

УДК 621.391.8

DOI: 10.31673/2412-9070.2025.017521

В. Ф. ЗАЙКА¹, доктор техн. наук, професор,

ORCID: 0000-0002-2394-4317

В. Г. РУЖИНСЬКИЙ¹, канд. техн. наук, доцент,

ORCID: 0009-0007-3448-7397

С. М. БРЕЗІЦЬКИЙ¹, аспірант;

ORCID: 0009-0004-2562-890X

Г. В. АНОШКОВ², директор,

ORCID: 0009-0002-5641-8329

¹ Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ

² ФОП «Аношков Г. В.»

УДОСКОНАЛЕННЯ АЛГОРИТМІВ РОЗПОДІЛУ НАВАНТАЖЕННЯ В МЕРЕЖІ СПІЛЬНОКАНАЛЬНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ №7

Стаття присвячена удосконаленню алгоритмів розподілу навантаження в мережі спільноканальної сигналізації (СКС-7), що є основною міжстанційною сигналізацією для телекомунікаційних мереж. Розглядаються обмеження стандартизованих алгоритмів, які впливають на пропускну здатність мережі та ефективність розподілу навантаження між пунктами сигналізації. Запропоновані вдосконалені алгоритми, що використовують додаткову інформацію з полів маршрутної етикетки, таких як ОРС, DPC, CIC та індикатор послуги (SI), а також підходи для ефективного використання бітів SLS.

У роботі проаналізовано перспективи збільшення пропускну здатності мережі за рахунок застосування високошвидкісних ланок сигналізації, використання пакетних мереж із протоколами SIGTRAN та оптимізації розподілу навантаження через класифікацію кінцевих пунктів. Запропоновані методи забезпечують поліпшення продуктивності мереж СКС-7 без потреби значних змін в апаратному забезпеченні.

Ключові слова: телекомунікаційна мережа, спільноканальна сигналізація №7, сигнальне навантаження, розподіл навантаження.

Вступ

Основна задача операторів електронних комунікацій – забезпечення послуг користувачам на сучасному якісному рівні. Якість послуг електронних комунікацій залежить від характеристик функціонування електронних комунікаційних мереж, які визначають здатність мереж транспортувати інформацію між користувачами. До цих характеристик відносяться й характеристики, пов'язані з транспортуванням сигнальної інформації для управління викликом і обміну службовою інформацією між вузлами мережі.

Розвиток телекомунікаційних мереж відбувається еволюційно, шляхом їх поетапного перетворення. Тобто, традиційні телефонні мережі з комутацією каналів досить тривалий час співіснують із сучасними мультисервісними пакетними мережами. Тому, підвищення якості роботи як традиційних телефонних мереж так і сучасних мультисервісних мереж є важливою задачею сьогодення.

СКС-7 – основна міжстанційна сигналізація, яка використовується в мережах фіксованого та мобільного зв'язку, в цифрових мережах з інтеграцією послуг (Integrated Services Digital Network – ISDN), інтелектуальних мережах (Intelligent Network – IN). На сьогодні національна мережа СКС-7 складається з більше 1000 пунктів сигналізації різних операторів. СКС-7 використовується як для взаємодії між телекомунікаційними мережами опе-

раторів, так і для взаємодії мереж з комутацією каналів із пакетними мережами. Слід зауважити, що при взаємодії по СКС-7 між мережею з комутацією каналів і мультисервісною мережею якість роботи мережі СКС-7 впливає на якість роботи мультисервісної мережі.

Одним із способів забезпечення якісної, надійної та ефективної роботи мережі СКС-7 є оптимізація розподілу навантаження в ній. Отже, аналіз існуючих алгоритмів розподілу сигнального навантаження в мережі СКС-7 та їх удосконалення є актуальним і забезпечить поліпшення якості комунікаційних послуг абонентів мереж фіксованого та мобільного зв'язку, при взаємодії мереж різних операторів і при взаємодії мереж з комутацією каналів із мультисервісними пакетними мережами.

