



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΠΜΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ Β' :
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ
ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ

Προηγμένα Συστήματα Κατεργασιών
(CIM-INDUSTRY 4.0)

Χρονισμένο Δίκτυο Petri για την προσομοίωση του ελέγχου ευέλικτου
συστήματος κατεργασιών

<i>Συμμετέχοντες</i>	<i>ΑΜ</i>
Γιώργος Κασσαβετάκης	02121203
Γιώργος Κρομμύδας	02121208
Λάμπης Παπακώστας	02121211

Ανάλυση Συστήματος

Κατά την μοντελοποίηση του συστήματος εξετάσαμε τις P-αναλλοιώτες και τις T-αναλλοιώτες, έτσι ώστε να προσδιορίσουμε την προσβασιμότητα στις καταστάσεις, να υπάρχει φραγμένη λύση και να μην εμφανίζεται αδιέξοδος.

Λόγω αδυναμίας του προγράμματος για εύρεση των εξισώσεων, η ανάλυση του δικτύου έγινε στο αρχικό δίκτυο.

Σύμφωνα με την ανάλυση που εφαρμόστηκε αντικρίσαμε πως το δίκτυο διαθέτει μόνο θετικές T-αναλλοιώτες. Έτσι μπορούμε να προσδιορίσουμε αν είναι φραγμένο το δίκτυο. Μετά το πέρας των κατεργασιών, δεν υπάρχει άλλη είσοδος στο δίκτυο. Κατά την ανάλυση των P-αναλλοιώτων παρατηρήθηκε πως το δίκτυο περιέχει θετικές P-αναλλοιώτες. Συνεπώς, έτσι μπορούμε να δείξουμε πως δεν εμφανίζει αδιέξοδο, καθώς προκύπτουν και οι T-αναλλοιώτες και οι P-αναλλοιώτες θετικές. Επιπλέον, οι πίνακες που προκύπτουν και για τις δύο αναλύσεις εμφανίζονται αρχείο **Invariants_Analysis_Recharge.html**. Οι εξισώσεις που προκύπτουν παρατίθενται παρακάτω.

$$M(F1_M2_Not_Ready) + M(F1_M2_Ready) + M(F1_RGV_Not_Ready) + M(F1_RGV_Ready) + M(F1_RGV_To_TC) + M(F1_RGV_To_Tout) + M(F1_TC_Done) + M(F1_TC_In_Use) + M(F1_TC_Loading) + M(F1_TC_To_RGV) + M(F1_TC_Unloading) + M(F1_Tin) + M(F1_Tin_To_RGV) + M(F1_Tout) = 8$$

$$M(F2_M1_Not_Ready) + M(F2_M1_Ready) + M(F2_M2_Not_Ready) + M(F2_M2_Ready) + M(F2_RGV_Almost_Ready) + M(F2_RGV_Not_Ready) + M(F2_RGV_Ready) + M(F2_RGV_To_TC) + M(F2_RGV_To_Tout2) + M(F2_RGV_To_VMC) + M(F2_TC_Done) + M(F2_TC_In_Use) + M(F2_TC_Loading) + M(F2_TC_To_RGV) + M(F2_TC_Unloading) + M(F2_Tin) + M(F2_Tin_To_RGV) + M(F2_Tout) + M(F2_VMC_Done) + M(F2_VMC_In_Use) + M(F2_VMC_Loading) + M(F2_VMC_To_RGV) + M(F2_VMC_Unloading) = 12$$

$$M(F3_M1_Not_Ready) + M(F3_M1_Ready) + M(F3_RGV_Not_Ready) + M(F3_RGV_Ready) + M(F3_RGV_to_Tout) + M(F3_RGV_To_VMC) + M(F3_Tin) + M(F3_Tin_To_RGV) + M(F3_Tout) + M(F3_VMC_Done) + M(F3_VMC_In_Use) + M(F3_VMC_Loading) + M(F3_VMC_To_RGV) + M(F3_VMC_Unloading) = 4$$

$$M(F2_M1_Ready) + M(F2_VMC_To_RGV) + M(F2_VMC_Unloading) + M(F3_M1_Ready) + M(F3_VMC_To_RGV) + M(F3_VMC_Unloading) + M(M1_Done_Space_available) = 1$$

