

CAPACIDADES DE ESPECIFICACION, ANALISIS Y VERIFICACION DE PROPIEDADES DE SUPERVIVENCIA Y VITALIDAD DE SISTEMAS DISTRIBUIDOS SINERGICOS DEL ESCENARIO SINERGIA_w.

Páez, Charles R. y León, Leandro R.⁸

RESUMEN

La especificación, análisis y verificación de propiedades de supervivencia y de vitalidad de sistemas distribuidos sinérgicos son capacidades principales del escenario SINERGIA_w. El modelo de especificación es una extensión de la red de N MEF comunicantes a través de C canales unidireccionales PEPS contorneados. La técnica de análisis y verificación de la propiedad de progreso infinito utilizada se basa en el producto cartesiano de los N automatas determinísticos. El sistema construye un automata global M_{SPS} al cual identifica cualquier error de diseño que impida la supervivencia del sistema. La técnica de análisis y verificación de la propiedad de realización de servicios infinitamente a menudo se basa en la teoría de lenguajes_w de McNaughton y en el modelo teorico de sistemas distribuidos como una población linguistica_w de C par-sinergones de Páez. En consecuencia, SINERGIA_w desarrolla el modelo matematico del sistema distribuido como un vector H_w de historia infinita del automata global y un matriz L_w de lenguajes_w asociados a cada canal de acciones atómicas sinérgicas que realizan un pase de mensajes asociado a un par-sinergon. Se ilustran las capacidades del escenario usando un convertidor de protocolos de comunicación de Lam.

Palabras Claves: Supervivencia, Vitalidad, Lenguajes_w, Sistemas Distribuidos Sinérgicos.

(8) Dirección Presente de Autores : Centro de Estudios en Microcomputación y Sistemas Digitales CENISID
Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela; 5101

I. ESPECIFICACION DE SISTEMAS DISTRIBUIDOS SINERGÉSICOS

En principio, un sistema distribuido sinérgico es concebido como una colección de N sinérgicos M_i donde $i=0,1,\dots,(N-1)$ y una relación de sinergia topológica T entre ellos.

Un sinérgico M_i es un constructo abstracto de computación en relación de sinergia topológica con otros sinérgicos M_j en el sistema y se define como una sextupla

$$M_i = \langle S_i, \Sigma_i, \delta_i, s_{i1}, F_i, P_i \rangle$$

donde S_i es el conjunto finito, no vacío de estados internos, E_i es el alfabeto finito de acciones atómicas sinérgicas en las cuales participa M_i , δ_i es la función sucesor definida como :

$$\delta_i : S_i \times \Sigma_i \rightarrow S_i$$

s_{i1} es el estado interno inicial, miembro de S_i . F_i es un subconjunto de estados internos finales, $F_i \subseteq S_i$ y P_i es un vector columna binario ($1 \times N$) que especifica la relación de sinergia topológica existente entre el sinérgico M_i y los $(N-1)$ sinérgicos M_j co-existentes.

$$P_i = [p_{i0}, \dots, p_{ij}, \dots, p_{iN}]^T$$

donde cada elemento p_{ij} no-cero indica la existencia de un canal de comunicación c_{ij} asociado a un alfabeto E_{ij} finito de acciones atómicas sinérgicas $G_{ij}; m_k; A_{ij}$ (1) de naturaleza unidireccionales, PEPS, contorneados a una profundidad p de acciones atómicas sinérgicas en cola y libre de error. La

(1) G_{ij} es una gramática regular de izquierda a derecha que genera el lenguaje L_{ij} sobre $\Sigma_{ij} = \{a_k \mid k = k_1, k_2, \dots, k_n\}$ y A_{ij} es un autómata aceptador de L_{ij} . En principio el par-sinérgico será indicado mediante $M_i; L_{ij}; D_j$

especificación de un elemento p_{ij} cero es indicativo a la ausencia de relación de sinergia topológica entre los sinergones M_i y M_j y por lo tanto de inexistencia de canal de comunicaciones entre ellos.

De este modo, un sistema distribuido sinérgico es especificado como una colección de N sinergones M_i para $i=0,1,\dots,(N-1)$ y una matriz $N \times N$ de sinergia topológica T :

$$SDS : \langle M_0, \dots, M_i, \dots, M_{N-1}, T \rangle$$

donde

$$M_0 = \langle S_0, \bar{S}_0, \bar{C}_0, SI_0, F_0, P_0 \rangle$$

$$\dots \quad M_i = \langle S_i, \bar{S}_i, \bar{C}_i, SI_i, F_i, P_i \rangle$$

$$\dots \quad M_{N-1} = \langle S_{N-1}, \bar{S}_{N-1}, \bar{C}_{N-1}, SI_{N-1}, F_{N-1}, P_{N-1} \rangle$$

y

$$T = [P_0 \dots P_i \dots P_{N-1}]$$

y C es el numero de elementos no-cero p_{ij} en la matriz T en el rango $C : [(N-1) .. 2^{N(N-1)} - 1]$ y p_{ij} es un entero positivo pequeño.

