od modułów przytorowych, porównywać z zapisanym stanem, a ewentualne zmiany przekazywać do SPC wolnym łączem
- sprawdzić poprawność działania wolnego

# Modelowanie połączenia

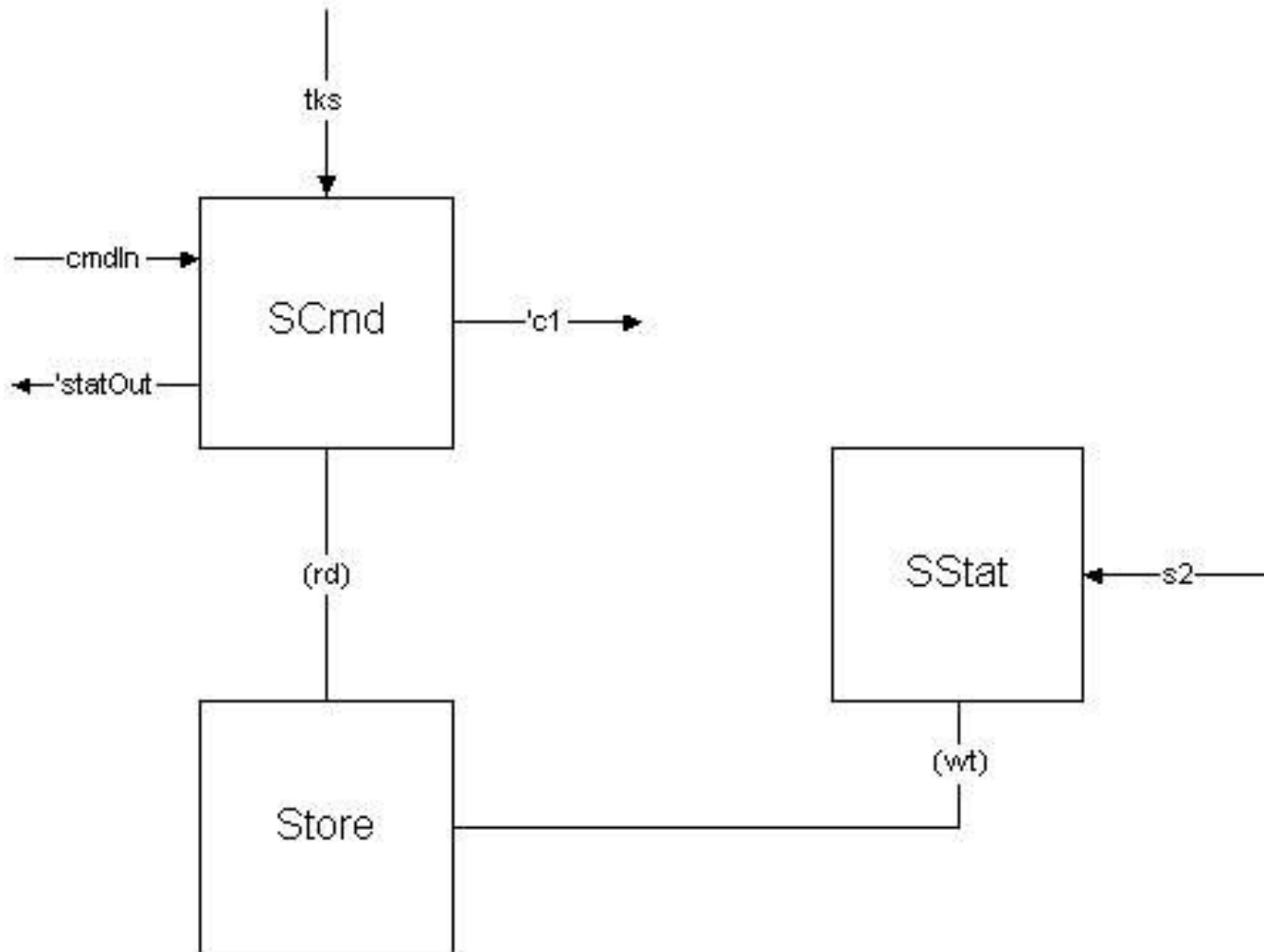
- agent CLink =  $c1(c).c2(c).CLink$
- agent SLink =  $s1(s).s2(s).SLink$
- agent LGL = CLink | SLink

