

УДК 621.396.96

Шевцов І. О., асистент кафедри МТС

Науковий керівник: Обод І. І., д.т.н., професор

ORCID ID: 0000-0002-1600-1337

Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕДУР ПОВТОРНОГО ПЕРЕЗАПИТУ У СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

Практично в будь-якій системі передачі даних час від часу виникають помилки при пересиланні даних, наприклад, через дії шумів, завад та загасання сигналу. Для усунення таких помилок, як правило, використовуються методи повторної передачі, призначені для гарантії якості даних, котрі пересилаються. Дійсно, чим більш ефективно організовано протокол повторної передачі даних, тим раціональніше можна використовувати канал передачі даних [1-4].

Дійсно для пакетної мережі передачі даних, що є характерним у теперішній час, параметр навантаження пов'язується з такими показниками якості обслуговування, як час затримки повідомлення та ймовірністю втрати ПІ даних. Слід зазначити, що перелічені показники якості обслуговування визначаються пропускнуою здатністю каналу передачі інформації [5-8].

Пропускна здатність каналу передачі даних C_k залежить від виду й параметрів модуляції сигналу, імовірностей помилок у радіоканалі, способу кодування, характеристик радіоканалу, тобто є функцією від перерахованих параметрів і характеристик [9-11]:

$$C_k = f(\vec{V}_m, \vec{V}_{kod}, \vec{V}_{ran}, P_e),$$

де \vec{V}_m - вектор параметрів модуляції сигналів; \vec{V}_{kod} - вектор параметрів способів кодування; \vec{V}_{ran} - вектор параметрів радіоканалу; P_e - імовірність помилки на біт інформації.

Для зниження впливу помилок прийому символів на якість прийому інформаційних пакетів (ПІ), як правило, застосовують способи повторної передачі даних.

Розглянемо методи перезапиту, котрі існують. Можливий ряд варіантів механізму перезапиту наступний:

- стартстопний, або передача із зупинкою та очікуванням (SAW), тобто блоковий метод передачі даних;
- з поверненням на N ПІ (GBN), також званий потоковим методом передачі даних;
- метод селективного повтору передачі даних (Selective Repeat, SR).

Відповідно до першої процедури без підтвердження може бути переданий тільки один пакет. Після передачі чергового ПІ передає сторона, що передає, чекає підтвердження. Якщо надходить негативне підтвердження або відбудеться перевищення часу тайм-ауту ПІ передається повторно. Дану процедуру зручно використовувати при використанні полудуплексного метода

передачі даних, коли передача сторін чергується. Однак вона неефективна у разі організації повнодуплексного методу передачі даних, особливо, якщо час поширення сигналу по каналу значно більше часу передачі ПП.

Якщо час поширення нехтує мало (при невеликій протяжності каналу або з причини низької швидкості передачі), процедура SAW не приведе до серйозного зниження продуктивності всієї системи.

У разі поверненням на N ПП котрі передаються безперервно без очікування підтвердження прийому певної кількості ПП. При отриманні негативного підтвердження або після закінчення встановленого часу очікування непідтверджений і всі наступні пакети передаються повторно.

Згідно з процедурою SR повторна передача даних здійснюється тільки для ПП, на який надійшло негативне підтвердження або минув час тайм-ауту підтвердження. Дана процедура, в порівнянні з процедурами SAW і GBN, істотно збільшує пропускну здатність СПД. Але для передачі і прийому ПП не за порядком їх номерів на приймальній стороні повинен знаходитися буферний накопичувач з довільним доступом. Із збільшенням затримки поширення сигналу в каналі передачі даних необхідно збільшувати буферну пам'ять.

Таким чином, алгоритм SR дозволяє вибірково повторювати передачу тільки пошкоджених та пропущених ПП. Але в цьому випадку передавач повинен зберігати певне число останніх прийнятих ПП. Проте, оскільки даний метод найбільш економічний у відношенні каналних ресурсів, він є основним в бездротових телекомунікаційних технологіях.

Ефективність СПД зі схемою ARQ типу SR в ідеальному випадку залежить тільки від ймовірності безпомилкового прийому ПП, тобто від якості каналу передачі даних.