Стандартизований алгоритм розподілу сигнального навантаження

Мережа СКС-7 складається з пунктів сигналізації (Signalling Point – SP), з'єднаних сигнальними ланками (Signalling Link – SL), по яких транспортуються сигнальні повідомлення. Для передавання сигнальних повідомлень використовується один, як правило, перший, каналний інтервал стандартного потоку E1 зі швидкістю передавання 2048 кбіт/с, тобто швидкість передавання по ланці сигналізації в одному напрямку становить 64 кбіт/с. Пункти сигналізації можуть бути кінцевими, транзитними (Signalling Transfer Point – STP) та кінцево-транзитними. Сигнальні ланки, які безпосередньо з'єднують два пункти сигналізації, об'єднуються у пучки ланок сигналізації (Signalling Link Set – LS). Сукупність пунктів і ланок сигналізації між пунктом, який формує сигнальне повідомлення, та пунктом призначення називається сигнальним маршрутом. СКС-7 розділяється на функціональні рівні та складається з підсистем: перенесення сигнальних повідомлень (Message Transfer Part – MTP), управління з'єднанням сигналізації (Signalling Connection Control Part – SCCP), можливостей транзакцій (Transaction Capa-bility – TC) і підсистем користувачів, зокрема підсистеми мобільних застосувань (Mobile Application Part – MAP), користувача ISDN (ISDN User Part – ISUP) і користувача IN (IN User Part – INUP).

Для адресації у мережі СКС-7 кожен пункт сигналізації має унікальний 14-ти бітний код. Кожне сигнальне повідомлення має маршрутну етикетку, до складу якої входять: код пункту сигналізації, який формує сигнальне повідомлення (Originating Point Code – OPC); код пункту призначення (Destination Point Code – DPC); 4-х бітне поле вибору ланки сигналізації (Signalling Link Selecting – SLS). Зазначимо, що функції маршрутизації та розподілу сигнальних повідомлень виконуються на рівнях MTP і SCCP. При цьому на рівні MTP забезпечується маршрутизація по DPC, а на рівні SCCP – як по DPC, використовуючи функції MTP, так і по глобальним заголовкам (Global Title – GT). Підсистема ISUP використовує функції MTP, а підсистеми TC, MAP, INUP – як MTP, так і SCCP. Згідно з [1] для розподілу сигнального навантаження у мережі СКС-7 на рівні MTP використовується поле SLS, біти якого нумеруються від 1-го (молодший розряд) до 4-го (старший розряд). Зауважимо, що для ISUP це поле співпадає з чотирма молодшими бітами 12-ти бітного поля коду ідентифікації каналу (Code Identification Channel – CIC) маршрутної етикетки.

Навантаження може розподілятися як між сигнальними ланками в пучку, так і між пучками ланок сигналізації. Оскільки поле SLS 4-х бітне, то для рівномірного розподілу навантаження кількість ланок сигналізації в пучку має дорівнювати 2^n , де $n=1..4$, а в один пучок може входити найбільше 16 ланок сигналізації. На рис. 1 показано приклад схеми СКС-7 з розподілом навантаження між пучками ланок сигналізації при транспортуванні сигнальних повідомлень від кінцевого пункту сигналізації А до пункту F через транзитні пункти В, С, D і Е.