$$M(F2_M1_Not_Ready) + M(F2_RGV_To_VMC) + M(F2_VMC_Loading) + M(F3_M1_Not_Ready) + M(F3_RGV_To_VMC) + M(F3_VMC_Loading) + M(M1_Undone_Space_available) = 2$$

$$M(F1_M2_Ready) + M(F1_TC_To_RGV) + M(F1_TC_Unloading) + M(F2_M2_Ready) + M(F2_TC_To_RGV) + M(F2_TC_Unloading) + M(M2_Done_Space_available) = 1$$

$$M(F1_M2_Not_Ready) + M(F1_RGV_To_TC) + M(F1_TC_Loading) + M(F2_M2_Not_Ready) + M(F2_RGV_To_TC) + M(F2_TC_Loading) + M(M2_Undone_Space_available) = 2$$

$$M(F1_RGV_Not_Ready) + M(F1_RGV_Ready) + M(F1_RGV_To_TC) + M(F1_RGV_To_Tout) + M(F1_TC_To_RGV) + M(F1_Tin_To_RGV) + M(F2_RGV_Almost_Ready) + M(F2_RGV_Not_Ready) + M(F2_RGV_Ready) + M(F2_RGV_To_TC) + M(F2_RGV_To_Tout2) + M(F2_RGV_To_VMC) + M(F2_TC_To_RGV) + M(F2_Tin_To_RGV) + M(F2_VMC_To_RGV) + M(F3_RGV_Not_Ready) + M(F3_RGV_Ready) + M(F3_RGV_to_Tout) + M(F3_RGV_To_VMC) + M(F3_Tin_To_RGV) + M(F3_VMC_To_RGV) + M(RGV_Space_Available) = 3$$

$$M(F1_RGV_To_TC) + M(F1_RGV_To_Tout) + M(F1_TC_To_RGV) + M(F1_Tin_To_RGV) +$$

$M(F2_RGV_To_TC) + M(F2_RGV_To_Tout2) + M(F2_RGV_To_VMC) + M(F2_TC_To_RGV) + M(F2_Tin_To_RGV) + M(F2_VMC_To_RGV) + M(F3_RGV_to_Tout) + M(F3_Tin_To_RGV) + M(F3_VMC_To_RGV) + M(RGV_Parking) + M(RGV_Parking_Charging) + M(RGV_Parking_To_TC) + M(RGV_TC) + M(RGV_TC_To_VMC) + M(RGV_Tin) + M(RGV_Tin_Jobs_Finished) + M(RGV_Tin_To_Parking) + M(RGV_Tin_To_Tout) + M(RGV_Tin_To_VMC) + M(RGV_Tout) + M(RGV_Tout_To_Tin) + M(RGV_VMC) + M(RGV_VMC_Jobs_Finished) + M(RGV_VMC_To_TC) + M(RGV_VMC_To_Tin) = 1$
$M(F1_TC_Done) + M(F1_TC_In_Use) + M(F1_TC_Loading) + M(F1_TC_Unloading) + M(F2_TC_Done) + M(F2_TC_In_Use) + M(F2_TC_Loading) + M(F2_TC_Unloading) + M(TC_Available) = 1$ $M(F1_RGV_To_Tout) + M(F1_Tout) + M(F2_RGV_To_Tout2) + M(F2_Tout) + M(F3_RGV_to_Tout) + M(F3_Tout) + M(Tout_Space_Available) = 24$
$M(RGV_Parking) + M(RGV_Parking_Charging) + M(RGV_Tin_To_Parking) + M(Visit_0) + M(Visit_1) + M(Visit_2) + M(Visit_3) + M(Visit_4) = 1$
$M(F1_RGV_To_TC) + M(F1_TC_To_RGV) + M(F2_RGV_To_TC) + M(F2_RGV_To_VMC) + M(F2_TC_To_RGV) + M(F2_VMC_To_RGV) + M(F3_VMC_To_RGV) + M(RGV_Parking) + M(RGV_Parking_Charging) + M(RGV_Parking_To_TC) + M(RGV_TC) + M(RGV_TC_To_VMC) + M(RGV_Tin_To_Parking) + M(RGV_Tin_To_VMC) + M(RGV_VMC) + M(RGV_VMC_Jobs_Finished) + M(RGV_VMC_To_TC) + M(RGV_VMC_To_Tin) + M(Visit_4) + M(Visit_Calculated) + M(Visit_New) = 1$
$M(F2_VMC_Done) + M(F2_VMC_In_Use) + M(F2_VMC_Loading) + M(F2_VMC_Unloading) + M(F3_VMC_Done) + M(F3_VMC_In_Use) + M(F3_VMC_Loading) + M(F3_VMC_Unloading) + M(VMC_Available) = 1$

