

# Egy „microgrid” modellezése és sztochasztikus ellenőrzése

Kőkuti Adrás

2014. december 4.

## A "microgrid" fogalma

- megújuló energiaforrások (pl.: nap, szél stb.) egyre nagyobb jelentőséggel
- az erőforrás-hálózat decentralizáltságát okozza
- a hálózat különböző, autonóm módon működő lokális csomópontokból (microgrid vagy smart grid) áll
  - energiatermelők, fogyasztók és tárolók együttese
  - folyamatos kapcsolat a központi vezérlővel
  - cél: a generálódott erőforrás keresletet kiszolgálása, meghozza a lehető leghatékonyabb módon

# Modellválasztás

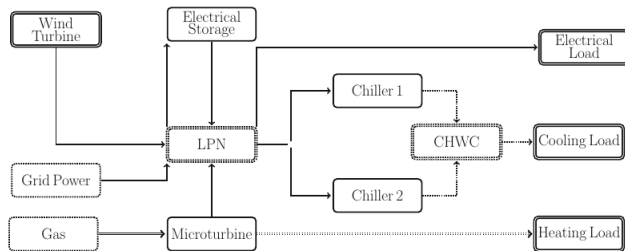
A modellnek képesnek kell lennie kezelni

- folyamatosan jelenlévő viselkedéseket
- diszkrét eseményeket
- nem determinisztikus bekövetkezéseket

Megoldás: sztochasztikus hibrid automata

- az állapottér felbontása diszkrét és folyamatos részekre
- viselkedés leírása differenciál egyenletekkel
- átmenetekhez rendelt őrző feltételek

## A kialakított modell

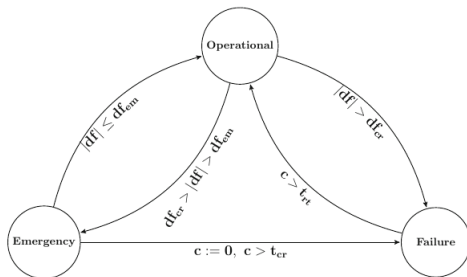


ábra: Egy példa microgrid felépítése

Ez alapján a kereslet és kínálatra felírt egyenlet:

$$P_G(t) + P_W(t) + P_M(t) + P_E(t) = \sum_{i=1}^2 P_{Ch,i}(t) + P_D(t)$$

- A két oldal különbsége pontosan az energiahány vagy többlet
- Egy lehetséges indikátor a generált áram frekvencia ingadozás( $df_{em}$ )
- Ezt a kritériumot figyelembe véve, az LPN modellje:



ábra: Az LPN modellje

- A hálózat többi részeihez is tartoznak állapotok, működést leíró differenciál egyenletek, és sztochasztikus változók (úgy, mint a szélerősség egy adott területen)
- hálózat teljes SHA modellje megadható a komponensek párhuzamos kompozíciójaként

$$MG = (LN || CH_i || CHWC || Z_j || MT || WT || ST || EL)$$

# Modellellenőrzés

## Jellemzők

- formális verifikációs eljárás
- sztochasztikusság miatt statisztikai modellellenőrzés

## Statisztikai modellellenőrzés

- véges számú szimuláció
- kimeneti értékek alapján hipotézis vizsgálat

## Statisztikai modellellenőrzés

- Legyen  $X$  egy sztochasztikus folyamat
- $\gamma$  lineáris temporális logikai (LTL) kifejezés
- A nullhipotézis:

$$H_0 : P(X | = \gamma) \geq \phi$$

- Esetlegesen indifferens tartomány ( $\delta$ )
- ezek alapján

$$H_0 : P(X | = \gamma) \geq \phi + \delta, \text{ illetve } H_1 : P(X | = \gamma) \leq \phi - \delta$$

- Összevonva:  $|P(X | = \gamma) - \phi| < \delta$



## Eredmények

LTL formula	$I$ (s)	$\prec p$	$T_{ZASP}$	$T_{CWSP}$	Confidence	$\delta$	Time (s)
$\diamond_I ( T_{ZA} - T_{ZASP}  \leq 1) \prec p$	[0, 200]	$\geq 0.98$	20	17	0.95	0.05	1.874
	[0, 3,000]	$\geq 0.98$	20	17	0.95	0.05	1.968
	[0, 3,000]	$\geq 0.98$	25	20	0.95	0.05	1.307
	[0, 3,000]	$\geq 0.98$	25	20	0.995	0.005	1.647
	[0, 3,000]	$\geq 0.998$	25	20	0.9995	0.0005	2.011

ábra: Eredmények I.

## Eredmények

LTL formula	$I$ (s)	Max (kWh)	Confidence	$\delta$	# Runs	Time (s)	Pr
$\diamond_I (P_W \geq \text{Max})$	[0, 500]	1.5	0.95	0.05	738	53.185	[0, 0.05]
	[0, 1,000]	1.5	0.95	0.05	738	108.872	[0, 0.0744]
	[0, 3,000]	1.5	0.95	0.05	738	259.849	[0.338, 0.438]
	[0, 3,000]	2	0.95	0.05	738	258.456	[0.329, 0.429]
	[0, 3,000]	2.5	0.95	0.05	738	259.671	[0.314, 0.414]
	[0, 3,000]	2	0.995	0.05	1,199	424.564	[0.316, 0.416]
	[0, 3,000]	2	0.95	0.005	73,778	25,824.784	[0.369, 0.379]

ábra: Eredmények II.

# Összefoglalás

- Egy microgrid modellezése és ellenőrzése
- SHA alkalmazása
- Hipotézisvizsgálat
- UPPAAL-SMC

Köszönöm a figyelmet!