Порівнюючи наведені вище вирази для продуктивності трьох основних схем ARQ неважко помітити, що за умови короткої відстані та низькій швидкості передачі ефективність систем передачі стає рівною між собою і залежить виключно від якості каналу передачі даних. З іншого боку, при збільшенні відстані і зростанні швидкості передачі, стратегія селективної повторної передачі даних виявляється поза конкуренцією.

Вибір конкретної процедури ARQ здійснюється виходячи з компромісу між вимогами ефективності застосування ресурсів передачі даних і необхідністю дуплексного передачі даних. Більшою ефективністю володіє схема з дуплексним зв'язком.

Перевага схем ARQ перед схемами прямого виправлення помилок (Forward Error Correction, FEC) полягає в більш простій реалізації та меншій надмірності. Крім того, інформація передається повторно тільки при виявленні помилки.

Слід зазначити, що продуктивність наведених процедур визначається довжиною ПП, що передається. Це дозволило нам запропонувати новий метод перезапиту [5] у котрому інформаційний пакет поділяється на інформаційні підпакети, кожний з котрих має оптимальну довжину. Перевірка на правильність прийому здійснюється підпакети, та при наявності помилки,

повторюється передача не всього пакета, а тільки підпакели у котрому і є помилка.

Список літератури

1. Свид І.В., Обод І.І. Завадостійкість радіолокаційних систем ідентифікації за ознакою «свій-чужий»: монографія. / І. В. Свид, І. І. Обод. Харків : Друкарня Мадрид, 2021. 254 с.

2. І.І. Обод, І.В. Свид, О.С. Мальцев. Обробка даних радіолокаційних систем спостереження повітряного простору: навчальний посібник. Харків: Друкарня Мадрид, 2021. 255 с.

3. Свид І.В. Обробка радіолокаційної інформації систем спостереження повітряного простору: монографія. / І. В. Свид. Дніпро : ЛІРА ЛТД, 2022. 224 с.

4. Обод І.І., Свид І.В., Штих І.А. Завадозахищеність запитальних систем спостереження повітряного простору: монографія. / За заг. ред. І.І. Обода. Харків: ХНУРЕ, 2014. 312 с.

5. M.K. Abdul-Hussein, O. Strelnytskyi, I. Obod, I. Svyd and H. Alrikabi, "Evaluation of the Interference's Impact of Cooperative Surveillance Systems Signals Processing for Healthcare", *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, vol. 18, no. 03, pp. 43-59, 2022. doi: 10.3991/ijoe.v18i03.28015.

6. I. Svyd, I. Obod and O. Maltsev, "Interference Immunity Assessment Identification Friend or Foe Systems", In: Ageyev D., Radivilova T., Kryvinska N. (eds) *Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol 69. Springer, Cham, pp. 287-306, 2021. doi: 10.1007/978-3-030-71892-3_12.

7. І.В. Свид, А.І. Обод. Інформаційні технології обробки даних систем спостереження. // Системи управління, навігації та зв'язку. Полтава, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2016. Вип. 4 (40). С. 91-93.

8. I. Obod, I. Svyd, O. Maltsev and S. Starokozhev, "The Effect of Masking Interference on the Quality of Request Signal Detection in Aircraft Responders of the Identification Friend or Foe Systems," 2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 2020, pp. 721-726, doi: 10.1109/PICST51311.2020.9467955.

9. I. Obod, I. Svyd, O. Vorgul, O. Maltsev, O. Datsenko, and N. Boiko, "Optimization of data processing structure for multi-position radar surveillance systems," 2021 IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), 2021. doi: 10.1109/UKRCON53503.2021.9575286.

10. О.П. Черних, І.І. Обод, І.В. Свид. Інформаційне забезпечення на основі мереж спостереження повітряного простору. // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, том 2, вип. 9(50), 2011. С. 23-25. doi: 10.15587/1729-4061.2011.1850.

11. Svyd, I. Obod, O. Maltsev, O. Vorgul, I. Shevtsov and O. Bilotserkivets, "Optimizing the Request Signals Detection of Aircraft Secondary Radar System Transponders," 2022 IEEE 41st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2022, pp. 652-657, doi: 10.1109/ELNANO54667.2022.9926991.