Στην τελική μοντελοποίηση έχει αφαιρεθεί η ανάδραση των τεμαχίων, καθώς κατά το πέρας της επεξεργασίας όλα τα κατεργασμένα τεμάχια δεν πρέπει να επιστρέφουν στην αρχική τους θέση. Έτσι, θα προκύψει ένα φυσικό αδιέξοδο κατά την μοντελοποίηση. Αναλυτικότερα, αυτό που προκύπτει είναι πως οι T-αναλλοίωτες δεν θα έχουν πάντα θετικές τιμές, καθώς δεν θα υπάρξουν άλλα τεμάχια στην αποθήκη εισόδου. Οι P-αναλλοίωτες ωστόσο παραμένουν ίδιες και θετικές, με τις εξισώσεις να μην τροποποιούνται. Στο τέλος, το RGV δεν έχει κάποια διαδρομή να ακολουθήσει καθώς έχουν παραδοθεί όλα τα τεμάχια στην αποθήκη εξόδου. Έτσι τερματίζεται η διαδικασία με το RGV να βρίσκεται μπροστά από την αποθήκη Tin.

Το φυσικό αδιέξοδο αποτελείται από θέσεις που περιέχουν μηδενικά κουπόνια με διαφορά τις θέσεις που εμφανίζονται παρακάτω.

Αριθμός	Θέση στο Δίκτυο	Τελικά Κουπόνια	Χωρητικότητα
1	F1_Tout	8	8
2	F2_Tout	12	12
3	F3_Tout	4	4
4	Visit_Calculated	1	1
5	Visit_i (i=0 ή 1 ή 2 ή 3)	1	1
6	RGV_Tin_Jobs_Finished	1	1
7	RGV_Space_Available	3	3

Αριθμός	Θέση στο Δίκτυο	Τελικά Κουπόνια	Χωρητικότητα
8	Tout_Space_Available	0	24
9	TC_Available	1	1
10	VMC_Available	1	1
10	M2_Undone_Space_Available	2	2
11	M2_Done_Space_Available	1	1
12	M1_Undone_Space_Available	2	2
13	M1_Done_Space_Available	1	1

Η αρχική μοντελοποίηση του συστήματος καθώς δεν διαθέτει έλεγχο της θέσης του RGV μπορεί να εγκλωβιστεί στην παρακάτω κατάσταση:

- Όλες οι θέσεις του RGV να είναι δεσμευμένες με μη κατεργασμένα τεμάχια
- Όλες οι θέσεις των M1 και M2 να είναι δεσμευμένες από τα ανάλογα τεμάχια
- Η μηχανές TC και VMC διαθέτουν τεμάχιο έτοιμο για εκφόρτωση αλλά δεν μπορούν να εκφορτώσουν στο αντίστοιχο magazine καθώς η θέση για κατεργασμένα τεμάχια είναι δεσμευμένη

Στην περίπτωση αυτή, το σύστημα RGV εγκλωβίζεται στην άσκοπη μετακίνηση από θέση σε θέση χωρίς να μπορεί να ολοκληρώσει την παραγωγική διαδικασία. Παρόλο που η φυσική διεργασία δεν φτάνει σε τέλος, το δίκτυο δεν διαθέτει αδιέξοδο πέρα από το φυσικό, ενώ η τροποποίηση του δικτύου με ανατροφοδότηση της εισόδου δεν διαθέτει κανένα αδιέξοδο.

Με βάση τα παραπάνω, η τελική υλοποίηση (με έλεγχο θέσης του RGV), διαθέτει μόνο το φυσικό και επιθυμητό αδιέξοδο. Αυτό συμβαίνει διότι σε κάθε θέση που καταφθάνει το RGV γίνονται όλες οι δυνατές ενέργειες και έτσι δεν πρόκειται να μην αποφορτωθεί το M1 ή το M2 αν αυτό μπορεί να συμβεί, αποτρέποντας έτσι τον εγκλωβισμό έτοιμου τεμαχίου στην μηχανή TC ή στην μηχανή VMC. Έτσι, αποτρέπεται το παραπάνω φαινόμενο της αρχικής μοντελοποίησης.