El escenario SINERGIA_w permite la especificación de un sistema distribuido sinérgico en estos terminos. La Figura 1 ilustra el convertidor de protocolo de enlace de dato IBMBSC a BITALTERNO [LAM-88]. En nuestro modelo el SDS_LAMCP2 consiste de :

$$SDS_LAMCP2 : \langle M_0, M_1, M_2, T \rangle$$

donde la matriz de relación de sinergia topológica viene dada por

$$T = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

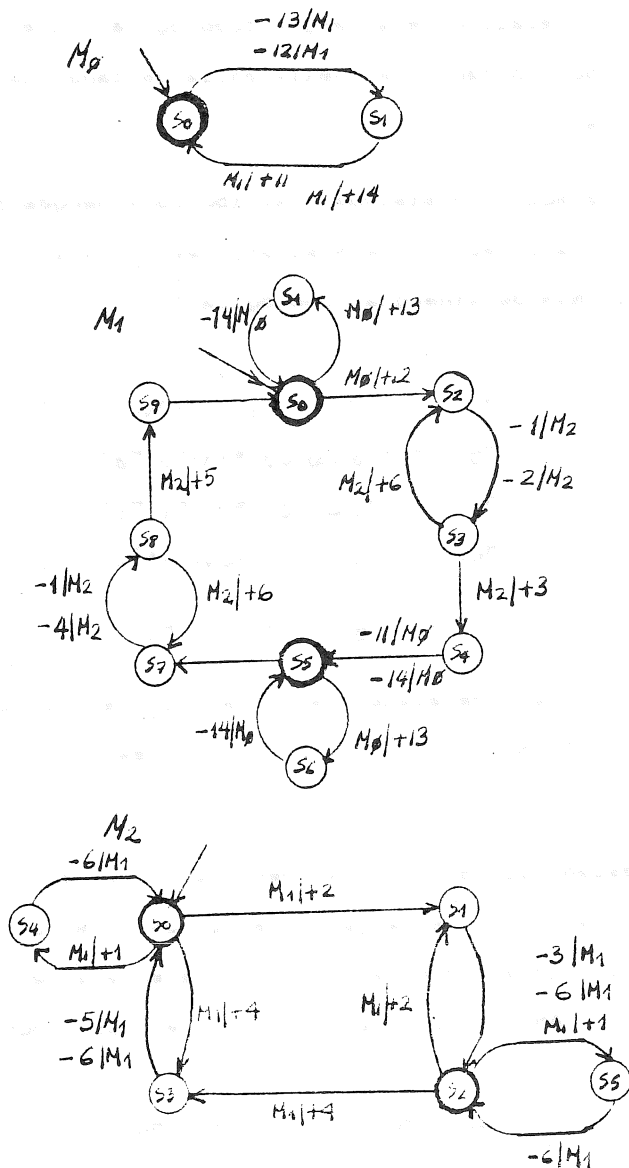


Figura 1 Especificación Convertidor Protocolo de Comunicación
IBMBSC a BITALTERNO : SDS-LAMCP2 [LAM-88]

y donde los sinergones M_0 , M_1 y M_2 se especifican como :

$M_0 = \langle S_0, \bar{\Sigma}_0, \delta_0, SI_0, F_0, P_0 \rangle$, donde $S_0 = \{s_0, s_1\}$, $SI_0 = \{s_0\}$ $F_0 = \{s_0\}$, $P_0 = [0, 1, 0]^T$, $\bar{\Sigma}_0 = \bar{\Sigma}_{01} \cup \bar{\Sigma}_{10} = \{M_0:12:M_1, M_0:13:M_1\} \cup \{M_1:11:M_0, M_1:14:M_0\}$.

$M_1 = \langle S_1, \bar{\Sigma}_1, \delta_1, SI_1, F_1, P_1 \rangle$, donde $S_1 = \{s_0, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6, s_7, s_8, s_9\}$, $SI_1 = \{s_0\}$, $F_1 = \{s_0, s_5\}$, $P_1 = [1, 0, 1]^T$, $\bar{\Sigma}_1 = \bar{\Sigma}_{10} \cup \bar{\Sigma}_{12} \cup \bar{\Sigma}_{01} \cup \bar{\Sigma}_{21} = \{M_1:11:M_0, M_1:14:M_0\} \cup \{M_1:11:M_2, M_1:12:M_2, M_1:14:M_2\} \cup \{M_0:12:M_1, M_0:13:M_1\} \cup \{M_2:3:M_1, M_2:5:M_1, M_2:6:M_1\}$ y

$M_2 = \langle S_2, \bar{\Sigma}_2, \delta_2, SI_2, F_2, P_2 \rangle$ donde $S_2 = \{s_0, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5\}$, $SI_2 = \{s_0\}$ $F_2 = \{s_0, s_2\}$, $P_2 = [0, 1, 0]^T$, $\bar{\Sigma}_2 = \bar{\Sigma}_{21} \cup \bar{\Sigma}_{12} = \{M_2:3:M_1, M_2:5:M_1, M_2:6:M_1\} \cup \{M_1:11:M_2, M_1:12:M_2, M_1:14:M_2\}$ y las funciones sucesor δ_0, δ_1 y δ_2 se muestran como diagramas de estado en la Figura 2.

La verificación de la conectividad fuerte entre cada uno de los estados internos de un sinergón M_i se hace mediante la visualización del árbol de alcance con raíz SI_i y similarmente la sinergesis de M_i se realiza mediante el cómputo del árbol de acciones atómicas sinérgicas con raíz silencio τ . La Figura 3 muestra los árboles asociados al sinergón M_1 que permiten comprobar su conectividad fuerte y la sucesión de acciones atómicas sinérgicas en las cuales está comprometido.