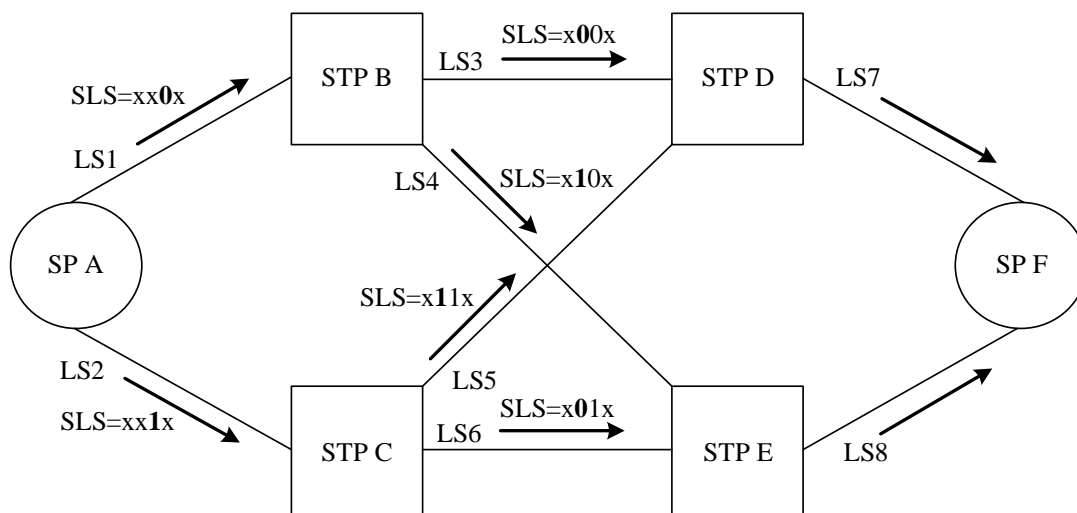


Рис. 1. Розподіл навантаження між пучками ланок сигналізації

У пункті А для розподілу навантаження між двома пучками ланок сигналізації LS1 і LS2 використовується 2-й біт SLS. У транзитних пунктах В і С для розподілу навантаження відповідно між пучками LS3, LS4 і LS5, LS6 використовується 3-й біт SLS. Зауважимо, що у даному випадку можуть використовуватись будь-які біти SLS, окрім 2-го біта, який був використаний у пункті А для розподілу навантаження між пучками LS1 і LS2. Тобто, у транзитних пунктах вибір бітів SLS для розподілу навантаження між пучками ланок залежить від бітів SLS, які використовуються для розподілу навантаження на попередніх ділянках сигнального маршруту. Слід відмітити, що для розподілу навантаження від пари STP В і С до пари STP D і Е доцільно використовувати однаковий біт SLS, забезпечивши рівномірний розподіл сигнальних повідомлень з різними значеннями цього біта між STP D і Е. У прикладі на рис. 1 повідомлення до STP D із значенням 3-го біта SLS “0” надсилаються від STP В по LS3, а із значенням “1” – від STP С по LS5. Повідомлення до STP Е із значенням 3-го біта SLS “0” надсилаються від STP С по LS6, а із значенням “1” – від STP В по LS4. Такий розподіл забезпечує можливість використання в STP D і Е будь-яких бітів SLS для розподілу навантаження.

На рис. 2 показано фрагмент цієї схеми з розподілом навантаження між сигнальними ланками у пучках для пунктів А, В і D.

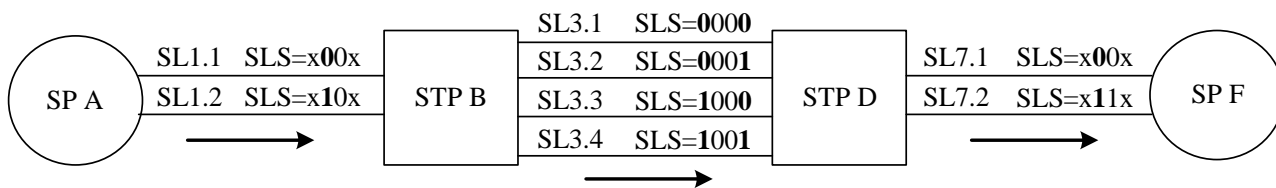


Рис. 2. Розподіл навантаження між ланками сигналізації у пучках

У пункті А для розподілу навантаження між двома ланками сигналізації SL1.1 і SL1.2 пучка LS1 використовується 3-й біт SLS. Зазначимо, що в даному випадку можуть використовуватись будь-які біти SLS, окрім 2-го біта, який був використаний для розподілу навантаження між пучками LS1 і LS2. При цьому максимальна можлива кількість ланок у кожному з цих пучків становить 8. У транзитному пункті В для розподілу навантаження між чотирма ланками сигналізації SL3.1, SL3.2, SL3.3 і SL3.4 пучка LS3 використовуються 1-й та 4-й біти SLS, оскільки 3-й біт був використаний для розподілу навантаження між пучками LS3 і LS4, а 2-й біт – у пункті А для розподілу навантаження між пучками LS1 і LS2. Відмітимо, що у транзитних пунктах вибір бітів SLS для розподілу навантаження між ланками в пучку залежить від бітів SLS, які використовуються для розподілу навантаження на попередніх ділянках сигнального маршруту. У транзитному пункті D для розподілу навантаження між двома ланками сигналізації SL7.1 і SL7.2 пучка LS7 використовується 3-й біт SLS. Зазначимо, що в даному випадку може бути використаний будь-який біт SLS.

Отже, стандартизований алгоритм розподілу навантаження у мережі СКС-7 має такі обмеження:

- найбільша кількість ланок сигналізації в одному пучку – 16;
- вибір бітів SLS для розподілу навантаження у транзитних пунктах сигналізації залежить від бітів SLS, які використовуються для розподілу навантаження на попередніх ділянках сигнального маршруту.