# Modelowanie zegara

- agent Clock =  $'tks.'tkt.Clock + 'tkt.'tks.Clock$



# Modelowanie SPC

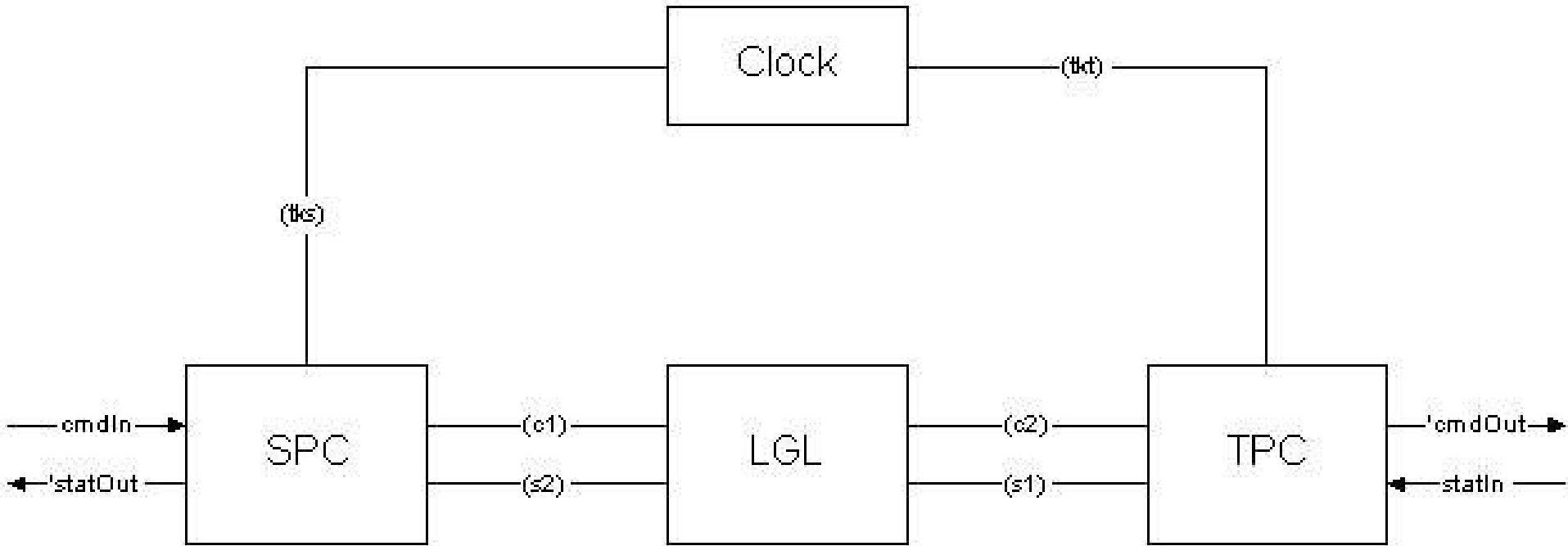


# Modelowanie SPC

- agent SCmd(c:V) =  
tks.cmdIn(c').rd(s).statOut(s).  
if c <> c' then 'c1(c').SCmd(c')  
else SCmd(c)
- agent SStat = s2(s).wt(s).SStat
- agent Store(x:V) = 'rd(x).Store(x) +  
wt(x').Store(x')
- agent SPC =  
(SCmd(0) | SStat | Store(0)) \ {rd, wt}

Podobnie TPC...

# Model SS1



- agent SS1 = (SPC | LGL | TPC | Clock) \ {c1,c2,s1,s2,tks,tkr}

# Przed analizą...

- SS1 pozwala na badanie, czy wiadomości są przesyłane we właściwy sposób
- Liczba stanów SS1 wynosi **10192**
- Analiza SS1 jest niepraktyczna
- Wiadomości ze zbioru  $\{0, 1\}$
- Uproszczenie modelu:  
statIn = statOut = stat
- Minimalizacja modelu i jego analiza...

# Badane własności

- Zakleszczenie
- Polecenie może pojawić się na wyjściu wtedy i tylko wtedy, gdy wcześniej pojawiło się na wejściu
- Otrzymane polecenie zostanie przesłane
- Stale otrzymywane polecenie jest poprawnie wysyłane

# Badane własności

- Zakleszczenie F
- Polecenie może pojawić się na wyjściu wtedy i tylko wtedy, gdy wcześniej pojawiło się na wejściu T
- Otrzymane polecenie zostanie przesłane F
- Stale otrzymywane polecenie jest poprawnie wysyłane F

# Podsumowanie SS1

- SS1 zawiera błędy, które albo nie występują w codziennym zastosowaniu systemu (wysyłanie kilku poleceń w bardzo krótkim odstępie czasu), albo można poradzić sobie z nimi na etapie implementacji (zapis wiadomości do składu)

# Błędy w komunikacji

- W SS1 nie modelowano błędów w komunikacji pomiędzy SPC a TPC

## Zmiany w modelu

- agent CLink =  $c1(c).c2(c).CLink$
- agent SLink =  
 $s1(s).(fail.SLink' + 's2(s).SLink) + fail.SLink'$
- agent SLink' =  $s1(s).SLink'$