Reporte estados Sinergon M1 LANCP2.SDS

S00 V/F/02/02 :
 S00S01:+13;N0 S00S02:+12;N0
 S01 V/T/01/01 :
 S01S00:-14;N0
 S02 V/T/02/02 :
 S02S03:-01;N2 S02S03:-02;N2
 S03 V/T/02/02 :
 S03S02:+04;N2 S03S04:+03;N2
 S04 V/T/02/02 :
 S04S05:-11;N0 S04S05:-14;N0
 S05 V/F/02/02 :
 S05S06:+13;N0 S05S07:+12;N0
 S06 V/T/01/01 :
 S06S05:-14;N0
 S07 V/T/02/02 :
 S07S00:-01;N2 S07S00:-04;N2
 S08 V/T/02/02 :
 S08S07:+04;N2 S08S09:+05;N2
 S09 V/T/02/02 :
 S09S00:-11;N0 S09S00:-14;N0

Reporte estados Sinergon M0 LANCP2.SDS

S00 V/F/02/02 :
 S00S01:-12;N1 S00S01:-13;N1
 S01 V/T/02/02 :
 S01S00:+11;N1 S01S00:+14;N1

Reporte estados Sinergon M2 LANCP2.SDS

S00 V/F/03/03 :
 S00S04:+01;N1 S00S01:+02;N1 S00S03:+04;N1
 S01 V/T/02/02 :
 S01S02:-03;N1 S01S02:-04;N1
 S02 V/F/03/03 :
 S02S03:+04;N1 S02S01:+02;N1 S02S05:+01;N1
 S03 V/T/02/02 :
 S03S00:-05;N1 S03S00:-04;N1
 S04 V/T/01/01 :
 S04S00:-04;N1
 S05 V/T/01/01 :
 S05S02:-04;N1

Figura 2 Funciones Sucesor 0, 1 Y 2

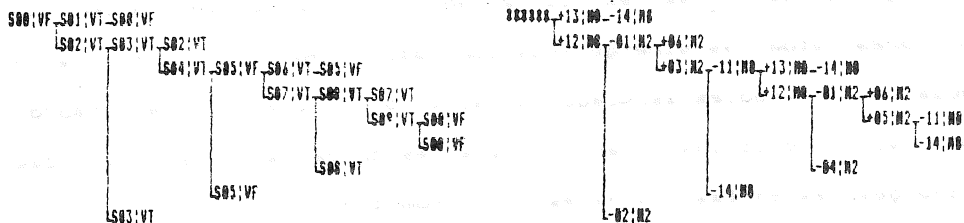


Figura 3. Arbol de Alcance y Arbol de Acciones Atómicas de M₁

II. ANALISIS Y VERIFICACION DE PROPIEDAD DE SUPERVIVENCIA

La técnica sintáctica de análisis y verificación de la propiedad de supervivencia o progreso infinito del SDS utiliza el análisis de perturbaciones [ZAF-80]. Su objetivo es la verificación de la ausencia de errores de diseño que impidan el progreso infinito en la evolución del SDS. Para ello, se adopta una extensión del concepto de producto cartesiano de dos automatas [RAB-56].

Ello nos permite concebir a un SDS como un sinergón global M_{SDS} equivalente a la colección de $M_i = \langle S_i, \Sigma_i, \delta_i, sI_i, F_i, P_i \rangle$ para $i = 0, 1, \dots, N$ sinergones y a la relación de sinergia topológica $T = [P_1, P_2, \dots, P_N]$ con C elementos no-cero.

Entonces, un sistema distribuido sinérgico SDS es definido mediante el producto directo de los N sinergones según T

$$M_{SDS} = M_1 \times M_2 \times \dots \times M_N$$

que es a su vez un sinergón global M_{SDS} definido por

$$M_{SDS} : \langle SS, \Sigma, \delta, sI, FF, T \rangle$$

donde $SS = S_1 \times S_2 \times \dots \times S_N$ es el conjunto finito de estados internos globales del sistema, $\Sigma = \bigcup_{i=1}^N \Sigma_i$ es el alfabeto de acciones atómicas sinérgicas del sistema global que especifica las acciones atómicas de cada uno de los C canales unidireccionales PEPS, con-
torneados c_{ij} ; $sI = [sI_1, sI_2, \dots, sI_N]$ es el estado inicial del sistema distribuido, $FF = F_1 \times F_2 \times \dots \times F_N$ es el conjunto de estados

finales del sistema donde todo $ss_i \in FF$ es visitado infinitamente a menudo, $T = [P_1, P_2, \dots, P_N]$ es la matriz topológica del sistema con C elementos no-cero y $\delta\delta = \delta_1 \times \delta_2 \times \dots \times \delta_N$ es la función sucesor del sistema definida como :

$$\delta\delta : SS \times \dots \rightarrow SS$$

Dado que, la matriz topologica del sistema T posee C elementos no-cero ($i \neq j$, $p_{ij} \neq 0$), existen C canales de comunicación unidireccionales c_{ij} entre pares de sinergones M_i, M_j , PEPS, contorneados a una profundidad p de acciones atómicas sinérgicas y libres de error.

SINERGIA_w es capaz de computar el sinergón global M_{SDS} y presentarlo en forma de grafo global de sinergia que es un listado de todos los estados sinérgicos globales SS_i asociados al par de la N -tupla de estados internos de cada sinergón en el sistemas $s_1 \times \dots \times s_i \times \dots \times s_N$ y al C -tupla de estado de canales $[c_{0k}] \dots [c_{0p}] \dots [c_{Nm}]$ del sistema distribuido, donde $p_{0k}, \dots, p_{0p}, \dots, p_{Nm}$ son todos elementos no-cero en T . A cada estado sinérgico global SS_i se le asocia la tipificación del estado en lo que a progreso infinito se refiere. Mientras sea un estado vivo - que admite progreso - o un estado final - que realiza un servicio - se dice que el estado garantiza la supervivencia del sistema hacia los estados sinérgicos globales sucesor que se listan a continuación. Una segunda alternativa es mostrarlo en forma de arbol global de sinergia con raíz SS_0 : $ss1, ss2, \dots, ssN$ [σ]... [σ]... [σ].