Удосконалені алгоритми розподілу сигнального навантаження

Для усунення обмежень стандартизованого алгоритму розподілу сигнального навантаження у мережі СКС-7 були розроблені удосконалені алгоритми. У роботі [2] проаналізовані наявні обмеження з урахуванням особливостей побудови мережі СКС-7 Німеччини та запропоновано загальний алгоритм розподілу сигнального навантаження, який базується на використанні не тільки поля SLS, а й додаткової інформації з полів OPC і DPC маршрутною етикетки. Важливо відмітити, що цей алгоритм забезпечує вірну послідовність сигнальних повідомлень у напрямку пункту призначення. Удосконалений алгоритм усуває обмеження стандартизованого алгоритму, забезпечує поліпшення розподілу навантаження між транзитними сигнальними пунктами, які використовуються для взаємодії між різними мережами СКС-7 (наприклад, при взаємодії мереж різних операторів), однак неефективний на ділянках між кінцевими та транзитними пунктами через суттєво менше різноманіття значень OPC і DPC у кінцевих пунктах порівняно з транзитними. З метою усунення цього недоліку для підсистеми ISUP запропоновано модифікацію загального алгоритму, яка полягає у використанні додаткової інформації поля SIC, а саме його старших розрядів. Слід відмітити, що застосування алгоритму розподілу навантаження з використанням додаткової інформації полів OPC, DPC, SIC можливе за умови його реалізації у телекомунікаційному обладнанні мережі СКС-7.

Для розподілу сигнального навантаження на рівні MTP у [3] запропоновано алгоритм, аналогічний наведеному в [2], тобто з використанням додаткової інформації з полів OPC, DPC і SIC. Крім цього, в [3] запропоновані методи удосконалення розподілу навантаження на рівні SCCP при маршрутизації по GT. Слід зауважити, що протокол класу 1 SCCP вимагає дотримання послідовності транспортування сигнальних повідомлень, а протокол класу 0 не вимагає цього. По-перше, запропоновано використовувати для маршрутизації по GT інформацію з полів OPC і SLS. За наявності достатньої кількості значень OPC, які надходять до транзитного пункту сигналізації, інформацію з поля OPC можна використовувати для розподілу навантаження на рівні SCCP, а всі 4 біти поля SLS – для розподілу навантаження на рівні MTP. По-друге, для протоколу класу 0 SCCP запропоновано використовувати циклічний алгоритм маршрутизації, а не інформацію з полів OPC і SLS. Для збільшення кількості сигнальних ланок у пучку запропоновано використання множинних (логічних) кодів пунктів сигналізації в одному фізичному пункті. Зазначимо, що запропоновані у [3] методи удосконалення розподілу сигнального навантаження ефективні, проте можливість їх використання залежить від функціональних можливостей телекомунікаційного обладнання мережі СКС-7.

У [4] запропоновано алгоритм розподілу сигнального навантаження з використанням поля “Індикатор послуги” (Service Indicator – SI), яке розташоване в заголовку MTP сигнального повідомлення та ідентифікує підсистему користувача СКС-7, наприклад: ISUP, SCCP. Такий алгоритм дозволяє ефективно розділяти навантаження між підсистемами ISUP і SCCP, а для розподілу навантаження між ланками сигналізації використовувати всі біти поля SLS. Недолік цього алгоритму такий же, як і попередніх – залежність від функціональних можливостей телекомунікаційного обладнання мережі СКС-7.

Пропозиції з поліпшення розподілу сигнального навантаження

Розглянемо схему двох мереж СКС-7, у кожній з яких кінцеві пункти сигналізації взаємодіють між собою через два транзитних пункти – у першій мережі через STP B і C, а у другій – через STP D і E (рис. 3).