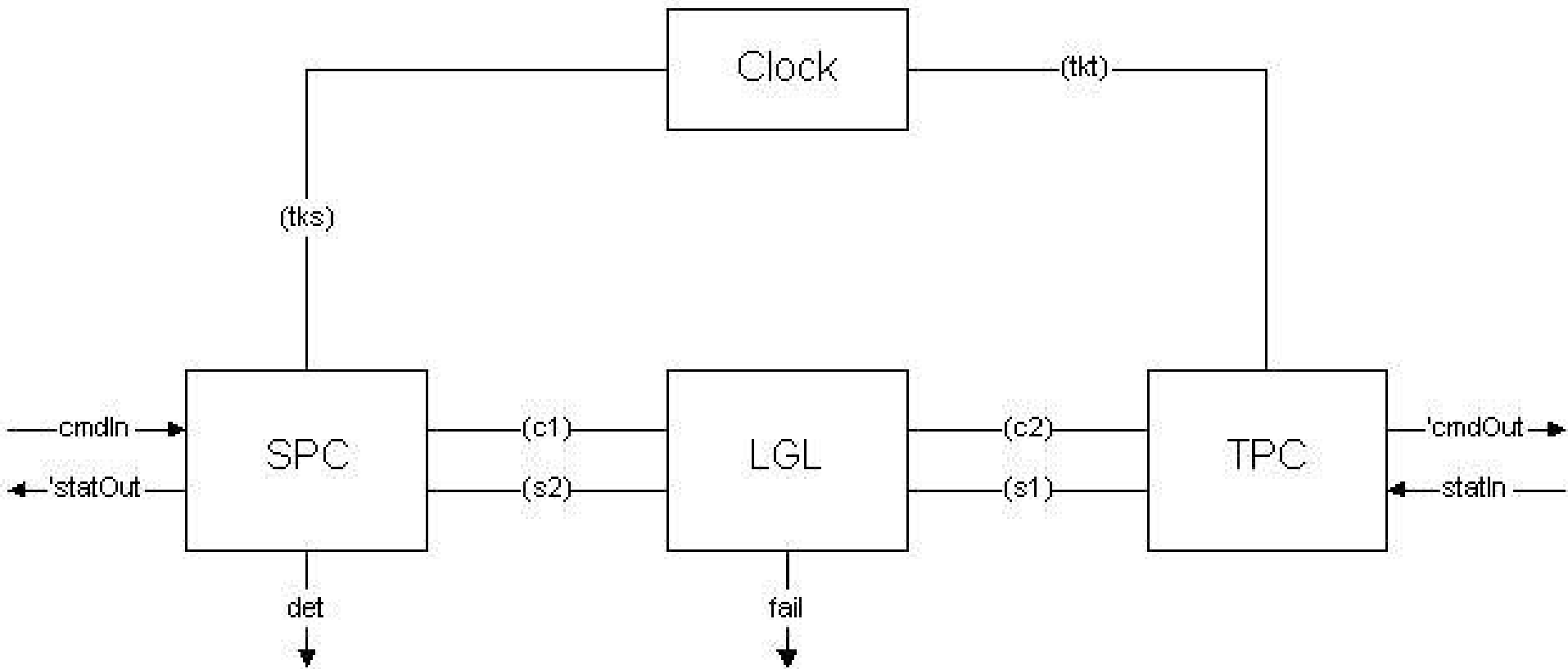


# Monitor kanału komunikacyjnego

- $C = \text{ts.} \text{tr.} C$
- $S = \text{ts.} \text{out.} S$
- $R(i) = \text{tr.}(\text{if } i > n \text{ then det.} R(0) \text{ else } R(i + 1)) + \text{in.} R(0)$
- $\text{Mon} = (C \mid S \mid R(0)) \setminus \{\text{tr}, \text{ts}\}$

Wykorzystanie monitora w SPC...

# Model SS2



- agent SS2 = (SPC | LGL | TPC | Clock) \ {c1,c2,s1,s2,tks,tkc}



# Badanie własności

- Zakleszczenie
- Zgłaszanie błędów w momencie prawidłowego działania systemu
  
- Wykrywanie błędów

# Badanie własności

- Zakleszczenie F
- Zgłaszanie błędów w momencie prawidłowego działania systemu
  - dla  $n < 6$  T
  - dla  $n \geq 6$  F
- Wykrywanie błędów T

# Podsumowanie

- W pierwotnej wersji Slow – Scan zawierał błędy, które jednak można wyeliminować
- SS1 oraz SS2 są bardzo uproszczonymi modelami, ale pozwalają na analizę systemu



# Dziękuję

Prezentacja w dużej mierze powstała w oparciu o materiały zamieszczone na:

**Slow-Scan, a sterowanie i kontrola urządzeń na kolei**