El resultado de este análisis de alcanzabilidad del sistema SDS_LAMCP2 en el escenario $SINERGIA_w$ permite la construcción de

un árbol global de sinergia mostrado en la Figura 4. La información correspondiente a cada estado sinérgico global se muestra en la Tabla 1 donde se lista para cada estado

$$ss_j = s_{i_0}s_{i_1}s_{i_2} [c_{1_0}][c_{0_1}][c_{2_1}][c_{1_2}] \text{ EG sucesores-}ss_j$$

donde ss_j es el j^{mo} estado sinérgico global que se asocia a la N-tupla de estados internos $[s_{i_0}, s_{i_1}, s_{i_2}]$ de cada uno de los sinergones donde $s_{i_0} \in S_0$, $s_{i_1} \in S_1$ y $s_{i_2} \in S_2$ y al estado de cada uno de los c canales del sistema $[c_{1_0}][c_{0_1}][c_{2_1}][c_{1_2}]$ asociados a los elementos $p_{ij} \neq 0$ en T . EG define la propiedad de supervivencia exhibida por el estado global dado que $EG = \{EI, EV, EM, EF, AI, NE\}$ donde EV indica estado vivo, EI estado inicial, EF estado final ($ss_j \in FF$), EM estado muerto, AI estado con acción inesperada, y NE estado n-estable.

En consecuencia, un sistema distribuido sinérgico D exhibe progreso infinito si y solo si EI es un conjunto unitario, $EF \neq \{\emptyset\}$, $EM = \{\emptyset\}$, $AI = \{\emptyset\}$ y todo $ss_j \in EV \cup EF$.

La Figura 5 muestra las capacidades de análisis y verificación de la propiedad de supervivencia para el protocolo-caso de Zafiropulo et.al. [ZAF-80] en el cual se identifican situaciones múltiples de saturación de canales, estados muertos, recepciones inesperadas, N-tuplas estables, ambigüedades de estados globales e iteraciones no-ejecutables.

TABLA 1 ESTADOS SINERGICOS GLOBALES DE SDS_LAMCP2

S00000 S0000000 EF [00][00][00][00] N0/-12/N1;S00001 N0/-13/N1;S00036
 S00001 S01S00500 EV [12][00][00][00] N0/+12/N1;S00002
 S00002 S01S02500 EV [00][00][00][00] N1/-01/N2;S00003 N1/-02/N2;S00004
 S00003 S01S03500 EV [00][00][01][00] N1/+01/N2;S00004
 S00004 S01S03504 EV [00][00][00][00] N2/-06/N1;S00005
 S00005 S01S03500 EV [00][00][00][04] N2/+06/N1;S00002
 S00006 S01S03500 EV [00][00][02][00] N1/+02/N2;S00007
 S00007 S01S03501 EV [00][00][00][00] N2/-03/N1;S00000 N2/-06/N1;S00031
 S00008 S01S03502 EV [00][00][00][03] N2/+03/N1;S00009
 S00009 S01S04502 EV [00][00][00][00] N1/-11/N0;S00010 N1/-14/N0;S00030
 S00010 S01S05502 EV [00][11][00][00] N1/+11/N0;S00011
 S00011 S00S03502 EF [00][00][00][00] N0/-12/N1;S00012 N0/-13/N1;S00030
 S00012 S01S05502 EV [12][00][00][00] N0/+12/N1;S00013
 S00013 S01S07502 EV [00][00][00][00] N1/-01/N2;S00014 N1/-04/N2;S00017
 S00014 S01S00502 EV [00][00][01][00] N1/+01/N2;S00015
 S00015 S01S00505 EV [00][00][00][00] N2/-06/N1;S00016
 S00016 S01S00502 EV [00][00][00][04] N2/+06/N1;S00013
 S00017 S01S00502 EV [00][00][04][00] N1/+04/N2;S00018
 S00018 S01S00503 EV [00][00][00][00] N2/-05/N1;S00019 N2/-06/N1;S00023
 S00019 S01S00500 EV [00][00][00][05] N2/+05/N1;S00020
 S00020 S01S09500 EV [00][00][00][00] N1/-11/N0;S00021 N1/-14/N0;S00022
 S00021 S01S00500 EV [00][11][00][00] N1/+11/N0;S00000
 S00022 S01S00500 EV [00][14][00][00] N1/+14/N0;S00000
 S00023 S01S00500 EV [00][00][00][04] N2/+06/N1;S00024
 S00024 S01S07500 EV [00][00][00][00] N1/-01/N2;S00025 N1/-04/N2;S00027
 S00025 S01S00500 EV [00][00][01][00] N1/+01/N2;S00026
 S00026 S01S00504 EV [00][00][00][00] N2/-06/N1;S00023
 S00027 S01S00500 EV [00][00][04][00] N1/+04/N2;S00018
 S00028 S01S05502 EV [13][00][00][00] N0/+13/N1;S00029
 S00029 S01S04502 EV [00][00][00][00] N1/-14/N0;S00030
 S00030 S01S05502 EV [00][14][00][00] N1/+14/N0;S00011
 S00031 S01S03502 EV [00][00][00][04] N2/+06/N1;S00032
 S00032 S01S02502 EV [00][00][00][00] N1/-01/N2;S00033 N1/-02/N2;S00035
 S00033 S01S03502 EV [00][00][01][00] N1/+01/N2;S00034
 S00034 S01S03505 EV [00][00][00][00] N2/-06/N1;S00031
 S00035 S01S03502 EV [00][00][02][00] N1/+02/N2;S00007
 S00036 S01S00500 EV [13][00][00][00] N0/+13/N1;S00037
 S00037 S01S01500 EV [00][00][00][00] N1/-14/N0;S00022