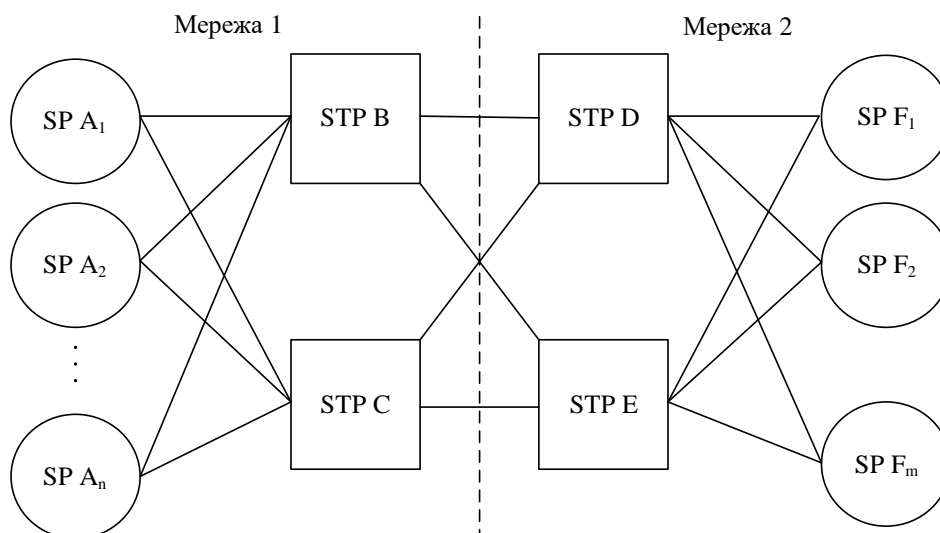


Рис. 3. Схема взаємодії мереж СКС-7

Мережі взаємодіють між собою через STP B, C, D і E. Розглянемо організаційно-технічні можливості поліпшення розподілу навантаження, не пов'язані з додатковими, порівняно зі стандартизованими, функціями телекомунікаційного обладнання. Зауважимо, що в підсистемі ISUP для зменшення кількості подвійних зайнять розмовних каналів переважно використовується метод 2, стандартизований та викладений в [5]. Згідно з цим методом пункт сигналізації з більшим кодом має пріоритетний доступ до парних каналів, а пункт сигналізації з меншим кодом – до непарних. Тому, у кінцевих пунктах сигналізації для забезпечення рівномірного розподілу навантаження не рекомендується використовувати 1-й біт SLS. Отже, у пунктах $A_1 \dots A_n$ для розподілу навантаження між цими пунктами та STP B і C, у пунктах $F_1 \dots F_m$ для розподілу навантаження між цими пунктами та STP D і E мають використовуватись 2-й, 3-й або 4-й біти SLS. Проблему залежності вибору бітів SLS для розподілу навантаження між транзитними пунктами сигналізації від бітів SLS, які використовуються для розподілу навантаження на попередніх ділянках сигнального маршруту, можна вирішити двома способами. Перший – у кінцевих пунктах сигналізації однієї мережі використовувати для розподілу навантаження між цими пунктами та транзитними однаковий біт SLS, а у транзитних пунктах цей біт не використовувати. Наприклад, у пунктах $A_1 \dots A_n$ використовувати 2-й біт SLS, а в STP B і C його не використовувати. Другий спосіб – розділити кінцеві пункти сигналізації однієї мережі на кластери з приблизно однаковим сигнальним навантаженням у кластері. У кожному кластері для розподілу навантаження від кінцевих пунктів до транзитних використовувати однаковий біт SLS, а в різних кластерах – різні. Таким чином, буде забезпечений рівномірний розподіл сигнальних повідомлень з різними значеннями бітів SLS між транзитними пунктами, а у транзитних пунктах для розподілу навантаження можна використовувати будь-який біт SLS. Наприклад, у мережі 1 пункти $A_1 \dots A_n$ розбити на 3 кластери. У першому кластері для розподілу навантаження між кінцевими пунктами та STP B і C використовувати 2-й біт SLS, у другому кластері – 3-й біт, а в третьому кластері – 4-й біт. У STP B і C для розподілу навантаження до STP D і E можна використовувати будь-який біт SLS. Зазначимо, що другий спосіб більш оптимальний, оскільки забезпечує можливість використання у транзитних пунктах всіх бітів SLS.

Необхідність збільшення кількості ланок сигналізації у пучку обумовлюється необхідністю збільшення пропускну здатності ділянки мережі СКС-7. Цю задачу можна вирішити, по-перше, застосуванням високошвидкісних 2 Мбіт/с ланок сигналізації. По-друге, можна використати ресурси пакетної мережі на базі Інтернет протоколу (Internet Protocol – IP) із застосуванням групи протоколів SIGTRAN для переносу інформації СКС-7 через пакетну мережу.

Висновки

Стандартизований алгоритм розподілу навантаження у мережі СКС-7 на базі використання 4-х бітного поля SLS має обмеження пропускної здатності ділянки мережі між двома пунктами сигналізації, обумовлене максимальною ємністю пучка – 16 ланок. Друге обмеження полягає у необхідності узгодження планування маршрутизації у мережі СКС-7 на всіх її ділянках через залежність вибору бітів SLS для розподілу навантаження у транзитних пунктах сигналізації від бітів SLS, які використовуються для розподілу навантаження на попередніх ділянках сигнального маршруту.