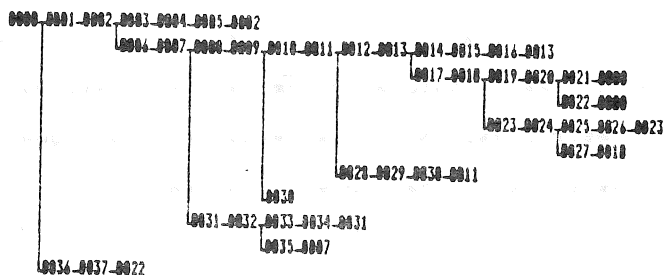


Figura 4 Arbol Global de Sinergia de SDS_LAMCP2

SS0000 S00500 EV [00 00 00][00 00 00] H0/-01/N1;SS0001 H1/-03/H0;SS0014
 SS0001 S01500 EV [01 00 00][00 00 00] H0/+01/N1;SS0002 H0/-02/N1;SS0009 H1/-03/H0;SS0017
 SS0002 S01502 EV [00 00 00][00 00 00] H0/-02/N1;SS0003
 SS0003 S02502 EV [02 00 00][00 00 00] H0/+02/N1;SS0004
 SS0004 S02500 EV [00 00 00][00 00 00] H1/-03/H0;SS0005
 SS0005 S02501 EV [00 00 00][03 00 00] H1/+03/H0;SS0006
 SS0006 S00501 EV [00 00 00][00 00 00] H0/-01/N1;SS0007
 SS0007 S01501 EV [01 00 00][00 00 00] H0/+01/N1;SS0002 H0/-02/N1;SS0000
 SS0008 S02501 EV [01 02 00][00 00 00] H0/+01/N1;SS0003
 SS0009 S02500 EV [01 02 00][00 00 00] H0/+01/N1;SS0003 H1/-03/H0;SS0010
 SS0010 S02501 EV [01 02 00][03 00 00] H0/+01/N1;SS0011 H1/+03/H0;SS0024
 SS0011 S02502 EV [02 00 00][03 00 00] H0/+02/N1;SS0012 H1/+03/H0;SS0021
 SS0012 S02500 EV [00 00 00][03 00 00] H1/+03/H0;SS0000 H1/-03/H0;SS0013
 SS0013 S02501 EV [00 00 00][03 03 00] H1/+03/H0;SS0014
 SS0014 S00501 EV [00 00 00][03 00 00] H1/+03/H0;SS0015 H0/-01/N1;SS0017
 SS0015 S01501 EV [00 00 00][00 00 00] H0/-02/N1;SS0016
 SS0016 S02501 RE [02 00 00][00 00 00]
 SS0017 S01501 EV [01 00 00][03 00 00] H0/+01/N1;SS0018 H1/+03/H0;SS0020 H0/-02/N1;SS0010
 SS0018 S01502 EV [00 00 00][03 00 00] H1/+03/H0;SS0019 H0/-02/N1;SS0011
 SS0019 S02502 EN [00 00 00][00 00 00]
 SS0020 S02501 EV [01 00 00][00 00 00] H0/+01/N1;SS0019
 SS0021 S00502 EV [02 00 00][00 00 00] H0/+02/N1;SS0000 H0/-01/N1;SS0022
 SS0022 S01502 EV [02 01 00][00 00 00] H0/+02/N1;SS0001 H0/-02/N1;SS0023
 SS0023 S02502 EV [02 01 02][00 00 00] H0/+02/N1;SS0009
 SS0024 S00501 EV [01 02 00][00 00 00] H0/+01/N1;SS0021 H0/-01/N1;SS0025
 SS0025 S01501 EV [01 02 01][00 00 00] H0/+01/N1;SS0022 H0/-02/N1;SS0024
 SS0026 S02501 EC [01 02 02][00 00 00]

Arbol global del protocolo ZAF80F2.SDS

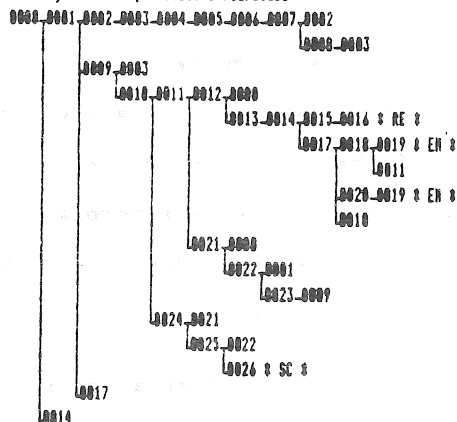


Figura 5 Verificación Supervivencia Protocolo-Caso
 Zafiropulo et.al. [ZAF-80]

III. ANALISIS Y VERIFICACION DE PROPIEDAD DE VITALIDAD

Cuando el sistema distribuido es inmortal, es decir exhibe la propiedad de supervivencia, es posible una tercera alternativa de formalización de su conducta a través de la representación sintáctica de la historia infinita del sistema distribuido sinérgico SDS. Esta propiedad puede ser descrita mediante la historia infinita de estados globales HSB que es un lenguaje_w regular H_w sobre el monoide SS^* y por la colección de los C lenguajes_w regulares $L_{w_{ij}}$ sobre $\sum_{ij}^*$ producidos/aceptados por cada par sinérgico $M_i;M_j$, donde M_j es miembro de P_i . Tales lenguajes_w $L_{w_{ij}}$ resumen la historia infinita de las secuencias de acciones atómicas sinérgicas -pase de mensajes- que se mueven a través de cada canal de comunicación c_{ij} , correspondiente al elemento $p_{ij} \neq \emptyset$ de la matriz T de sinergia topológica del sistema distribuido.

SDS : $\langle H_w, L_w \rangle$

Esta matriz L_w de lenguajes $L_{w_{ij}}$ es un observable. En consecuencia es un mecanismo sintáctico de características especiales para formalizar la conducta infinita de un sistema distribuido sinérgico, donde la sinergia del sistema es completamente determinada. Mientras que, la historia infinita de estados sinérgicos no lo es.

Es aquí donde nuestra propuesta teórica es la de concebir todo sistema distribuido sinérgico como una población lingüística de C par-sinérgico $M_i;L_{w_{ij}};M_j$, cada uno de ellos asociado a un canal de comunicaciones c_{ij} unidireccional, PEPS,

contorneado a una profundidad p de acciones atómicas sinérgicas y libres de error a través del cual se sucede entre ellos una comunicación sinérgica expresada en términos de un lenguaje w regular L_{w_i} en el sentido de McNaughton [McN-66].

El escenario SINERGIA w posee una concha de evaluación sintáctica de expresiones regulares [McN-82] y eventos w [McN-66]. Esta capacidad es utilizada para determinar las formalizaciones de la propiedad de vitalidad de un SDS.

De este modo, es posible en el escenario SINERGIA w computar el lenguaje w H_w sobre SS^* transitado por el grafo global de sinergia, expresado como :

$$H_w = (\alpha_1 \cdot \beta_1^w + \dots + \alpha_{\#(FF)} \cdot \beta_{\#(FF)}^w)$$

donde α_j es una expresión regular y β_j^w es un evento w y $\#(FF)$ es el número de estados globales finales SS_f FF .

Así, el protocolo SDS_LAMCP2 exhibe una historia infinita de estados sinérgicos globales expresado por (1) :

```
0.(((36.37.22+(1+1.(2.3.4.5)^).2.(6+6.7.(31+(31.32.33.34)^.31).32.35.((7+7.(31.32.33.34)^).31.32.35)8).7.8.9.(10+30).11.
(20.29.30.11)8.(12+12.(13.14.15.16)^).13.(17+17.10.(23+(23.24.25.26)^.23).24.27.((10+10.(23.24.25.26)^).23.24.27)8).16.1
9.20.(21+22)).0)^*(37.22)8.(1+1.(2.3.4.5)^).2.(6+6.7.(31+(31.32.33.34)^.31).32.35.((7+7.(31.32.33.34)^).31.32.35)8).7.8.
9.(10+30).11.((20.29.30+(12+12.(13.14.15.16)^).13.(17+17.10.(23+(23.24.25.26)^.23).24.27.((10+10.(23.24.25.26)^).23.24.2
7)8).10.19.20.(21+22)).0.(37.22)8.(1+1.(2.3.4.5)^).2.(6+6.7.(31+(31.32.33.34)^.31).32.35.((7+7.(31.32.33.34)^).31.32.35)8
).7.8.9.(10+30).11))^*
```

(1) El símbolo $\sim$ equivale al cierre en la primera ordinalidad infinita ω y el $\emptyset$ al cierre de Kleene.
El operador unión es el símbolo $+$; mientras que, el punto $.$ es el operador de concatenación.

Ahora bien, la tarea de verificación de la propiedad de vitalidad de un sistema distribuido inmortal debe formalizar la conducta infinita del sistema exhibiendo la propiedad de alcance de estados globales sinérgicos finales $SS_f \in FF$ de servicio infinitamente a menudo.

De este modo el sistema ya inmortal exhibe una vitalidad tal que garantiza ser útil - realización de servicios - infinitamente a menudo sin necesidad de utilizar lógica temporal.

Para ello, se propone la determinación de un grafo sintáctico de servicios que se obtiene mediante el algoritmo grafo-a-expresión [McN-82] que sistemáticamente elimina del grafo global de sinergia uno a uno de sus estados ss_k tales que $ss_k \notin SS_I$ y $ss_k \notin FF$. De este modo el grafo sintáctico de servicios es un grafo global de sinergia reducido al conjunto de estados sinérgicos globales en $\{SS_I\} \cup \{FF\}$ y donde cada arco en el grafo desde un estado ss_t a un estado ss_f , donde $ss_t, ss_f \in \{SS_I\} \cup \{FF\}$, está etiquetado por una expresión regular r_{tf} sobre Σ^* . Evidentemente que, asociado a cada expresión regular r_{tf} sobre Σ^* existe a manera de isomorfismo una expresión regular h_{tf} sobre SS^* .

El escenario SINERGIA_w exhibe la capacidad de determinar el grafo sintáctico de servicios y cada una de las expresiones regulares h_{tf} asociadas a cada transición de estados globales en el grafo y cada una de las expresiones regulares r_{tf} correspondiente

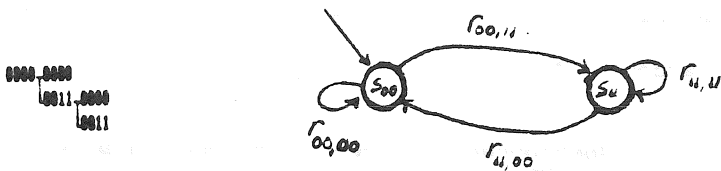


Figura 6 Grafo Sintáctico de Servicios de SDS_LAMCP2

a cada uno de los C canales de la población lingüística de par-sinergón.

Así, la Figura 6 muestra el grafo sintáctico de servicios del SDS_LAMCP2. Y a continuación se muestran los resultados del etiquetamiento asociado a cada uno de las transiciones de estado en el grafo sintáctico de servicio en lo relativo a expresiones regulares de historias de sucesores h_{tf}

Reporte Historias Sucesores

$H(0000,0000) = 0$

36.37.22.0

$H(0000,0011) = 0$

$(1+1.(2.3.4.5)^*).2.(6+6.7.(31+(31.32.33.34)^*.31).32.35.((17+7.(31.32.33.34)^*.31.32.35)8).7.8.9.(10+30).11$

$H(0011,0000) = 11$

$(12+12.(13.14.15.16)^*).13.(17+17.18.(23+(23.24.25.26)^*.23).24.27.((18+18.(23.24.25.26)^*.23.24.27)8).10.19.20.(21+22).0$

$H(0011,0011) = 11$

28.29.30.11

como de expresiones regulares de historia de acciones atómicas sinérgicas r_{tj} en cada uno de los C canales asociados a cada par-sinergón M_i, M_j .