Існуючі удосконалені алгоритми розподілу навантаження у мережі СКС-7 на базі використання, крім поля SLS, додаткової інформації полів OPC, DPC, SI та застосування множинних кодів у одному фізичному пункті сигналізації для збільшення пропускної здатності усувають обмеження стандартизованого алгоритму. Проте, реалізація цих алгоритмів залежить від функціональних можливостей телекомунікаційного обладнання мережі СКС-7.

Запропоновано способи поліпшення розподілу навантаження у мережі СКС-7, не пов'язані з додатковими, порівняно зі стандартизованими, функціями телекомунікаційного обладнання. По-перше, у кінцевих пунктах сигналізації для розподілу навантаження не рекомендується використовувати 1-й біт SLS. По-друге, пропонується розділити кінцеві пункти мережі, з'єднані з одною парою STP, на кластери та використовувати у кожному кластері для розподілу навантаження від кінцевих до транзитних пунктів однаковий біт SLS, а в різних кластерах – різні. При цьому забезпечується можливість використання для розподілу навантаження у транзитних пунктах всіх бітів SLS. По-третє, для підвищення пропускної здатності ділянки мережі СКС-7 між двома пунктами сигналізації рекомендується, крім використання множинних кодів в одному фізичному пункті, застосовувати високошвидкісні ланки сигналізації або використовувати ресурси пакетної IP мережі із застосуванням групи протоколів SIGTRAN.

Список літератури

1. ITU-T Recommendation Q.704. Signalling system №7 // Message transfer part. Signalling network functions and messages, 1996. – 205 с.
2. Klaus D. Gradischnig, Stefan Kramer, Michael Tuxen. Loadsharing // A key to the reliability for SS7-networks, www.sctp.de/papers/drcn2000.pdf, 2000. – 6 с.
3. Serroyen Gert, Verwimp Gery. Siemens Aktiengesellschaft. European patent application EP 1 521 484 A1. Load sharing in SS7 networks, 2005. – 9 с.
4. Manfred Angermayr, Hans Jurgen Schwarzbauer, Michael Tuxen. Siemens Aktiengesellschaft. United States Patent. Patent No.: US 7,257, 215 B2. Load sharing in SS7 networks, 2007. – 6 с.
5. ITU-T Recommendation Q.764. Signalling system №7 // ISDN user part signaling procedurs, 1999. – 110 с.

V. Zaika, V. Ruzynskii, S. Brezitskyi, G. Anoshkov

IMPROVEMENT OF LOADSHARING ALGORITHMS IN THE COMMON CHANNEL No. 7 SIGNALLING NETWORK

The quality of telecommunication services depends on performance characteristics, which determine ability of telecommunication networks to transfer information between users. One of the main influencing factors to the quality of services is signalling network performance characteristics. The common channel signalling No. 7 (SS7) is used as the main signalling system in the channel switching digital telephone networks, integration services digital networks, intelligent networks. One of the ways to ensure high-quality, reliable and efficient operation of the SS7 network is to optimize the loadsharing in it. The standardized loadsharing algorithm in the SS7, based on using bits of signalling link selecting (SLS) field of route label, is analyzed. The following shortcomings of this algorithm are determined: limited number signaling links in the linkset and the choice of SLS bits for loadsharing at signalling points depends on the SLS bits used for loadsharing on previous sections of the signalling route. The improved signalling loadsharing algorithms, based on using, additionally to SLS

field, information from another fields of route label: originating point code, destination point code, circuit identification code, service indicator, are studied. Comparative analysis of these algorithms is carried out, the advantages and disadvantages of them are determined. These algorithms eliminate limitations of the standardized algorithm. However, the implementation of these algorithms depends on the functionality of the telecommunications equipment of the SS7 network. Ways to improve loadsharing in the SS7 network are proposed, which are not related to additional functions of telecommunication equipment. Firstly, it is not recommended to use for loadsharing the first (the youngest) bit of SLS in signalling ended points. Secondly, it is proposed to separate signalling ended points of the network into clusters and use the same SLS bit in each cluster for load sharing from ended points to signalling transit points, and different SLS bits use in different clusters. Thirdly, it is recommended to use: multiple signalling point codes in one physical point, high-speed signalling links, IP network resources using SIGTRAN protocol.

Keywords: telecommunication network, common channel signalling No.7, signalling load, loadsharing.