Reporte Expresiones Regulares Globales. Canal HNM1. Profundidad 0 LANCP2.SDS

$R(0000,0000) = 0$

13.e

$R(0000,0011) = 0$

12.e

$R(0011,0000) = 11$

12.e

$R(0011,0011) = 11$

13.e

Reporte Expresiones Regulares Globales. Canal BIN6. Profundidad 0 LANCP2.SDS

$R(0000,0000) = 0$

6.14.e

$R(0000,0011) = 0$

$11+14+e.(14.e+11+14+e.14.e)$

$R(0011,0000) = 11$

$e.((11+14).e+11+14+e.14.e)$

$R(0011,0011) = 11$

6.14.e

Reporte Expresiones Regulares Globales. Canal WIN2. Profundidad 0 LANCP2.SDS

$R(0000,0000) = 0$

6

$R(0000,0011) = 0$

$(e+(e.1.e)^e).e.2.(e+(e+(e.1.e)^e).2.((e+(e.1.e)^e).e.2)0).e$

$R(0011,0000) = 11$

$(e+(e.1.e)^e).e.4.(e+(e+(e.1.e)^e).4.((e+(e.1.e)^e).e.4)0).e$

$R(0011,0011) = 11$

6

Reporte Expresiones Regulares Globales. Canal R2H1. Profundidad 0 LANCP2.SDS

$R(0000,0000) = 0$

6

$R(0000,0011) = 0$

$(e+(e.6)^e)+(e+(e.6)^e).e.(6.e)^e.(e.(6.e)^e)0).e.3.e$

$R(0011,0000) = 11$

$(e+(e.6)^e)+(e+(e.6)^e).e.(6.e)^e.(e.(6.e)^e)0).e.5.e$

$R(0011,0011) = 11$

6

En conclusión, el escenario SINERGIA_w implementa el cómputo de toda la propuesta de Páez [PAE-91] de concebir todo sistema distribuido sinérgico como una población lingüística de C par-sinergón $M_i; L_{w_{ij}}; M_j$ definida estructuralmente por la relación de sinergia topológica T , cada uno de ellos está asociado a un canal de comunicaciones c_{ij} unidireccional, PEPS, contorneado a una profundidad p de acciones atómicas sinérgicas y libres de error a través del cual se sucede entre ellos una comunicación sinérgica expresada en términos de un lenguaje_w regular $L_{w_{ij}}$ en el sentido de McNaughton [McN-66].

SDS : $\langle H_w, L_w \rangle$

La conducta en la primera ordinalidad infinita w de cada uno de los C canales c_{ij} asociados a la actividad cooperante del par-sinergón $M_i; L_{w_{ij}}; M_j$ se expresa mediante la matriz L_w de C elementos no-cero correspondiente a cada uno de los C lenguajes $L_{w_{ij}}$ asociados a cada canal c_{ij} en el sistema distribuido a través de los cuales se sucede la sucesión de acciones atómicas sinérgicas que realizan el objetivo global del sistema distribuido.

Los elementos no-cero de la matriz L_w correspondiente al sistema SDS_LAMCP2 son los siguientes :

Reporte Expresión Regular Global. Canal NOM1. Profundidad 0 LAMCP2.SDS
 $(e+(13.e)8.12).e.(((13+12.e.(13.e)8.12).e)^*$

Reporte Expresion Regular Global. Canal H1H0. Profundidad 0 LAMCP2.SDS

$(\epsilon, 14, \epsilon + ((1+14+\epsilon, (14, \epsilon + 11+14+\epsilon, 14, \epsilon)), (\epsilon, 14, \epsilon) \& \epsilon, ((1+14), \epsilon + 11+14+\epsilon, 14, \epsilon)))^* (\epsilon, 14, \epsilon) \& ((1+14+\epsilon, (14, \epsilon + 11+14+\epsilon, 14, \epsilon)), (\epsilon, 14, \epsilon + ((1+14), \epsilon + 11+14+\epsilon, 14, \epsilon)), (\epsilon, 14, \epsilon) \& ((1+14+\epsilon, (14, \epsilon + 11+14+\epsilon, 14, \epsilon)))^*)$

Reporte Expresion Regular Global. Canal H1H2. Profundidad 0 LAMCP2.SDS

$((\epsilon + (\epsilon + (\epsilon, 1, \epsilon)^*), \epsilon, 2, (\epsilon + (\epsilon + (\epsilon, 1, \epsilon)^*), 2, ((\epsilon + (\epsilon, 1, \epsilon)^*), \epsilon, 2) \& \epsilon, (\epsilon + (\epsilon, 1, \epsilon)^*), \epsilon, 4, (\epsilon + (\epsilon + (\epsilon, 1, \epsilon)^*), 4, ((\epsilon + (\epsilon, 1, \epsilon)^*), \epsilon, 4) \& \epsilon)) \& \epsilon, (\epsilon + (\epsilon, 1, \epsilon)^*), \epsilon, 2, (\epsilon + (\epsilon + (\epsilon, 1, \epsilon)^*), 2, ((\epsilon + (\epsilon, 1, \epsilon)^*), \epsilon, 2) \& \epsilon, ((\epsilon + (\epsilon + (\epsilon, 1, \epsilon)^*), \epsilon, 4, (\epsilon + (\epsilon + (\epsilon, 1, \epsilon)^*), 4, ((\epsilon + (\epsilon, 1, \epsilon)^*), \epsilon, 4) \& \epsilon, (\epsilon + (\epsilon, 1, \epsilon)^*), \epsilon, 2, (\epsilon + (\epsilon + (\epsilon, 1, \epsilon)^*), 2, ((\epsilon + (\epsilon, 1, \epsilon)^*), \epsilon, 2) \& \epsilon)) \& \epsilon)$

Reporte Expresion Regular Global. Canal H2H1. Profundidad 0 LAMCP2.SDS

$((\epsilon + (\epsilon + (\epsilon, 6)^*) \& (\epsilon, 6)^*), \epsilon, (6, \epsilon)^*), \epsilon, (6, \epsilon)^*) \& \epsilon, 3, \epsilon, (\epsilon + (\epsilon, 6)^*) \& (\epsilon + (\epsilon, 6)^*), \epsilon, (6, \epsilon)^*, (\epsilon, (6, \epsilon)^*) \& \epsilon, 3, \epsilon, (\epsilon + (\epsilon, 6)^*) \& (\epsilon + (\epsilon, 6)^*), \epsilon, (6, \epsilon)^*, (\epsilon, (6, \epsilon)^*) \& \epsilon, 3, \epsilon, ((\epsilon + (\epsilon + (\epsilon, 6)^*) \& (\epsilon + (\epsilon, 6)^*), \epsilon, (6, \epsilon)^*), (\epsilon, (6, \epsilon)^*) \& \epsilon, 3, \epsilon, (\epsilon + (\epsilon, 6)^*) \& (\epsilon + (\epsilon, 6)^*), \epsilon, (6, \epsilon)^*, (\epsilon, (6, \epsilon)^*) \& \epsilon, 3, \epsilon)^*$

IV CONCLUSIONES

Se presenta un experimento que ejercita las capacidades de una herramienta de investigación en el área de sistemas distribuidos y redes de computadoras. El escenario automatizado SINERGIA_w v.2.0. [LEO-91][ACO-89] implementa las ideas de una propuesta teórica de concepción de sistemas distribuidos [PAE-91] como una población lingüística de C par-sinergones determinado por una relación de sinergia topológica T. El sistema exhibe capacidades de especificación de sistemas distribuidos sinérgicos como una extensión del modelo de red de N MEF comunicantes a través de C canales unidireccionales PEPS contorneados. La técnica de análisis y verificación de la propiedad de progreso infinito utilizada se basa en el producto cartesiano de los N autómatas determinísticos. El sistema construye un autómata global M_{SDS} al cual identifica cualquier error de diseño que impida la

supervivencia del sistema. La técnica de análisis y verificación de la propiedad de realización de servicios infinitamente a menudo se basa en la teoría de lenguajes_w de McNaughton y en el modelo teórico de sistemas distribuidos como una población lingüística_w de C par-sinergones [PAE-91]. En consecuencia, SINERGIA_w desarrolla el modelo matemático original de un sistema distribuido como un vector H_w de historia infinita del automata global y una matriz L_w de lenguajes_w asociados a cada canal de pase de mensajes de un par-sinergon derivados del grafo sintáctico de servicios del SDS. Las capacidades del escenario se ilustraron usando un convertidor de protocolos [LAM-88].

V REFERENCIAS

- [ACO-89] Acosta, J.L., "SINERGIA: Sistema programado de análisis y verificación de propiedades de supervivencia de protocolos de comunicación", Reporte Técnico CEMISID-89-02, Mérida; Universidad de Los Andes, [1989]; 64 p.
- [AHU-75] Aho, A.V., Hopcroft, J.E. y Ullman, J.D., et. al. The design and analysis of computer algorithms. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, [1975]; 470 p.
- [AHU-83] Aho, A.V., Hopcroft, J.E. y Ullman, J.D., et. al. Data structures and algorithms. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, [1983]; 427 p.
- [CAD-89] Carroll, J. y Darrell, L., Theory of finite automata with an introduction to formal languages. New Jersey: Prentice-Hall International, Inc. [1989]; 438 p.
- [DAN-80] Danthine, A.A. "Protocol representation with finite-state models". IEEE Transaction on Communications. Vol. COM-28, No. 4, pp. 632-642, April [1980].
- [LAM-88] Lam, S. "Protocol Conversion". IEEE Transaction on Software Engineering. Vol. 14, No. 3, pp. 353-361, March [1988].
- [LEO-90] León, L.R. "SINERGIA_w Hacia la conceptualización de un escenario automatizado de análisis de propiedades de supervivencia y vitalidad de sistemas distribuidos

sinérgicos". Reporte Técnico CEMISID-91-01, Mérida; Universidad de Los Andes, [1991]; 163 p.

- [McN-66] McNaughton, R., "Testing and Generating Infinite Sequences by a Finite Automaton". Information and Control. Vol. 9, pp. 521-530, [1966].
- [McN-82] McNaughton, R., Elementary computability, formal languages, and automata. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc., [1988]; 168 p.
- [PAE-91] Páez, C.R., "A Syntactic model for Synergetic Distributed Systems". Sometido a publicación. [1991]
- [SAB-88] Sabnani, K. y Anton, D., "A Protocol Test Generation Procedure". Computer Network and ISDN Systems. Vol. 15, pp. 285-297, [1988].
- [ZAF-80] Zafiropulo, P., West, C., Rudin, H. et.al. "Towards Analysing and Synthesizing Protocols". IEEE Transactions on Communication. Vol. COM-28, No. 4, pp. 651-660, April [1980].